Министерство обороны Российской Федерации

Федеральное государственное казённое военное
образовательное учреждение высшего образования
«Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова
училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова»

XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, ПОСВЯЩЕННАЯ 65-й ГОДОВЩИНЕ ПОЛЕТА Ю.А. ГАГАРИНА В КОСМОС

15–16 апреля 2026 года

Сборник научных статей

Краснодар
2026

УДК 629.7
ББК 39.53
М43

Под общей редакцией
доктора исторических наук, доцента
В.И. Медведева

М43 **XVI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 65-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос** (15–16 апреля 2026 года) / Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2026. – 482 с.

ISBN 978-5-91718-804-1

В сборнике представлены тексты статей и докладов на конференции, затрагивающих проблемы исследования систем и комплексов военного назначения, моделирование естественно-научных процессов, компьютерные технологии, вопросы военной истории и истории развития Вооруженных Сил Российской Федерации, а также инновационные технологии в образовательном процессе, педагогика и психология.

Адресуется аспирантам, адъюнктам, соискателям, студентам, курсантам и преподавателям вузов.

ББК 39.53
УДК 629.7

ISBN 978-5-91718-804-1

© Коллектив авторов, 2026
© КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова, 2026
© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2026

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ ..... NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

Савченко М.М
Классификация, особенности конструкции и тактико-технические данные основных российских БПЛА самолетного типа с фиксированным крылом 15

Savchenko M.M.
Classification, design features and tactical and technical data of the main russian fixed-wing uavs

Попов А.Ю., **Князев А.С.**
Расчёт надёжности работы интеллектуальной системы электроснабжения полностью электрического самолёта 24

Popov A.Yu., **Knyazev A.S.**
Calculation of the reliability of an intelligent power supply system for a fully electric aircraft

Гордиенко С.А., **Маркелов В.И.**
Методика получения материалов с заданными теплофизическими свойствами для защиты конструкции беспилотных летательных аппаратов от воздействия систем импульсной передачи энергии высокой плотности 29

Gordienko S.A., **Markelov V.I.**
Method producing materials wits specified thermophysicfl properties to protect unmanned aerial vehicles from impact of high-density pulse energy transmission sistems

Курилов Я.С., **Афонин И.Е.**, **Земцева И.В.**
Сравнительная характеристика БРЛС самолетов 5-го поколения. Перспективы развития..... 33

Kurilov Ya.S., **Afonin I.E.**, **Zemceva I.V.**
Comparative characteristics of 5th generation radar aircraft. Development prospects

Азарян Д.А., **Духанин М.М.**, **Запорожец В.А.**
Дискретные изменения стреловидности крыла беспилотного летательного аппарата: компромисс между эффективностью и устойчивостью 39

Azaryan D.A., **Dukhanin M.M.**, **Zaporozhets V.A.**
Discrete changes in wing sweep unmanned aerial vehicle: a compromise between efficiency and sustainability

Князев А.С., **Фурсов А.А.**, **Косьяненко И.Ю.**
Сравнительный анализ систем жизнеобеспечения космических аппаратов 44

Knyazev A.S., **Fursov A.A.**, **Kosyannenko I.Yu.**
Comparative analysis of space vehicle life support systems

Конотоп В.И., **Бевераки С.А.**, **Маркелов В.И.**
Определение местоположения подвижного объекта 50

Konotop V.I., **Beveraki S.A.**, **Markelov V.I.**
Determining the location of a moving object

Духанин М.М., **Сергиенко Г.М.**
Непризнанный в своем отечестве. Самолет Як-30 57

Dukhanin M.M., **Sergienko G.M.**
Unrecognized in their homeland. Aircraft Yak-30

Карташев М.Н.
Основные направления повышения широкополосности
активных фазированных антенных решеток 63

Kartashev M.N.
The main directions of increasing
the broadband of active phased array antennas

Лашко В.И., **Панков В.П.**, **Швецов А.А.**
Исследование алюминиевых сплавов авиационной техники 67

Lashko V.I., **Pankov V.P.**, **Shvetsov A.A.**
Research of aluminum alloys of aviation equipment

Окунев В.И., **Швецов В.Н.**, **Паленый А.В.**
Вопросы борьбы с БПЛА большой дальности ВС Украины 77

Okunev V.I., **Shvetsov V.N.**, **Palenhi A.V.**
Issues related to the long-range uavs of the Ukrainian armed forces

Мажирин Ю.А.
Подготовка подразделений нового рода войск беспилотных систем
в учебных центрах и на полигонах
Министерства Обороны Российской Федерации 83

Mazhirin Yu.A.
Training of units of the new branch of unmanned systems
in training centers and at the ranges of the Russian Ministry of Defense

Радько В.С., **Шураев Р.М.**, **Казарян П.Я.**
Моделирование мультиплексированных CBOC-сигналов
в локальных навигационных системах 88

Radko V.S., **Shuraev R.M.**, **Kazaryan P.Ya.**
Modeling of multiplexed CBOC signals in local navigation systems

Кулабухов А.А., **Мазука Я.Д.**, **Трубачев И.В.**, **Петренко В.Н.**
Применение цифровых двойников для прогнозирования
остаточного ресурса узлов авиационного двигателя 93

Kulabuchov A.A., **Masuka J.D.**, **Trubachev I.V.**, **Petrenko V.N.**
The use of digital twins to predict the residual life of aircraft engine components

Окунев В.И., **Скляров В.П.**
Ночные радиолокационные истребители ВВС Красной Армии 98

Okunev V.I., **Скляров В.П.**
Night radar fighters of the Red Army air force

Лашко В.И., **Панков В.П.**, **Швецов А.А.**
Исследование электрического и магнитного поля
углеродных волокон, модифицированных плазмой 103

Lashko V.I., **Pankov V.P.**, **Shvetsov A.A.**
Electric and magnetic field research carbon fibers modified by plasma

Божко С.В., **Цепкало Д.Р.**
Сверхмощный российский авиадвигатель ПД-35 111

Bozhko S.V., **Tsepkalo D.R.**
Heavy-duty russian PD-35 aircraft engine

Мажирин Ю.А., **Полухин Р.А.**
Подготовка подразделений по организации и ведению боевых действий
в специальной военной операции проводимой ВС РФ 118

Mazhirin Yu.A., **Polukhin R.A.**
Training of units for the organization and conduct of combat operations
in the special military operation conducted by the Russian Armed Forces

Окунев В.И.
Риски в профессиональной деятельности летчика 128

Okunev V.I.
Risks in the professional activity of a pilot

Падалка А.П., **Лютов Т.И.**
Инженерные решения для межпланетных перелётов:
материалы, двигатели и интеллектуальные системы 138

Padalka A.P., **Lyutov T.I.**
Engineering solutions for interplanetary travel:
materials, propulsion systems and intelligent systems

Гулевский Е.А., **Савченко М.М.**
Механизация задней кромки крыла по всему размаху 143

Gulevsky E.A., **Savchenko M.M.**
Full-span wing trailing edge mechanization

Вешкин С.В., **Шахрай Е.А.**, **Черный Р.Р.**
Характеристика структуры покрытий лопаток турбин
авиационных ГТД и ее влияние на защитные свойства покрытий 147

Veshkin S.V., **Shakhray E.A.**, **Cherniy R.R.**
Characteristics of turbine blade coating structure
aviation gas turbine engines and its impact on protective propertiescoatings

Медведев А.И., **Дульцев М.М.**
Предельное давление аварийного торможения на пробеге (самолет Л-39) 152

Medvedev A.I., **Dulcev M.M.**
Emergency braking limit pressure at the run (L-39 aircraft)

Дейкун Г.И., **Дейкун Д.Г.**, **Пасечник Д.С.**, **Кошкин Д.И.**
Использование сверхчувствительных датчиков СКВИД
для поиска подводных аппаратов 161

Deykun G.I., **Deykun D.G.**, **Pasechnik D.S.**, **Koshkin D.I.**
Use of super-sensitive squid sensors to search for underwater vessels

Лашко В.И., **Панков В.П.**, **Швецов А.А.**
Исследование электроэрозионной обработки сплавов авиационной техники 166

Lashko V.I., **Pankov V.P.**, **Shvetsov A.A.**
Research of electroerosion treatment of aviation equipment alloys

Шитаков В.С., **Турбан Л.В.**, **Трубачев И.В.**, **Вешкин С.В.**
«Летающее крыло» как одно
из перспективных направлений развития современной авиации 176

Shitakov V.S., **Turban L.V.**, **Trubachev I.V.**, **Veshkin S.V.**
«Flying wings» as one of the promising areas
of development in modern aviation

Дейкун Г.И., **Дейкун Д.Г.**, **Кулик М.П.**, **Стецюра Б.С.**
Разработка бортового преобразователя постоянного тока
с повышенным коэффициентом мощности воздушного судна 182

Deykun G.I., **Deykun D.G.**, **Kulik M.P.**, **Stetsyura B.S.**
Development of an on-board dc converter with increased aircraft power factor

Лашко В.И., **Панков В.П.**, **Швецов А.А.**
Исследование титановых сплавов авиационной техники 186

Lashko V.I., **Pankov V.P.**, **Shvetsov A.A.**
Research of titanium alloys of aviation equipment

Захаренко Г.И.
Идентификация как теоретическая основа для предотвращения
расходимости системы оптимальных оценивателей 193

Zakharenko G.I.
Identification as a theoretical basis for preventing divergence
of the optimal estimator system

Дейкун Д.Г., **Турчин В.А.**, **Шебуняев А.О.**
Использование языка PYTHON для шифрования и передачи информаци 198

Deykun D.G., **Tyrchin V.A.**, **Shebunyaev A.O.**
Using PYTHON to encrypt and transmit information

Николаева Л.А., **Гурза Д.В.**, **Будин В.А.**
Концепция интегрированной системы жизнеобеспечения
для экипажей морской ракетоносной и противолодочной авиации 203

Nikolaeva L.A., **Gurza D.V.**, **Budin V.A.**
Concept of an integrated life support system
for naval missile-carrying and anti-submarine aviation crews

Еськов А.В., **Кондратенко И.Г.**
Разработка базы данных изображений импульсных
дисперсных потоков распыленного топлива 207

Eskov A.V., **Kondratenko I.G.**
Development of a database of images of pulsed dispersed fuel atomized flows

Дейкун Д.Г., **Турчин В.А.**, **Исайчев А.А.**
Процесс реализации технической и программной части комплекса
для технического обслуживания воздушного судна 210

Deykun D.G., **Tyrchin V.A.**, **Isaichev A.A.**
Process of implementing the technical and programming parts
of the aircraft maintenance complex

Падалка А.П., **Лютов Т.И.**
Эволюция систем жизнеобеспечения
в контексте дальних космических экспедиций: классификация,
функциональная интеграция и перспективные концепции 216

Padalka A.P., **Lyutov T.I.**
The evolution of life support systems in the context of long-distance
space exploration: classification, functional integration and future concepts

Букаткин Р.Н., **Соловьев К.А.**, **Статкевич А.Н.**
Радиопоглощение в многослойных конструкционных углепластиках 221

Bukatkin R.N., **Soloviev K.A.**, **Statkevich A.N.**
Radio absorption in multilayer constructional carbon plastics

Божко С.В., **Петренко В.Н.**, **Кулабухов А.А.**, **Мазука Я.Д.**
Расчет боевой живучести фронтового истребителя 226

Bozhko S.V., **Petrenko V.N.**, **Kulabukhov A.A.**, **Mazuka Y.D.**
Calculation of the front-line fighter's combat survivability

Юдин И.Д., **Куликов М.В.**
Разработка интерактивной диаграммы железо-цементит 233

Yudin I.D., **Kulikov M.V.**
Development of an interactive iron-cementite diagram

Пашков Г.Н., **Николаев А.А.**
Цель: Берлин-Рим-Токио прерванный полет бомбардировщика ДБ-4 238

Pashkov G.N., **Nikolaev A.A.**
Target: Berlin-Rome-Tokyo aborted flight of the DB-4 bomber»

Анцупов И.С., **Тимофеев В.А.**
В резерве вождя. Самолет Р-63 «Кингкобра» 243

Antsupov I.S., **Timofeev V.A.**
In the reserve of the leader. Aircraft P-63 «Kingcobra»

Вовкотруб В.В., **Выскубов Е.В.**, **Сараев И.В.**
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей
подвижных звеньев четвертого и шестого подсемейств
первого семейства пятого вида 249

Vovkotrub V.V., **Vyskubov E.V.**, **Saraev I.V.**
Composition of ten-link closed kinematic chains of moving links
of the fourth and sixth subfamilies of the first family of the fifth type

Голубкина М.В., **Козак Л.Г.**
Информационное моделирование
на примере решения прикладных задач в информатике 255

Golubkina M.V., **Kozak L.G.**
Information modeling using the example
of solving applied problems in computer science

Куликова Т.А., **Куликов М.В.**, **Куликова Н.М.**
Из истории международной системы единиц СИ 259

Kulikova T.A., **Kulikov M.V.**, **Kulikova N.M.**
From the history of the international system of units SI

Молчанов В.В., **Кипреев С.Н.**
Принципы оценки уровня летной безопасности
в условиях военного конфликта на юго-западных рубежах России 264

Molchanov V.V., **Kipreev S.N.**
Principles of assessing the level of flight safety in the conditions
of a military conflict on the southwestern borders of Russia

Пивень В.А., **Шипалов В.И.**, **Строгий П.А.**, **Гайнов Г.Ю.**
Перспективы применения водорода в военной технике 268

Piven V.A., **Shipalov V.I.**, **Strogy P.A.**, **Gainov G.Y.**
Prospects for using hydrogen in military technology

Короткевич А.А., **Замараев С.С.**, **Швецов Д.А.**
Концепция системы динамической зарядки БПЛА
от контактной сети для обеспечения непрерывного функционирования 276

Korotkevich A.A., **Zamaraev S.S.**, **Shvetsov D.A.**
The concept of a dynamic charging system for UAVs
from a contact network to ensure continuous operation

Патоков Б.Б., **Ордин В.В.**, **Павлов Ф.Ю.**, **Ермаков Н.О.**
Забытые победы военно-космического проекта СССР:
стратегическое значение и перспективы возвращения концепции «Бурана» 280

Patokov B.B., **Ordin V.V.**, **Pavlov F.Yu.**, **Ermakov N.O.**
Forgotten victories of the USSR space program:
strategic significance and prospects for reviving the Buran concept

Швецов В.В., **Новицкая М.Г.**
«Рожденный для боя» (двухмоторный истребитель ТА-3) 290

Shvetsov V.N., **Novitskaya M.G.**
«Burn for combat» (twin-engine TA-3 fighter)

Вовкотруб В.В.
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей
подвижных звеньев седьмого подсемейства
первого семейства пятого вида 297

Vovkotrub V.V.
Composition of ten-link closed kinematic chains of moving links
of the seventh subfamily of the first family of the fifth type

Пивень В.А., **Шипалов В.И.**, **Ерлагаев В.Ш.**, **Головко В.А.**
Проницаемость водорода в сплавах ванадия 302

Piven V.A., **Shipalov V.I.**, **Erlagaev V.Sh.**, **Golovko V.A.**
Hydrogen permeability in vanadium alloys

Молчанов В.В., **Новик А.В.**
Реактивные истребители конструктора Алексеева 312

Molchanov V.V., **Novik A.V.**
Jet fighters designed by Alekseev

Куликов М.В., **Куликова Т.А.**
Дискретные наполнители полимерных композиционных материалов 318

Kulikov M.V., **Kulikova T.A.**
Discrete fillers of polymer composite materials

Вовкотруб В.В., **Чабров С.Е.**, **Коханый А.Ф.**
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев
девятого подсемейства первого семейства пятого вида 322

Vovkotrub V.V., **Chabrov S.E.**, **Kohany A.F.**
Composition of ten-link closed kinematic chains of mobile linkages
of the ninth subfamily of the first family of the fifth kind

Голубкина М.В., **Илюшенко Н.В.**
Возможности использования компьютерных технологий
в научной деятельности 332

Golubkina M.V., **Ilyushenko N.V.**
Possibilities of using computer technologies in scientific activities

Коханый А.Ф., **Вовкотруб В.В.**, **Чёрный Р.Р.**
Летающие лодки 336

Kokhany A.F., **Vovkotrub V.V.**, **Cherniy R.R.**
Flying boats

Молчанов В.В.
Вертолетный трамплин советской авиации 341

Molchanov V.V.
Helicopter springboard soviet aviation

Пивень В.А., **Шипалов В.И.**, **Ерлагаев В.Ш.**, **Головко В.А.**
Частотная и температурная зависимость
диэлектрической проницаемости веществ 349

Piven V.A., **Shipalov V.I.**, **Erlagaev V.Sh.**, **Golovko V.A.**
Frequency and temperature dependence
of the dielectric permittivity of substances

Паленый А.В., **Новицкая О.С.**
Советский дугласенок авиаконструктора А.С. Яковлева 355

Paleniy A.V., **Novitskaya O.S.**
Soviet douglas aircraft designer A.S. Yakovlev

Шерстюк Р.С., **Чернов Д.Н.**
«Воздушные охотники за караванами»
(применение самолетов АН-30 в афганской воне) 360

Sherstyuk R.S., **Chernov D.N.**
«Aerial caravan hunters» (use of AN-30 in the afghan war)

Дьяченко Р.А., **Бойко С.В.**, **Полянцев В.Д.**
Анализ существующих протоколов управления
и взаимодействия роевых беспилотных летательных аппаратов 367

Dyachenko R.A., **Boyko S.V.**, **Polyantsev V.D.**
Analysis of existing control and interaction protocols
for swarm unmanned aerial vehicles

Самарин С.В.
Нейросетевой подход определения состояния винограда
по цифровым изображениям листа 373

Samarin S.V.
A neural network approach for determining
the state of grapes based on digital images of the leaf

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ..... HUMANITIES SCIENCES

Стрелецкий Я.И.
Русский космизм: философско-политологический анализ 379

Streletsky Ya.I.
Russian cosmism: philosophical and political analysis

Азарян Д.А., **Духанин М.М.**
Формирование ценностно-нравственной сферы будущих летчиков
в образовательном процессе военного Вуза в условиях проведения СВО 386

Azaryan D.A., **Dukhanin M.M.**
Formation of the value-moral sphere of future pilots
in the educational process of a military university in the conditions of its

Нефедовский В.А., **Савицкий Ю.А.**, **Шахрай Е.А.**, **Романенко Т.М.**
Исследование уровня развития пространственного мышления
с использованием аппарата теории нечетких множеств 391

Nefedovskii V.A., **Savitsky Y.A.**, **Shakhray E.A.**, **Romanenko T.M.**
Studiy of the level of development ofspatial thinking using
the apparatus of fuzzy of sets theory

Собко В.В.
Основные формы и методы работы куратора учебной группы 399

Sobko V.V.
The main forms and methods of work for a study group curator

Пирогланов Ш.Ш., **Кипреев С.Н.**
Фудаментальные науки о безопасности летного состава
в условиях боевых действий:
опыт защиты Родины от украинских агрессоров 402

Piroglanov Sh., **Kipreev S.N.**
Fundamental sciences on the safety
of flight personnel in the conditions of battle operations:
experience in protecting the Homeland from ukrainian aggressors

Собко В.В., **Собко А.В.**
К вопросу воспитания и нравственных ценностей людей
в СССР и в современной России 407

Sobko V.V., **Sobko A.V.**
On the issue of educational and moral values
in the USSR and modern Russia

Степанова М.В.
Критерии и результаты обучения по дисциплине
«Начертательная геометрия и инженерная графика»
с учетом межпредметных компетенций 412

Stepanova M.V.
Criteria and learning outcomes in the discipline
«Descriptive geometry and engineering graphics»
taking into account interdublic competencies

Вешкин С.В., **Фурсов А.А.**
Критерии и показатели оценки
патриотического воспитания курсантов военных вузов 417

Veshkin S.V., **Fursov A.A.**
Criteria and indicators for assessing patriotic education
of military university students

Сараев И.В., **Давыдова П.Д.**, **Иванко С.С.**
Проблема формирования и контроля остаточных знаний
курсантов военного Вуза 420

Saraev I.V., **Davidova P.D.**, **Ivanko S.S.**
The problem of developing and monitoring retentional knowledge
in cadets of a Military University

Пашков Г.Н., **Кипреев С.Н.**
Аксиомы науки о безопасности в свете специальной военной операции 426

Pashkov G.N., **Kipreev S.N.**
Axioms of security science in the light of a special military operation

Крошнева М.Е.
Психолого-педагогические аспекты
профессиональной деятельности военного летчика 432

Kroshneva M.E.
Psychological and pedagogical aspects
of the professional activities of a military pilot

Науменко А.А., **Князев А.С.**, **Собко В.В.**
Анализ процесса формирования профессиональной
самоидентичности обучающихся в авиационном училище 436

Naumenko A.A., **Knyazev A.S.**, **Sobko V.V.**
Analysis of the process of forming professional self-identity among students
at an aviation educational institution

Сергиенко Г.М., **Новицкая М.Г.**
Летчик, смотревший на небо глазами художника
(Герой Советского Союза, Генерал-майор авиации А. Юмашев) 442

Sergienko G.M., **Novitskaya M.G.**
A pilot who looked at the sky through the eyes of an artist
(Hero of the Soviet Union Major General A. Yumashev)

Пирогланов Ш.Ш.
«И транспортный и боевой» (История создания бомбардировщика ТБ-5) 449

Piroglanov H.H.
«Both transport and combat» (History of creating the bomber TB-5)

Масленников А.Г., **Кипреев С.Н.**
Кубанский казак в небе Испании 455

Maslennikov A.G., **Kipreev S.N.**
Kuban cossack in the skies of Spain

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Диалло Бубакар Сидди**
Гвинея и Россия – друзья навек 463

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Diallo Bubacar Siddy**
Guinea and Russia are friends forever

Медведева В.В., **Жучков И.А.**
Применение гибридной модели авиакомпании
для обеспечения качества обслуживания пассажиров 472

Medvedeva V.V., **Zhuchkov I.A.**
Application of the hybrid airline model to ensure
the quality of passenger service

Катенин А.С., **Курбасов А.М.**
Определение педагогических условий для успешного формирования
патриотических представлений у военнослужащих
в процессе обучения в военном вузе 478

Katenin A.S., **Kurbasov A.M.**
Determination of pedagogical conditions for the successful formation
of patriotic ideas among military personnel
in the process of training at a military university

РОД ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ МНОГО ИЗВЕДАЛ

Род человеческий много изведал
В поисках сути вечных основ,
Взгляд устремив, в звёздное небо
К неведомым высям далёких миров.

Первыми быть нелегко на планете.
Голос, взорвавший всемирный эфир –
Юрий Гагарин, вошедший в бессмертье,
Все новостные сводки затмил.

Мир восхищался апрельскою новью,
Была благодарна сыну Земля.
Она материнской, вселенской любовью,
Приняла радость, со всеми деля.

Люди освоили новые дали,
На старте другие теперь корабли.
Славу простого советского парня
Новые парни к звёздам несли.

Она не поблекнет за жизненной гранью, –
Нет на земле, этой меры тому.
Было впервые, то испытанье –
Лететь в неизвестность ему одному.

Есть неземная особая святость –
Много для этого разных причин.
Мы не должны забывать эту дату.
Подвиги первых – великий почин!

Дух их победный всегда был лишь в вере
В нашей великой стране.
Никто никогда его не измерит –
Теперь он нам нужен вдвойне!

доцент Н.А. Томашевич

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

УДК 629.735.3

КЛАССИФИКАЦИЯ, ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ОСНОВНЫХ РОССИЙСКИХ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА С ФИКСИРОВАННЫМ КРЫЛОМ

♦♦♦♦♦

CLASSIFICATION, DESIGN FEATURES AND TACTICAL AND TECHNICAL DATA OF THE MAIN RUSSIAN FIXED-WING UAVS

Савченко М.М.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Тема развития беспилотной авиации является одной из ключевых в современном оборонно-промышленном комплексе России. В статье рассматривается классификация, конструктивные особенности и тактико-технические характеристики основных российских БПЛА самолетного типа, созданных в последние годы. Анализ охватывает аппараты различных классов – от тактических разведчиков до тяжелых ударных беспилотников, демонстрирующих широкий спектр реализованных инженерных решений и областей применения.

Ключевые слова: БПЛА самолетного типа, неподвижное крыло, тактико-технические характеристики, дальность и продолжительность полета, полезная нагрузка, гибридная силовая установка, композитные материалы.

Savchenko M.M.
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The development of unmanned aircraft is a key topic in Russia's modern defense industry. This article examines the classification, design features, and performance characteristics of the main Russian fixed-wing UAVs developed in recent years. The analysis covers various classes of aircraft – from tactical reconnaissance aircraft to heavy attack drones – demonstrating a wide range of implemented engineering solutions and applications.

Keywords: Fixed-wing UAV, fixed-wing, performance characteristics, range and endurance, payload, hybrid propulsion system, composite materials.

В ведущих странах мира одним из приоритетных направлений является модернизация существующих и разработка новых моделей беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) самолетного типа. Данные образцы авиационной техники различаются не только по способам их применения, но и по тактико-техническим характеристикам. Широкое использование БПЛА самолетного типа различного назначения, как в гражданской сфере, так и для военных целей, делает необходимой их классификацию по различным признакам.

Классификация беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) самолетного типа (с фиксированным крылом) – сложная задача, так как единого (общепринятого) стандарта нет. Классификации могут проводиться по разным критериям.

Основные подходы к классификации таких БПЛА, принятые в мире и в РФ.

1. По массе, дальности и высоте полета (оперативно-тактическая классификация) (таблица 1).

Таблица 1 – Оперативно-тактическая классификация БПЛА самолетного типа

Класс	Категория (по NATO)	Масса, кг	Дальность полета, км	Высота полета, км	Примеры
Микро (Мини)	Группа 1	до 5–10	до 10	до 1	«Орлан-10», «Застава», коммерческие БПЛА для аэрофотосъемки
Легкие	Группа 2	10–150	70–100	до 3,5	«Гранат-4», «Элерон»
Средние	Группа 3	150–600	до 500	5–8	«Форпост» (лицензионный IAI Searcher), «Дозор-600»
Тяжелые	Группа 4–5	более 600	более 1000	15–20 и выше	«Альтиус», «Охотник» (тяжелый БПЛА), американские «Global Hawk», «Predator», «Reaper»

2. По назначению и решаемым задачам (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация БПЛА самолетного типа по назначению и решаемым задачам

Назначение	Решаемые задачи	Примеры
Разведывательные	Фото-, радио-, радиотехническая разведка (РТР)	«Орлан-10», «Застава»
Ударные	Поражение объектов противника. Несут управляемое вооружение (ракеты, бомбы)	«MQ-9 Reaper» (США), «Охотник» (РФ)
Разведывательно-ударные	Комбинируют разведывательные и ударные функции	«Форпост-Р»
Ретрансляторы связи	Обеспечивают устойчивую связь на больших расстояниях	
Радиоэлектронной борьбы (РЭБ)	Подавление систем связи и ПВО противника	
Мишени	Тренировка расчетов ПВО	
Гражданские	Картография, мониторинг объектов (нефтепроводов, ЛЭП), сельское хозяйство, доставка грузов	

3. По степени автономности:

– дистанционно пилотируемые – управляются оператором в реальном времени. Большинство современных военных БПЛА;

– автоматические – выполняют полет по заранее заложенному маршруту, но могут его корректировать. Например, многие разведывательные БПЛА;

– автономные – способны самостоятельно принимать решения в сложной обстановке (облет препятствий, изменение цели). Это направление будущего (с искусственным интеллектом). Например, перспективные аппараты, подобные российскому «Охотнику».

4. По типу взлета и посадки:

– с катапультным (воздушным) стартом и посадкой на парашюте. Характерно для легких БПЛА типа «Орлан-10»;

– со взлетом (посадкой) с взлетно-посадочной полосы (ВПП). Требуют ВПП, как обычные самолеты. Это все средние и тяжелые БПЛА («Форпост», «Альтиус»).

Некоторые особенности классификации БПЛА самолетного типа в РФ:

1) для гражданской авиации Воздушный кодекс и приказы Росавиации выделяют беспилотные воздушные суда (БВС – общий термин), которые классифицируются по максимальной взлетной массе:

– микро-БВС с массой до 0,25 кг;

– – БВС с массой от 0,25 до 30 кг (требуют регистрации и полетного плана);

БВС массой свыше 30 кг сертифицируются как воздушные суда с очень строгими предъявляемыми требованиями;

2) для военных БПЛА в России также действует ведомственная классификация Министерства обороны, которая является закрытой, но в целом соответствует логике, описанной выше (по массе и назначению).

В последнее время границы классификации БПЛА стираются. Появляются гибридные аппараты (например, с вертикальным взлетом и самолетным режимом полета – БПЛА вертикального взлета и посадки, а также барражирующие боеприпасы («Ланцет»), которые формально являются БПЛА, но классифицируются отдельно.

Таким образом, для точной классификации конкретного БПЛА самолетного типа нужно учитывать все перечисленные параметры: его массу, назначение, автономность и способ взлета.

В настоящее время можно выделить следующие особенности российской школы проектирования БПЛА самолетного типа:

– адаптация и развитие. Многие БПЛА («Форпост») изначально были лицензионными копиями иностранных моделей, но затем глубоко модернизированы с установкой российских систем и вооружения;

– акцент на помехозащищенность. В условиях боевых действий на Украине в ходе СВО особое внимание уделяется защите каналов связи и навигации от радиоэлектронного подавления;

– сетецентричность. Современные тяжелые БПЛА («Охотник») проектируются как часть единой информационной сети, способной взаимодействовать с пилотируемыми самолетами, наземными пунктами и другими дронами;

– двойное назначение и импортозамещение. После 2014 г. и особенно 2022 г. идет активный процесс замены иностранных комплектующих (электроника, двигатели, оптические датчики) на отечественные, что влияет на конструкцию, массу и габариты БПЛА.

Конструкция российских БПЛА самолетного типа охватывает широкий спектр конструктивных решений, от простейших до комплексных. Можно выделить несколько ключевых направлений и характерных для них конструктивных особенностей.

1. Общие принципы и тенденции:

– аэродинамические схемы. Наиболее распространены классическая (нормальная) и «летающее крыло»;

– материалы. Широко используются композиционные материалы (стекло- и углепластики), пенопласт для снижения массы и радиолокационной заметности. Для высоконагруженных узлов серийных БПЛА (типа «Орлан-10») применяются алюминиевые сплавы;

– модульность. Конструкция БПЛА из взаимозаменяемых разъемных модулей, что упрощает сборку, транспортировку, обслуживание и замену полезной нагрузки.

2. Конструкция по классам БПЛА:

2.1 Сверхлегкие и легкие тактические (типа «Орлан-10», «Элерон-3»):

– планер: крыло – прямое или умеренно-стреловидное. Фюзеляж из пенополистирола или пенопласта с обшивкой из композитов;

– силовая установка: электродвигатель с толкающим винтом («Орлан-10») или бензиновый двигатель внутреннего сгорания (ДВС) малого объема. Аккумуляторы в носовой части фюзеляжа для балансировки;

– шасси: как правило, отсутствует. Запуск – с катапульты (пневматической или ракетной), посадка – «на брюхо» или с использованием парашюта;

– полезная нагрузка (ПН): стабилизированные или простые оптико-электронные станции (ОЭС) в подфюзеляжном обтекателе или в носовой части.

2.2 Средневысотные с большой продолжительностью полета (типа «Альтаир», «Форпост»):

– планер: более аэродинамически совершенный, по конструкции близкий к пилотируемым самолетам легкого класса. В конструкции используются алюминиевые сплавы и композиты;

– крыло: прямое с небольшим удлинением, часто высоко расположенное для удобства размещения подфюзеляжной полезной нагрузки;

– силовая установка: поршневой (ПД) или турбовинтовой (ТВД) двигатель с тянущим винтом, что обеспечивает высокую экономичность;

– шасси: как правило, неубирающееся трехопорное для самостоятельного взлета и посадки;

– полезная нагрузка: многофункциональная – радары с синтезированной апертурой, мощные ОЭС, радиоэлектронные системы. Размещается ПН во внутреннем отсеке на внешних узлах подвески.

2.3 Ударные и разведывательно-ударные (типа «Охотник»):

– планер: максимально интегрированная конструкция, часто по стелс-технологиям. Широко применяются радиопоглощающие материалы и покрытия. Аэродинамическая схема – «летающее крыло» или интегральная схема с плавным сопряжением крыла и фюзеляжа; обязательное наличие внутренних отсеков вооружения для сохранения малозаметности;

– силовая установка: турбореактивный двигатель (бесфорсажный) (ТРД), обеспечивающий высокую дозвуковую или околозвуковую скорость. Воздухозаборники расположены сверху для экранирования от радиолокационного облучения снизу;

– авионика: высокоинтегрированная бортовая система с искусственным интеллектом для поддержки автономных действий, сетевого взаимодействия (с Су-57) и применения оружия.

2.4 Боевые БПЛА-камикадзе (барражирующие боеприпасы) (типа «Ланцет»):

– конструкция: крайне простая и дешевая. Аэродинамическая схема «бесхвостка» или «утка»;

– материалы: пластик, пенопласт, композиты с минимумом металлических деталей;

– крыло: складное (Х-образное), для транспортировки и запуска с компактной пусковой установки;

– силовая установка: обычно электродвигатель с толкающим винтом, работающий от аккумулятора;

– боевая часть: кумулятивная или осколочно-фугасная, размещается в носовой части.

Тактико-технические данные основных российских БПЛА самолетного типа, сгруппированные по классам.

1. Средневысотные беспилотные комплексы большой продолжительности полета:

1.1 Орион (рисунок 1) [1].

Назначение: разведка, наблюдение, целеуказание, ударные задачи.

Размах крыла: ~16 м.

Взлетная масса: ~1000 кг.

Полезная нагрузка: до 200 кг.

Двигатель: 1 ПД 110–115 л.с.

Максимальная скорость: 200 км/ч.

Крейсерская скорость: 120 км/ч.

Практический потолок: 7500 м.

Продолжительность полета: до 24 ч.

Дальность действия: ~250 км (прямая радиовидимость), до 300 км с ретранслятором.

Вооружение: управляемые авиационные бомбы малого калибра (до 4 шт., например, КАБ-20, КАБ-50) и корректируемые планирующие бомбы.



Рисунок 1 – Многофункциональный БПЛА «Орион»

1.2 Альтиус-У, Альтиус-М, Альтиус-РУ (разведывательно-ударный вариант с управляемыми боеприпасами) (рисунок 2) [2].

Назначение: разведка, наблюдение, целеуказание, ударные задачи, РЭБ.

Размах крыла: ~28,5 м.

Взлетная масса: ~6000–7000 кг.

Полезная нагрузка: до 1000 кг.

Двигатели: 2 ПД (дизельные).

Максимальная скорость: до 250 км/ч.
Крейсерская скорость: 150–200 км/ч.
Практический потолок: 12000–13000 м.
Продолжительность полета: до 48 ч.
Дальность действия: по радиоканалу – сотни км, возможно применение через спутниковый канал связи для глобальных миссий.



Рисунок 2 – Разведывательный БПЛА «Альтиус-У»

1.3 Форпост, Форпост-Р (рисунок 3) [3].
Назначение: тактическая разведка и наблюдение.
Размах крыла: 7,2 м (8,5 м у Форпост-Р).
Взлетная масса: ~450 кг.
Двигатель: 1 ПД.
Максимальная скорость: 180-200 км/ч.
Практический потолок: 6000 м.
Продолжительность полета: до 18 ч.
Дальность действия: ~250–350 км.
Вооружение: Нет (классический разведчик).



Рисунок 3 – Тактический разведывательный БПЛА «Форпост-Р»

2. Тактические беспилотные комплексы:
2.1 Орлан-10 (наиболее массовый БПЛА) (рисунок 4) [4].

Назначение: разведка, наблюдение, корректировка огня, РЭБ, ретрансляция.
Размах крыла: 3,1 м.
Взлетная масса: ~14–18 кг.
Полезная нагрузка: до 5 кг (сменные модули: ТВ/ИК камеры, РЭБ, ретранслятор и др.).
Двигатель: 1 ПД.
Скорость: 90–150 км/ч.
Практический потолок: 5000 м.
Продолжительность полета: до 16 ч.
Дальность действия: до 120–140 км (с ретрансляцией до 600 км).



Рисунок 4 – Многофункциональный БПЛА «Орлан-10»

2.2 Элерон-3, Элерон-3СВ (рисунок 5) [5].
Назначение: дивизионное звено, разведка и наблюдение.
Размах крыла: 2,5 м.
Взлетная масса: ~5,5 кг.
Двигатель: 1 электрический.
Скорость: 65–130 км/ч.
Практический потолок: 5000 м.
Продолжительность полета: до 2 ч.
Дальность действия: до 25 км (у базового), до 70 км (у модернизированного).



Рисунок 5 – Дивизионный разведывательный БПЛА «Элерон-3»

2.3 Гранат-4 (рисунок 6) [6].
Назначение: батальонное звено, разведка в радиусе ближнего тыла.
Взлетная масса: ~4,5 кг.
Двигатель: 1 электрический.
Продолжительность полета: до 50 мин.
Дальность действия: до 20 км.



Рисунок 6 – Батальонный разведывательный БПЛА «Гранат-4»

3. Ударные (боевые) БПЛА:
3.1. Охотник-Б (С-70) (рисунок 7) [7].
Назначение: тяжелый разведывательно-ударный беспилотный комплекс 6-го поколения. Предполагается работа в связке с истребителями 5-го поколения Су-57.
Размах крыла: ~20 м.
Взлетная масса: ~20–25 т.
Двигатель: 1 ТРДД.
Скорость: около 1000 км/ч.
Практический потолок: 18000 м.
Продолжительность полета: до нескольких часов.
Вооружение: УР «воздух-поверхность» и высокоточные бомбы во внутренних отсеках вооружения.



Рисунок 7 – Разведывательно-ударный беспилотный комплекс «Охотник»

4. Специальные и экспериментальные:
4.1 Куб-БЛА (рисунок 8) [8].

Назначение: летающий боеприпас (БПЛА-камикадзе) для поражения точечных целей.

Стартовая масса: 3–5 кг.

Боевая часть: 1–3 кг.

Дальность полета: до 30–40 км.

Время полета: до 30 мин.



Рисунок 8 – Барражирующий боеприпас «Куб-БЛА»

4.2 Ланцет (рисунок 9) [9].

Назначение: ударный БПЛА-камикадзе (барражирующий боеприпас) для поражения бронированной техники, артиллерии, средств ПВО.

Масса: 5–12 кг (в зависимости от модификации).

Боевая часть: 1–5 кг (осколочно-фугасная или кумулятивная).

Дальность полета: до 40–70 км.

Время барражирования: до 1 ч.

Скорость: 80–110 км/ч (крейсерская), до 300 км/ч (на пикировании).



Рисунок 9 – Многоцелевой барражирующий боеприпас «Ланцет»

Таким образом, конструкция российских БПЛА самолетного типа эволюционирует от простых, иногда заимствованных, решений к созданию уникальных, высокотехнологичных комплексов, сочетающих требования малозаметности, автономности, сетевого взаимодействия и эффективного боевого применения в условиях сильного противо-

действия. Ключевой тренд – создание сбалансированного «семейства» от сверхлегких разведчиков до тяжелых ударных систем.

Список литературы:

1. Беспилотный летательный аппарат «Орион»: сайт. – URL : https://kronshtadt.ru/products/bespilotnyij-kompleks-orion (дата обращения 19.02.2026).
2. Рябов К. Прогресс и проблемы проекта «Альтиус» // Военное обозрение: интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/269262-progress-i-problemy-proekta-altius.html (дата обращения 19.02.2026).
3. Хусинова Д. Эпизод у Одессы: особенности БПЛА Форпост-РУ, скорость, вооружение, применение на СВО // Радио 1: интернет-портал. – URL : https://radio1.ru/articles/specoperaciya-na-ukraine/epizod-u-odessi-osobennosti-bpla-forpost-ru-skorost-vooruzhenie-primenenie-na-svo/ (дата обращения 19.02.2026).
4. Забелин С. «Орлан-10»: российский БПЛА для разведки и корректировки огня // РБК: Интернет-портал. – URL : https://www.rbc.ru/base/01/08/2025/6888905a9a79476de7d49e53 (дата обращения 20.02.2026).
5. Рябов К. Разведывательный БПЛА «Элерон-7» // Военное обозрение: интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/239331-razvedyvatelnyj-bpla-jeleron-7.html (дата обращения 20.02.2026).
6. Нахимов С. Российский беспилотный летательный аппарат разведки, наведения и целеуказания «Гранат-4» // AMALNEWS Военный: Интернет-портал. – URL : https://amalantra.ru/bpla-granat-4/ (дата обращения 20.02.2026).
7. Рябов К. Боевой потенциал БПЛА С-70 «Охотник» // Военное обозрение: интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/235267-boevoj-potencial-bpla-s-70-ohotnik.html (дата обращения 20.02.2026).
8. Рябов К. Барражирующий боеприпас «Куб-БЛА» в производстве и на фронте // Военное обозрение: интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/234126-barrazhirujuschij-boepripas-kub-bla-v-proizvodstve-i-na-fronte.html (дата обращения 20.02.2026).
9. Нахимов С. Многоцелевой барражирующий боеприпас «Ланцет-3» с интеллектуальным навигационным модулем // AMALNEWS Военный: интернет-портал. – URL : https://amalantra.ru/bpla-lantset (дата обращения 20.02.2026).

УДК 621.31

РАСЧЁТ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО САМОЛЁТА

♦♦♦♦♦

CALCULATION OF THE RELIABILITY OF AN INTELLIGENT POWER SUPPLY SYSTEM FOR A FULLY ELECTRIC AIRCRAFT

Попов А.Ю.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В настоящее время развивается концепция создания полностью электрического самолета. Учитывая особенности обеспечения электрической энергией не только бортовых систем, но и электрических силовых установок, применение на борту интеллектуальной системы электроснабжения является перспективным. Важной задачей обеспечения безопасности полетов полностью электрического самолета является высокая надежность работы интеллектуальной системы электроснабжения. В статье приведен расчет надежности интеллектуальной системы электроснабжения при использовании различных источников электроэнергии.

Ключевые слова: полностью электрический самолет, интеллектуальная система электроснабжения, расчет надежности.

Popov A.Yu.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Currently, the concept of developing a fully electric aircraft is being developed. Taking into account the specifics of providing electrical energy not only for onboard systems but also for electric power plants, the use of an intelligent power supply system onboard is considered promising. A critical task for ensuring the safety of flights of a fully electric aircraft is the high reliability of the intelligent power supply system using various power sources.

Keywords: fully electric aircraft, intelligent power supply system, reliability calculation.

Бортовая система электроснабжения (СЭС) воздушного судна (ВС) предназначена для обеспечения электрооборудования воздушного судна электроэнергией требуемого качества. Интеллектуальная электроэнергетическая система (ИЭС) представляет собой объединение источников электроэнергии, электрических сетей и устройств потребителей в единую систему, осуществляющую мониторинг и автоматизированное управление работой всех агрегатов для производства, передачи и потребления электроэнергии, во всех режимах (включая аварийные), на основе двустороннего информационного обмена [1, 2]. Таким образом ИЭС является распределенной системой, состоящей из силового электротехнического оборудования, средств автоматизированного технологического управления и систем связи, функционирующая как единое целое.

Одной из важных задач проектирования интеллектуальной системы электроснабжения полностью электрического самолета является определение множества источников, преобразователей и накопителей электрической энергии, а также их структуры с целью обеспечения всех потребителей электроэнергией заданного качества на всех режимах полета и во всех режимах работы энергосистемы. Целесообразно применять в ИЭС на борту ВС два уровня напряжения 270 В и от 27 В [3–5]. Исходя из необходимости обеспечения надёжности работы составлена структурная схема ИЭС полностью электрического самолета, представленная на рисунке 1.

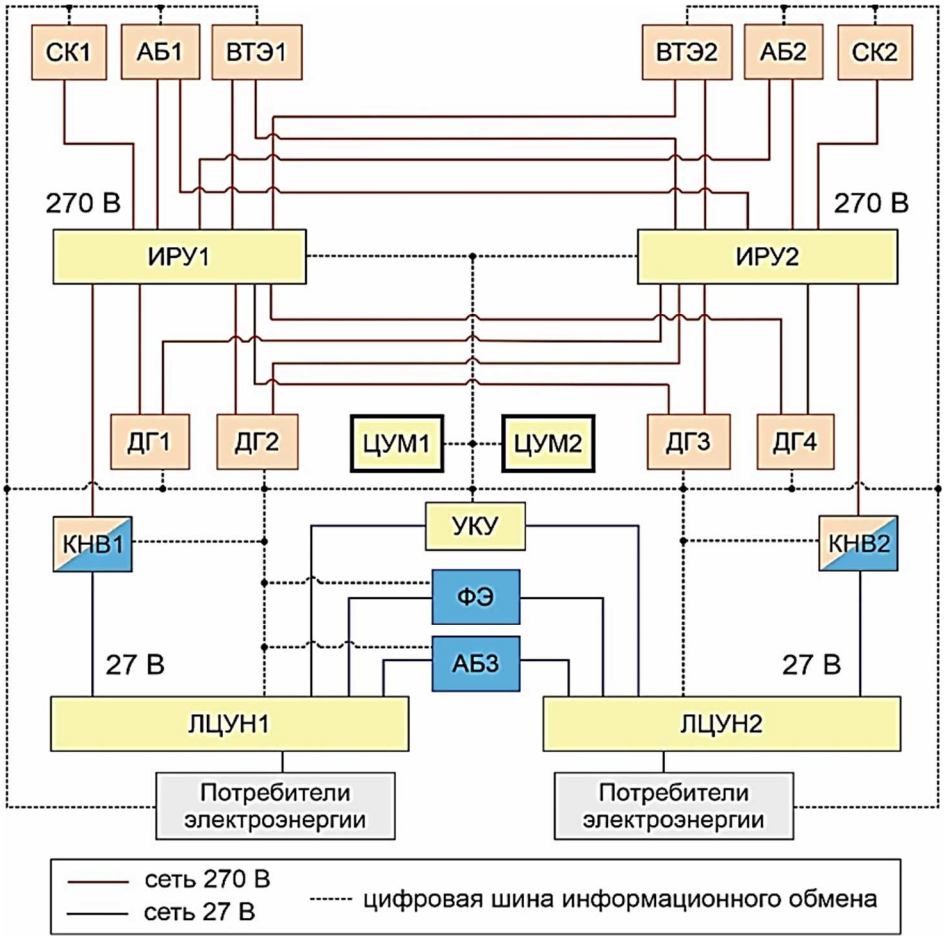


Рисунок 1 – Структурная схема ИЭС полностью электрического самолета:
АБ – аккумуляторная батарея; СК – суперконденсатор; ВТЭ – водородный топливный элемент;
ИРУ – интеллектуальное распределительное устройство; ДГ – двигатель-генератор;
ЦУМ – цифровой управляющий модуль; УКУ – управляемое коммутационное устройство;
КНВ – конвертор; ФЭ – фотоэлемент; ЛЦУН – локальный центр управления нагрузками

Исходя из требований надёжности источники электроэнергии разделены на два канала, распределение электрической энергии до потребителей также осуществляется по двум каналам. В первом канале источниками электрической энергии являются АБ1, СК1 и ВТЭ1, во втором канале – АБ2, СК2 и ВТЭ2. АБ1, АБ2, ВТЭ1 и ВТЭ2 служат основными источниками энергии, питающими четыре электрические силовые установки. СК1 и СК2 служат для исключения просадки напряжения, обеспечивают более надёжную и безопасную работу АБ1 и АБ2 соответственно. Каждый источник электроэнергии подключен к ИРУ1 и ИРУ2. Каждое ИРУ обеспечивает распределение электрической энергии от всех источников обоих каналов на все четыре двигателя-генератора. При использовании разработанной схемы ИЭС выход из строя одного ИРУ не приводит к нарушениям в распределении электрической энергии и питании потребителей.

Схема СЭС ПЭС АВФ-32НС содержит достаточно большое количество элементов. Структура этой схемы составляется на этапе проектирования и должна быть обоснована с точки зрения надёжности исходя из расчёта вероятности безотказной работы при отказе различных элементов. Теория надёжности и технической диагностики авиационного оборудования может определить эту вероятность и выявить слабые места в схеме для изменений её структуры.

Исходя из электрической схемы, представленной на рисунке 1, были составлены схемы надёжности ИЭС для подсистем СЭС 270 В (рисунок 2) и 27 В (рисунок 3) полностью электрического самолета.

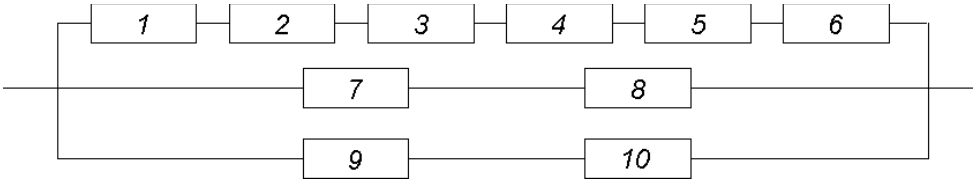


Рисунок 2 – Схема надёжности подсистемы напряжением 270 В

На схеме надёжности, представленной на рисунке 2, обозначены: 1, 2 – АБ на 270 В; 3, 4 – СК; 5, 6 – ВТЭ; 7, 8 – ЦУМ; 9, 10 – ИРУ.

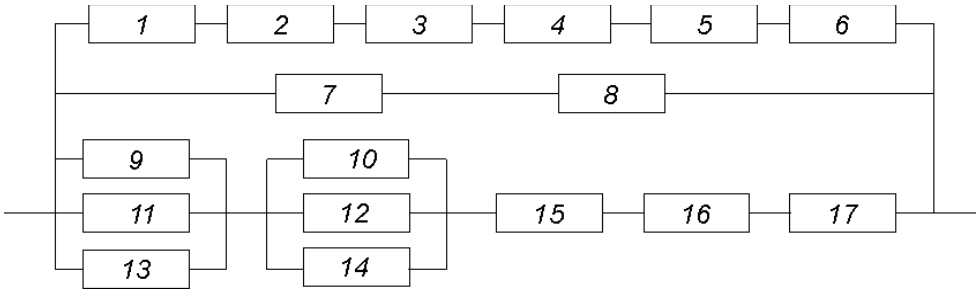


Рисунок 3 – Схема надёжности подсистемы напряжением 27 В

На схеме надёжности, представленной на рисунке 3, обозначены: 1 – АБ1, 2 – АБ2, 3 – СК1, 4 – СК2, 5 – ВТЭ1, 6 – ВТЭ2, 7 – ЦУМ1, 8 – ЦУМ2, 9 – ИРУ1, 10 – ИРУ2; 11 – КНВ1, 12 – КНВ2, 13 – ЛЦУН1, 14 – ЛЦУН2, 15 – УКУ; 16 – ФЭ; 17 – АБ3.

Общая интенсивность отказов последовательно соединённых N элементов равна сумме их интенсивностей отказов:

$$\lambda_{\sum}(t) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i(t). \quad (1)$$

Вероятность безотказной работы изделия с последовательным соединением элементов равна произведению вероятностей их безотказной работы:

$$P_C(t) = \prod_{j=1}^{N} p_i(t) = e^{-\int_0^t [\lambda_1(t)+\lambda_2(t)+\cdots+\lambda_N(t)]dt}. \quad (2)$$

Среднее время наработки на отказ системы определяется по формуле:

$$T_C(t) = \frac{1}{\sum_{i=1}^{N} \lambda_i(t)}. \quad (3)$$

При этом общая интенсивность отказов определяется как:

$$\lambda_{\sum}(t) = \sum_{i=1}^{N} \lambda_i(t). \quad (4)$$

При параллельном соединении элементов схема остается работоспособной когда остаётся исправным хотя бы один из элементов. Для элементов 1-6 вероятность отказа равна произведению вероятностей отказов всех элементов:

$$Q(t) = \prod_{j=1}^{6} q_i(t). \quad (5)$$

Тогда вероятность безотказной работы параллельно соединеных элементов 1 6 будет равна:

$$P_C(t) = 1 - Q_C(t) = 1 - \prod_{j=1}^{6} q_i(t). \quad (6)$$

Вероятность отказа каждого из источников энергии, представленных на схеме надёжности элементами 1–6 нельзя принимать постоянной величиной, так как они имеют ограниченное время работы и даже при условии технической исправности каждого из элементов этих источников энергии, после определённого времени работы они не смогут обеспечивать электроснабжение бортовых потребителей, что равносильно отказу.

Вероятность безотказной работы каждого из источников энергии является функцией от времени работы. Определяется эта зависимость исходя из опыта эксплуатации авиационной техники, полученного в ходе преддипломной практики.

Вероятности отказа и безотказной работы АБ от времени представлены на рисунке 4. Вероятности отказа и безотказной работы ВТЭ от времени представлены на рисунке 5.

Эти вероятности приняты для случая, когда ВТЭ и АБ обеспечивают по 50 % от общего количества энергии, необходимого для выполнения полёта продолжительностью.

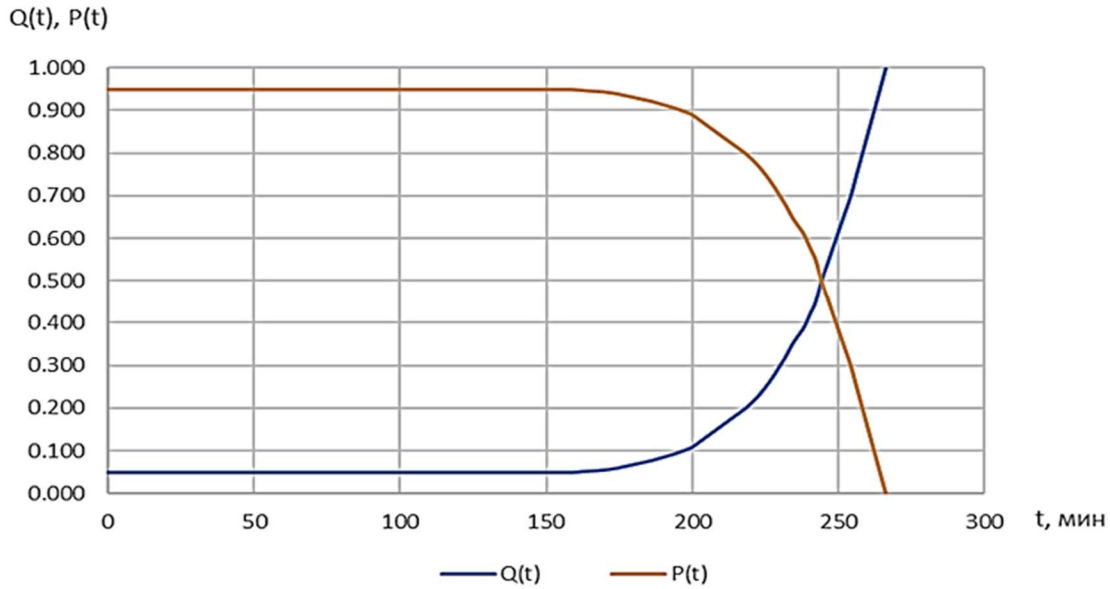


Рисунок 4 – Вероятности отказа и безотказной работы АБ от времени

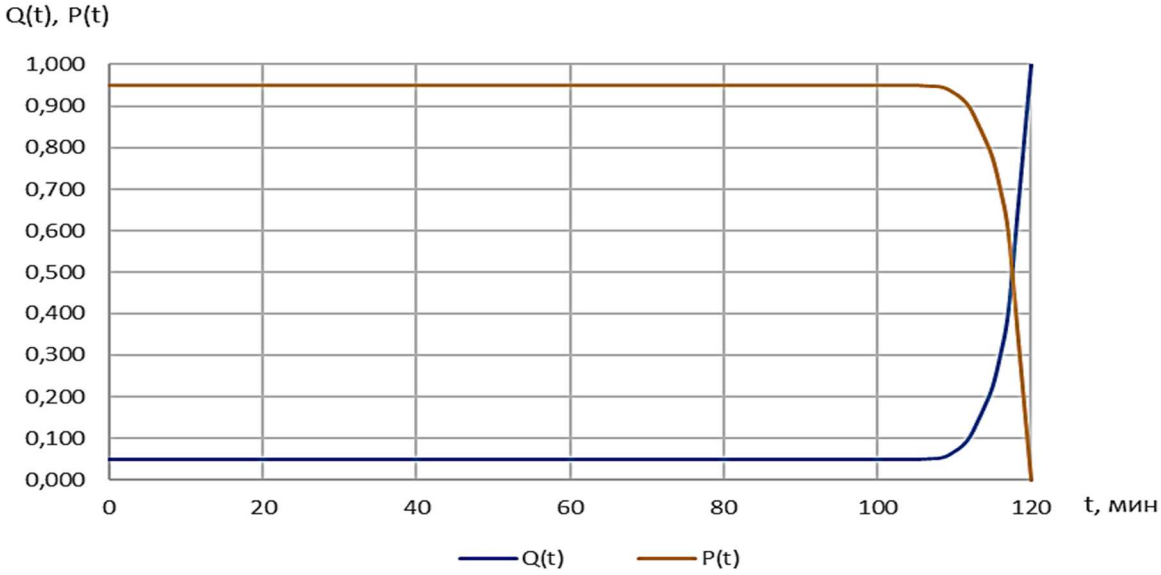


Рисунок 5 – Вероятности отказа и безотказной работы ВТЭ от времени

Как видно из рисунка 5, ВТЭ имеет более резкое изменение вероятностей отказа и безотказной работы, так как при понижении давления в баллонах с водородом ниже определённого значения за короткое время выработка электроэнергии становится просто невозможной.

Аналогичным образом определены вероятности отказа и безотказной работы суперконденсаторов, предсатвленные на рисунке 6.

Учитывая выражение (2) определена вероятность безотказной работы источников электроэнергии напряжением 270 В (элементы 1–6). Результаты вычислений представлены на графике (рисунок 7).

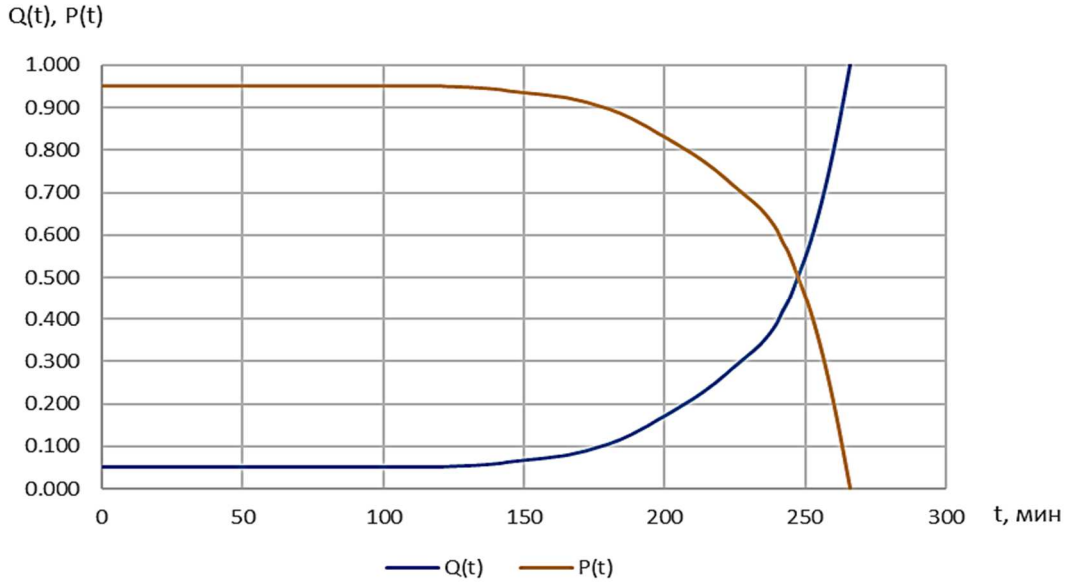


Рисунок 6 – Вероятности отказа и безотказной работы СК от времени

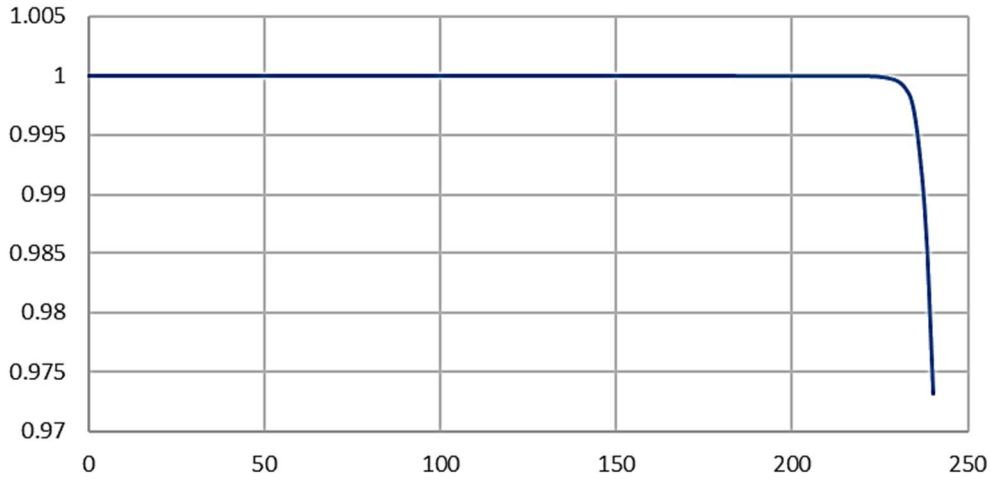


Рисунок 7 – Вероятность безотказной работы источников электрической энергии напряжением 270 В

Аналогичным образом можно определить вероятность безотказной работы всей ИЭС, однако, для достоверных вычислений необходимо учитывать показатели интенсивности отказов агрегатов, которые еще не эксплуатируются серийно. Вопросы обеспечения надежности ИЭС требуют дальнейших исследований с последующими испытаниями на стендах для подтверждения расчетных показателей.

Список литературы:

1. Халютин С.П. Новые возможности самолётов на электрической тяге / С.П. Халютин, О.С. Халютина // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». – 2017. – Т. 2. – С. 291–294.
2. Халютин С.П. Электрический самолет: прошлое, настоящее, будущее // Авиапанорама: Международный авиационно-космический журнал. – 2016. – № 6(120). – С. 42–51.
3. Воронович С.И. Полностью электрический самолет // Авиапанорама. – 2009. – № 2. – С. 23–27.
4. Электрический самолет: концепция и технологии / А.В. Левин [и др.]. – Уфа : Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2014. – 388 с. – С. 370-383. ISBN 978-5-4221-0606-6
5. Полностью электрический самолет Rolls-Royce впервые поднялся в небо. – URL : https://yablor.ru/blogs/polnostyu-elektricheskiy-samolet-ro/6875209 (дата обращения 12.04.2026).

УДК 53.043

МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ЗАДАННЫМИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНСТРУКЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ИМПУЛЬСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

♦♦♦♦♦

METHOD PRODUCCING MATERIALS WITS SPECIFIED THERMOPHYSICFL PROPERTIES TO PROTECT UNMANNED AERIAL VEHICLES FROM IMPACT OF HIGH-DENSITY PULSE ENERGY TRANSMISSION SISTEMS

Гордиенко С.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
gordi.serhio2013@inbox.ru

Маркелов В.И.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
napalkoff.v@ yandex.ru

Аннотация. Приведен пример методики получения перспективных материалов с заданными теплофизическими свойствами.

Ключевые слова: полимер, кристаллогидрат, теплофизические свойства.

Gordienko S.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
gordi.serhio2013@yandex.ru

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
napalkoff.v@yandex.ru

Abstract. An example of a method for obtaining promising materials with specified thermophysical properties is given.

Keywords: polymer, crystal hydrate, thermophysical properties.

Для сохранения боевой живучести отечественных БПЛА во время проведения СВО необходимо разработать пассивные и активные средства противодействия воздействия на конструкцию БПЛА. Одним из пассивных средств защиты может стать нанесение покрытия на оболочку и средства газопылевой защиты. В данной статье предлагается пример методики разработки компонентов для перспективных защитных материалов.

Средства поражения на основе систем направленной передачи энергии высокой плотности обладают рядом особенностей. Так, импульсные систем высокой плотности могут оказывать на конструкцию компонента воздушного судна термомеханическое воздействие. Интенсивность процесса пенетрации оболочки компонентов конструкции зависит не только от свойств импульсных систем высокой плотности, но и термодинамических, теплофизических и механических характеристик конструкционного материала, на который непосредственно происходит воздействие [1].

Для защиты оболочки от термомеханического воздействия требуется разработать составы с заданными теплофизическими свойствами, для чего необходимо подобрать материал для защитного покрытия и выбрать программы проведения экспериментальных исследований. Требования к материалам, разрабатываемым для применения в конструкции авиационной техники должны отвечать следующим условиям:

– быть не горючими;

– способными выдержать тепловую нагрузку 1000–1200 °С в течение заданного времени;

– формоустойчивыми;

– не коррозионно-активными;

– иметь низкую плотность, стабильность теплофизических и механических свойств;

– иметь высокую теплоту фазовых и химических превращений;

– простыми и технологичными в изготовлении и нанесении на защищаемые объекты;

– обладать высокими адгезионными свойствами к металлам и композиционным материалам.

Тип и качество опытов необходимо выбирать согласно методики полного факторного эксперимента, которая реализует все возможные неповторяющиеся комбинации уровней независимых факторов, каждый из которых варьируется на двух уровнях.

Для выбора типов образцов необходимо руководствоваться тем фактом, что наиболее перспективными композициями являются композиции системы типа полимер-кристаллогидрат.

Широко применяемые в технике покрытия на основе каучуков обладают высокими теплозащитными свойствами, но технология их производства предполагает длительную термическую обработку и скрепление с защищаемыми поверхностями при помощи специальных клеев. Поэтому данные материалы не обеспечивают необходимую тепловую защиту узлам авиационной техники, от длительного термического воздействия.

Указанные недостатки можно избежать, используя композитные материалы на основе эпоксидных смол. Эпоксидные смолы являются одним из лучших видов связующих для большинства полимерных композитных материалов, что объясняется следующими причинами:

– эпоксидные смолы обладают хорошей адгезией к большому числу наполнителей, армирующих компонентов и подложек;

– разнообразие доступных эпоксидных смол и отверждающих агентов позволяет получить после отверждения материалы с широким сочетанием свойств, удовлетворяя при этом различным требованиям технологий;

– в ходе химической реакции между эпоксидными смолами и отверждающими агентами не выделяются вода или какие-нибудь летучие вещества;

– эпоксидные смолы отверждаются без выделения побочных продуктов, поэтому изделия из них имеют минимальную усадку (0,3–2 %) более низкую чем для фенольных или полиэфирных смол, что позволяет использовать их в толстых слоях;

– отвержденные эпоксидные смолы обладают не только химической стойкостью, но и хорошими электроизоляционными свойствами.

Неотвержденные эпоксидные полимеры представляют собой вязкие жидкости или низкоплавкие продукты, которые растворяются во многих органических растворителях (ацетон, толуол, хлорированные углеводороды), не растворимы в воде, бензине, ограниченно растворимы в спиртах. Тип отвердителя и его количество оказывают существенное влияние не только на условия отверждения, но и на теплофизические свойства и нагревостойкость отвержденных эпоксидных полимеров. Выбор отвердителя для того или иного типа эпоксидных полимеров обуславливается назначением, допустимыми условиями переработки композиции и требуемыми свойствами отвержденного продукта.

Из всех видов эпоксидных полимеров наиболее механической прочностью и высокой адгезией обладают диановые эпоксидные смолы.

К ним относятся смолы следующих марок: ЭД-24, ЭД-22, ЭД-20, ЭД-16, ЭД-14, ЭД-8, ЭД-4, ЭД-40 (ОСТ 6-10-416-77), Э-41, Э49П, Э-45.

Марка смолы, как правило, отражает процентное содержание (количество) эпоксидных групп. Отечественным диановым эпоксидным полимерам соответствуют олигомеры зарубежных фирм: CY-205 («Циба», Швейцария), эпикот 828 («Шелл», Великобритания), EPL 2772, EPL 2774 («Юнион карбайд», США).

Из всего многообразия диановых эпоксидных смол для экспериментального исследования следует выбирать материал со свойствами наиболее средними для данного класса. Основной параметр, влияющий на свойства и тип эпоксидного полимера является количество эпокси групп. Эпоксидная смола марки ЭД-16 имеет среднее значение данного показателя. Поэтому она была принята за основное связующие в образцах перспективных материалов. Эпоксидный олигомер ЭД-16 представляет собой термопластичную вязкую жидкость плотностью 1550 кг/м^3, содержание эпоксидных групп – 16 %. Динамическая вязкость при 50 °С от 3 до 20 Па*с.

При выборе типа отвердителя принято во внимание необходимость удовлетворения следующих эксплуатационных и технологических факторов:

– материал должен легко наносится в полевых условиях;
– температура реакции отверждения не должна происходить с нагревом образца.

Холодное отверждение происходит при использовании алифатических полиаминов. В настоящее время в больших объемах выпускается отвердитель полиэтиленполиамин (ПЭПА). Наиболее оптимальная композиция смеси эпоксидная смола-ПЭПА составляет 10–12 % отвердителя от всей массы состава. Данная композиция была принята в качестве полимерного связующего в исследуемом материале, предполагая, что составы на основе других марок эпоксидных смол данного класса будут обладать сходными свойствами.

Необходимо учесть, что использование эпоксидных полимеров в качестве защитных покрытий ограничено, что объясняется их низкой теплостойкостью. При нагреве сохранение формы материалов на основе чистых материалов обеспечивается в интервале температур 250–315 °С. Рабочую температуру эпоксидных полимеров можно значительно повысить путем введения различных минеральных наполнителей. Композиционные материалы на основе эпоксидных полимеров, содержащие неорганические компоненты, имеют нагревостойкость, обычно превышающую таковую самих чистых полимеров.

В качестве неорганических наполнителей перспективными являются кристаллические водно-солевые системы (кристаллогидраты).

Основные показатели, по которым производился выбор наполнителя:
– низкая плотность;
– приемлемая температура плавления;
– низкая теплопроводность;
– высокая теплоемкость;
– совместимость с полимерным связующим;
– наличие максимального теплового эффекта при плавлении и разложении;
– исходные материалы должны иметь широкое применение в отечественной промышленности.

Помимо этого, необходимо учитывать термодинамические свойства оболочки [2], на которую будет наносится защитное теплоаккумулирующее покрытие.

Наибольшую температуру ($T_{пл.}$) и энтальпию ($\Delta H_{пл.}$) плавления имеют алюмоаммонийные и алюмокалиевые квасцы и тригидрат ацетата натрия.

Алюмоаммонийные квасцы являются белыми октаэдрическими кристаллами плотностью 1640 кг/м^3. При нагревании алюмоаммонийные квасцы обезвоживаются при 200 °С, при дальнейшем нагреве разлагаются на аммиак и оксид алюминия. Алюмокалиевые квасцы – большие бесцветные прозрачные октаэдрические кристаллы сладкого вяжущего вкуса плотностью 1750 кг/м^3. При 92 °С плавятся в кристаллизационной воде при нагревании до 120 °С, превращаясь в белый порошок жженых квасцов.

Тригидрат ацетата натрия представляет собой бесцветные кристаллы моноклинной системы с плотностью 1528 кг/м^3. Материал обезвоживается при 120 °С, разлагается при температурах выше 324 °С, продуктами разложения являются ацетон и сода. Ацетон как высоко летучее органическое соединение испаряется полностью, а карбонат натрия является высоко теплостойким соединением с температурой плавления 854 °С.

Все описанные материалы широко используются в отечественной промышленности. Данные кристаллогидраты наиболее полно подходят к требованиям, изложенным выше, так как они способны наиболее эффективно аккумулировать тепло при высокотемпературных воздействиях. Для повышения огнестойкости материалов с содержанием в качестве наполнителя тригидрат ацетата натрия в композицию добавлен антиперен – трех окись сурьмы.

Выборка композиций осуществлялась по принципу создания экспериментальных образцов с одной постоянной величиной, в качестве которой использовалась полимерное связующее ЭД-16 и трех переменных величин – типа наполнителя. Технология изготовления теплоаккумулирующих материалов предусматривает холодное отверждение наполненной кристаллогидратом эпоксидной смолы с помощью отвердителя полиэтиленполиамина.

Процентное соотношение полимерного связующего и наполнителя выбрано, исходя из следующих параметров:

– 10 и 60 % наполнителя от всей массы образца – соотношение, при котором ожидается минимальный и максимальный эффекты от использования наполнителя, и сохраняются механические свойства материала;

– 30 и 45 % наполнителя – средние значения, при которых ожидается эффект аккумулирования тепла.

Теоретические методы исследования материалов представляют определенные трудности из-за необходимости создания громоздких математических моделей и большой погрешности результатов. Поэтому наиболее предпочтительны экспериментальные методы исследования.

Основным фактором, определяющим эффективность защитного покрытия, являются теплофизические свойства материала. Поэтому для определения теплофизических свойств следующим этапом в предлагаемой методике подбора материалов должно стать определение коэффициента аккумулирования тепла, в который входят: теплоемкость, теплопроводность, плотность и эффективная энтальпия фазового перехода.

Список литературы:

1. Дж. Любин Справочник по композиционным материалам. – М. : Машиностроение, 1988.
2. Равдель А.А. Краткий справочник физико-химических величин / А.А. Равдель, А.М. Пономарева. – Л. : Химия, 1983.

УДК 629.7.05

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРЛС САМОЛЕТОВ 5-ГО ПОКОЛЕНИЯ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

♦♦♦♦♦

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF 5TH GENERATION RADAR AIRCRAFT. DEVELOPMENT PROSPECTS

Курилов Я.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Афонин И.Е.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Земцева И.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются бортовые РЛС ведущих стран. Производится сравнительный анализ их тактических возможностей. Описываются особенности работы и направления дальнейшего развития.

Ключевые слова: бортовая радиолокационная станция, самолет 5-го поколения, сравнительная характеристика, приемо-передающий модуль.

Kurilov Ya.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Afonin I.E.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Zemceva I.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the onboard radars of the leading countries. A comparative analysis of their tactical capabilities is performed. The features of the work and the directions of further development are described.

Keywords: on-board radar, 5th generation aircraft, comparative characteristics, receiving and transmitting module.

Введение. Бортовая радиолокационная станция (БРЛС) – основной элемент прицельно-навигационного комплекса самолета. Современные многофункциональные РЛС обеспечивают эффективный поиск, обнаружение и сопровождение воздушных и наземных целей, дистанционное подавление систем управления пущенных ракет противника, измерение высоты и выполнение картографирования рельефа местности, могут использоваться как передатчики в высокоскоростных системах обмена данными и выполнять функции средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) и радиотехнической разведки (РТР).

Масса БРЛС занимает не более 5 % от взлетной массы самолета, но именно ее характеристики определяют возможности современных истребителей, а наличие на борту летального аппарата активной фазированной антенной решетки (АФАР) – один из признаков его принадлежности к наиболее передовому на сегодняшний день 5-му поколению.

Статистика боевого применения истребителей за последние 15 лет дает четкую картину: все воздушные бои, в которых принимали участие истребители 4-го поколения, происходили на большой дистанции (100 % побед одержаны при помощи ракет «воздух-воздух» средней и большой дальности), что, в свою очередь, дало понять конструкторам, какому направлению в разработке перспективных авиационных комплексов следует уделить больше внимания.

Возможность создания авиационной платформы, относящейся к 5-му поколению, – это своего рода ценз, отделяющий технологически развитые страны от всех остальных государств, имеющих авиапромышленность. Однако еще сложнее создать РЛС с АФАР.

Бортовая РЛС AN/APG-77 (F-22). В настоящий момент воспользоваться всеми преимуществами технологии АФАР могут не так уж много моделей самолетов. В их

числе: французский «Rafale» (РЛС – RBE 2AA), экспортный F-16 E/F «Fighting Falcon» военно-воздушных сил ОАЭ (РЛС – AN/APG-80), экспортный истребитель-бомбардировщик F-15SG военно-воздушных сил Сингапура (оснащен AN/APG-63(V)3), американские F-15E «Strike Eagle». Кроме них, БРЛС с АФАР AN/APG-79 получили модернизированные палубные F/A-18E/F «Super Hornet», а также самолеты F-22 «Raptor» и F-35 «Lightning II», который заметно уступает F 22 как истребитель и может успешно бороться в воздухе в основном с более слабым противником – истребителями 3-го и 4-го поколений, не прошедших существенной модернизации. И, несомненно, в число истребителей 5-го поколения относим отечественный Су-57 с его уникальной по конструктивному и техническому решениям АФАР Н036 «Белка» [4].

Что умеет РЛС AN/APG-77 истребителя F-22 «Raptor» из того, чего не умеют БРЛС остальных самолетов? На первый взгляд, ничего особенного. РЛС имеет дальность обнаружения воздушных целей около 190 км, на которой обеспечивается вероятность обнаружения цели с ЭПР = 1 м^2, равной 86 % при одном проходе луча антенны. Для сравнения: отечественная РЛС Н035 «Ирбис», по заявлениям разработчиков, способна обнаруживать воздушные цели на дальности 300–400 км (ЭПР = 3 м^2). По большому счету, данные значения не стоит воспринимать всерьез – в боевых условиях, под влиянием различных помех и ситуационных ограничений, реальная дальность обнаружения может сократится в разы [2].

РЛС «Раптора» имеет специальный режим работы LPI (Low Probability of Intercept – низкая вероятность перехвата), что особенно важно для самолета, построенного по технологии «стелс». В отличие от обычных РЛС, «Raptor» излучает широкополосные низкоэнергетические сигналы. Это нивелирует эффективность вражеских средств РЭБ и РТР – противник даже может не узнать, что F-22 близко и готов произвести атаку. Единственное средство, которое способно разобраться в случайном потоке сигналов на разных частотах – процессор самой РЛС AN/APG-77, постепенно накапливающий данные и точно измеряющий координаты и параметры движения цели.

Теоретически это могло бы уравнять шансы F-22 и Су-35С. Но стоит помнить, что дальность взаимного обнаружения в воздушном бою зависит не только от энергетических возможностей БРЛС и ЭПР воздушной цели. Важную роль в сравнении играет размер зоны обзора. БРЛС Су-35 обеспечивает обзор в секторе ±120° (±60° при электронном сканировании, без поворота антенны), а БРЛС AN/APG-77 ограничена ±(50–60)°, причем на краях зоны обзора снижаются возможности по разрешению и дальность обнаружения.

Второе важнейшее преимущество БРЛС F-22 – возможность одновременной работы в режимах «воздух-воздух» и «воздух-поверхность». Трудно переоценить значение этой возможности для пилотов истребителей-бомбардировщиков, что ведут поиск танковой колонны противника в складках рельефа местности, тем более при наличии угрозы со стороны вражеской авиации.

Согласно распространенным данным, РЛС AN/APG-77 в режиме синтезирования апертуры антенны позволяет обнаруживать цели с ЭПР = 30 м^2 (танк) на дальности 50 км, а мост или крупный корабль (ЭПР = 1000 м^2) на дальности до 400 км [2].

Помимо выполнения функций обнаружения объектов противника, БРЛС с АФАР, в теории, способна сама превратиться в грозное оружие. Фокусируя излучение в виде узких «лучей смерти» (рисунок 1), такая станция может «сжигать» электронику подлетающих головок самонаведения ракет противника. Однако, какова реальная эффективность БРЛС самолета F-22 в качестве электромагнитного оружия – вопрос сложный и дискуссионный. Остается добавить, что, помимо научно-фантастических свойств, РЛС AN/APG-77 обладает всеми преимуществами технологии АФАР: относительной компактностью и повышенной надежностью.

Применение РЛС с АФАР, как это не странно, благоприятно отразилось на снижении ЭПР самого «Раптора» (за счет отсутствия под носовым обтекателем механических приводов и зеркальных поверхностей, плюс уменьшение размеров носовой части). Начиная с версии F-22 Block32, AN/APG-77 получила возможность постановки направленных радиоэлектронных помех, в том числе по нескольким целям одновременно. Наконец, не стоит забывать о потенциальной возможности интеграции БРЛС в высокоскоростные сети обмена данными. При всех ограничениях и недостатках (главный из которых – стоимость), AN/APG-77 представила собой прорыв в области радиолокации для своего времени [2].



Рисунок 1 – Применение БРЛС с АФАР в качестве радиоэлектронного оружия

Все вышеперечисленное дает нам понять четкую картину, БРЛС с АФАР одного из первых истребителей 5-го поколения F-22 (поступивший на вооружение ВВС США в 2005 г.) и на сегодняшний день считается передовой и многофункциональной, несмотря на то, что серийное производство самолета приостановлено в 2011 г. Модернизация БРЛС позволяет только увеличивать её функционал, и она по-прежнему остается грозным соперником в технологической битве развитых стран.

Бортовая РЛС AN/APG-81 (F-35). Еще больших успехов удалось добиться научному коллективу, создавшему БРЛС для многоцелевого истребителя F-35, которая получившая обозначение AN/APG-81.

В сравнении с РЛС самолета F-22 AN/APG-81 имеет более скромные габариты и меньшие энергетические возможности. Тем не менее, она обеспечивает летчика едва ли не большим объемом информации. Все дело в уникальных математических алгоритмах обработки сигналов: например, извлечении полезной информации из шумов, принимаемым по «боковым лепесткам» диаграммы направленности АФАР.

Но главные возможности БРЛС F-35 раскрываются при работе по наземным целям: создателям AN/APG-81 удалось добиться минимальных размеров элемента разрешения на местности порядка 30 × 30 см. Это практически позволяет при обзоре поверхности Земли со стратосферных высот отличить танк от БМП (рисунок 2), что, конечно же, выводит AN/APG-81 в лидеры по боевой эффективности при работе по наземным целям, в сравнении с остальными машинами 5-го поколения [3].



Рисунок 2 – Стратосферные кадры, сделанные при помощи AN/APG-81

Достижения Китая в области создания бортовых РЛС. У представителей КНР складывается достаточно интересная ситуация. На самолете J-20 использовалась РЛС с АФАР типа 1475 (KLJ-5) с 1856 приемопередающими модулями, но более поздние данные показали, что эта БРЛС была разработана для модернизированных версий

J-11D (собрата Су-27). Другие аналитики указывают, что, исходя из размеров поперечного сечения носовой части J-20 (рисунок 3) и известных данных о размерах одного приемопередающего модуля в радиолокационной системе AESA (Active Electronically Scanned Array) самолета J 20, вероятно, установлено 2000–2200 приемопередающих модулей [9].



Рисунок 3 – АФАР китайского истребителя 5-го поколения J-20

В исследовании китайских военных, датирующимся началом разработки проекта J 20, были изложены требования к РЛС с дальностью обнаружения 200 км, одновременным сопровождением 20 целей и возможностью поражения нескольких целей. Китайские РЛС с тех пор соответствуют или превосходят эти требования.

На сегодняшний день нет точной информации о работе БРЛС с АФАР китайских передовых истребителей, но по имеющимся данным можно с уверенностью сказать, что она станет достойным соперником мировым лидерам – производителям БРЛС.

КНР проводит испытания двух истребителей 6-го поколения: J-Б и J-М. По одному из предположений, J-Б – это многофункциональный истребитель-бомбардировщик среднего радиуса действия, а J-М – истребитель завоевания господства в воздухе (рисунок 4). Оба самолета должны быть оснащены современными БРЛС с АФАР [9].



Рисунок 4 – Китайские истребители 6-го поколения J-M и J-B (слева направо соответственно)

Бортовой РЛК Н036 «Белка» (Су-57). Для российского Су-57 многофункциональный РЛК Н036 «Белка» с АФАР разработан в Научно-исследовательском институте приборостроения им. В.В. Тихомирова (входит в состав Концерна ВКО «Алмаз – Антей»).

В России к реализации проекта перспективного авиационного комплекса фронтовой авиации (ПАК ФА) приступили с пониманием того, что самолет 5-го поколения должен быть только многофункциональным – решать чрезвычайно широкий круг задач от завоевания господства в воздухе и борьбы с ракетами противника до уничтожения малоразмерных наземных и надводных целей.

Поэтому бортовой радиолокационный комплекс в максимальной степени должен освобождать летчика от функций управления бортовыми системами, сосредоточив его внимание на решении тактических задач.

Так же следует отметить, что БРЭО истребителя Су-57 построено с использованием резервированных многопроцессорных вычислительных систем и высокоскоростных каналов информационного обмена. Оно обеспечивает не только обработку информации обзорно-прицельных систем, но и интеллектуальную поддержку летчика – частично реализует так называемую функцию «электронного пилота».

В процессе разработки концептуальной модели радиолокационного комплекса для российского истребителя 5-го поколения специалисты НИИП пришли к твердому убеждению о необходимости установки на новую машину не одной, а сразу нескольких ФАР с электронным сканированием луча, разнесенных по разным местам фюзеляжа и крыла летательного аппарата. Это дает Су-57 определенные преимущества по обзору воздушного пространства. В частности, такое решение с разнесенными по разным участкам планера АФАР разных частотных диапазонов повышает возможности по обнаружению самолетов противника, построенных по технологии «стелс» [1].

По некоторым данным, в БРЛС Н036 «Белка» используется значительная часть технологий, отработанных на БРЛС Н035 (Су-35С). Большая часть ТТХ пока остаётся неизвестной. Предполагается, что дальность обнаружения целей с ЭПР = 1 м^2 составляет порядка 400 км, количество одновременно сопровождаемых целей – 62, с возможностью наведения УР на 16 воздушных целей или 4 наземных цели. В БЦВМ используются отечественные процессоры «Эльбрус», обрабатывающие сигналы, полученные с 1526 приемо-передающих модулей [4].

Важным фактором, отличающим Н036 «Белка» от остальных БРЛС, является наличие разнесенных боковых АФАР L-диапазона в носках крыла, ведь более привычным принято считать расположение антенн бокового обзора непосредственно за основной АФАР (рис. 5).

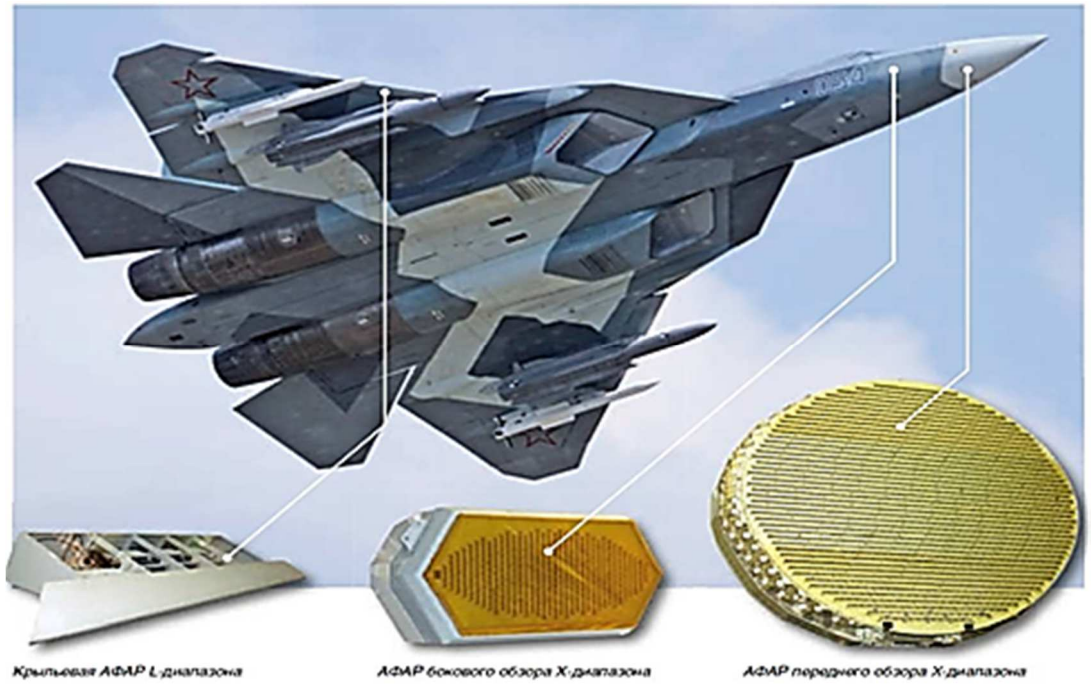


Рисунок 5 – Расположение АФАР на самолете СУ-57

Все возможности отечественной БРЛС представили в мировом сообществе Су-57 как достаточно грозную машину, которая является одним из лидеров в гонке вооружений самолетов 5-го поколения.

Перспективы развития. Как показывает мировая практика, дальнейшее развитие АФАР связано с освоением технологии для создания приемо-передающих модулей (ППМ) на основе нитрида галлия. Мощность ППМ на нитриде галлия на порядок выше, чем у арсенид-галлиевых устройств. Поэтому АФАР, реализованные на основе таких

ППМ, будут иметь больший пространственный объем зоны обзора, большую дальность обнаружения и сопровождения цели, и, при прочих равных условиях, существенно меньший размер апертуры антенны. При этом GaN ППМ более устойчивы к повышенной температуре эксплуатации и имеют более высокий КПД [10]. В России только начинают приступать к освоению этой технологии, позволяющей за счет более высоких частотных характеристик ППМ уменьшить габариты ППМ и повысить тепловые потоки между ними, что значительно снизит их перегрев в процессе работы. Россию сейчас по этому направлению опережают не только производители БРЛС США, но и КНР.

Если раньше на экране была лишь метка цели, то в настоящее время программное обеспечение и аппаратные возможности БРЛС позволяют распознавать класс и тип цели, момент пуска ракеты и выполнение самолетами противника каких-либо маневров. БРЛС с АФАР кроме того способна извлекать больший объем информации из отраженных от цели сигналов. Ведутся работы по улучшению эксплуатационных характеристик АФАР. Планируется создание компактных, тонких, лёгких, а также конформных (максимально адаптированных под форму фюзеляжа) АФАР. Уменьшают энергопотребление совместно со снижением их стоимости. Этого планируют достичь, в частности, за счёт применения в микросхемах подложек из кремний-германия [7]. Интегрируют активные и пассивные схемы ФАР, применяют АФАР в системах связи нового поколения [8].

В России, например, в 2028 году планируют наладить выпуск отечественных электронных компонентов АФАР, а выпуск опытных образцов многолучевых бортовых АФАР – на 2029 год [6].

Что ждет нас в недалеком будущем? Главный тренд развития известен уже сегодня – интегрирование систем радиовидения с радиолокационными системами и разработка математического аппарата для создания трехмерных радиолокационных изображений.

Список литературы:

1. Наседин И. РЛК «Белка» пятого поколения // Оборона.Ру. – URL : https://oborona.ru/product/kedrov-ilya/rlk-belka-pyatogo-pokoleniya-41773.shtml?ysclid=mi1pzs5dow861211631 (дата обращения 10.11.2025).
2. Крадущиеся в воздухе. Истребители 5 поколения // LIVEJOURNAL. – URL : https://mikhaelkatz.livejournal.com/98257.html? ysclid = mi1qv2i839704849052 (дата обращения 13.12.2025).
3. Капцов О. Нобелевская премия за радар для F-35 // Военное обозрение. – URL : https://topwar.ru/63227-nobelevskaya-premiya-za-radar-dlya-f-35.html?ysclid=mi1q9t976789197972 (дата обращения 20.12.2025).
4. Радиолокационный комплекс «Белка» для истребителя Су-57 – технологический шедевр, созданный НИИП им. В.В. Тихомирова // Оборона.Ру. – URL : https://oborona.ru/product/kedrov-ilya/radiolokacionnyj-kompleks-belka-dlya-istrebitelya-su-57-tekhnologicheskij-shedevr-sozdannyj-niip-im-v-v-tihomirova42234.shtml?ysclid = mibhr068vr972629708 (дата обращения 04.01.2026).
5. H036 Белка // Wikipedia. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki (дата обращения 10.01.2026).
6. В России разработали платформу для высокоскоростной спутниковой связи // РИА НОВОСТИ. – URL : https://ria.ru/20250516/svyaz-2017249436.html (дата обращения 20.01.2026).
7. Активные фазированные антенные решетки – состояние и тенденции развития / А.В. Шишлов [и др.] // Журнал радиоэлектроники. – 2023. – № 1. – URL : http://jre.cplire.ru/jre/jan23/5/text.pdf (дата обращения 25.01.2026).
8. В Томске импортозаместили АФАР для систем связи нового поколения // Время электроники. – URL : https://russianelectronics.ru/2025-11-19-afar/ (дата обращения 02.02.2026).
9. Что известно о новом китайском истребителе шестого поколения и в чем его мощь? // Яндекс.Дзен. – URL : https://dzen.ru/a/Z3DnyZw91QFdT2BA (дата обращения 12.01.2026).
10. Радиоэлектронное оборудование воздушных судов. Часть 1. Основы теории передачи информации. Основные принципы и методы радиолокации : учебник / В.И. Медведев [и др.]. – Краснодар : КВВАУЛ, 2023. – 249 с.

УДК 629.7

ДИСКРЕТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СТРЕЛОВИДНОСТИ КРЫЛА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА: КОМПРОМИСС МЕЖДУ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И УСТОЙЧИВОСТЬЮ

♦♦♦♦♦

DISCRETE CHANGES IN WING SWEEP UNMANNED AERIAL VEHICLE: A COMPROMISE BETWEEN EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY

Азарян Д.А.
кандидат военных наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Духанин М.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Запорожец В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье представлен всесторонний анализ современного состояния и перспектив развития беспилотных летательных аппаратов с дискретно изменяемой стреловидностью крыла. Рассмотрены классические двухпозиционные схемы, реализованные в российских патентах, многопозиционные бионические конструкции с секционным изменением геометрии, а также радикальные концепции асимметричного («косого») крыла для гиперзвуковых скоростей. Особое внимание уделено аэроупругим характеристикам, балансировке и динамической устойчивости аппаратов в процессе морфинга. Показано, что дискретное изменение стреловидности позволяет разрешить фундаментальное противоречие между требованиями к взлетно-посадочным и крейсерским режимам, обеспечивая прирост аэродинамического качества до 15–20 %, однако требует комплексного подхода к проектированию систем управления и конструкции.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, изменяемая стреловидность, дискретный морфинг, аэроупругость, балансировка, асимметричное крыло, бионические конструкции.

Azaryan D.A.
PhD in Military Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Dukhanin M.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Zaporozhets V.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article presents a comprehensive analysis of the current state and development prospects of unmanned aerial vehicles with a discretely variable wing sweep. Classical two-position schemes implemented in Russian patents, multi-position bionic designs with sectional geometry changes, as well as radical concepts of an asymmetric («oblique») wing for hypersonic speeds are considered. Special attention is paid to aeroelastic characteristics, balancing and dynamic stability of the devices during morphing. It is shown that a discrete change in the sweep makes it possible to resolve the fundamental contradiction between the requirements for takeoff and landing and cruising modes, providing an increase in aerodynamic quality of up to 15–20 %, however, it requires an integrated approach to the design of control systems and structures.

Keywords: unmanned aerial vehicles, variable sweep, discrete morphing, aeroelasticity, balancing, asymmetric wing, bionic structures.

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БпЛА) выполняют широкий спектр задач, требующих работы в различных диапазонах скоростей и высот. Взлет и посадка предпочтительны при прямом крыле большого удлинения, обеспечивающем высокую подъемную силу на малых скоростях. Крейсерский полет на транс- и сверхзвуковых скоростях, напротив, требует стреловидного крыла малого удлинения для снижения волнового сопротивления [1, 7]. Классические летательные аппараты с фиксированной геометрией вынуждены принимать компромиссные решения, неоптимальные ни для одного из режимов.

Решением является применение крыла с изменяемой стреловидностью. Однако плавный (аналоговый) морфинг, реализованный на таких самолетах, как F-14 или Ту-160, сложен, тяжел и требует мощных гидравлических приводов. Для класса БпЛА, где ограничения по массе и энергопотреблению существенно жестче, более перспективным представляется дискретное изменение стреловидности – переход между двумя

или несколькими фиксированными положениями, оптимизированными под ключевые режимы полета [3, 8].

Цель настоящей работы – систематизировать современные знания о дискретных схемах изменения стреловидности крыла БпЛА, выявить их аэродинамические преимущества, конструктивные особенности и проблемы динамической устойчивости, а также оценить перспективы развития данного направления.

1. Классические двухпозиционные схемы

Простейшим и наиболее технологичным способом реализации изменяемой стреловидности является двухпозиционная фиксация консолей крыла. Такой подход реализован в патенте RU 2679757 C2 на российский беспилотный ударный комплекс [8]. Конструкция включает две подвижные консоли, закрепленные на корпусе на осях и фиксируемые в двух положениях штифтами с сервоприводным управлением.

1.1. Принцип действия и целесообразность

В транспортном (или взлетно-посадочном) положении консоли установлены с минимальной стреловидностью (прямое крыло большого удлинения), что обеспечивает высокое аэродинамическое качество и длительное барражирование в зоне дежурства. При переходе в режим атаки по команде блока управления штифты выходят из зацепления, консоли под действием набегающего потока отклоняются назад до упора и вновь фиксируются, формируя стреловидное крыло малого удлинения, оптимизированное для скоростного пикирования на цель [8].

Как отмечается в описании патента, такое решение устраняет противоречие между требованиями к режимам барражирования (крыло большого удлинения) и пикирования (крыло малого удлинения), характерное для ударных БпЛА. Дальномер, электрически связанный с блоком управления, определяет расстояние до цели, и подрыв боевого элемента происходит при достижении заданной дистанции [8].

1.2. Конструктивные особенности

Ключевым преимуществом двухпозиционной схемы является ее простота и надежность. Фиксация осуществляется механическими штифтами, входящими во втулки, закрепленные в консолях. Продольное перемещение штифтов обеспечивается сервоприводом, управляемым от полетного контроллера. Отсутствие необходимости в сложных гидравлических системах, характерных для пилотируемых самолетов с изменяемой стреловидностью, делает такое решение легким, энергоэффективным и доступным для БпЛА среднего класса [8].

Однако двухпозиционная схема имеет и ограничения. Она оптимизирована лишь для двух режимов (взлет/барражирование и пикирование), оставляя промежуточные режимы (набор высоты, разгон) неоптимизированными. Кроме того, в момент переключения происходит скачкообразное изменение аэродинамических характеристик и центровки, что требует соответствующей реакции системы управления.

2. Бионические многопозиционные конструкции

Дальнейшим развитием концепции дискретного изменения стреловидности являются бионические схемы с секционным изменением геометрии, предложенные исследователями Северо-западного политехнического университета (Китай) [2].

2.1. Концепция секционного изменения стреловидности

В работе Ма Ханга предложена схема высокоудлиненного бионического БпЛА с многосекционным крылом изменяемой стреловидности, использующая встречное согласованное изменение углов стреловидности внутренней и внешней секций крыла [2]. Такой подход, подсмотренный у парящих птиц, позволяет не только улучшить аэродинамические характеристики, но и реализовать само балансировку за счет управления положением центра масс крыла.

Внутренняя и внешняя секции изменяют стреловидность в противоположных направлениях, что позволяет минимизировать смещение аэродинамического фокуса и изменение моментов инерции в процессе морфинга. Авторами исследовано оптимальное соотношение размахов внутренней и внешней секций (коэффициент сужения) для снижения влияния изменения геометрии на продольную статическую устойчивость [2].

2.2. Влияние на устойчивость и балансировку

Расчетно-аналитические исследования показали, что согласованное изменение стреловидности секций позволяет не только снизить лобовое сопротивление на высоких скоростях, но и существенно улучшить характеристики аппарата на различных этапах полета. Увеличение доли размаха внутренней секции позволяет снизить балансi-

ровочное сопротивление V-образного оперения, уменьшить потребную тягу двигателей и увеличить дальность и продолжительность полета БпЛА [2].

С точки зрения динамики устойчивости, оптимальным является соотношение размахов внутренней и внешней секций в диапазоне 1,41–1,78. При этом значение 1,41 обеспечивает лучшую продольную устойчивость, а 1,78 – наилучшие боковые и путевые характеристики [2]. Это показывает, что выбор геометрии секционированного крыла позволяет тонко настраивать динамические свойства аппарата под конкретные требования миссии.

3. Радикальные решения: асимметричное (косое) крыло

Наиболее неординарным подходом к дискретному изменению стреловидности является концепция асимметричного, или «косого» крыла, развиваемая в последние годы китайскими учеными [4].

3.1. Принцип поворотного крыла

В отличие от традиционных схем, где левая и правая консоли поворачиваются симметрично, в концепции косого крыла вся несущая поверхность представляет собой единую конструкцию, поворачивающуюся вокруг вертикальной оси, установленной на фюзеляже. При этом одна половина крыла приобретает положительную стреловидность, другая – отрицательную [4].

Под руководством китайского профессора МаИюаняученные предложили использовать такую схему для гиперзвукового БпЛА, способного летать со скоростью не менее 5 м на высотах до 30 км. В проекте предусмотрены три основных положения крыла:

Нулевая стреловидность (прямое крыло) – для взлета и дозвукового полета (аэродинамическое качество 9,1);

Поворот на 45° – для сверхзвукового полета (качество до 5,6);

Поворот вдоль фюзеляжа (крыло «выключено» из работы) – для гиперзвукового полета, где 67 % подъемной силы создается фюзеляжем и 33 % – стабилизатором [4].

3.2. Преимущества и проблемы асимметричной схемы

Косое крыло имеет ряд фундаментальных преимуществ. Во-первых, конструкция предельно проста – нужен всего один шарнир и один привод вместо двух (для симметричных консолей). Во-вторых, на гиперзвуковых скоростях крыло может быть полностью уложено вдоль фюзеляжа, убираясь из потока и не испытывая экстремальных тепловых и аэродинамических нагрузок [4].

Однако асимметричная схема порождает и серьезные проблемы. При повороте крыла возникает несимметричное обтекание, что требует либо соответствующего отклонения органов управления для компенсации кренящего момента, либо создания специальных асимметричных аэродинамических компоновок. Кроме того, как показал еще американский экспериментальный самолет AD-1, пилотирование аппарата с косым крылом требует от летчика (или автопилота) непривычных навыков и высокой скорости реакции [4].

Как отмечают эксперты, теоретическая проработка китайского гиперзвукового БпЛА с косым крылом пока не перешла в стадию практической реализации. Сложность конструкции, требования к жаростойким материалам, мощным приводам и надежным шарнирам, выдерживающим гиперзвуковые нагрузки, делают полное копирование предложенных идей крайне маловероятным в обозримом будущем [4].

4. Аэроупругость и динамика морфинга

Критическим аспектом проектирования БпЛА с изменяемой стреловидностью является обеспечение аэроупругой устойчивости на всех этапах полета, включая переходные режимы изменения геометрии.

4.1. Влияние морфинга на флаттерные характеристики

Исследование Леванта Юнлюсой и ЯвузаЯмана показало, что морфинг крыла может драматически изменять его аэроупругое поведение. В работе анализировались флаттер и дивергенция полностью морфирующего крыла БпЛА при переходе между режимами взлета, набора высоты, крейсерского полета и барражирования. Результаты показали изменение скоростей флаттера и дивергенции до 138 % и 305 % соответственно [5].

Это означает, что конструкция, безопасная на одном режиме (например, при прямом крыле), может оказаться аэроупруго неустойчивой на другом (при стреловид-

ном крыле). Авторы подчеркивают необходимость включения аэроупругих расчетов на ранних этапах проектирования морфирующих механизмов, чтобы избежать катастрофических отказов [5].

4.2. Нестационарные аэродинамические эффекты

Особого внимания заслуживают переходные процессы, сопровождающие изменение стреловидности в полете. Исследование БпЛА с изменяемой стреловидностью, проведенное группой китайских ученых (Sietal., 2024), выявило существенные нестационарные эффекты [10].

Моделирование методом вычислительной аэродинамики показало, что в процессе изменения стреловидности возникает динамический гистерезис аэродинамических сил. Максимальные относительные отклонения коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления от квазистационарных значений достигали 18,5 % и 12,7 % при времени изменения стреловидности 0,5 с [10].

Важно, что основной причиной гистерезиса является не дополнительная скорость, вызванная движением крыла, а запаздывание перестройки вихревой структуры потока. Это означает, что упрощенные квазистационарные модели недостаточны для проектирования систем управления БпЛА с изменяемой стреловидностью – необходим учет нестационарной аэродинамики [10].

Несмотря на сложность, практическая реализация таких схем возможна: авторы разработали прототип и провели летные испытания, подтвердившие расчетные данные. Диапазон скоростей полета составил от 22,6 до 90,1 м/с, а скорость барражирования увеличилась на 82,8 % по сравнению с традиционными БпЛА [10].

5. Оптимизация аэродинамических характеристик

Выбор рациональных параметров крыла с изменяемой стреловидностью требует решения оптимизационной задачи, учитывающей множество факторов.

5.1. Влияние угла стреловидности на аэродинамическое качество

Исследование иракских и российских ученых (Аль-Хафаджи, 2023) было посвящено оптимизации аэродинамических характеристик БпЛА за счет выбора угла стреловидности [9]. Рассматривались пять углов стреловидности (15°, 20°, 25°, 30° и 35°) при постоянном коэффициенте сужения 0,2. Моделирование в ANSYS FLUENT для чисел Маха 0,058 (скорость 20 м/с) показало, что максимальное аэродинамическое качество достигается при угле стреловидности 15° и угле атаки 2°, а минимальное – при угле 35° и нулевом угле атаки [9].

Важно отметить, что из-за постоянного коэффициента сужения площадь крыла для разных углов стреловидности различалась (от 0,65 до 1,68 м^2), что также влияло на результаты. Это подчеркивает необходимость комплексной оптимизации, учитывающей не только угол стреловидности, но и другие геометрические параметры.

5.2. Интеграция с законцовками крыла

Дополнительные резервы повышения эффективности БпЛА с изменяемой стреловидностью связаны с применением законцовок крыла. Исследование, выполненное в МГТУ им. Н.Э. Баумана, показало, что установка законцовок позволяет улучшить аэродинамические характеристики за счет управления вихреобразованием на концах крыла [1]. Наибольший эффект достигается при комбинации обратной стреловидности стабилизаторов и классических законцовок на крыле.

Перспективные направления

Анализ современного состояния исследований позволяет выделить несколько устойчивых напрвлений в развитии БпЛА с дискретным изменением стреловидности:

Эволюция конструктивных схем – от простых двухпозиционных механических фиксаторов [8] к сложным бионическим многопозиционным конструкциям [2] и радикальным асимметричным решениям [4].

Учет динамических эффектов – переход от квазистатических аэродинамических моделей к полным нестационарным расчетам, учитывающим гистерезис аэродинамических характеристик в процессе морфинга [5, 10].

Интегрированное проектирование – необходимость совместной оптимизации аэродинамики, прочности, аэроупругости и системы управления [3, 7].

Применение новых материалов – использование композитов и «умных» материалов (сплавы с памятью формы, пьезокерамика) для создания легких и надежных морфирующих конструкций [7].

Обзор современных исследований морфирующих летательных аппаратов, выполненный Чэнь Шушэном с соавторами [3], выделяет три уровня реализации изменяемой геометрии: однодоменная оптимальная конфигурация (оптимизация под одну задачу), многодоменная фузионная конфигурация (адаптация под разные задачи) и концепция «одного сосуда – много энергий» (мультифункциональность). БпЛА с дискретным изменением стреловидности относятся ко второму уровню, позволяя одному аппарату эффективно выполнять различные миссии.

Заключение

Дискретное изменение стреловидности крыла представляет собой одно из наиболее перспективных направлений развития беспилотной авиации, позволяющее разрешить фундаментальное противоречие между противоречивыми требованиями к геометрии несущих поверхностей на разных режимах полета.

Российские разработки в этой области (патент RU 2679757 C2) демонстрируют технологическую готовность к созданию простых и надежных двухпозиционных конструкций для ударных БпЛА [8]. Международные исследования, особенно китайская научная школа, продвигаются в сторону более сложных многопозиционных бионических схем [2] и радикальных концепций асимметричного крыла для гиперзвуковых скоростей [4].

Ключевыми вызовами остаются обеспечение аэроупругой устойчивости в широком диапазоне конфигураций [5], учет нестационарных аэродинамических эффектов при переходных процессах [10], а также разработка легких и надежных конструкционных решений с применением композиционных материалов и интеллектуальных приводов [3, 7].

Дальнейшее развитие данного направления будет определяться прогрессом в области математического моделирования (CFD высокого разрешения, аэроупругие расчеты), материаловедения (композиты, сплавы с памятью формы) и теории управления (адаптивные алгоритмы, компенсация гистерезиса).

Список литературы:

1. Москаленко В.О. Исследование влияния стреловидности несущих поверхностей и законцовок на аэродинамические характеристики перспективного беспилотного летательного аппарата / В.О. Москаленко, А.А. Косырев // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2019. – № 7(91). – 4 с.
2. Stability analysis and augmentation design of a bionic multi-section variable-sweep-wing UAV based on the centroid self-trim compensation morphing / H. Ma [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11. – № 19. – Art. 8859.
3. Deformation modes and key technologies of aerodynamic layout design for morphing aircraft: Review / S. Chen [et al.] // HangkongXuebao/Acta Aeronautica et AstronauticaSinica. – 2024. – Vol. 45. – № 6. – Art. 629595.
4. В Китае разрабатывается БпЛА с асимметричным крылом изменяемой стреловидности // Информационно-аналитический портал «INOSMI.INFO». – 2025. – URL : https://inosmi.info/exclusive/133665-v-kitae-razrabatyvaetsja-bpla-s-asimmetrichnym-krylom-izmenjaemoj-strelovidnosti.html
5. Ünlüsoy L. Aeroelastic behaviour of UAV wings due to morphing / L. Ünlüsoy, Y. Yaman // Aircraft Engineering and Aerospace Technology. – 2017. – Vol. 89. – № 1. – P. 30–38.
6. Fixed-wing variable sweep uav / A. Zakir [et al.] // NUST Institutional Repository. – 2024. Project Report DE-ELECT-42. – URL : https://repositories.nust.edu.pk/xmlui/handle/123456789/ 49875
7. Design and applications of morphing aircraft and their structures / J. Zhu [et al.] // Frontiers of Mechanical Engineering. – 2023. – Vol. 18. – № 4.
8. Патент RU 2679757 C2. Беспилотный ударный комплекс с изменяемой стреловидностью крыла / А.А. Меренов, А.В. Шаров. – Опубликовано 12.02.2019. – URL : https://patents.google.com/patent/RU2679757C2/ru
9. Аль-Хафаджи А.Дж.Д. Оптимизация аэродинамических характеристик беспилотного летательного аппарата с использованием крыла переменной стреловидности / А.Дж.Д. Аль-Хафаджи, Г.С. Панатов, А.С. Болдырев // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 178–189.
10. Investigation of a Tube-Launched Unmanned Aerial Vehicle with a Variable-Sweep Wing / P. Si [et al.] // Drones. – 2024. – Vol. 8. – № 9. – 474 p.

УДК 629.7.02

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

♦♦♦♦♦

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPACE VEHICLE LIFE SUPPORT SYSTEMS

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Фурсов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Косьяненко И.Ю.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассмотрены основные задачи и состав систем жизнеобеспечения экипажа космических аппаратов. Рассмотрены системы жизнеобеспечения первых обитаемых космических аппаратов и современных космических станций. Проведен сравнительный анализ систем жизнеобеспечения экипажа международной космической станции и космической станции Китая.

Ключевые слова: космический аппарат, космическая станция, система жизнеобеспечения.

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Fursov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kosyannenko I.Yu.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The main tasks and composition of the crew life support systems of spacecrafts are considered. The life support systems of the first inhabited spacecrafts and modern space stations are considered. A comparative analysis of the crew life support systems of the International Space Station and the Chinese Space Station is conducted.

Keywords: spacecraft, space station, life support system.

Космос является для человека агрессивной средой (вакуум, критические температуры, воздействие радиации), однако, его освоение является перспективным направлением для человечества. Для нормального существования и работы экипажа космического аппарата в замкнутом герметичном отсеке необходима система жизнеобеспечения (СЖО), где человек должен находиться в условиях, приближённых к земным. Проведем сравнительный анализ систем, позволяющих обеспечить жизнедеятельность экипажа при длительном нахождении в космосе.

СЖО должна обеспечивать поддержание искусственной газовой среды с оптимальными физическими параметрами (давление, температура, влажность) и химическим составом (содержание кислорода, азота, углекислого газа), удовлетворение потребностей космонавтов в пище и воде, удаление продуктов жизнедеятельности человека, обеспечивать санитарно-гигиенические процедуры и бытовые нужды экипажа, микробиологическую безопасность, а также обеззараживание, хранение (консервация) и/или трансформацию физиологических и бытовых отходов. Состав системы жизнеобеспечения экипажа космического аппарата представлен на рисунке 1.

Первым в мире космическим аппаратом, поднявший на своём борту человека на околоземную орбиту стал советский космический корабль «Восток-1» (рисунок 2) [1], на котором 12 апреля 1961 года лётчик-космонавт СССР Юрий Алексеевич Гагарин совершил первый в мире пилотируемый полёт в космическое пространство. Длительность полёта составила 108 минут.

Система жизнеобеспечения космического корабля «Восток-1» обеспечивала кондиционирование воздуха, подачу воды, потребление пищи, терморегуляцию, обработку продуктов жизнедеятельности космонавта во время первого полёта человека в космос. СЖО была рассчитана на то, что при отказе ТДУ (тормозной двигательной

установки) корабль сойдёт с орбиты в течение 5–7 суток, а система будет поддерживать жизнедеятельность космонавта в течение 10 суток.



Рисунок 1 – Состав системы жизнеобеспечения экипажа космического аппарата

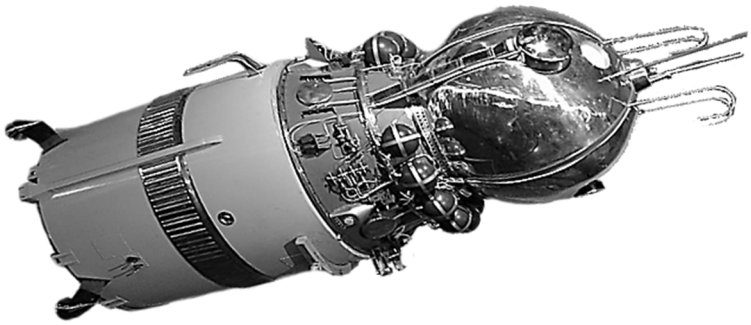


Рисунок 2 – Макет космического корабля «Восток-1»

Космический корабль «Восход-1» (рисунок 3) [2] был запущен 12 октября 1964 года в 10:30 по московскому времени с космодрома «Байконур». Продолжительность полёта составила 24 часа 17 минут.

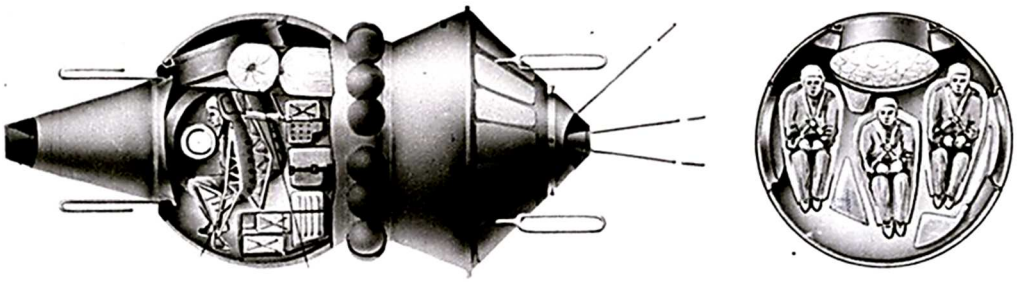


Рисунок 3 – Первый в мире многоместный космический корабль «Восход-1»

Система жизнеобеспечения космического корабля «Восход-1» включала подсистемы кондиционирования воздуха, обеспечения водой, обеспечения пищей и обработки продуктов жизнедеятельности. Экипаж в составе Владимира Комарова, Константина Феоктистова и Бориса Егорова впервые летел без скафандров, и система должна была поддерживать основные параметры микроклимата кабины в пределах, близких к нормальным. Для размещения трёх космонавтов в том же объёме, разработчики отказались от катапультных кресел, применяемых ранее на кораблях «Восток». Космонавты для экономии места располагались без скафандров в спортивных костюмах.

Полёт космического корабля «Восход-2» (рисунок 4), запущенного 18 марта 1965 года с космодрома Байконур, был направлен на первый в мире выход человека в открытый космос. Задача была важным этапом советской лунной программы. Длительность полёта составила 26 часов 2 минуты.

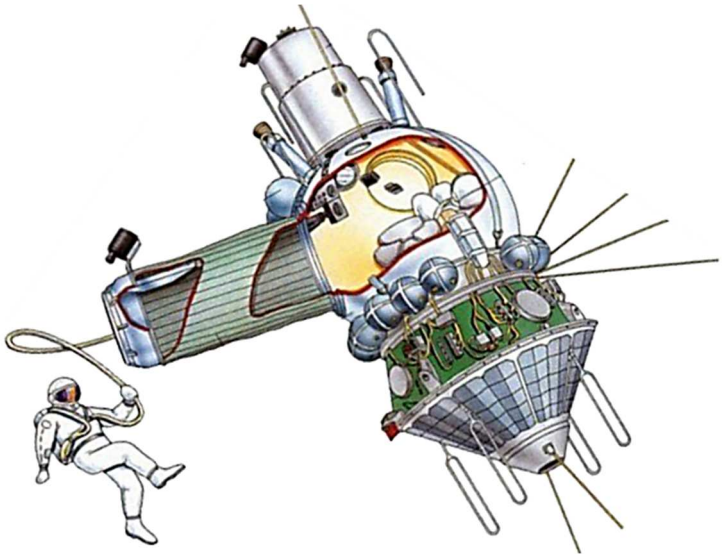


Рисунок 4 – Советский пилотируемый космический корабль «Восход-2»

Система жизнеобеспечения космического корабля «Восход-2» включала элементы, связанные с обеспечением жизнедеятельности космонавта в скафандре, в кабине и в шлюзовой камере, разработанные для обеспечения безопасного выхода человека в открытый космос и спасения при разгерметизации корабля. Во время пребывания космонавтов в кабине вентиляция скафандров осуществлялась воздухом кабины. В случае разгерметизации кабины происходило автоматическое переключение на снабжение кислородом и вентиляцию за счёт запасов сжатого кислорода и воздуха, имеющихся на борту корабля.

Космический пилотируемый корабль «Союз-МС» (рисунок 5) [3] предназначен для доставки экипажей на Международную космическую станцию (МКС) и возвращения их с орбиты обратно на Землю и состоит из трех отсеков – приборно-агрегатного, бытового и спускаемого аппарата.

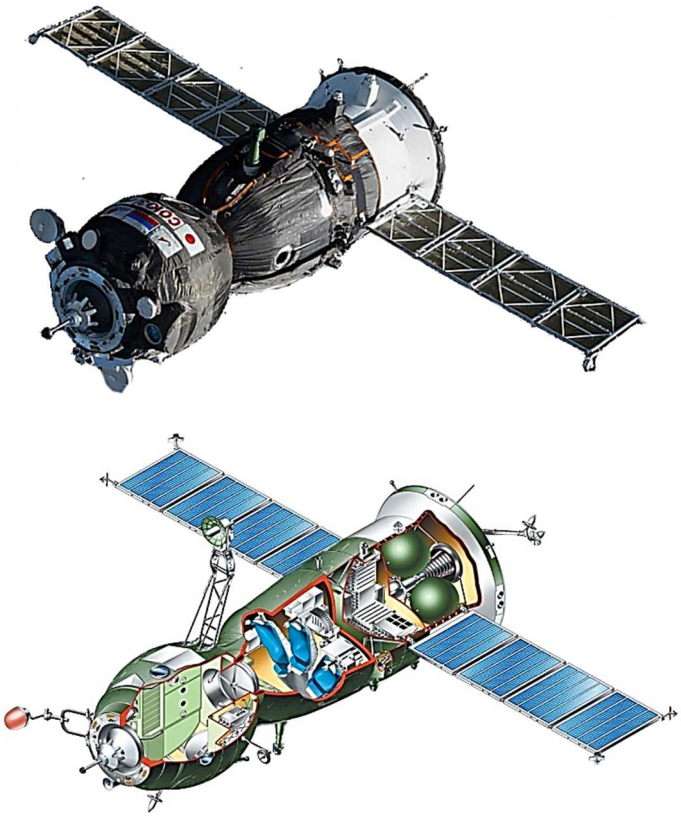
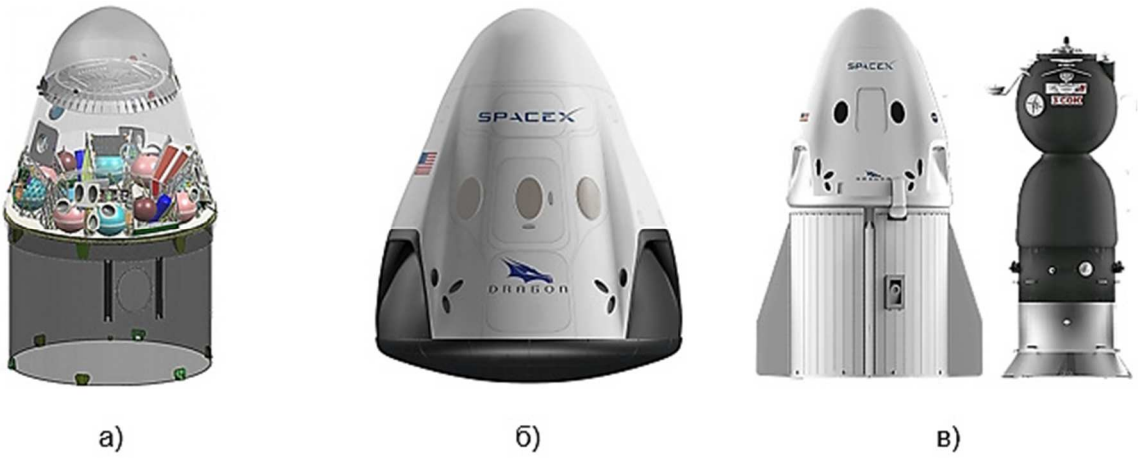


Рисунок 5 – Космический корабль «Союз МС»

Полет до станции занимает от 3 часов до 2 суток в зависимости от выбранной схемы сближения. Регенерация кислорода происходит с помощью баллонов с супероксидом калия, которые поглощают большую часть углекислого газа и воды, выдыхаемых экипажем, и выделяют кислород. «Союз-МС» может перевозить до 3 членов экипажа. Система жизнеобеспечения находится в сервисном модуле – кормовой (задней) части космического корабля. Автономность космического корабля «Союз МС» составляет 3 суток. В составе орбитальной станции этот показатель может быть до 200 суток.

Космический корабль Dragon 2 (он же Dragon V2 или Crew Dragon) – многоразовый пилотируемый космический корабль компании SpaceX (США) (рисунок 6) [5]. Предназначен для транспортировки астронавтов и грузов к Международной космической станции (МКС) и возвращения их на Землю. Автономно космический корабль Crew Dragon может продержаться до 1 недели в космосе, а при стыковке с МКС до 210 дней, но миссия Crew-8, ставшая самой продолжительной, продлилась 235 дней.



а) б) в)

Рисунок 6 – Космический корабль «Crew Dragon»:
а) – общий вид, б) – обитаемый модуль, в) – сравнение размеров «Crew Dragon» и «Союз»

Вместимость составляет до семи человек, но по состоянию на апрель 2026 года Crew Dragon никогда не перевозил более четырёх человек. В состав СЖО входят фильтры CO_2, использующие литий гидроксид, две группы из трех баллонов со сжатым воздухом и кислородом (два кислородных баллона и четыре сжатые резервуары воздуха). Осушитель воздуха удаляет из атмосферы кабины отработанную воду, выбрасывая ее в пространство. Контроль температуры осуществляется двумя способами. Система контроля давления включает в себя три основных элемента для поддержания давление в салоне в пределах требований к конструкции и безопасности, предъявляемых к человеку. В Dragon 2 хранится газообразный кислород для метаболического потребления и использования в скафандре во время аварийной ситуации, связанной с разгерметизацией кабины. В нём используется Nitrox – смесь из 23 % кислорода и 77 % азота [6].

К современным пилотируемым космическим аппаратам относится китайский аппарат «Шэньчжоу» («Волшебная ладья» или «Священный челнок») (рисунок 7), предназначенный для доставки на орбитальную станцию «Тяньгун» (Китай) до трёх человек [7].

Разработка кораблей «Шэньчжоу» началась в 1992 году на основе концепции космического корабля «Союз». Система экологического контроля и жизнеобеспечения космического корабля «Шэньчжоу» создана для создания в космосе среды, сходной с земной. Она регулирует давление воздуха, содержание кислорода, скорость ветра, температуру и влажность внутри корабля. СЖО обеспечивает производство кислорода путём электролиза воды, удаление углекислого газа, удаление вредных газов, очистку мочи, водоподготовку, производство воды с углекислым газом и водородом. Регенерация кислорода производится электролизом воды. Внедрена инновационная подсистема производства воды из выдыхаемого CO_2 и водорода. Система способна перерабатывать 95 % водных ресурсов и производить 100 % необходимого кислорода на борту станции. Это позволило сократить ежегодный объём поставок с Земли на шесть тонн. Длительность автономной работы корабля «Шэньчжоу» составляет 20 дней, а при стыковке с МКС этот показатель может быть до 200 суток, как и у «Союз МС».



Рисунок 7 – Космический корабль Шэньчжоу

На «Тяньгун» реализована более высокая степень замкнутости по воде и кислороду по сравнению с МКС. Ведутся работы по созданию систем регенерации продуктов питания (выращивание растений в космосе, тестируются новые технологии для будущих лунных и марсианских миссий, включая замкнутые биорегенеративные системы.

Корабль «Орион» (США) является пилотируемым космическим аппаратом, применявшимся в программе Артемида-2 для полета к Луне и обратно в апреле 2026 года [8]. Внешний вид корабля, его обитаемого модуля и план полета представлены на рисунке 8.

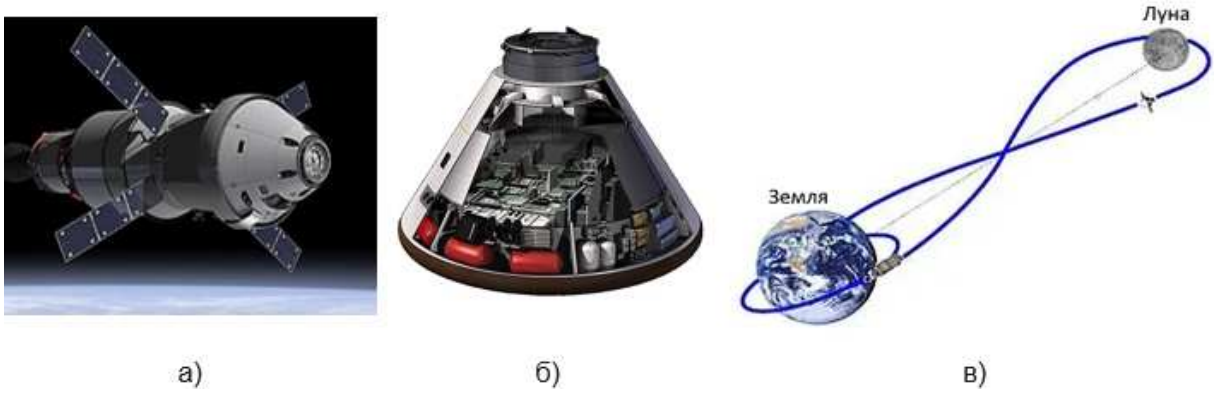


Рисунок 8 – Космический корабль «Орион» лунной миссии Артемида-2:
а) общий вид; б) обитаемый модуль; в) план полета в апреле 2026 г.

Автономность работы корабля «Орион» рассчитана на 21 день, а в составе космической станции до 210 дней, когда астронавты начнут жить и работать на лунных базах. Основным отличием «Ориона» от других кораблей является его возможность автономной работы на орбите Луны. Эта задача является важной частью подготовки к полетам на Марс и за его пределы.

Система жизнеобеспечения корабля «Орион» содержит фильтры очистки воздуха для удаления углекислого газа CO_2, с многоразовыми патронами, которые регенерируются автоматически. Регуляторы давления и температуры обеспечивают оптимальные условия в обитаемом отсеке. Система утилизации отходов включает компактный туалет. В обитаемом модуле смонтирована кухня для разогрева пищи и подачи продуктов.

Сравнительный анализ основных технических данных систем жизнеобеспечения рассмотренных современных комических кораблей показывает, что степень автономности современных космических аппаратов отечественного и зарубежного производства примерно одинаковая. При этом корабль «Crew Dragon» имеет многоразовый обитаемый модуль, в то время как корабли «Союз» и «Шеньчжоу» используются однократно. Срок автономной работы на орбите примерно одинаков и составляет в изолирован-

ном режиме 20–21 дней, а при стыковке с космической станцией 200–210 дней. Общий состав СЖО по функционалу примерно одинаков, однако, внутренне пространство корабля Crew Dragon больше по размерам и объему, позволяет разместить до семи человек в то время как «Союз» и «Шеньчжоу» вмещают не более трех человек.

Американские СЖО на кораблях «Crew Dragon» и «Орион» также достаточно современные и совершенствуются с учетом необходимости полетов на Луну и на Марс. СЖО кораблей «Союз МС» проверены временем, достаточно надежны, обеспечивают выполнение задач по предназначению, однако, в сравнении с зарубежными аналогами постепенно устаревают и требуют модернизации, особенно при необходимости решения задачи по повышению длительности автономной работы без стыковки с космической станцией. Кроме того, необходимо увеличивать внутреннее пространство пилотируемых кораблей и совершенствовать технологические процессы регенерации воды и кислорода, а также поглощения углекислого газа.

Если же рассматривать не корабли, а космические станции, то МКС и «Тяньгун» решают схожие задачи, однако, МКС содержит шестнадцать модулей, а «Тяньгун» только три, однако, их количество может быть увеличено путем пристыковки дополнительных модулей. «Тяньгун» оснащен более совершенными системами, ориентированными на максимальную автономность и современные технологии замкнутого цикла, что особенно важно для будущих межпланетных полетов. МКС, в свою очередь, остаётся крупнейшей международной лабораторией, но её системы жизнеобеспечения постепенно устаревают.

Системы жизнеобеспечения пилотируемых космических аппаратов являются фундаментом безопасности и успеха любой пилотируемой космической миссии. Их развитие определяет возможности человечества по освоению дальнего космоса. Применение многоразовых ракет для вывода в космос полезной нагрузки, а также увеличение длительности автономной работы пилотируемых кораблей создают предпосылки для создания новых космических станций и баз, которые станут отправной точкой для полетов на все большую дальность. Работы над повышением автономной работы всех элементов необходимо продолжать и взаимодействовать с производителями самых современных систем жизнеобеспечения на международном уровне.

Список литературы:

1. «Восток»: как создавали космический корабль Юрия Гагарина. Официальный сайт. – URL : https://science.mail.ru/articles/46856-vostok (дата обращения 09.04.2026).
2. Восход (космический корабль). Официальный сайт. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/Восход_(космический_корабль) (дата обращения 09.04.2026).
3. Транспортный пилотируемый корабль «Союз МС». Официальный сайт. – URL : https://www.energia.ru/ru/iss/soyuz-ms/soyuz-ms.html (дата обращения 09.04.2026).
4. «Союз МС». Официальный сайт. Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Soyuz_MS (дата обращения: 09.04.2026).
5. Дракон изнутри и снаружи: чем хорош и плох американский Crew Dragon. Официальный сайт. – URL : https://dzen.ru/a/XtX-LA5YIwLK_XXV (дата обращения 09.04.2026).
6. Crew Dragon: история, миссия, полеты, список кораблей. Официальный сайт. – URL : https:// www.rbc.ru/base/09/06/2025/6846c3139a7947b143874d67 (дата обращения 09.04.2026).
7. Shenzhou (spacecraft). Официальный сайт. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Shenzhou_(spacecraft) (дата обращения 09.04.2026).
8. Лунная траектория «Ориона»: технические парадоксы и быт экипажа. Официальный сайт. – URL : https://prokosmos.ru/2026/04/03/lunnaya-traektoriya-oriona-tekhnicheskie-paradoksi-i-bit-ekipazha?ysclid = mnrdwnpvn777324714 (дата обращения 09.04.2026).

УДК 629.7.05

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

♦♦♦♦♦

DETERMINING THE LOCATION OF A MOVING OBJECT

Конотоп В.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
konotop_wasia@mail.ru

Бевераки С.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
beweraki@mail.ru

Маркелов В.И.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
napalkoff.v@yandex.ru

Аннотация. Современные системы автономного счисления координат воздушного судна обладают достаточно большими погрешностями и с течением времени они возрастают. Для коррекции используют дополнительные системы. В статье предлагается использовать оптико-электронную систему для коррекции ИНС. Такая система отличается автономностью, а в качестве источника навигационной информации выступает рельеф местности.

Ключевые слова: система технического зрения, инерциальная навигационная система, оптико-электронная система, погрешности.

Konotop V.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
konotop_wasia@mail.ru

Beveraki S.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
beweraki@mail.ru

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
napalkoff.v@yandex.ru

Abstract. Modern autonomous aircraft dead reckoning systems have fairly large errors, which increase over time. Additional systems are used for correction. This article proposes using an optoelectronic system for INS correction. This system is autonomous, and uses terrain as a source of navigation information.

Keywords: vision system, inertial navigation system, optoelectronic system, errors.

Требования, предъявляемые к навигационным комплексам, постоянно повышаются. Они должны быть максимально автономными, помехозащищенными, обладать необходимой точностью, использовать минимальное количество вычислительных ресурсов, иметь минимальные массогабаритные размеры, выдерживать неблагоприятные внешние воздействия окружающей среды.

Современные навигационные системы не могут удовлетворять всем вышеизложенным требованиям. Так, инерциальные навигационные системы (ИНС) обладают высокой автономностью, незначительными массогабаритными размерами, не подвержены действию помех, но главным недостатком является накопление ошибки счисления координат со временем её работы, что приводит к необходимости периодической коррекции измерений, навигационная информация используется для конкретного устройства, на котором расположено оборудование. Спутниковые навигационные системы (по типу GPS или ГЛОНАСС) обладают высокой точностью, максимальной доступностью навигационной информации для потребителей, широкое распространение в мире (как в военных целях, так и в гражданских), низкая стоимость приемника спутникового сигнала [1]. К недостаткам спутниковых навигационных систем можно отнести низкую помехозащищенность (легко глушатся сигналы средствами радиоэлектронной борьбы), слабый сигнал требует «чистого неба», не загроможденного высокими городскими постройками, естественным рельефом горной местности, то есть требуется прямая видимость спутников, высокая стоимость обслуживания спутниковой группировки. Используемые сегодня радиотехнические системы навигации не позволяют получить необходимую точность, что связано с искажениями радиотехнического излучения у земли при изменениях климатических и погодных условий и радиотехнических зон из-за переот-

ражений радиоволн от местных предметов, а также и помехозащищенность от средств радиоэлектронной борьбы.

Повышения качества работы навигационных систем можно достичь при комплексном использование преимуществ различных систем, избавляясь от недостатков присущих им по-отдельности. Главными критериями навигационной системы, которые необходимо выделить, являются точность и помехозащищенность. Для их достижения предлагается использовать инерциальную навигационную систему с коррекцией от навигационной системы по геофизическим полям и от оптико-электронной системы.

ИНС подвержены накоплению погрешностей из-за дрейфа гироскопов, ошибок акселерометров и неточностей начальной выставки. Для минимизации этих недостатков целесообразно использовать дополнительные источники навигационной информации, которые позволяют осуществлять непосредственную коррекцию текущих показаний ИНС.

Комплексирование данных, получаемых от разнотипных датчиков и систем (навигационной системы по геофизическим полям, оптико-электронной системы), создаёт условия для:

– повышения точности определения навигационных параметров (координат, скорости, ориентации);

– компенсации погрешностей интегрирования, возникающих при численном интегрировании ускорений и угловых скоростей;

– снижения влияния долговременного дрейфа гироскопических датчиков;

– коррекции систематических и случайных ошибок акселерометров;

уточнения начальных условий (выставки), что особенно важно при запуске системы в условиях ограниченной видимости или отсутствия внешних ориентиров.

В результате комплексирование обеспечивает устойчивую работу ИНС даже в сложных эксплуатационных условиях.

В таком навигационном комплексе основной системой будет использоваться ИНС, а для её коррекции – навигационная система по гравитационному полю и оптико-электронная системы (ОЭС) технического зрения. Такой комплекс будет работать автономно с высокой точностью. Для его корректной работы дополнительно потребуется эталонная карта местности, которую можно получить от спутниковых систем в виде зондирования земной поверхности и получения высококачественных оптических изображений. Измерение гравитационного поля не подвержено влиянию помех, а скорость его изменения значительно ниже, чем у магнитного поля. ОЭС в составе такого комплекса можно использовать в качестве источника информации рельефа поверхности и измерителя координат подвижного объекта относительно характерных точек местности, измерения можно будет производить как в оптическом, так и в инфракрасном диапазоне с учетом «окон» прозрачности атмосферы.

К числу ключевых преимуществ использования поля рельефа в навигационных и геоинформационных системах относится целый ряд существенных характеристик, обеспечивающих его высокую практическую ценность.

Во-первых, рельеф земной поверхности отличается высокой степенью изученности и обширной картографической обеспеченностью. На сегодняшний день практически для любой территории доступны топографические карты различных масштабов, а также цифровые модели рельефа (ЦМР), созданные на основе спутниковой съёмки, лидарного сканирования и наземных геодезических измерений. Это позволяет оперативно получать достоверные данные о высотных отметках и формах поверхности.

Во-вторых, рельеф характеризуется слабой изменчивостью во времени и высокой живучестью как навигационного ориентира. В отличие от искусственных объектов или динамических природных явлений (например, растительности или гидрографии), основные формы рельефа остаются стабильными на протяжении длительных периодов – от десятилетий до столетий. Это делает его надёжным источником информации для долговременного использования.

В-третьих, применение поля рельефа обеспечивает высокую помехозащищённость и скрытность работы бортовых измерительных систем. Такие датчики, как радиовысотомеры, лазерные высотомеры и оптико-электронные системы (ОЭС), функционируют автономно, не излучая сигналов, которые могут быть обнаружены внешними

средствами радиоэлектронной разведки. Кроме того, их работа мало подвержена влиянию атмосферных помех, радиоэлектронных воздействий или преднамеренных помех.

Наконец, важным преимуществом является универсальность применения поля рельефа. Оно может быть эффективно использовано для навигации и позиционирования на подавляющей части суши планеты – от равнинных и холмистых районов до горных массивов. Это особенно актуально в условиях отсутствия или нестабильности сигналов спутниковых навигационных систем (например, в полярных регионах, в условиях сложной городской застройки или в районах с активными радиопомехами).

Тогда принцип навигации будет основан на сравнении эталонной карты местности, сохраненной в вычислителе подвижного объекта, с измеренными параметрами гравитационного поля, рельефа местности, координат, полученных от ИНС и ОЭС. Сравнивание этой информации производится вычисление определенного функционала на подобии корреляционной функции и определение экстремума этой характеристики, такие системы автоматической навигации, работающие по этому принципу, называются корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС).

Точность работы КЭНС будет зависеть от качества и деталировки эталонной карты, а также от качества рельефа подстилающей поверхности в районе нахождения объекта, чем более холмистая и пересеченная местность, тем выше точность [2].

Главными условиями, которые определяют состав и структуру навигационной системы, являются необходимая точность определения местоположения самолёта при имеющихся ограничениях по скрытности работы, массе, габаритам, помехозащищённости, энергопотреблению, а также необходимо учитывать стоимость системы, режимы эксплуатации, обслуживания и ремонтопригодность [3].

Структура комплекса, которая позволит компенсировать инструментальные и методические ошибки ИНС, с использованием информации о гравитационном и рельефном поле, координат, полученных от ОЭС, представлена на рисунке 1.

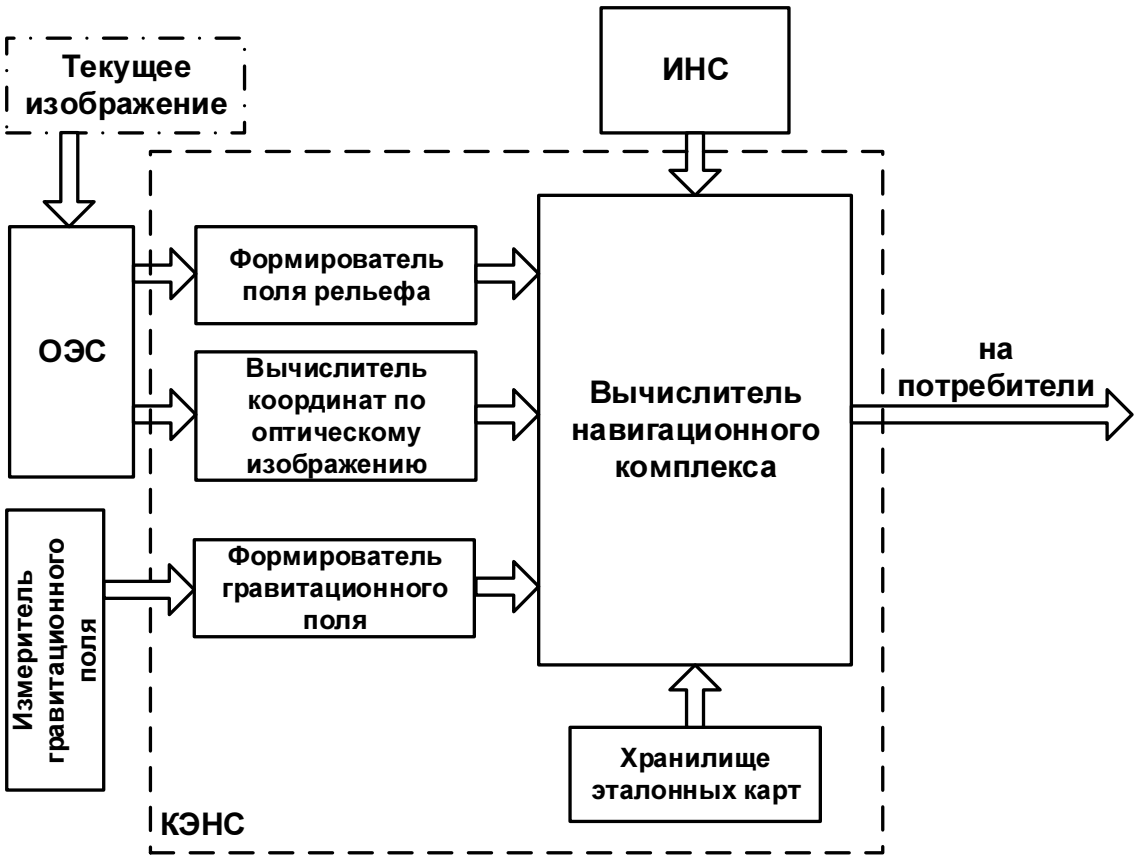


Рисунок 1 – Структурная схема предлагаемого навигационного комплекса

Разработанная оптико-электронная система [4, 5] предназначена для точного определения пространственного положения воздушного судна относительно взлёт-

но-посадочной полосы (ВПП) в процессе выполнения посадки. Для корректного функционирования системы требуется установка двух наземных лазерных маяков с заранее известными геодезическими координатами. Эти маяки служат опорными точками, обеспечивающими привязку данных ОЭС к единой координатной сетке.

Для решения задач навигации на всём протяжении полёта необходимо задействовать характерные точки рельефа местности с известными координатами. В этом случае ОЭС в составе корреляционно-экстремальной навигационной системы (КЭНС) выполняет функцию датчика поля рельефа местности. Такой подход позволяет:

– обеспечить непрерывность навигационного обеспечения вне зоны действия наземных маяков;

– повысить автономность системы за счёт использования естественных ориентиров;

– снизить зависимость от внешних источников навигационной информации.

Работа системы в режиме маршрутной навигации реализуется следующим образом:

Стереоскопическое измерение рельефа. ОЭС производит стереоскопические измерения текущей местности, что позволяет построить трёхмерную картину окружающего ландшафта. Стереопары изображений обрабатываются для вычисления высотных отметок и формирования пространственной структуры рельефа.

Создание цифровой модели местности (ЦММ). На основе полученных стереоскопических данных строится цифровая модель местности – структурированное представление рельефа в виде матрицы высот или триангуляционной сети. ЦММ содержит информацию о пространственном распределении высот и характерных элементах ландшафта (возвышенностях, впадинах, склонах и т.д.).

Извлечение эталонной информации. Из хранилища эталонных карт извлекается цифровая модель текущего участка местности. Эталонные карты предварительно создаются и калибруются с использованием высокоточных геодезических методов и спутниковых данных.

Корреляционная обработка данных. В блоке коррелятора осуществляется преобразование сигналов от инерциальной навигационной системы (ИНС) и ОЭС в унифицированную форму, пригодную для сравнения с эталонной картой. Алгоритм коррелятора выполняет следующие операции:

– формирует набор гипотетических положений воздушного судна на эталонной карте;

– для каждой гипотезы вычисляет меру сходства между текущим изображением местности (полученным от ОЭС) и соответствующим фрагментом эталонной карты;

– в качестве меры сходства используется нормированный коэффициент корреляции, который количественно оценивает степень совпадения структур двух изображений.

Определение текущего местоположения. Положение воздушного судна определяется как гипотеза с максимальным значением нормированного коэффициента корреляции. Это означает, что выбранная позиция на эталонной карте наиболее точно соответствует наблюдаемому рельефу местности.

Коррекция навигационных данных. Полученные координаты используются для коррекции показаний ИНС, что позволяет:

– компенсировать накапливающиеся ошибки инерциального счисления;

– повысить точность текущего позиционирования;

– обеспечить надёжную работу системы автоматического управления полётом.

Определение пространственного и углового положения воздушного судна посредством оптико-электронной системы базируется на методах пространственной фототриангуляции. Этот подход позволяет по серии аэрофотоснимков, полученных в ходе полёта, точно установить:

– координаты опорных точек местности;

– высотные отметки этих точек;

– взаимное расположение объектов на поверхности.

Полученные данные служат основой для построения ЦММ, необходимой для навигации и коррекции ИНС.

Помимо создания ЦММ, методы пространственной фототриангуляции успешно применяются для определения траектории и скорости движения летательного аппарата. Это достигается за счёт:

– последовательной обработки снимков, сделанных в разные моменты времени;
– вычисления смещений опорных точек относительно самолёта;
– учёта параметров съёмки (высоты полёта, угла наклона камеры, фокусного расстояния).

На основе этих данных можно рассчитать:

– вектор скорости самолёта в инерциальной системе координат;
– угловые скорости вращения относительно осей крена, тангажа и рыскания;
– изменения высоты полёта и курса за определённый интервал времени.

Технологический процесс пространственной фототриангуляции включает следующие этапы:

Получение стереопары снимков. ОЭС фиксирует два или более перекрывающихся изображения одного участка местности с разных ракурсов. Стереопары обеспечивают необходимую избыточность данных для трёхмерной реконструкции.

Построение независимых моделей. По каждой стереопаре отдельно создаётся локальная трёхмерная модель участка местности (рисунок 2).

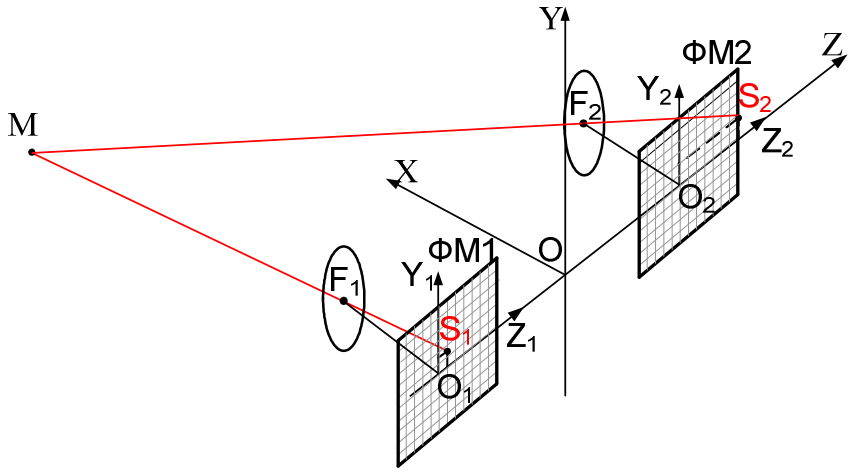


Рисунок 2 – Формирование изображения в ОЭС на фотоматрицах

Каждая модель строится независимо от других моделей. Для этого измеряют координаты точек стереопары, включенных в фотограмметрическую сеть, определяют элементы взаимного ориентирования снимков и вычисляют координаты точек модели.

Для построения каждой одиночной модели используются элементы взаимного ориентирования пары снимков и система координат, ось Z которой совмещена с базисом фотографирования, а плоскость YZ – с главной базисной плоскостью левого снимка.

Фотограмметрические координаты точек модели вычисляют по трансформированным координатам y_1^0, z_1^0 и y_2^0, z_2^0 точек стереопары:

$$X = B\frac{x_1^0}{p^0};\ Y = -B\frac{f}{p^0};\ Z = B\frac{z_1^0}{p^0}, \qquad (1)$$

где $p^0 = x_1^0 - x_2^0$, B – базис снимков.

При этом длина базиса фотографирования выбирается произвольно для каждой стереопары, т.е. каждая модель строится в произвольном масштабе.

Вторую модель присоединяют к первой следующим образом. Пусть X, Y, Z – координаты связующей точки в системе $O_1X_1Y_1Z_1$ первой модели, а $O_2X_2Y_2Z_2$ – координаты соответствующей точки второй модели в системе OXYZ.

Элементами ориентирования второй модели относительно первой служат: координаты точки O_2 в системе $O_1X_1Y_1Z_1$, т. е. величины X_0, Y_0, Z_0; углы Ψ, υ, γ, определяющие направления осей координат системы OXYZ относительно и масштабный коэффициент *t*.

Пусть известны приближенные значения этих элементов. Для плановых снимков можно считать, что начальные приближения углов Ψ, ω, γ равны нулю. Приближенные значения $X_0 = Y_0 = 0$, $Z_0 = B$, а приближенное значение коэффициента t найдем как отношение соответственных отрезков MF_1 и F_1S_1 для какой-либо связующей точки.

Воспользуемся способом внешнего ориентирования модели и составим уравнения поправок для связующих точек [6]:

$$\left.\begin{aligned} a_X\delta X_0 + d_X\delta\xi + e_X\delta\eta + f_X\delta\Theta + g_X\delta t + l_X &= \vartheta_X;\\ b_Y\delta Y_0 + d_Y\delta\xi + e_Y\delta\eta + f_Y\delta\Theta + g_Y\delta t + l_Y &= \vartheta_Y;\\ c_Z\delta Z_0 + d_Z\delta\xi + e_Z\delta\eta + f_Z\delta\Theta + g_Z\delta t + l_Z &= \vartheta_Z, \end{aligned}\right\}, \qquad (2)$$

где

$$\left.\begin{aligned} l_X &= X'_0 + \Delta X'_1 - X_1;\\ l_Y &= Y'_0 + \Delta Y'_1 - Y_1;\\ l_Z &= Z'_0 + \Delta Z'_1 - Z_1, \end{aligned}\right\}.$$

Затем найдем вероятнейшие значения элементов ориентирования второй модели относительно первой, решив систему уравнений поправок способом последовательных приближений с учетом весов связующих точек.

Очевидно, что при решении этой задачи вместо нормальных земных координат X, Y и Z нужно использовать координаты связующих точек в системе первой модели – $O_1X_1Y1Z_1$.

Координаты точек второй модели в системе координат первой модели вычислим по следующим формулам:

$$\left.\begin{aligned} X &= X_0 + \Delta X = X_0 + \left(a_1X + a_2Y + a_3Z\right)t;\\ Y &= Y_0 + \Delta Y = Y_0 + \left(b_1X + b_2Y + b_3Z\right)t;\\ Z &= Z_0 + \Delta Z = Z_0 + \left(c_1X + c_2Y + c_3Z\right)t. \end{aligned}\right\} \qquad ,(3)$$

где X_0, Y_0, Z_0 – координаты начала О системы фотограмметрических координат; ΔX, ΔY, ΔZ – приращения координат определяемой точки относительно точки М; X, Y, Z – координаты точки модели; a_i, b_i, c_i – направляющие косинусы; t – знаменатель масштаба модели.

Координаты точек третьей и последующих моделей определяются в системе координат базовой (первой) модели по аналогичной методике. Полученная таким образом интегрированная модель затем ориентируется относительно геодезической системы координат – процедура выполняется по аналогии с методом частично зависимых моделей. Итогом данных операций является получение координат в нормальной системе координат для всех точек фотограмметрической сети, подлежащих определению.

При наличии информации о пространственном положении подвижного объекта относительно рельефа местности и эталонной карты региона становится возможным количественная оценка погрешностей позиционирования. Расчёты выполняются с использованием бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ), что позволяет:

– корректировать работу инерциальной навигационной системы (ИНС);

– вносить поправки в текущие координаты самолёта.

Для оценки степени соответствия данных применяется нормированный коэффициент корреляции как объективный показатель схожести сравниваемых параметров.

Алгоритм функционирования корреляционно-экстремальной навигационной системы (КЭНС) предусматривает чёткую последовательность обработки данных. В соответствии с функциональными задачами вычислителя, преобразование информации включает следующие этапы:

– фильтрация данных с применением фильтра Калмана для подавления шумов и выделения полезного сигнала.

– преобразование информации согласно специализированному алгоритму КЭНС, учитывающему особенности навигационных измерений.

– счисление координат – расчёт текущего положения объекта на основе обработанных данных.

Ключевым элементом блока фильтрации выступает фильтр Калмана, который:

– получает данные о пространственных и угловых координатах от ИНС и оптико-электронной системы (ОЭС);

– формирует разность показаний этих систем;

– на основе анализа расхождений определяет погрешности ИНС, подлежащие коррекции.

Для снижения требований к производительности вычислителя КЭНС целесообразно применение беспоискового алгоритма. Однако такой подход имеет существенный недостаток – потерю работоспособности при значительных начальных отклонениях. В свою очередь, поисковые алгоритмы требуют более высокой вычислительной мощности.

Снижение нагрузки на вычислитель достигается за счёт:

– оптимизации маршрута полёта – включение КЭНС сразу после взлёта минимизирует накопление ошибок по координатам;

– выбора специальных точек активации КЭНС – стратегически важных участков маршрута, где коррекция особенно необходима.

Интеграция усовершенствованных оптико-электронных систем (ОЭС) на борту воздушного судна открывает новые перспективы для точного позиционирования:

– определение местоположения относительно взлётно-посадочной полосы (ВПП) на этапе посадки с высокой точностью;

– непрерывная коррекция данных ИНС в ходе маршрутного полёта;

– обеспечение системы автоматического управления самолётом прецизионной навигационной информацией.

Сравнительный анализ показывает, что ОЭС обладают рядом преимуществ перед радиотехническими системами: меньшие массогабаритные характеристики; существенно более низкая стоимость; повышенная помехозащищённость, что критично в условиях активных радиопомех или преднамеренных воздействий.

Список литературы:

1. Культурмиди К.П. Алгоритм измерения дальности и скорости в импульсно-доплеровской РЛС на средних частотах повторения импульсов / К.П. Культурмиди, В.Т. Янковский // Радиотехника. – М., 2009. – № 6. – С. 101–106.
2. Красовский А.А. Теория корреляционно-экстремальных навигационных систем / А.А. Красовский, И.Н. Белоглазов, Г.П. Чигин. – М. : Наука, 1979. – 448 с.
3. Захаренко Г.И. Синтез законов оптимального управления для радиоэлектронной системы самонаведения летательного аппарата / Г.И. Захаренко, М.Н. Карташев // Материалы IV Международная научная конференция «Технические и технологические системы», Кубанский государственный технологический университет. – Краснодар, 2012. – С. 205–209.
4. Бондаренко Д.В. Способы функционирования лазерной измерительной системы на этапе посадки / Д.В. Бондаренко, В.И. Конотоп, Г.И. Захаренко // Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях: Межвузовская научно-практическая конференция. 18–19 мая 2017 года: Сборник статей в 2-х ч. – Ставрополь : Ставролит, 2017. – Ч. 1. – С. 159–164.
5. Конотоп В.И. Автоматизация посадки беспилотных летательных аппаратов с разработкой алгоритма функционирования системы технического зрения / В.И. Конотоп, А.В. Захарин, С.В. Ипполитов // Сборник статей II Всероссийской НПК «Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки», ВУНЦ ВВС «ВВА». – Воронеж, 2015. – С. 84–87.
6. Амерханов Р.А. О математических методах моделирования энергетических систем / Р.А. Амерханов, О.В. Григораш, Е.В. Воробьев // Сборник научных трудов Энергосбережение и водоподготовка. – Краснодар, 2019. – № 5(121). – С. 44–51.

УДК 656

НЕПРИЗНАННЫЙ В СВОЕМ ОТЕЧЕСТВЕ. САМОЛЕТ ЯК-30

♦♦♦♦♦

UNRECOGNIZED IN THEIR HOMELAND. AIRCRAFT YAK-30

Духанин М.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сергиенко Г.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании в СССР первого реактивного учебно-тренировочного самолета Як-30 и его незавидной судьбе.

Ключевые слова: самолет, учебный, реактивный, Яковлев, Варшавский Договор.

Dukhanin M.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Sergienko G.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about the creation in the USSR of the first jet training aircraft Yak-30 and its unenviable fate.

Keywords: aircraft, training, jet, Yakovlev, Warsaw Pact.

«У России только два союзника, ее армия и флот».

Александр III

Долгие годы единственным поставщиком реактивных учебно-тренировочных самолетов (УТС) для СССР и ряда стран Варшавского Договора была Чехословакия. Эта тенденция началась с самолета Л-29, давшего огромный импульс чешской авиапромышленности. Сегодня мало кто знает, что, открыв дорогу Чехословакии на мировой авиационный рынок, в жертву «социалистической интеграции» принесли оте чественный УТС Як-30, наиболее полно отвечавший требованиям советских ВВС.

Большая линейка учебных самолетов ОКБ А.С. Яковлева дала путевку в небо не одному поколению советских летчиков. Его знаменитые «утята», учебно-тренировочные самолеты Ут-1 и Ут-2 поставили на крыло практически всех летчиков участников Великой Отечественной войны. А с конца 40-х до начала 70-х годов первой партой курсантов военных и гражданских училищ стал самолет Як-18. В аэроклубах ДОСААФ России и по сей день летает и обучает юношей и девушек его дальнейшее развитие самолет Як-52.

Поэтому когда вначале 50-х годов встал вопрос о создании реактивного учебного самолета, альтернативы казалось не было. Конечно ОКБ А.С. Яковлева.

В 1957-м в ОКБ А.С. Яковлева, в соответствии с постановлением правительства, началась разработка двухместного самолета первоначального обучения летчиков Як-104. Проектирование велось под двигатель Р-5-45, разрабатывавшийся в ОКБ-45 под руководством Мецхверишвили.

31 июля 1958 г. вышло постановление Совмина № 854-404 о постройке Як-104, но уже с двигателем РУ19-300 ОКБ С.К. Туманского. Последним постановлением пред писывалось ОКБ-115 построить на базе Як-104 спортивно-пилотажный самолет с возможностью выполнения обратного пилотажа, получивший впос ледствии обозначение Як-32. Почти одновременно с созданием отечественных УТС в странах Варшавского Договора Польше и Чехословакии полным ходом шла разработка собственных самолетов аналогичного назначения TS-11 «Искра» на фирме PZL и Л-29 «Дельфин» на фирме Аэро.

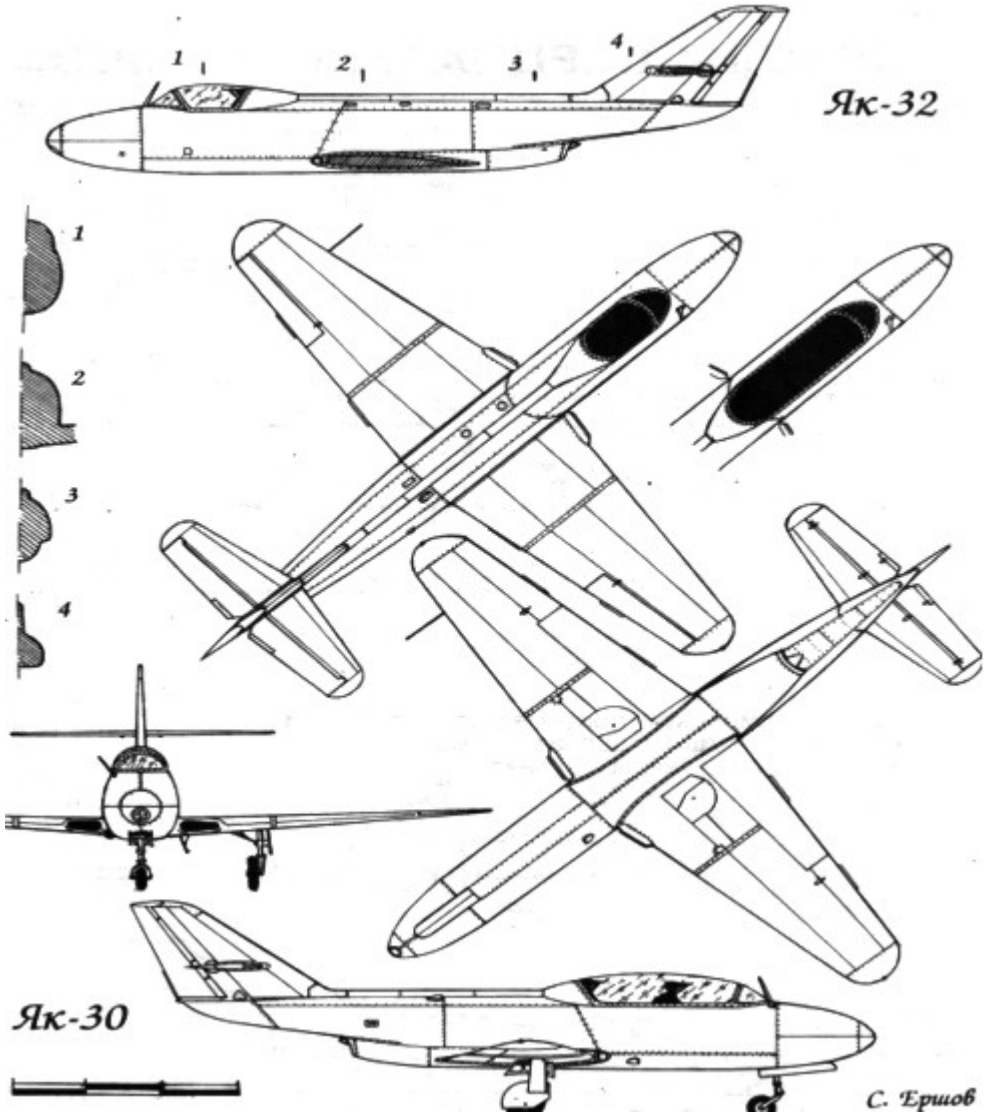


Рисунок 1 – Компоновочная схема УТС

Як-30 представлял собой классический низкоплан реданной схемы.

Крыло – однолонжеронное с закрылками. В его передней кромке, у фюзеляжа расположены воздухозаборники двигателя.

Фюзеляж – полумонокок. В его передней части размещена гермокабина вентиляционного типа с катапультными креслами со шторкой, выстреливавшиеся через остекление фонаря. Подобный способ позволял сократить время аварийного покидания самолета.

Шасси – трехколесное с носовой опорой. Передняя стойка убирается в фюзеляж, вперед, основные стойки – в крыло, к оси симметрии.

Силовая установка – ТРД РУ19-300.

Хвостовое оперение свободнонесущее, состоит из киля с рулем поворота и стабилизатора с рулем высоты.

Пилотажно-навигационное и связное оборудование – стандартное. На опытной машине устанавливалась ра диостанция «Коллинз».

С июля по август 1960 г., при участии ведущего инженера ОКБ Пузанова, прошли заводские летные испытания Як-104, вскоре получившего обозначение Як-30. (Впоследствии под индексом Як-104 разрабатывался вертикально взлетающий самолет с тремя двигателями РУ19-300, два из которых форсированные до тяги 1900 кг пред назначались для вертикального взлета и посадки, а другой – тягой 900 кг – для горизонтального полета). В декабре Як-30 поступил на государственные испытания в ГК НИИ ВВС.

Конкурса, как такового, на УТС для стран Варшавского Договора не объявлялось, но его «дух» чувствовался при создании новых машин.

Пытаясь как-то упредить события, Яковлев и Туманский в письме от 03 января 1961 г. сообщали заместителю председателя Совмина Д.Ф. Устинову:

«Учебный реактивный самолет Як-30 успешно прошел заводские испытания, в процессе которых на нем выполнено около 100 полетов, и в настоящее время передан на государственные испытания.

Заключение ЛИИ и летчиков-испытателей свидетельствует о высоких качествах самолета и о соответствии этой машины заданию правительства по всем характеристикам.

Самолет легок в управлении и устой чив в полете. Як-30 чрезвычайно прост технологически и экономичен в эксплуатации. Сравнительно с чешским учебным самолетом Л-29, Як-30 имеет большие преимущества как по своим данным, так и по экономике.

Учитывая изложенное, и с целью избежать потери времени считаем целесообразным параллельно с проведением государственных испытаний построить в 1961 г. на заводе № 116 малую серию самолетов Як-30 в количестве 25–30 машин».

Но руководители авиационной промышленности и ВВС советовали не торопиться с решением этого вопроса, а подождать результатов государствен ных испытаний Л-29.

Спустя полтора месяца Яковлев сообщает министру авиационной промышленности Дементьеву: «Основное требование для учебной машины – продолжительность полетов – на чешском самолете не выполнено.

Самолет Л-29 придаче газа, выпуске и уборке закрылков и шасси меняет балансировку, что недопустимо для учебного самолета. На Як-30 изменение балансировки полностью отсут ствует.

Следует отметить, что ограничения чешского самолета по максимально допустимому скоростному напору и предельному числу М = 0,73 не соответствуют заявленной максимальной скорости 700 км/ч и не только не удовлетворяют требованиям наших норм прочности, но и не обеспечивают без опасность пилотирования на больших скоростях.

Имея отличные летные данные, самолет Як-30 чрезвычайно прост технологически и более экономичен в эк сплуатации, чем Л-29.

В июле-августе 1961 г. на подмосковном аэродроме Монино проходили сравнительные летные испытания TS-№ 03, Л-29 № 0003 и Як-30 бортовой номер 90. От ГК НИИ ВВС на УТС летали Ю.А. Антипов, В.К. Подольный и А.Г. Терентьев. TS-11 «Искра» больше «тяготел» к истребителям, чем к УТС, и довольно быстро выбыл из игры.

Несмотря на рекомендации специалистов принять на снабжение авиационных училищ ВВС СССР УТС Як-30, предпочтение было отдано Л-29.

Обеспокоенные политическим реше нием в пользу Л-29, заместитель на чальника ЦАГИ А. Макаревский, начальники ЛИИ и ЦИАМ Н. Строев и Г. Свищев обратились 02 февраля 1962 г. в Комиссию по военно-промышленным вопросам с письмом, где дали следующую оценку УТС Як-30.

«Самолет Як-30 получил положитель ную летную оценку всех трех делегаций (СССР, ЧССР и Польши). В акте сравнительных испытаний сказано: «По устойчивости, управляемости, усилиям на ручке, по простоте выполнения пилотажа, а также по трудности создания ошибок в зоне в лучшую сторону выделяется самолет Як-30».

Самолет Як-30 в наибольшей степени пригоден к первоначальному обу чению, соответствует в наибольшей степени по характеристикам требованиям ВВС.

Основное замечание в летной оцен ке по самолету Як-30 относятся к легкоустранимым недостаткам: обзор из второй кабины; усилиям на ручке для подъема и удержания переднего колеса на взлете и посадке; отсутствие тормозных щитков; отсутствие вооружения и прицела.

После проведения доводочных работ в соответствии с актом государственных испытаний и сравнительных облетов указанные недостатки самолета Як-30 устранены и эффективность произведенных доработок проверена летными испытаниями.

Несмотря на приведенные положительные оценки самолета Як-30, в акте сравнительных облетов имеется странная запись летчиков СССР и Чехословакии. «Учиты-

вая простоту и четкость выполнения основных элементов взлета и посадки, хороший обзор из обеих кабин и особенно из кабины инструк тора днем и ночью, в лучшую сторону отличается самолет Л-29». Такое заключение противоречило всем результатам испытаний.

Это подтверждается и выводами польской стороны, отметившей: «Л-29 не может быть использован как самолет первоначального обучения в связи с присутствием основных недо статков в его летных качествах.

Конструктивная схема самолета способствует частым повреждениям хвостовой части фюзеляжа при посадке даже при пилотировании опытными летчиками.

Большое изменение усилий на ручке управления при выпуске закрылков в по садочное положение и несбалансированность самолета Л-29 при полном отклонении триммера на режиме планирования при заходе на посадку, нежелательное для всех типов самолетов и опасное для самолетов первоначального обучения, является серьезным дефектом, трудным для устранения без перекомпоновки самолета.

Самолет Л-29 тяжелее Як-30 на 917 кг, из них за счет веса пустого самолета на 672 кг. Планер Як-30 легче Л-29 на 578 кг, силовая установка на 136 кг. При одинаковых затратах можно построить 1000 самолетов Як-30 или 700 Л-29».

После сравнительных испытаний УТС Як-30 № 90 был доработан.

Таблица 1 – Основные летно-технические характеристики УТС

Тип самолета	Як-30			Як-32	Л-29	Т-11 «Искра» бис Б
	№ 50	№ 90	№ 90 доработан			
Двигатель	РУ19-300	РУ 19-300	РУ 19-300	РУ19-300	М-701	SO-1
Тяга, кг	900	900	900	900	890	1000
Размах крыла, м	9,75	9,75	9,75	9,75	10,3	10,06
Длина самолета, м	10,05	10,05	10,05	10,05	10,6	11,25
Высота самолета, м	3,66	3,66	3,66	3,66	–	3,50
Площадь крыла, м^2	14,3	14,3	14,3	14,3	19,8	17,5
Взлетный вес, кг нормальный	2210	–	–	1930	3385	3787
максимальный	2375	2470	2510	–	3427х	3840
Вес пустого, кг	1524	1554	1594	–	2236	2560
Вес топлива, кг	663	796	730	–	75Q 975х	–
Скорость макс у земли., км/ч	624	–	–	–	–	–
на высоте, м	655 5000	655 5000	655 5000	66Q	523	–
Скорость посадочная, км/ч		155–165	155–165		145–170	–
Время набора высоты	16,8	15,7	15,7		24,5х	–
Практический потолок, м	12700	12700	12700	14280	11500	11000
Дальность полета, км	860	1070	–	965	900	1250

В результате полетный вес возрос на 40 кг, но это практически не отразилось на его характеристиках. Однако все было тщетно. Як-30 ждала участь музейного экспоната.

«Дельфин» надолго утвердился в качестве основного учебно-тренировочного самолета стран Варшавского пакта. Правда, поляки так и не приняли эту машину, оставшись верными своей «Искре».

Объяснить все это несложно. Высшее руководство СССР решило со средоточить весь объем работ по созданию и производству УТС в Чехословакии, соответственно «перекрыв дорогу» собственным разработчикам. Возможно, сыграла роль и определенная личная неприязнь между Н.С. Хрущевым и А.С. Яковлевым. Как известно, когда в разговор вступает большая политика и «скрытые пружины» власти, все остальное уходит на второй план.

Недалекий Никита Сергеевич, не мог простить авиаконструктору его высказывания о И.В. Сталине, как о творце Советской авиации и космонавтике, что он долгое время был советником вождя в вопросах самолетостроения. Но а «благодарные» чехи сегодня сносят памятники нашим солдатам и полководцам. И не желают вспоминать о тех, кто открыл им дорогу на авиационный мировой рынок. Хотя, что можно спросить с потомков солдата Швейка.

22 сентября 1961 г. летчик-испытатель ОКБ В.П. Смирнов со штурманом Н.И. Самоходкиным установили на Як-30 мировой рекорд скорости для самолетов данного класса 767,308 км/ч на дистанции 15–25 км. Через три дня Смирнов установил второй рекорд высоты полета – 16128 м. Видимо, специально для этого полета двигатель РУ19-300 был форсирован до тяги 1050 кг.



Рисунок 2 – Самолет Як-30

На одноместном Як-32 летчик В.Г. Мухин 22 февраля 1961 г. установил мировой рекорд высоты 14283 м. Спустя четыре года, 14 января летчик Г.Г. Корчуганова установила женский мировой рекорд, пролетев дистанцию 100 км со скоростью 734,43 км/ч, а в полете 19 февраля Р.М. Шихина развила скорость 755 км/ч на дистанции 15–25 км. Это была «лебединая песня» самолета.

Всего построено четыре Як-30 и три одноместных Як-32. Один Як-30 переоборудовали в феврале 1963 г. в командный пункт для обеспечения посадки самолета – цели Як-25РВ-II. Другой потерпел катастрофу 08 сентября 1965 г. вследствие разрушения и обрыва правой консоли крыла. Погибли летчик-испытатель В.М. Волков и спортсменка Р.М. Шихина. Две спарки попали в МАИ на факультеты № 1 и «Взлет», где были препариро ваны. Один Як-32 сохранился в му зее ОКБ имени Яковлева. Судьба остальных машин осталась неизвестной.

Но справедливость все таки восторжествовала. 09 ноября 2015 г. четыре новеньких самолета ОКБ Яковлева, Як-130 совершили посадку на аэродроме в г. Армавир. На авиационной базе Краснодарского ВВАУЛ.



Рисунок 3 – Як-30 в музее авиации г. Монино

Снова, как и 80 лет назад курсанты-серовцы поднимают в небо отечественные самолеты с буквами Як на борту. Но это тема уже другой статьи.



Рисунок 4 – Младший брат Як-130 в музее авиации г. Монино

Список литературы:

1. Якубович Н.В. Истребители Яковлева. – М. : Яуза, Эксмо, 2008. – 448 с.
2. Левинских А.А. Авиаконструктор А.С. Яковлев. – МГТ А.С. Пушкина, 1996. – 61 с.
3. Наглядно-популярный журнал «Крылья Родины». – 1996. – № 8.

УДК 629.7.05

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНОСТИ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

♦♦♦♦♦

THE MAIN DIRECTIONS OF INCREASING THE BROADBAND OF ACTIVE PHASED ARRAY ANTENNAS

Карташев М.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kmn.7501@mail.ru

Аннотация. В статье проанализированы пути построения широкополосного излучающего раскрыва и системы фазирования.

Ключевые слова: активные фазированные антенные решетки, брэгговская волоконно-оптическая решетка, широкополосные и многочастотные антенные полотна.

Kartashev M.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kmn.7501@mail.ru

Abstract. The article analyzes the ways of constructing a broadband radiating and revealing phasing system

Keywords: active phased array antennas, bragg fiber-optic gratings, broadband and multi-frequency antenna arrays.

Одним из направлений разработки антенных систем для перспективных бортовых радиотехнических комплексов является создание широкополосных и сверхширокополосных активных фазированных антенных решеток (АФАР).

На широкополосность АФАР оказывают существенное влияние частотные свойства излучающего раскрыва, используемый способ управления фазой, характеристики приемо-передающих модулей (ППМ), а так же характер излучаемого сигнала.

В настоящее время различают широкополосные и многочастотные антенные полотна антенных решеток, которые существенно различаются по своим частотным свойствам. Широкополосные антенные полотна обеспечивают сохранения своих характеристик в широкой (заданной) непрерывной полосе частот. Многочастотные антенные полотна работают в ограниченных частотных поддиапазонах, причем, средние частоты которых, как правило, значительно отличаются. При этом ширина рабочих частот поддиапазонов также может быть различной.

Для построения широкополосного антенного полотна можно выделить два направления. Первое направление предусматривает применение широкополосных элементов с сильной развязкой между ними, при надлежащем выборе размеров элемента и геометрии их расположения в полотне, что обеспечивает сохранение их широкополосных свойств в составе полотна ФАР. Второе направление связано с использованием сильных взаимных связей для расширения рабочей полосы АФАР в целом. При этом сами элементы, взятые как отдельная антенна, являются узкополосными.

Другим направлением построения широкополосной АФР является переход к многочастотным антенным полотнам, когда нижняя частота одного полотна, совпадает с верхней частотой другого. В настоящее время предложены многочисленные варианты совмещения разночастотных антенных полотен в одной апертуре. Можно выделить следующие основные группы многочастотных антенн:

– многочастотные антенные полотна, совмещенные на одной поверхности (апертуре). При этом излучатели одной полосы частот расположены между излучателями других частотных полос. В качестве элементов полотен такой системы могут применяться щелевые и вибраторные излучатели, открытые концы волноводов различного типа и размеров, а также, что наиболее вероятно, сочетание указанных или других типов излучателей. Наиболее удобными являются микрополосковые излучатели различных типов;

– многочастотные антенные полотна, совмещены на одной поверхности с перекрывающимися апертурами их элементов, т.е. полотна, у которых одна и также часть поверхности апертур элементов одновременно используется для излучения нескольких частот. Перекрытие апертур излучателей может быть частичным или полным. В последнем случае раскрыв антенной решетки (АР) используется наиболее эффективно на каждой частоте и, таким образом, легко решается проблема подавления интерфе-

ренционных максимумов высших порядков на более высокочастотных участках диапазоны работы антенного полотна;

– многочастотные совмещенные полотна АР, расположенные одна над другой. Ясно, что верхнее полотно должно быть радиопрозрачно для частот нижнего полотна. Для верхнего удобно применять вибраторные или щелевые излучатели, а излучатели нижнего полотна могут быть выбраны достаточно произвольно (открытые концы волноводов, рупоры, волноводно-щелевые АР и т.д.) При этом конструкция нижнего (высокочастотного) полотна должна быть такой, чтобы оно служило рефлектором для верхнего (низкочастотного) полотна [1, 154];

– многочастотные АФАР, построенные на основе применения широкополосных излучателей;

– многочастотные совмещенные АФАР, которые в более высокочастотной области работают как обычные решетки, а в низкочастотной области раскрыв АР образует импедансную структуру, возбуждаемую излучателями, расположенными на краях раскрыва.

Таким образом, указанные группы многочастотных АР, по-видимому, не исчерпывают всех вариантов. Возможно, например, использование для построения АФАР одновременно двух или даже более из перечисленных выше принципов их построения.

К АФАР современных радиолокационных станций и других систем предъявляются требования обеспечения широкоугольного сканирования, широкой рабочей полосы частот, формирования множества одновременных, независимо управляемых лучей диаграммы направленности (ДН). Для решения этих задач необходимы устройства формирования и управления многолучевой ДН на основе точных временных задержек, способные обеспечить частотно-независимое суммирование или распределение передаваемых в решетке СВЧ сигналов [1, 176].

В качестве таких устройств предлагается использовать устройства на волоконно-оптических элементах, по сравнению с прежними, они обладают рядом значительных преимуществ, таких как большой диапазон рабочих частот (до десятков ГГц), формирование точных временных задержек, приемлемые массогабаритные показатели, высокая помехоустойчивость и т.д.

Вариантом реализации может стать волоконно-оптическая управляемая линия задержки (ВОУЛЗ) на брэгговских решетках, в которой оптическое излучение модулируется по интенсивности радиосигналом.

Брэгговская волоконно-оптическая решетка представляет собой участок волокна с периодическим изменением показателя преломления. Закон изменения определяет характеристики решетки при отражении оптического излучения, за счет которого формируется временная задержка.

В данном разделе будет проведен обзор основных положений теории брэгговских волоконно-оптических решеток и некоторых, наиболее часто предлагаемых, вариантов схем АФАР с ВОУЛЗ.

В самом простом случае брэгговская волоконно-оптическая решетка (БВР) состоит в периодическом изменении показателя преломления в сердцевине одномодового оптического волокна (вдоль оси OZ) (рисунок 1). Этот тип однородных волоконных решеток, где фазовые фронты перпендикулярны продольной оси волокна и плоскости решеток имеют постоянный период, считаются основными строительными блоками при создании большинства брэгговских решеточных структур.

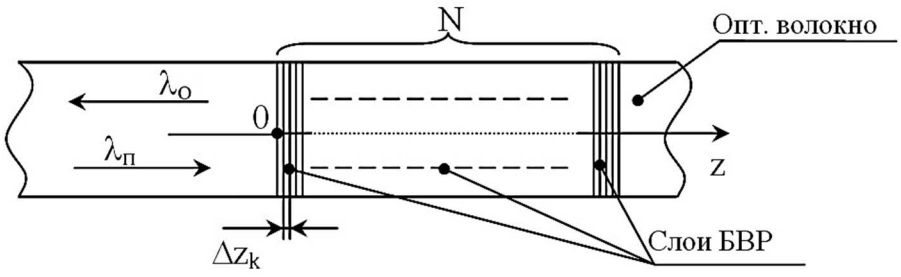


Рисунок 1 – Брэгговская волоконно-оптическая решетка

На рисунке 1 введены следующие обозначения:

λ_O – длина волны отраженного оптического излучения;

N – количество слоев в брэгговской решетке;

ΔZ_k – толщина k-того слоя (половина периода решетки).

Свет, пропускаемый через сердцевину оптического волокна, отражается каждой плоскостью решетки. Если условия Брэгга первого порядка:

$$\lambda_П = 4n\Delta Z \quad (1)$$

для падающей волны $\lambda_П$ в волокне с показателем преломления n не удовлетворяются, то последовательно отраженный от плоскостей свет выходит из фазы и, в конце концов, нейтрализуется (гасится). К тому же, свет, который не согласуется с условием резонанса, испытывает очень слабое отражение на каждой из плоскостей решетки из-за несоответствия показателя преломления – это отражение накапливается на всей длине решетки.

Свойства отражения равномерной брэгговской решетки с постоянным периодом интереса для данной тематики не представляет. Исследования решетки с изменением периода и постоянным значением амплитуды вариации показателя преломления вдоль решетки показали [2, 56], что такая структура обладает свойством отражать монохроматический свет с разной задержкой. Эта задержка зависит от длины волны падающего оптического излучения. А брэгговская решетка с вышеописанной структурой называется неравномерная брэгговская волоконно-оптическая решетка (НБВР).

Если оптическое излучение промодулировать по интенсивности сигналом радиочастоты, то отражающие свойства НБВР можно использовать для формирования истинной временной задержки при управлении диаграммой направленности АФАР.

Рассмотрим структурную схему АФАР с ВОУЛЗ на НБВР (рисунок 2).

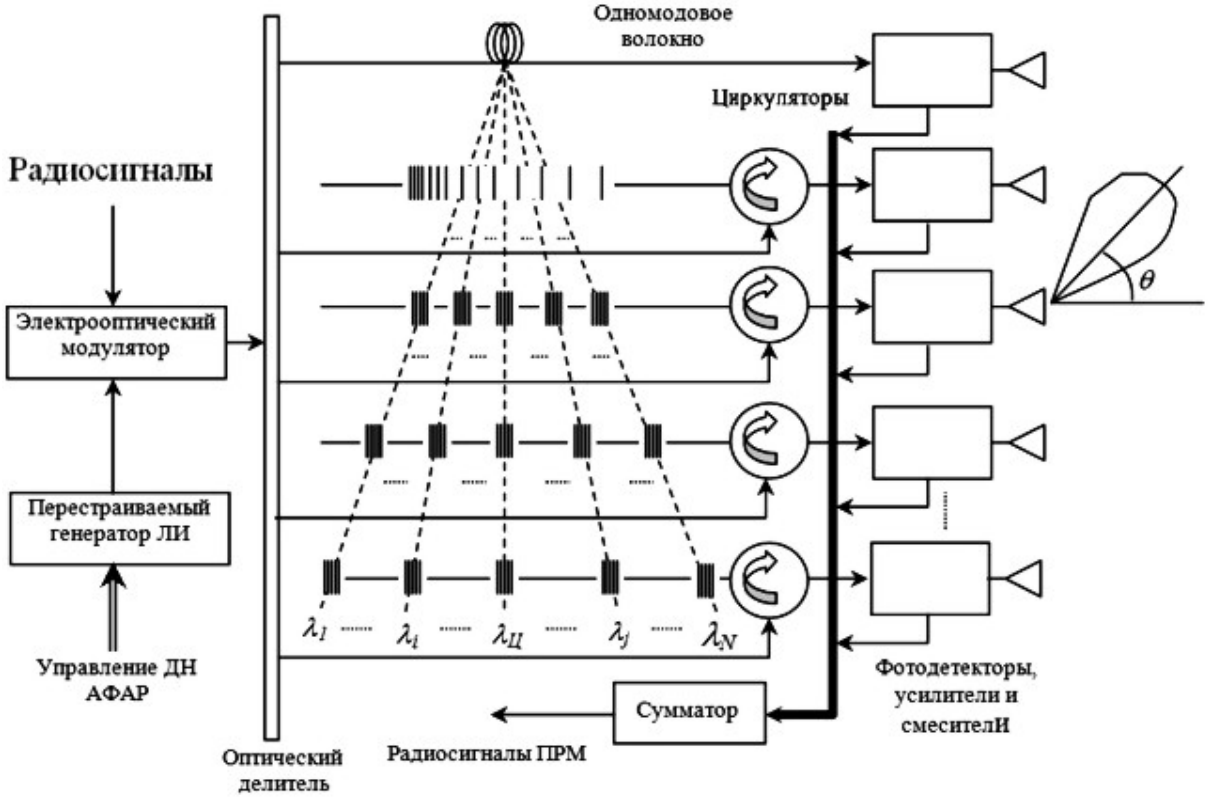


Рисунок 2 – Структурная схема АФАР с дискретной ВОУЛЗ на одном оптическом модуляторе

Дискретно перестраиваемый генератор лазерного излучения (ЛИ) генерирует оптическую несущую с длиной волны, определяемой по сигналу управления ДН, а также обеспечивает заданные другие параметры оптического излучения и их постоянство.

Электрооптический модулятор модулирует по интенсивности оптическое излучение радиосигналом или сигналом гетеродина (в режимах передачи или приема, соответственно).

Оптический делитель разделяет между каналами энергию генератора ЛИ в равных долях. Циркуляторы образуют канал задержки на дискретных НБВР.

Фотодетекторы принимают оптическое излучение и выдают радиосигнал для усиления и затем излучения в широкополосные усилители. В режиме приема фотодетекторы направляют сигнал гетеродина для переноса частоты в смесители, а сигнал на промежуточной частоте с соответствующей фазой от сигнала гетеродина суммируется в сумматоре.

Требуемые для сканирования диаграммы направленности временные задержки формируются на НБВР каждого канала, где линейный закон изменения периода решетки заменен на дискретный. Причем между участками с разным периодом вставлен отрезок волокна. Длины отрезков в соответствующих НБВР рассчитываются таким образом, чтобы обеспечить заданные для дискретного сканирования временные задержки. Эти задержки получаются из-за отражения от участков НБВР с периодами, удовлетворяющими условию Брэгга для определенной длинны волны света.

Амплитудное распределение в раскрыве может управляться только в усилителях, там же можно формировать и разностную ДН АФАР.

Достоинства данной схемы заключаются в том, что сканирование управляется с помощью одного генератора ЛИ, количество элементов минимальное, и, следовательно, массогабаритные характеристики и стоимость такой схемы будут очень невелики. Но такие недостатки, как дискретность сканирования, зависимость количества каналов излучателей (приемников) от мощности генератора ЛИ, из-за разделения энергии между линиями управления, ограничивают диапазон применения данного варианта схемы АФАР.

Список литературы:

1. Авиационные радиолокационные системы / П.И. Дудник [и др.]; Под ред. П.И. Дудника. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2003.
2. Проектирование фазированных антенных решеток / Под ред. Д.И. Воскресенского. – М. : «Радиотехника», 2003.

УДК 621.315.5/6, 621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF ALUMINUM ALLOYS OF AVIATION EQUIPMENT

Лашко В.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Панков В.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Швецов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Проведен анализ свойств и структурно-фазового состава алюминиевых сплавов авиационной техники. Определены основные направления их совершенствования.

Ключевые слова: алюминий, сплав, система, свойства, разработка, ФГУП «ВИАМ».

Lashko V.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pankov V.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The analysis of the properties and structural and phase composition of aluminum alloys of aviation equipment is carried out. The main directions of their improvement are defined.

Keywords: aluminum, alloy, system, properties, development, FSUE «VIAM».

Алюминий не претерпевает полиморфных превращений. Во всем температурном интервале вплоть до точки плавления (660 °С) он имеет кристаллическую гранецентрированную ре шетку. Наиболее важной особенностью алюминия является низкая плотность 2,7 г/см^3. Алюминий обладает высокой электропроводностью (четвертое место среди металлов – после серебра, меди и золота) – 37,9 мкОм·м, что составляет 66 % от электропроводности меди. Коэффициент теплопроводности алюминия зависит от степени его чистоты. Для технического алюминия (степень чистоты – 99,49 %) коэффициент теплопроводности, λ составляет 209 Вт/(мК) при 200 °С.

Алюминий обладает высокой коррозионной стойкостью, вслед ствие образования на его поверхности тонкой прочной пленки Al_2O_3. Чем чище алюминий, тем выше его коррозионная стойкость [1, 2].

Механические свойства отожженного алюминия высокой чистоты: $\sigma_в$ = 40–60 МПа, δ = 40–50 %, твердость 25 НВ, модуль нормаль ной упругости Е = 70 ГПа.

Для технического алюминия $_{\sigma в}$ = 80 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 30 МПа, δ = 35 %. Холодная пластическая деформация повышает σв технического алюминия до 150 МПа, но снижает относи тельное удлинение до 6 %. Благодаря высокой пластич ности в отожженном состоянии алюминий легко обрабатывается давлением, но обработка резанием затруднена. Алюминий сваривается всеми видами сварки.

Для элементов конструкции и деталей, не несущих нагрузки, применяется технический алюминий марок АД и АД1, когда требуется высокая пластичность, хорошая свариваемость, сопротивление коррозии и высокая тепло- и электропроводность. Более широко используют сплавы алюминия. Большинство легирующих элементов, входящих в состав алюминиевых сплавов, обладает ограниченной растворимостью (медь, магний, кремний, марганец, цинк, литий, никель, титан), изменяющейся с температурой. Это сообщает сплавам способность упрочняться термической обработкой.

Деформируемые алюминиевые сплавы разделяют на сплавы, *не упрочняемые термической обработкой* (с концентрацией легирующих элементов ниже предела растворимости при 20 °С), и сплавы, *упрочняемые термической обработкой* (имеющие концентрацию легирующих элементов свыше этого предела) (рисунок 1).

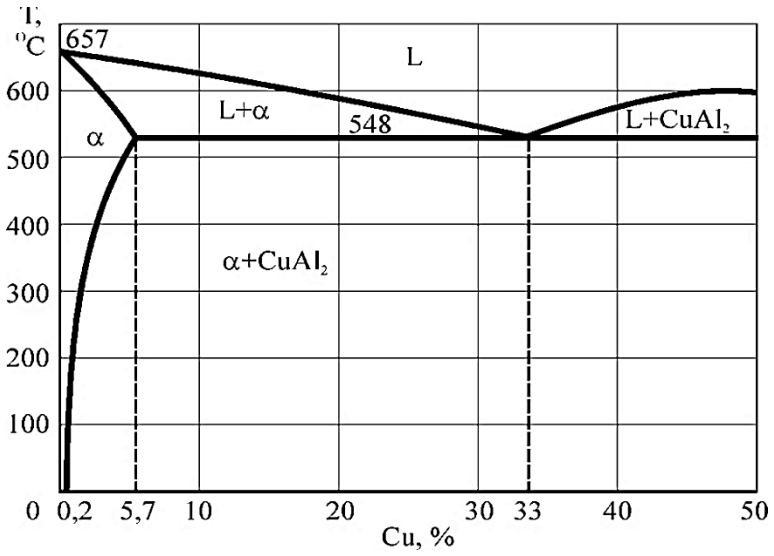


Рисунок 1 – Диаграмма состояния сплавов Al– Cu

Кроме того, алюминиевые сплавы классифицируются по технологии изготовления (деформируемые, литейные, порошковые) и свойствам.

Для термически обрабатываемых алюминиевых сплавов типа дуралюминов проводят закалку, старение, обработку на «возврат», отжиг. В исходном состоянии сплав имеет структуру твердого раствора легирующих элементов в алюминии и фазы типа $CuAl_2$, $CuMgAl_2$ по границам зерен. Нагрев при закалке обычно ведут до температуры 500–510 °С, выдержка при этой температуре и охлаждение в воде.

При быстром охлаждении в воде фаза $CuAl_2$ не успевает выделиться, и при комнатной температуре фиксируется неравновесное состояние сплава, представляющего собой однородный пересыщенный α-твердый раствор меди в алюминии.

Свежезакаленный сплав обладает высокой пластичностью (δ = 20 %), и низкой твердостью, и прочностью (σ = 300 МПа).

Старение. Пересыщенный α-твердый раствор метастабилен (неустойчив). Через некоторое время после закалки (по окончании инкубационного периода) избыточные элементы будут стремиться выделиться из пересыщен ного твердого раствора. На этом явлении и основан процесс «старения» алюминиевых сплавов.

При нормальной температуре +20 °С (процесс естественного старения) в пересыщенном твер дом растворе начинается диффузия атомов меди к некоторым определенным плоскостям кристаллической решетки. Зоны с повышенной концентрацией меди представляют собой пластинки или диски толщиной в несколько атомных слоев (2–3) и протяженностью (или диаметром) до 20–50 атомных слоев. Эти зоны принято называть зонами Гинье-Престона (Г-П), по имени уче ных, впервые установивших их существование. Образование зон Г-П ведет к искажению кристаллической решетки, что сопровождается повышением прочности и снижением пластич ности сплавов.

Процесс естественного старения практически закан чивается по истечения 5–7 суток. Сплав при этом приобретает максимальную прочность, остающуюся в дальнейшем постоянной. Время инкубационного периода варьируется в зависимости от состава сплава, но всегда составляет не менее 2–3 часов. В это время сплав сохраняет высокую пластичность, хо рошо обрабатывается давлением, что используется на практике для проведения таких технологических операций, как клепка, правка и т.д. При температурах ниже 0 °С процесс старения замедляется и при температурах ниже –50 °С практически прекращается, что позволяет при этих температурах длительное время сохранять струк туру однородного пересыщенного твердого раствора, обладающе го высокой пластичностью.

Процесс старения при высоких температурах (искусст венное старение) протекает значительно быстрее и сложнее по сравнению с естественным процессом. Процесс идет в три стадии.

Первая стадия, как и в случае естественного старения, состоит в образовании зон Г-П, которые имеют ту же имеют ту же природу, что при естественном старении, но обладают большими размерами.

Вторая стадия старения – образование новой промежуточной θ' – фазы по составу и кристаллическому строению близкой к θ – фазе (твердому раствору алюминия в интерметаллическом соединении $CuAl_2$). Фаза – θ' представляет собой мелкодисперсные частицы, когерентно связанные с твердым раствором, т.е. на границе раздела имеются общие атомы, которые одновременно принадлежат обеим фазам. Мелкодисперсные частички θ' – фазы, когерентно связанные с основным твердым раствором, еще способны упрочнять сплав.

Третья стадия старения заключается в разрыве когерент ной связи, в образовании стабильной θ – фазы и в ее укрупнении. Максимум прочности при старении будет соответствовать пер вой стадии и будет меньше во второй стадия старения. Третья стадия старения всегда связана с разупрочнением. Чем выше температура старения, тем быстрее достигается максимум прочности. Следовательно, для достижения максимальной прочности время старения при искусственном старении необходимо ограничивать.

Обработка на «возврат». Обработку проводят в течение 1–2 минут в селитро вой ванне (расплав смеси двух солей 55 % KNO_3 и 45 % $NaNO_3$) при температуре 250 оС с последующим быстрым охлаж дением в воде. При этом зоны Г-П растворятся в твердом растворе, и свойства сплава вновь возвратятся к свежезакаленному со стоянию. Время полного разупрочнения при обра ботке на "возврат" очень невелико и исчисляется минутами, а иногда после кратковременного нагрева долями минут. Продолжительная выдержка ведет к повышению прочности вследствие искусственного старения. Обработанный на "возврат" дуралюмин обладает низкой проч ностью и высокой пластичностью. С течением времени такой дуралюмин стареет подобно свежезакаленному.

Наибольшее распространение получили сплавы составов:

A1–Mn, Al–Si;

Al– Mg;

Al–Cu–Mg;

Al–Cu–Mg–Si;

Al–Mg–Si;

Al–Zn–Mg–Cu.

В равновесном состоянии эти сплавы представляют собой низколегированный твердый раствор и интерметаллидные фазы $CuAl_2$ (θ-фаза), Mg_2Si, Al_2CuMg, (S-фаза), Al_6CuMg_4 (Т-фаза), Al_3Mg_2, $Al_2Mg_3Zn_3$ (Т-фаза) и др.

К деформируемым сплавам, не упрочняемым термической обработкой, относятся: технический алюминий АД1, АД, алюминиево-марганцевые сплавы АМц и АМц1. Это высокопластичные и коррозионностойкие сплавы, обладающие хорошей свариваемостью.

Группа сплавов системы Al–Mg: АМг1, АМг2, АМг3, АМг5В и АМг6. В сварных соединениях эти сплавы способны сохранять до 95 % прочности основного металла при высокой пластичности и коррозионной стойкости, однако характеристики прочности у этой группы сплавов относительно невысоки.

Термически упрочняемые деформируемые сплавы подразделяются на следующие группы:

– *дуралюмины* – сплавы на основе системы A1–Cu–Mg: Д1, Д16, Д19, ВАД1, ВД17, М40, Д18;

– *авиали* – сплавы на основе системы A1–Mg–Si и A1–Cu–Mg–Si: АВ, АД31, АД33, АД35 и АК6, АК1, АК8. Данные сплавы обладают хорошей коррозионной стойкостью, технологичностью, достаточно высокой пластичностью, способностью подвергаться цветному анодированию;

– сплавы на основе системы Al–Cu–Mg–Fe-Ni: АК2, АК4, АК4-1;

– сплавы на основе системы Al – Zn – Mg-Cu: В93, В95, В96, В94;

– сплавы на основе системы Al–Cu–Mn: Д20, 1201, Д21, ВАД23 (Al–Cu–Mn–Li–Cd). Сплавы обладают средней прочностью, высокой технологической пластичностью, хорошо свариваемые. Коррозионная стойкость под напряжением удовлетворительная. Сплавы способны работать в широком интервале температур;

– сплавы на основе системы А1–Mg – Zn: В92, В92Ц, АЦМ, 1911,1915.

Сплавы имеют высокую прочность при комнатной и криогенной температурах, удовлетворительную свариваемость и хорошую общую коррозионную стойкость. При сварке этих сплавов удается получить соединения с прочностью 80–90 % прочности основного металла в закаленном и состаренном состоянии. Однако с повышением температуры сплавы системы А1–Mg–Zn разупрочняются и подвержены коррозии под напряжением и расслаивающей коррозии [3, 4, 5].

Физические характеристики сплавов

Сплав АД1 – это алюминий технической чистоты, содержащий до 0,7 % примесей, главные из которых – Fe и Si. Примеси Fe и Si, а также некоторых других металлов несколько повышают прочностные характеристики, но значительно снижают показатели пластичности и электропроводность сплава.

Технический Al имеет высокую химическую стойкость в ряде сред, превосходя другие металлы. Высокая химическая стойкость алюминия объясняется на его поверхности тонкой, но достаточно плотной окисной пленкой. Коррозионная стойкость алюминия тем выше, чем меньше содержание примесей (особенно Fe и Si). Практически не снижают коррозионной стойкости лишь магний и марганец. Полуфабрикаты из сплава АД1 поставляются в отожженном и горячепрессованном состоянии. Однако независимо от состояния поставки заключительной операцией обработки прессованных профилей является правка растяжением, а также на роликоправильных машинах. При правке несколько повышаются прочностные свойства и интенсивно снижаются показатели пластичности.

Сплав АМц – сплав АМц является единственным деформируемым сплавом так называемой бинарной системы Al–Mn. Он обладает высокой коррозионной стойкостью, практически не отличается от коррозионной стойкости сплава АД1. Полуфабрикаты из сплава АМц хорошо свариваются газовой, атомно-водородной, аргоно-дуговой и контактной сваркой. Сплав хорошо деформируется в холодном состоянии и в горячем, температурный интервал (320–470 °С). Термической обработкой не упрочняется, и профили из него поставляются в отожженном или горячепрессованном состоянии.

Сплав АМг3, Амг2 – относится к системе Al–Mg–Mn–Si. Он обладает высокой коррозийной стойкостью, хорошо сваривается точечной, роликовой, газовой сваркой. Сплав хорошо деформируется в холодном и горячем состояниях. Интервал горячей деформации находится в пределах 340–430 °С, охлаждение после горячей деформации на воздухе. Термической обработкой сплав не упрочняется: профили из него поставляются в горячепрессованном или отожженном состояниях. При производстве профилей применяют два вида отжига: низкий при температуре 270–300 °С и высокий (полный) при 360–420 °С. Охлаждение после отжига на воздухе.

Сплав АД31 – является представителем системы Al–Mg–Si. Он характеризуется высокими пластическими свойствами в температурно-скоростных условиях обработки давлением и повышенной коррозионной стойкостью. Коррозионная стойкость сплава практически не снижается при сварке. Сплав АД31 интенсивно упрочняется при термической обработке.

Если в отожженном состоянии прессованные профили из сплава АД31 имеют предел прочности 10–12 кгс/мм^2, то после закалки и естественного старения предел прочности до 18–20 кг/мм^2. Относительное удлинение при этом снижается не очень сильно (с 23–25 до 15–20 %). Более значительное упрочнение сплава может быть получено искусственным старением при температуре 160–190 °С, при этом предел прочности повышается до 27,5–30,0 кг/мм^2. Однако при искусственном старении более интенсивно снижаются пластические характеристики.

На степень упрочнения сплава АД31 при искусственном старении существенное влияние оказывает время перерыва между закалкой и искусственным старением. Так, с увеличением времени перерыва от 1,5 до 4 часов снижается предел прочности и пре-

дел текучести на 3–4 кг/мм^2. Время выдержки при искусственном старении на механические свойства полуфабрикатов из сплава АД31 существенного влияния не оказывает.

Сплав АВ – относится к системе Al–Mg–Si–Cu Он имеет высокие пластические характеристики. Несмотря на относительно небольшое содержание магния при получении прессованных полуфабрикатов из сплава АВ и после термической обработки, сплав АВ позволяет получить изделие с достаточно высокими прочностными характеристиками. Как и АД31, сплав АВ интенсивно упрочняется при термической обработке.

Даже естественным старением после закалки возможно повысить предел прочности по сравнению с этой характеристикой. Однако при искусственном старении существенно снижаются пластические характеристики (относительное удлинение уменьшается примерно вдвое). В отличие от сплава АД31, обладающего высокой коррозионной стойкостью как в естественно, так и в искусственно состаренном состоянии, коррозионная стойкость сплава АВ при искусственном старении существенно снижается и появляется склонность к коррозии. Снижение коррозионной стойкости сплава АВ тем больше, чем выше содержание в нем меди. С увеличением содержания в сплаве меди снижаются пластические характеристики и прочностные. Так, при содержании меди 0,25 % прочность уменьшается на 25 %, а относительное удлинение на 90 %. Поэтому для повышения коррозионной стойкости содержание меди в сплаве часто ограничивают до 0,1 %. Сплав АВ удовлетворительно сваривается точечной, роликовой и аргонодуговой сваркой.

Сплав АМг6–АМг5 – относится к системе Al–Mg–Mn. Он имеет высокие пластические характеристики как при комнатной, так и при повышенных температурах, и обладает высокой коррозионной стойкостью в различных средах, в том числе и в морской воде. Это, а также хорошая свариваемость сплава предопределяет широкое применение его в судостроении и авиации. Несмотря на довольно значительное увеличение растворимости магния в алюминии при повышении температуры, упрочнение при закалке сплава АМг6, весьма незначительно, поэтому сплав АМг6 как и другие сплавы группы магния (АМг2, АМг3,5) относится к термически не упрочняемым. Полуфабрикаты из сплава АМг6 поставляются обычно в отожженном состоянии. Отжиг производится при сравнительно невысоких температурах (310–335 °С) с охлаждением на воздухе. При более высоких температурах отжига повышается склонность к коррозии, поэтому для полуфабрикатов низкотемпературный отжиг имеет особое значение.

Марганец, несмотря на довольно узкий диапазон содержания в сплаве, существенно влияет на его механические свойства. Так, при содержании марганца на верхнем пределе (0,8 %) при прочих равных условиях прочностные свойства на 2–3 кг/мм^2 выше, чем при содержании марганца на нижнем пределе (5 %).

Значительное упрочнение профилей из сплава АМг6 может быть достигнуто в результате холодной деформации. Так, правка растяжением в пределах, применяемых на практике степени деформации (2–3 %), не оказывая заметного влияния на предел прочности профилей из сплава АМг6, значительно повышает предел их текучести. Относительное удлинение при этом понижается менее интенсивно, чем у других сплавов. Следует отметить, что такой характер изменения механических свойств профилей из сплава АМг6 при правке растяжением наблюдается независимо от условий отжига, предшествовавшего правке.

Эффект, полученный при холодном упрочнении при сварке, значительно уменьшается. Это сужает область применения нагартованных полуфабрикатов, их в основном используют для изготовления элементов, скрепляемых заклепочными или болтовыми соединениями.

Сплав Д1 – относится к системе Al–Cu–Mg–Mn . Он упрочняется термической обработкой. Сплав хорошо обрабатывается в холодном и горячем состояниях. Температурный интервал горячей деформации 310–470 °С. Охлаждение после горячей деформации на воздухе. Прессованные профили имеют пониженную коррозионную стойкость. Сплав хорошо сваривается точечной сваркой. Профили из сплава Д1 могут поставляться в закаленном и естественно состаренном, а также в отожженном состояниях.

Сплав АК4-1 – сплав АК4-1 относится к системе Al-Cu-Mg-Ni-Fe. Он является одним из жаропрочных сплавов и вследствие этого в последнее время находит довольно широкое применение в конструкциях, работающих при повышенных температу-

рах. Сплав удовлетворительно деформируется в горячем состоянии, температурный интервал деформации 350–470 °С. Сплав интенсивно упрочняется термической обработкой. Путем закалки и искусственного старения горячепрессованных профилей предел прочности может быть доведен до 43–45 кг/мм^2, и предел текучести до 30–38 кг/мм^2. Общая коррозионная стойкость сплава невысока. Поэтому профили из него желательно подвергать анодированию или окраске. Сплав удовлетворительно сваривается.

Сплавы 1915 и 1925 – являются среднелегированными термически упрочняемыми, свариваемыми сплавами системы Al–Zn–Mg и при определенных условиях могут успешно применяться в конструкциях вместо свариваемого сплава АМг6, который уступает сплаву 1915 по прочностным характеристикам, особенно по пределу текучести. Сплавы обладают хорошей устойчивостью против коррозии.

Сплав 1925 применяется в виде профилей и труб для изготовления различных несварных конструкций в строительстве, авиации, машиностроении. Сплав обладает удовлетворительной коррозионной стойкостью более высокой, чем сплав Д1. Сплавы 1915 и 1925 хорошо деформируются в горячем и холодном состоянии. Температурный интервал горячей деформации находится в пределах 350–480 °С. Важным достоинством этих сплавов является возможность прессования профилей и труб с высокими скоростями истечения до 15–30 м/мин. Это выше допустимых значений скорости истечения при прессовании сплавов Д1, Амг6 в 5–10 раз.

Сплавы 1915 и 1925 являются самозакаливаемыми, т.е. их прочностные характеристики мало зависят от вида закалочной среды (вода, воздух). В результате этого прессования профили с толщиной полки до 10 мм можно не подвергать закалке, т.к. охлаждение их после прессования на воздухе дает почти такую же структуру и такие же свойства, что и закалка в воде после нагрева в закалочных печах. Указанные сплавы упрочняются в процессе старения как при комнатной, так и при повышенных температурах. Режим упрочняющей термообработки – закалка 450 + 10 °С в воде и естественное старение не менее 30 суток или искусственное старение по режимам 100 °С, 242+160°С – 10 часов.

Сплав Д16 – наиболее распространенный сплав. Относится к системе Al–Cu–Mg–Mn. Он интенсивно упрочняется термической обработкой. Сплав хорошо деформируется в горячем и холодном состоянии. Горячая деформация возможна в широком интервале температур от 350 до 450 °С. Деформации при комнатной температуре сплав может подвергаться как в отожженном, так и в закаленном состоянии.

Механические свойства полуфабрикатов после закалки и естественного старения в значительной мере зависят от условий предварительной обработки. Так, у профилей, прессованных из литого слитка, прочностные характеристики после термообработки имеют максимальные значения (46–50 м/мм^2). У профилей, прессованных из предварительно деформируемой заготовки, прочностные характеристики после термообработки ниже 40–43 кг/мм^2.

Существенное влияние на механические свойства прессованных профилей оказывает величина коэффициента вытяжки при прессовании. Максимальные значения прочностных характеристик получаются при коэффициенте вытяжки равной 9–12. Поэтому крупногабаритные профили имеют, как правило более высокие показатели прочности, чем профили мелких сечений, прессуемых обычно с высокими коэффициентами вытяжки (25–35 и более).

Различные механические свойства наблюдаются также при производстве профилей с резко отличающимися толщиной полок. Прочность прессованных полуфабрикатов будет выше примерно на 10 % без заметного снижения показателей пластичности, если изготавливать их из сплава с содержанием меди и марганца на верхнем пределе 4,5, 0,85 % меди 0,65–0,85 % марганца и повышать температуру прессования до 430–460 °С.

Прессованные полуфабрикаты в закаленном и естественно состаренном состоянии имеют пониженную коррозионную стойкость. Сплав Д16 удовлетворительно сваривается.

Сплав В95 – один из наиболее прочных сплавов и поэтому весьма широко применяется при изготовлении профилей, удельная прочность которых является решающим фактором. Сплав относится к четырехкомпонентной системе Al–Zn–Mg–Cu и

весьма интенсивно упрочняется термической обработкой. Полуфабрикаты из сплава В95 (рисунки 1–10) поставляются только в закаленном и искусственно состаренном состоянии.

Это объясняется тем, что в естественно состаренном состоянии сплав В95 имеет пониженную коррозионную стойкость. Сплав В95 хорошо сваривается точечной сваркой, но не сваривается аргоно-дуговой и газовой.

Поэтому для сочленения полуфабрикатов (толстых листов, профилей и панелей) наиболее часто применяют заклепочные соединения.

Алюминиевые сплавы последних разработок ФГУП «ВИАМ»

Сплав 1163 – среднепрочный ресурсный сплав серии дуралюмин ($\sigma_в$ = 420–460 МПа) с высоким уровнем характеристик трещиностойкости и выносливости. Это базовый материал для обшивок фюзеляжа, низа крыла и стрингерного набора. Сплав применяется, прежде всего, в естественно состаренном состоянии и после термомеханической обработки. Характеристики выносливости, вязкости разрушения и пластичности обшивочных листов из сплава 1163 позволило улучшить применение твердой плакировки из сплава АД35 в сочетании с повышенной чистотой по примесям (Fe и Si) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Силовой набор крыла из алюминиевого сплава

Сплав 1420-ТГ1 (ТВ1) – самый легкий (ρ = 2,47 г/см^3) коррозионностойкий высокомодульный (Е = 78 ГПа) свариваемый сплав на базе системы Al–Mg–Li, применяется в виде штамповок ($\sigma_в$ = 420 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 270 МПа, δ = 9 %); предназначен для использования в конструкции самолетов (сварные герметичные отсеки, окантовки иллюминаторов, люки и лючки, компоненты кабины и др.) и корпусах ракет. Применение сплава позволяет снизить массу клепаной конструкции до 12 %, сварной – до 24 %. Применен в конструкции самолетов Як-36, Як-38, МиГ-29М, Су-27, Як-42, Ту-204

Сплав 1424-ТГ1 – среднепрочный ($\sigma_в$ = 430–460 МПа) свариваемый коррозионностойкий сплав (улучшенная модификация сплава 1420) пониженной плотности (ρ = 2,54г/см^2), термически стабильный, с повышенными характеристиками трещиностойкости и малоцикловой усталости для сварных и клепаных конструкций авиакосмической техники. Листы из сплава 1424-БТ обладают эффектом сверхпластичности: δ = 500–800 %. Сплав отличается повышенной технологичностью при сварке различными методами: сварка трением с перемешиванием, аргонодуговая, электронолучевая сварка тонких плит, прессованных профилей и панелей.

Сплав В-1461-Т1 – высокопрочный ($\sigma_в$ = 540–560 МПа) коррозионностойкий свариваемый сплав системы Al–Cu–Li–Mg–Zn пониженной плотности (ρ = 2,63 г/см^3) с повышенными характеристиками вязкости разрушения. Освоены производство листов холодной рулонной прокаткой (толщиной от 0,8 мм), плит, прессованных профилей и панелей; технологии сварки ААрДЭС, ЭЛС, ЛС, СТП. Рекомендуется для элементов обшивки и силового набора планера (рисунок 3).

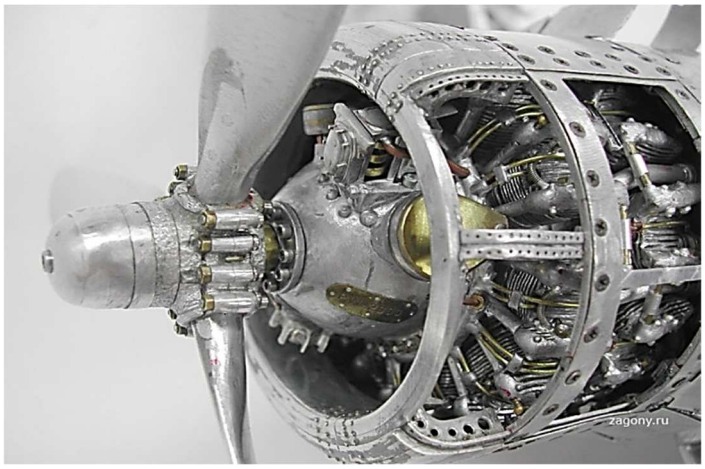


Рисунок 3 – Силовой набор двигателя из алюминиевого сплава

Сплавы этой системы и многоступенчатые режимы термомеханической обработки перспективны для создания высокопрочных алюминий-литиевых сплавов с высокой вязкостью разрушения.

Сплав В-1469-Т1 – сплав пониженной плотности (ρ = 2,67 г/см^3) системы Al–Cu–Li–Mg с добавками Sc и Ag. Сплав высокопрочный и высокомодульный ($\sigma_в$ = 580–600 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 540–560 МПа, δ = 8 %, Е = 78–80 ГПа) коррозионностойкий ($\sigma_{кр}$ = 400 МПа), свариваемый ($\sigma_{в.св}$ / $\sigma_в$ > 0,7). Технологичен при литье и обработке давлением, что позволяет получать из него все виды полуфабрикатов, в том числе листы холодной рулонной прокаткой. Освоено промышленное производство листов толщиной 0,8–3,0 мм, плит толщиной 25–80 мм, прессованных профилей различного сечения. Рекомендуется для элементов планера, работающих на сжатие длительно во всеклиматических условиях до температур 150 °С (лонжероны, балки и другие детали фюзеляжа). Тонкие листы толщиной 0,3–0,4 мм из сплавов В-1469 и 1441 перспективны для создания высокопрочных слоистых металлополимерных материалов.

Сплав 441-Т1 – среднепрочный высокоресурсный сплав системы Al–Li–Mg–Cu ($\sigma_в$ = 410 МПа, ρ = 2,59 г/см^3). Технологичен при обработке давлением, что позволяет получать из него холодной рулонной прокаткой плакированные и неплакированные листы толщиной до 0,3 мм. Освоено производство листов, плит, прессованных профилей и панелей. Рекомендуется для обшивки фюзеляжа и внутреннего силового набора. Применен в качестве обшивочных листов для самолетов Бе-200, Бе-103 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Самолет Бе-200

Свариваемые коррозионностойкие высокотехнологичные алюминиевые сплавы

Сплав АМг2, АМг3, АМг6 – термически не упрочняемые сплавы (магналии) для ракет и деталей внутреннего набора самолетов, прочность сварных соединений со-

ставляет 0,9–0,95 % от прочности основного материала. Сплавы, легированные скандием, имеют повышенную прочность ($\sigma_в$ = 370 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 295 МПа) и обладают эффектом сверхпластичности (δ = 500–1000 %).

Сплав АБМ2 – среднепрочный алюминиевый сплав повышенной жесткости и пониженной плотности (основа – сплав типа АМг6, содержащий 20 % бериллия). Технологичен при обработке давлением. Рекомендуется к применению в элементах конструкций, где определяющими критериями являются высокие жесткость и удельная прочность.

Сплав АБМ3 – высокомодульный сплав пониженной плотности (основа – сплав типа АМг6, содержащий 70 % бериллия). Из всех алюминийсодержащих сплавов АБМ3 обладает наивысшей удельной жесткостью. Рекомендуется для элементов конструкций, в которых определяющими критериями являются высокие жесткость и удельная прочность при температурах до 250 °С.

Сплав АБМ4 – свариваемый высокопрочный алюминиевый сплав повышенной жесткости и пониженной плотности (основа – сплав типа АМг6, содержащий до 45 % бериллия). Сплав обладает удовлетворительной свариваемостью ($\sigma_{в.св}$ / $_{\sigma в}$ = 0,7–0,8) и рекомендуется для элементов конструкций, в которых определяющими критериями являются высокие жесткость и удельная прочность при температурах до 250 °С.

Сплав ВАБ-1 – среднепрочный сплав системы Al–Li–Be повышенной жесткости (содержащий до 2,8 % бериллия). Технологичен при обработке давлением, применяется плакированный алюминием. Освоено производство прутков, полос, прессованных профилей, листов. Рекомендуется для деталей внутрикорпусного силового набора.

Сплав 1370-Т1 – среднепрочный технологичный сплав системы Al–Mg–Si ($\sigma_в$ = 400–420 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 360–390 МПа), обладает высокими прочностными характеристиками при температурах до 175°С ($\sigma_{500}^{150^\circ}$ = 290 МПа, $\sigma_{25}^{175^\circ}$ = 295 МПа); применяется в виде листов толщиной 0,6–1,2 мм в самолете Ан-148 (обшивка и гофры носовой части стабилизатора, гофры предкрылков и отклоняемого носка крыла), характеризуется высокой технологической пластичностью при холодной деформации (рисунок 5). В виде листов и плит используется при изготовлении сварных герметичных корпусов для космических аппаратов.

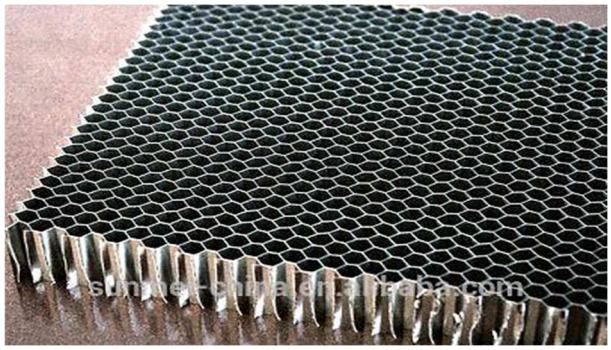


Рисунок 5 – Сотовые панели из алюминиевого сплава

Сплав 1913-Т11 (В91ч.) – листы из сплава в состоянии Т11 имеют повышенные характеристики прочности ($\sigma_в$ = 460 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 405 МПа) при сохранении высокой коррозионной стойкости, соответствующей состоянию Т3. Сплав обладает хорошей свариваемостью ($\sigma_{в.св}$ / $\sigma_в$ = 0,8) и рекомендуется для применения в коррозионноопасных зонах сварных и клепаных конструкций, в том числе для обшивки и внутреннего набора фюзеляжа гидросамолетов, экранопланов, дирижаблей и в нагруженных строительных конструкциях.

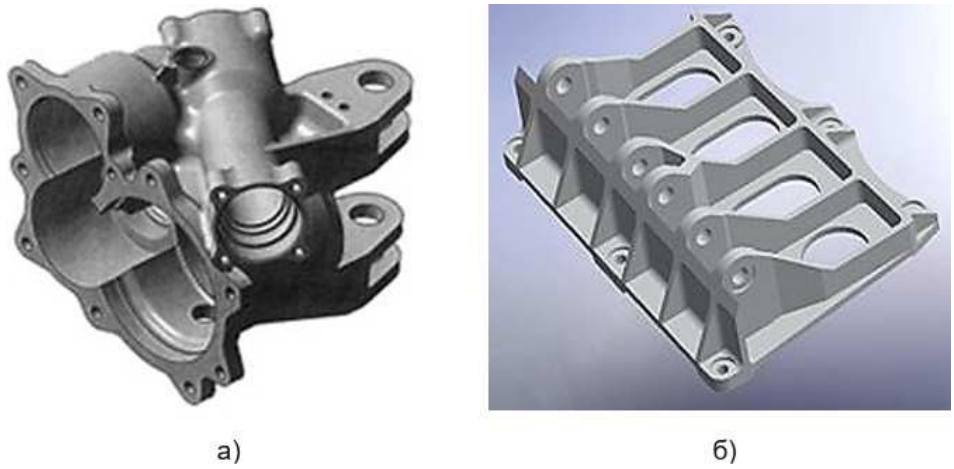
Сплав В-1341-Т1 – среднепрочный ($\sigma_в$ = 330 МПа, $\sigma_{0,2}$ = 260 МПа, δ = 10 %) высокотехнологичный сплав системы Al–Mg–Si с рабочей температурой до 175 °С для изготовления деталей холодной листовой штамповкой, хорошо сваривается всеми видами сварки ($\sigma_{в.св}$ / $\sigma_в$ = 0,9–0,95). Содержит модифицирующую добавку кальция, которая снижает склонность к образованию горячих трещин при литье и сварке плавлением, задерживает процессы рекристаллизации, способствует формированию регламентированной мелкозернистой структуры (размер зерна – менее 80 мкм), благоприятной для получения деталей холодной деформацией с большими степенями вытяжки. Применен

в конструкции самолета SSJ-100 – детали внутреннего набора, перегородки, крепежные узлы, трубопроводы системы жизнеобеспечения и т.д.

Сплав ВАЛ14 и ВАЛ18 – жаропрочные сплавы системы Al–Cu–Mn подвергаются литью в песчаные формы, применяются для высоконагруженных деталей, работающих при температурах 300–350 °С ($\sigma_в$ = 380–500 МПа, δ = 7,5–10 %, $\sigma_{100}^{300°}$ = 60 МПа, $\sigma_{100}^{350°}$ = 34 МПа).

Сплав ВАЛ12 – высокопрочный сплав системы Al–Zn–Mg–Cu, литье в кокиль и жидкая штамповка, рабочая температура 250 °С (длительно), 300 °С (кратковременно), $\sigma_в$ = 550 МПа, δ = 3 %.

Сплав АЛ4МС – высокопрочный высокотехнологичный сплав системы Al–Si–Cu–Mg, обеспечивает при литье в кокиль $\sigma_в$ = 360–400 МПа, δ = 4 %, не склонен к трещинообразованию, рабочая температура 250 °С, мож но отливать детали любыми способами, в том числе прогрессивным способом литья по газифицируемым и выжигаемым моделям (рисунок 6).



а) б)

Рисунок 6 – Изделия из алюминиевых сплавов:
а) Корпус-кронштейн из сплава АЛ4МС; б) Корпус из сплава ВАЛ20

Сплав ВАЛ20 – высокопрочный литейный сплав системы Al–Cu–Mg, предназначен для литья в песчаные формы фасонных отливок сложной конфигурации деталей внутреннего набора (корпуса, качалки, кронштейны), рабочая температура 200 °С (длительно), 250 °С (кратковременно), $\sigma_в$ = 420 МПа, δ = 7 %, $\sigma_{100}^{200°}$ = 120 МПа, $\sigma_{100}^{250°}$ = 100 МПа, $\sigma_{100}^{300°}$ = 60 МПа.

Список литературы:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей / В.П. Панков [и др.]. – Краснодар, 2020. – 532 с.
2. Панков В.П. Материаловедение и технологические процессы в сервисе / В.П. Панков, В.Е. Жидков. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
3. Перспективные материалы / В.П. Панков [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 156–166.
4. Медведев В.И. Порядок проведения сертификации систем качества и сертификации производств / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 59–64.
5. Медведев В.И. Регистр систем качества / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 89–95.

УДК 355/5:323.2

ВОПРОСЫ БОРЬБЫ С БПЛА БОЛЬШОЙ ДАЛЬНОСТИ ВС УКРАИНЫ

♦♦♦♦♦

ISSUES RELATED TO THE LONG-RANGE UAVS OF THE UKRAINIAN ARMED FORCES

Окунев В.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Швецов В.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Паленый А.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы контроля воздушного пространства, применение активных средств ПВО, способы и средства борьбы с БПЛА БД.

Ключевые слова: ударный БПЛА, дрон-камикадзе, информационная система, лазеры, радиочастотное оружие.

Okunev V.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shvetsov V.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Palenhi AV.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the problems of airspace control, the use of active air defense systems and methods and means of combating UAVs.

Keywords: strike UAV, kamikaze drone, information system, laser, radio frequency weapon.

Как показывают последние события на фронте специальной военной операции (СВО), наши войска планомерно выдавливают подразделения ВСУ и наемников с занимаемых позиций практически на всех направлениях. Этому способствует изменившаяся роль США в финансировании военной помощи Украине и попытках принудить стороны к миру, а также лихорадочные действия Западной коалиции сохранить свое лицо, поддерживая режим Зеленского.

При этом командование ВСУ отвечает за свои неудачи террористическими атаками на гражданские объекты, транспортную и энергетическую инфраструктуру нашей страны, используя беспилотные летательные аппараты большой дальности (БПЛА БД) самолетного типа. Перечень этих БПЛА рассматривается ниже.

1. Разведывательно-ударный БПЛА Байрактар» ТВ2.

Общее число полученных Украиной от Турции БПЛА – 42. Сбито ПВО РФ – 10 БПЛА. ТТХ:

масса взлетная – 650 кг, длина – 6,5 м, размах крыльев – 12 м;

скорость мах. – 220 км/ч, крейсерская – 130 км/ч;

потолок – 8000 м, время полета – 24 час;

боевая нагрузка – 80 кг, вариант 1 – 2 ПТУР с лазерным наведением, Дп = 8 км.;

вариант 2 – 4 малогабаритные корректируемые авиабомбы, КВО-1 м.

Радиус действия – более 1000 км.

Из-за высокой стоимости (70 млн долл.) комплекса с 2 станциями управления и уязвимости от ПВО и ИА РФ в н. в. используется только в разведывательных целях из безопасных районов. Средства разведки: ТВ-камеры, ИК-камера, возможно использование РЛС с АФАР и станции РТР.

Ниже рассматриваются БПЛА, применяемые для ударов по объекта в глубине России.

2. Многоцелевой ударный БПЛА БД UJ-22 «Эйрборн».

Производится в Украине с 2021 г. Материал БПЛА – кевлар, углеволокно, стекловолокно, обеспечивает низкую РЛ – заметность. Двигатель – бензиновый (рисунок 1).

ТТХ:

взлетная масса – 85 кг, размеры 3,3 × 4,6 м;

масса полезной нагрузки – 20 кг, скорость полета мах. / крейс. – 180/120 км/ч;
Т пол. – 8 час, Н пол. = 50 – 6000 м.
Д упр. полета – 100–120 км, **Д мах = 800 км.**

Полет выполняется в автоматическом, полуавтономном и ручном режимах. В автономном режиме полет выполняется по программе на глубину несколько сотен км.

Боевая нагрузка: вариант 1 – 2 мины калибра – 82 мм, вариант 2 – противотанковые выстрелы к ПГ (РПГ-7). Вариант 3 – может нести барражирующие боеприпасы UI-31 «Злива».

Коррекция маршрута осуществляется по сигналам спутниковой системы навигации. Аппаратура управления, генератор, РМ пилота и оператора оружия размещены в автомобиле. БПЛА неоднократно участвовали в атаке на Москву.



Рисунок 1 – БПЛА БД UJ-22 «Эйрборн

3. Ударный БПЛА «Лютый» национальной разработки.

Серийно производится с 2023 г. Это барражирующий боеприпас (ББ), выполнен из стеклопластика, низкоплан. Бензиновый двигатель – 50 л. с. с 3-лопастным толкающим винтом сзади (рисунок 2).

ТТХ:
масса взлетная – до 300 кг, размеры 4,5 × 6,7 м;
боевая нагрузка – 75 кг, скорость мах. / кр. – 250/150 км/ч;
Т пол. – 24 час, **Д пол. – 1000 км**.
Стоимость ББ «Лютый» 280 т. долл. Масса БЧ – 50 кг.
Управление: инерциальная курсовая система с коррекцией от НКС.

В 2023–2025 гг. ББ «Лютый» выполнили ряд массированных ударов по важным стратегическим объектам на территории РФ. Широко используется в настоящее время для ударов по энергетической и гражданской инфраструктуре РФ (НПЗ, многоэтажные и частные жилые дома, ТЦ и рынки, НПЗ, порты и пункты перекачки нефтепродуктов).



Рисунок 2 – БПЛА БД «Лютый»

4. БПЛА БД «Бобр» – ББ построенный по схеме «Утка» с передним горизонтальным оперением. Сделан из композита. Взлет с автострады, шасси неубирающееся 3 – точечное. Двигатель – бензиновый, винт толкающий (рисунок 3).



Рисунок 3 – БПЛА БД «Бобр»

Основные ТТХ:
масса взлетная – 150 кг;
масса полезной нагрузки – 20 кг;
размеры 2,5 × 3,5 м;
дальность полета **700–1000 км**;
скорость 150–200 км/ч;
Т пол. – 7 час.

Управление: автопилот с инерциальной системой и коррекцией по маршруту от СНС. Средств обнаружения нет, связь с оператором – нет данных.

ББ «Бобр» способен изменять Н полета для обхода зон ПВО, или смены НЦ.

БЧ – кумулятивная до 50 кг.

Регулярно используется для террористических атак на объекты военной и гражданской инфраструктуры на территории России. Средствам РЭБ РФ удается нарушить коррекцию ББ от GPS, а ПВО сбивать значительную часть ББ.

США остается основным поставщиком БПЛА для ВСУ. Американские БПЛА в составе ВСУ (5701 ед. на январь 2025 г.) составляют 46,2 %, при этом 42,1 % дроны-камикадзе и 4,1 % БПЛА разведки. Из разведывательно-ударных – все турецкие «Байрактар-2» – 134 единицы. Дроны-камикадзе США представлены семейством Phoenix Ghost (1800 ед.). Имеют дальность 500–600 км и боевую часть 16,7–22,7 кг. Используются силами беспилотных систем (СБС) ВСУ для атак в приграничных областях. Для атак в глубине России ВСУ применяет БПЛА собственной разработки с использованием комплектующих из стран Запада. Тактические БПЛА представлены RQ-11Raven, Recon, Switchblade 300, -600, Jump 20 компаний Aero Vironment Inc. и AEVEC Aerospace Companu [1].

Обзор БПЛА БД ВСУ показывает, что противник ведет целенаправленную работу по развитию (наращиванию) боевых возможностей беспилотных ЛА, так, дальность действия сегодня составляет до 3000 км, возможности автономного полета реализуются без использования спутниковой системы, предусматривается программирование полета с возможностью его корректировки по информации датчиков, растет спектр авиационных средств поражения.

Что можно противопоставить противнику? Имеется в виду – как обезопасить стационарный объект: аэродром, учебный центр (полигон), базу хранения, порт, административный центр, производство ОПК, другие объекты от внешнего воздействия? То же касается транспортной инфраструктуры – узловых ж/дорожных станций, разъездов, и т.д. По словам российского эксперта А. Шабля действующая система сертификации технических средств (ТС) обеспечения транспортной безопасности до сих пор игнорирует ряд угроз: химических, биологических, БПЛА, ядерный терроризм. Так же он ставит под сомнение надежность систем и средств защиты от БПЛА, которые могут нести химическое и биологическое оружие, что более разрушительно. А факты, подтверждающие эти слова, есть. Эксперт предлагает сформировать единые стандарты и систему

мониторинга в отношении этих угроз [2]. В этой связи можно вспомнить атаки на аэродромы ДА в 2025 г. в разных географических точках России до Д. Востока.

Стандарт прикрытия аэродрома оперативно-тактической авиации (ОТА) мирного времени 1–2 взвода зенитной ракетной (артиллерийской) батареи типа «Стрела – 10СВМ», ЗРПК «Панцирь-С1», или других средств. Для ЗРПК «Панцирь-С1» дальность поражения аэродинамических целей (самолеты, вертолеты, БПЛА самолетного типа) до 20 км на высоте от 15 м до 15 км. Имеет значение высота и параметр пролета (боковое удаление) целей. Важна и такая характеристика как плотность налета – количество целей с одного-нескольких направлений в секунду, заходящих в зону обнаружения (стрельбы). Последний случай с атакой резиденции президента РФ показал, что плотность налета БПЛА составляла около 40, что, возможно, превышало боевую производительность комплекса и на что рассчитывал противник. Однако враг просчитался, все БПЛА были сбиты. Но иметь такое прикрытие повсеместно не возможно, чем и пользуется противник.

Так для защиты от атак БПЛА БД предприятий ОПК страны предлагается использовать, например, беспилотные гусеничные платформы, оборудованные пулеметами (гранатометами), работающие по информации мобильных РЛС тактического звена (предложено для ВДВ).

Успешность отражения атак БПЛА по опыту СВО обеспечивается наряду со средствами ПВО использованием станций (комплексов) РЭБ, таких как «Штора» К-12/700. Радиус подавления от 2,5 до 5 км в зависимости от окружающего рельефа. Станция может защищать как стационарный объект, так и войсковые подразделения в районе сосредоточения, эшелон в движении. Располагается в кузове, на броне и т.д. Комплексное использование средств ПВО и РЭБ увеличивает вероятность отражения атаки БПЛА БД самолетного типа.

Комплекс РЭБ «Репейник» гарантированно обнаружит с Д = 15 км даже легкий БПЛА противника и уверенно подавит с Д-2,5 км. Комплекс – мобильный, переносной, состоит из малогабаритной РЛС и сопряженных с ней самонаводящихся модулей РЭБ на турели. Эффективно действует по зависшим БПЛА и летящим со скоростью до 200 км/ч. Время приведения в готовность 5 мин. Время непрерывной работы 8 час [4] (рисунок 4).



Рисунок 4 – Комплекс РЭБ «Репейник» на позиции

Прошли апробацию и получили положительную оценку в зоне СВО комплексы стрелкового вооружения (2–4 автомата/пулемета на подвижной турели), используемые для борьбы с БПЛА (рисунок 5). Сегодня до 80 % огневых задач снайперы выполняют по БПЛА противника. Применяются как новейшие дальнобойные снайперские комплексы (винтовка Чукавина) так и обычные СВДМ в комплексе с прицелами дневной и ночной стрельбы.



Рисунок 5 – Блок из 4 пулеметов ПКТ для борьбы с FPV- дронами

Еще один способ борьбы с БПЛА БД – это использование боевых возможностей современных вертолетов типа Ка-52, Ми-28Н, Ми8АМТШ. Мировой опыт в этом имеют США, Израиль, Франция. Так, израильские специалисты, изучив боевой опыт применения против БПЛА вертолетов МН-60I, пришли к выводу о целесообразности превентивных действий – нанесения ударов по местам изготовления и сборки, складирования и запуска БПЛА при одновременном уничтожении специалистов, связанных с подготовкой БПЛА. Кроме того, Израилю пришлось перестроить всю наземную систему сбора радиолокационной информации в целях обеспечения информацией вертолетов МН-60I [3]. Есть определенный опыт борьбы с БПЛА, запускаемых хуситами с территории Йемена, у вертолетчиков ВМС США. В 2024 г. первый БПЛА в этом районе был сбит вертолетом Франции с применением пулемета 7,62 мм, установленного в проеме двери грузовой кабины при полете на параллельных с БПЛА курсах. США сделали ставку на МН-60R с применением штатной системы обнаружения и применения управляемых ракет «Хеллфайр» и пушки. Эффективность оказалась не высокой особенно при потоке дронов. При этом за полгода было израсходовано УР «Воздух-воздух» на 1 млрд долларов, что оказалось очень дорого. С июня по декабрь 2024 г. вертолеты США уничтожили ракетами 4 БПЛА типа «Шахед-107» атакой по-самолетному с задней полусферы. Очень небольшая часть БПЛА была уничтожена артиллерийскими комплексами кораблей ВМС США. Вывод американцев: борьба с БПЛА может быть эффективной при комплексном использовании средств ПВО, РЭБ в сочетании с огневым поражением БПЛА в районах сосредоточения и запуска. Для использования вертолетов необходимо использование более дешевых ракет.

ВС РФ в зоне СВО практически применяет выводы специалистов США: регулярно наносятся удары по районам сборки, хранения, подготовки к запуску БПЛА БД, их пунктам управления. В отражении налетов комплексно используются эшелонированные силы и средства ПВО и РЭБ, апробируются боевые лазеры, оружие СВЧ – подавления (поражения). Перехват БПЛА БД вертолетами осуществляется с использованием информации целеуказания наземных РЛС, либо по данным собственных оптико-электронных систем (РЛ-систем) и применением штатного ракетно-артиллерийского вооружения. Ограничение для действий – только метеоусловия.

Применительно *защиты объектов авиационной инфраструктуры* – открыто расположенных ЛА на стоянках, наземных средств обеспечения, пунктов управления (КДП, СКП), складов с ГСМ и АСП, др. объектов, – необходимо констатировать: успешность противодействия атакам БПЛА БД можно добиться комплексным применением развернутых средств ПВО и систем (комплексов) РЭБ, боевых лазеров, а на удаленных объектах ВКС (БПРМ, ДПРМ) – более простых средств – комплексов РЭБ типа зоне СВО«Репейник», антидроновых и обычных ружей (рисунок 6), стрелкового (снайперского) оружия, применения антидроновых сеток (рисунок 7) и имитаторов работающей техники (самолетов, средств СНО, радиостанций и т.д.).



Рисунок 6 – Использование «антидронового» ружья в зоне СВО

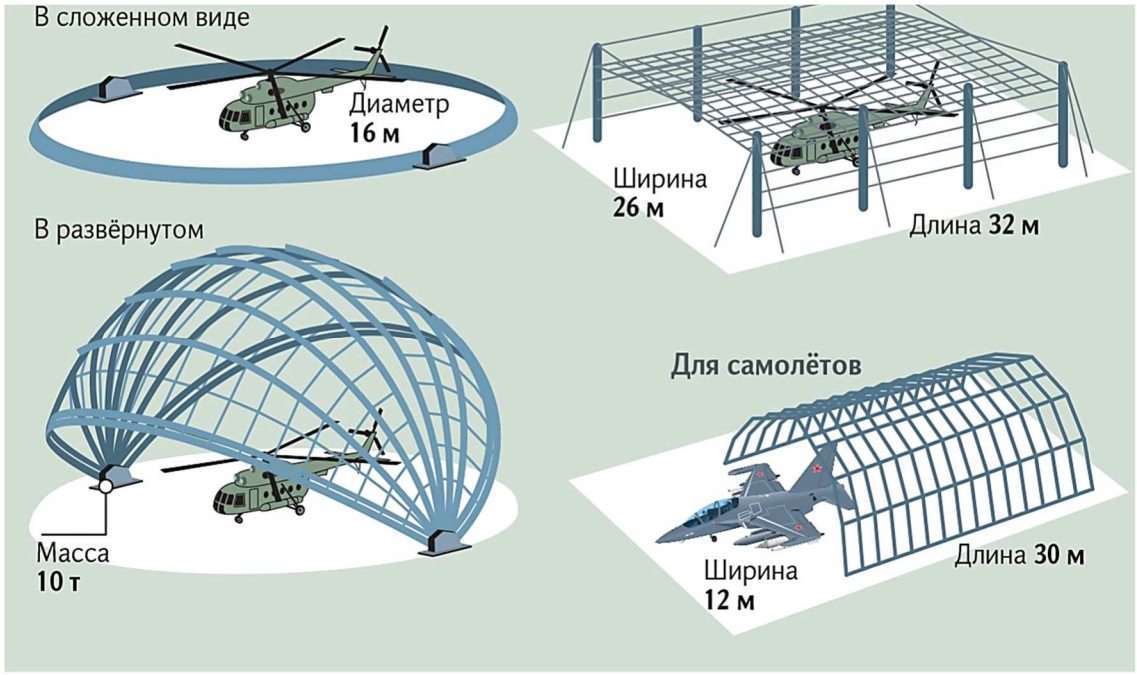


Рисунок 7 – Варианты антидроновых сеток для авиатехники

Немаловажное значение будут иметь и подготовленная система укрытий для личного состава, обеспечивающих функционирование объектов авиационной инфраструктуры.

Список литературы:

1. Военное обозрение. – 2025. – № 9. – 15 с.
2. Краткий анализ американского компонента в составе беспилотной авиации ВСУ / А.В. Мальков [и др.] // Авиация и космонавтика. – 2025. – № 6. – С. 8–12.
3. Никольский М. Вертолет как средство борьбы с БПЛА // Авиация и космонавтика. – 2025. – № 6. – С.13–16.
4. Птичкин С. Как комплекс «Репейник» справляется с дронами // Российская газета. 25.07.2023.

УДК 656

ПОДГОТОВКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НОВОГО РОДА ВОЙСК БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ В УЧЕБНЫХ ЦЕНТРАХ И НА ПОЛИГОНАХ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

♦♦♦♦♦

TRAINING OF UNITS OF THE NEW BRANCH OF UNMANNED SYSTEMS IN TRAINING CENTERS AND AT THE RANGES OF THE RUSSIAN MINISTRY OF DEFENSE

Мажирин Ю.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы подготовки подразделений по организации и ведения боевых действий войск беспилотных систем.

Ключевые слова: разведка, воздушная, наземная и морская разведка, войска беспилотных систем.

Mazhirin Yu.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the issues of training units for organizing and conducting combat operations of the unmanned systems branch.

Keywords: reconnaissance; aerial, land and marine reconnaissance, branch of unmanned aerial vehicles.

Введение

В современных войнах одним из способов ведения боевых действий становится дистанционное бесконтактное воздействия на противника за счет массированного применения высокоточных и дальнобойных средств поражения с воздуха, моря и из космоса. В последнее время широко используется дистанционно-кибернетическое умное оружие, высокоточное, по существу, и много функциональное, по сути, именно к такому оружию относятся беспилотные летательные аппараты различных видов и классов, занимающие лидирующую позицию в современной войне.

1. Войска беспилотных систем – это новый род войск в структуре российских Вооруженных сил (ВС), созданный специально для проведения боевых операций с использованием беспилотных комплексов различного профиля.

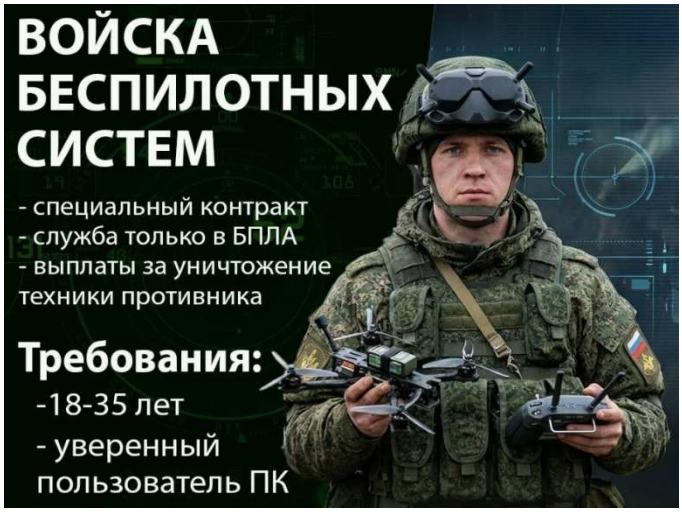


Рисунок 1

2. Задачи войск беспилотных систем

Войска беспилотных систем способны выполнять широкий спектр функций:

- Разведка. Воздушная, наземная и морская разведка с помощью дронов различных классов. Беспилотники способны проводить долгие наблюдения, передавая видеоизображение в реальном времени, обнаруживать технику и позиции противника, помогать составлять карту боевой ситуации;

● Огневое поражение. Применение дронов для уничтожения бронетехники, укреплений, систем связи, БпЛА противника, транспорта и живой силы противника;

● Транспортные задачи. Доставка боеприпасов, продовольствия, медикаментов, материального снабжения в труднодоступные районы и передовые позиции, где традиционная логистика затруднена или невозможна;

● Электронная борьба. Применение средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) для подавления систем управления противника и нарушения его коммуникаций;

Подготовка кадров. Централизованное обучение операторов дронов, командиров и ● личного состава по единым стандартам. Иштуганов сообщил, идет работа по созданию специализированного военного вуза.

3. Подготовка подразделений нового рода Войск беспилотных систем.

Для подготовки специалистов в войска Беспилотных систем разработана методика подготовки, которая включает в себя следующие этапы:

– отбор из числа кандидатов молодых, имеющих опыт работы на компьютерной техники и обладающих 3D (объемное видение воздушной обстановки). После прохождения конкурсного отбора (до 5 человек на место) формируются учебные группы по 10–15 человек и под руководством инструкторов имеющих боевой опыт на СВО, в компьютерных классах Учебных центров МО РФ по разработанным компьютерным программам на тренажерах осуществляется обучение будущих специалистов управлением имитированными БпЛА в выполнение ими боевых задач.

– имитацию поселковых строений создают на военных полигонах для тренировки бойцов беспилотных войск.



Рисунок 2

3. Обучение специалистов в управлении реальными дронами



Рисунок 3 – Технология обнаружения БпЛА противника на полигонах МО РФ



Рисунок 4 – Запуск БпЛА будущими специалистами войск беспилотных систем на полигонах ВС РФ



Рисунок 5 – Подготовка к запуску Дрона специалистами подразделений войск Беспилотных систем на полигонах ВС РФ

Помимо умения маневрировать дроном бойцу необходимо знать техническую сторону вопроса. «Мы обучаем курсантов войск беспилотных систем правильно выставлять необходимое для работы оборудование. А именно усилители, мониторы, пульты, сами дроны», – сообщил инструктор.

Для отработки полета и нанесения атаки на военных полигонах строят целые поселки. 2. заметила корреспондент ВГТРК Анна Сорокина, побывав в учебном центре беспилотных войск.



Рисунок 6 – Тактическая площадка для нанесения ударов операторами БпЛА на полигонах

«Беспилотник должен быть маневренным, он должен найти противника и сам при этом остаться незамеченным. На полигоне для этих целей строятся целые поселки, чтобы максимально приблизить тренировки к боевым условиям».

Кроме того, в тренировках военнослужащих войск беспилотных систем обучают, как оказывать первую медицинскую помощь себе и раненому товарищу.

Бойцы 65-го полка группировки войск «Север» новообразованного рода войск беспилотных систем проходят через усердные тренировки, доводя до автоматизма свои навыки. О том, чему учат на полигонах. «Здесь отрабатывают практический полет. Задача – пройти по коридору, преодолеть препятствия. При выполнении боевых задач это может пригодиться, например, если нужно, чтобы FPV-дрон провести через дверной проем или окно и поразить цель, которая находится в укрытии».

На полигоне учатся сразу несколько групп. Одни бойцы учатся управлять беспилотниками, вторые – их сбивать. Оператор БПЛА с позывным Спартак подчеркнул: тренировки нужны, чтобы набить руку, довести каждое движение до автоматизма и приблизить победу. «Сесть за пульт, так сразу не полетишь. Нужно время и очень много тренироваться. Пришел, попробовал, понравилось. Приложил усилия, занимался. Только так наработать опыт можно», – сказал военнослужащий с позывным Снеговик.

Чтобы подготовиться к боевым действиям, одной практики не хватит, нужна и теория. Командир роты разведывательно-ударных беспилотников с позывным Витязь рассказывает военнослужащим о том, как устроены дроны-камикадзе и разведчики самолетного типа, из чего состоят и что умеют.

«На данный момент бойцы изучают, начиная от радиоволны, распространения радиоволны, что такое поляризация, как происходит управление дроном, его технические возможности, возможно неисправности и способ их устранения в полевых условиях», – рассказал Витязь.

Как подчеркнул замначальника штаба с позывным Питер, у российских подразделений есть уникальный и колоссальный опыт применения беспилотников различных типов и многим странам только предстоит его перенять.

На полигоне Южного военного округа (ЮВО) военнослужащие войск беспилотных систем на практике освоили навыки управления беспилотными летательными аппаратами (БпЛА).

В ходе проведения теоретических и практических занятий в полевых условиях военнослужащим рассказали о типах и видах БпЛА, обучили управлению беспилотными системами. Особое внимание уделялось изучению способов и методов обнаружения условных объектов противника при различных погодных условиях.

При обучении военнослужащих использовались FPV-дроны и беспилотники квадрокоптерного типа. Кроме того, военнослужащие учились методам ведения разведки на местности, определению координат назначенных целей, а также выбору наиболее приоритетных из них.



Рисунок 7 – Свойства местности и их применение в военном деле при подготовке операторов БпЛА

Программа подготовки создана с учётом внедрения боевого опыта проведения специальной военной операции. Основными задачами войск беспилотных систем является осуществление поддержки мотострелковых подразделений и организация взаимодействия с пунктами управления артиллерией для корректировки действий расчётов по целям противника.

Подготовка специалистов войск беспилотных систем (БПС) ВС РФ осуществляется с учетом опыта специальной военной операции. Как рассказал ТАСС заместитель командира 71-го отдельного полка беспилотных систем Московского военного округа подполковник Павел Порохонько, дроноводы учатся поражать мишени, выполненные в виде боевой техники: танков, боевых машин пехоты (БМП) и беспилотников, поставляемых Украине.5.

В их числе макеты американских танков Abrams, БМП Bradley, дронов Bayraktar TB2 и прочих образцов. «[Bayraktar и т.д.] – это для поражения воздушных целей. На земле у нас находятся и танки, и БМП иностранного производства. Такие, как «Абрамсы», «Брэдли».

«Все есть. И плюс ко всему видеоматериал, фотоматериал. Все преподается личным составом, который непосредственно принимал активное участие в боевых действиях. То есть у нас все инструкторы, весь преподавательский состав – это люди с очень большим боевым опытом», – добавил замкомандира полка.

По его словам, изучение уязвимостей вражеской военной техники – часть подготовки будущих дроноводов. «Личный состав оттачивает здесь свое мастерство, чтобы, ну, скажем так, с первого полета техника гарантированно уничтожалась. Ну и не только техника, но и точки взлета, и стартовые позиции, и живая сила», – пояснил Порохонько.

Он отметил, что вся обстановка при обучении максимально приближена к боевой, «чтобы военнослужащий после подготовки на фронте не видел ощутимо большой разницы».

«Плюс ко всему мишенная обстановка позволяет нам проводить занятие таким образом, чтобы военнослужащий поражал именно ту технику, которая применяется там, на фронте. То есть у нас здесь техника, она затрофеевная ранее, сюда поставлена специально, чтобы люди поражали ту технику и те танки, БМП противника, которые применяются на поле боя», – подчеркнул он.

Заключение

В последние месяцы в обучении операторов БпЛА внедрен порядок, при котором готовятся уже не отдельные специалисты, а сразу расчеты. Непосредственно во время учебного процесса военнослужащие проходят слаживание, то есть отправляются в зону проведения спецоперации полностью готовыми к боевой работе.

Подготовка специалистов войск беспилотных систем (БПС) ВС РФ осуществляется с учетом опыта специальной военной операции.

Список литературы:

1. В эфире «России 1» инструктор учебного центра Южного военного округа с позывным Воробей рассказал о подготовке служащих беспилотных войск.
2. Корреспондент ВГТРК Анна Сорокина, побывав в учебном центре беспилотных войск.
3. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов (квадракоптеров) сотрудниками спецподразделений в условиях проведения контртеррористической операции / Д.С. Зинченко [и др.] // Современный ученый. – 2023. – № 1. – С. 301–308.
4. Методические рекомендации командирам по обучению личного состава и подразделений для подготовки к ведению боевых действий // Главное управление боевой подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации. – М., 2022. Методические рекомендации по истреблению бронетехники стран НАТО. Группа «Шторм-Z». г. Ростов-на-Дону, Москва, 24 января /ТАСС/ Интервью подполковника Павла Пронько.
5. Чернышев Ю.В. Выполнение разведывательно-огневых задач с беспилотным летательным аппаратом типа квадракоптер (по опыту СВО) / Ю.В. Чернышев, Х.А. Ишанов, А.А. Карпович // Михайловская военная артиллерийская академия. – СПб., 2022.
6. Вафин Д.Х. К вопросу перспектив развития и применения беспилотных авиационных систем с беспилотными летательными аппаратами / Д.Х. Вафин, А.Р. Абсалямов, В.В. Михайлов // Инновационные научные исследования в современном мире: Сборник трудов по материалам XVII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 04 марта 2024 года. – Уфа : Научно-издательский центр «Вестник науки», 2024. – С. 75–81.

УДК 623.626

МОДЕЛИРОВАНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАННЫХ CBOC-СИГНАЛОВ В ЛОКАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

♦♦♦♦♦

MODELING OF MULTIPLEXED CBOC SIGNALS IN LOCAL NAVIGATION SYSTEMS

Радько В.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
vllala@yandex.ru

Шураев Р.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
shuraev@yandex.ru

Казарян П.Я.
Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации
kazaryan@yandex.ru

Аннотация. В статье авторами исследуется моделирование мультиплексированного навигационного CBOC-сигнала с уменьшенным уровнем внеполосного излучения для обеспечения электромагнитной совместимости псевдоспутников с другими радиоэлектронными средствами, которые работают в общем диапазоне частот, в программной среде Matlab/Simulink. Получены характеристики сигнала и параметр фильтра, удовлетворяющие требованиям по электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы; локальные навигационные системы; навигационные сигналы с меандровой модуляцией; спектральные характеристики сигналов; электромагнитная совместимость.

Radko V.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
vllala@yandex.ru

Shuraev R.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
shuraev@yandex.ru

Kazaryan P.Ya.
Rostov branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation
kazaryan@yandex.ru

Abstract. In the article, the authors study the modeling of the multi-ilexation-vitation CBOC-signal with a reduced level of out-of-band radiation to provide electromagnetic. Electronic means that operate in the general frequency range, in the Matlab-Simulink software environment. The characteristics of the filters parameter signal that meet the requirements for electromagnetic compatibility have been obrained.

Keywords: global navigation satellite systems, local navigation systems, navigation signals with meandering modulation, spectral characteristics, electromagnetic compatibility.

Введение. Развитие глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), которое обеспечивает улучшенные характеристики точности и помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителей (НАП), достигается усовершенствованием существующей аппаратуры или созданием функциональных дополнений. Одним из перспективных функциональных дополнений являются локальные навигационные системы (ЛНС), состоящие из псевдоспутников, которые излучают сигналы, схожие по структуре с сигналами навигационных аппаратов. В настоящее время разработки различных ЛНС ведутся во многих странах мира: США, России, Австралии и др.

На сегодняшний день все чаще внедряются новые виды навигационных сигналов, которые излучаются космическими аппаратами. Одним из таких сигналов, являются мультиплексированные CBOC-сигналы (от англ. Composite binary offset carrier modulated signals), характеризующиеся более узким пиком автокорреляционной функции, которая обеспечивает высокую точность определения местоположения НАП. Необходимо учитывать, что высокий уровень внеполосного излучения (ВПИ) может повлиять на качество работы других радиоэлектронных средств (РЭС), работающих в общем диапазоне частот. Поэтому при разработке ЛНС на основе псевдоспутников, излучающих CBOC-сигналы, необходимо учитывать требования по электромагнитной совместимости (ЭМС) с другими РЭС, работающими в диапазоне 1–2 ГГц (L-диапазоне).

Цель работы – моделирование мультиплексированных CBOC-сигналов с уменьшенным уровнем внеполосного излучения, удовлетворяющих требованиям ЭМС

с другими РЭС при использовании фильтра с импульсной характеристикой «приподнятый косинус».

Анализ амплитудно-частотных спектров *CBOC*-сигналов. При CBOC-сигналах составные меандровые поднесущие колебания (МПК) формируются суммированием или вычитанием по амплитуде двух различных традиционных МПК (например, образованные на основе сигналов BOC(6,1) и BOC(1,1)) [1]. Они получают путем модуляции элементарного символа ПСП одним МПК, при этом частоты ПСП и МПК кратны заданной базовой частоте (f_b): $f_n = nf_b$, где f_n – частота ПСП, n – коэффициент кратности частоты ПСП; $f_m = mf_b$, где f_m – частота МПК, m – коэффициент кратности частоты МПК. В соответствии с представленными коэффициентами кратности мультиплексированные сигналы имеют условное обозначение CBOC(m,n,s), где s – доля спектральной плотности мощности, обусловленные модуляцией BOC-сигнала. В дальнейшем в работе будут рассматриваться сигналы CBOC(6,1,1/11), которые на данный момент широко используются в ГНСС.

В целом навигационный CBOC-сигнал описывается следующим выражением [1]:

$$S_{CBOC} = a_1 S_{BOC_2} + a_2 S_{BOC_2} \quad (1)$$

где a_1 и a_2 – долевые коэффициенты, которые определяют составные части энергетического спектра, обусловленные МПК S_{BOC_2} и S_{BOC_2}, в результирующем спектре CBOC-сигнала.

В свою очередь $S_{BOC_{1(2)}}$ описывается следующим выражением:

$$S_{BOC_{1(2)}} = A_{1(2)} G_{ДК1(2)}(t) G_{НС1(2)}(t) M_{1(2)}(t) \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0), \quad (2)$$

где $A_{1(2)}$ – амплитуда сигнала, $G_{ДК1(2)}$ – дальномерный код навигационного сигнала, $G_{НС1(2)}$ – навигационное сообщение, $M_{1(2)}(t)$ – МПК сигнала, f_0 – несущая частота, φ_0 – начальная фаза.

Сигнал имеет сложную структуру во временной области (рисунок 1). Основной импульс навигационного сигнала модулируется дополнительной последовательностью.

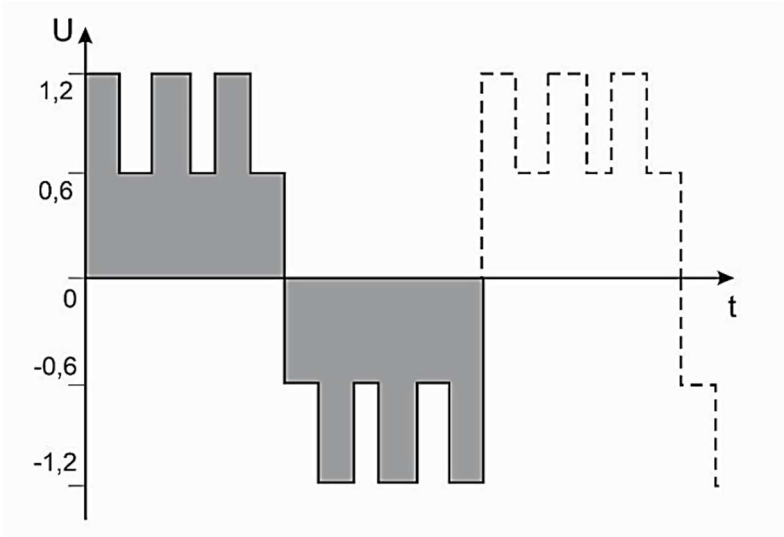


Рисунок 1 – Импульсы мультиплексированного CBOC-сигнала

Требования к ЭМС навигационных сигналов определяются ГОСТ, регламентирующим уровень ВПИ для РЭС [2]. При этом, под внеполосным излучением понимаются полосы частот, ширина которых равна ширине основной полосы (B_H), непосредственно примыкающие к ее верхней и нижней границе. Ограничительная линия спек-

тра, определяющая допустимый уровень ВПИ, строится в соответствии с таблицей 1 [2].

Таблица 1 – Координаты характерных точек ограничительной линии спектра

Номер точки / Параметр	1	2	3	4
Расстройка по частоте, МГц	$\Delta f_{S_1} = \pm 0{,}5 B_H$	$\Delta f_{S_2} = \pm 2{,}6 B_H$	$\Delta f_{S_3} = \pm 4{,}6 B_H$	$\Delta f_{S_4} = \pm 8{,}2 B_H$
Уровень спектральной плотности мощности, дБ	$S_1 = 0$	$S_2 = -40$	$S_3 = -50$	$S_4 = -60$

Решение задачи снижения уровня ВПИ может быть достигнуто путем разработки способа фильтрации навигационных сигналов [3, 4]. При этом необходимо выбрать такой фильтр, который вносил бы минимальные искажения в структуру навигационного сигнала, одновременно обеспечивая эффективное решение задачи ЭМС. Как показывает анализ известных публикаций, технически достаточно сложно получить требуемую форму спектра в формирователе на радиочастоте L-диапазона [5]. Поэтому в современных системах подвижной радиосвязи фильтрация сигнала осуществляется в области низких частот. Для изменения вида амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) и минимизации межсимвольной интерференции используются ФПК. Выбор данных фильтров обусловлен обеспечением требований по ЭМС [6], а их импульсная характеристика для CBOC – сигналов описываются выражениями:

$$h_{BOC}(t) = \frac{\cos(\pi\alpha 2(n+m+k)t/\tau_{\text{оп}})}{1-4\alpha^2(2(n+m+k)t/\tau_{\text{оп}})^2} \cdot \frac{\sin(2(n+m+k)t/\tau_{\text{оп}})}{(2(n+m+k)t/\tau_{\text{оп}})}. \quad (3)$$

где $\tau_{\text{оп}}$ – длительность символа опорного сигнала, α – коэффициент скругления формы АЧХ, изменяющийся в диапазоне $0 \le \alpha \le 1$.

Физический смысл коэффициента скругления заключается в том, что при $\alpha = 0$ ФПК превращается в идеальный фильтр с прямоугольной АЧХ; при $\alpha = 1$ АЧХ ФПК перестает содержать плоский участок в полосе пропускания. Примеры трансформации спектра меандровых сигналов при различных значениях α приведены в работе [7]. С точки зрения формирования меандровых сигналов с требуемой формой спектра необходимо учитывать, что с возрастанием α уровень внеполосного излучения также возрастает. С другой стороны, при возрастании α уменьшается степень искажения его спектральных, а значит и временных характеристик, что уменьшает потери при корреляционной обработке в приемниках навигационной аппаратуры потребителей. Таким образом, необходимо найти такое оптимальное значение коэффициента скругления α_0, при котором спектральная плотность мощности сигнала на выходе фильтра в области ВПИ приближается снизу к ограничительной линии спектра, но не превышает ее:

$$\alpha_0 = \max(\alpha) \text{ при условии } S_M(f,\alpha) \le L_{\text{огр}}(f) \text{ в диапазоне } |f - f_0| > \frac{\Delta f_M}{2}. \quad (4)$$

В программной среде *Matlab*/*Simulink* была разработана модель формирования навигационного сигнала CBOC(6,1,1/11) с построением ограничительных линий на АЧС сигнала (рисунок 2), которая состоит из формирователя меандрового сигнала BOC(6,1) (ФМС1), формирователя меандрового сигнала BOC(1,1) (ФМС2), блока формирования ПСП, блок фазовой модуляции (ФМ) и блока ФПК, который при необходимости отключается, для формирования существующих навигационных сигналов, также схема содержит спектроанализатор (СА).

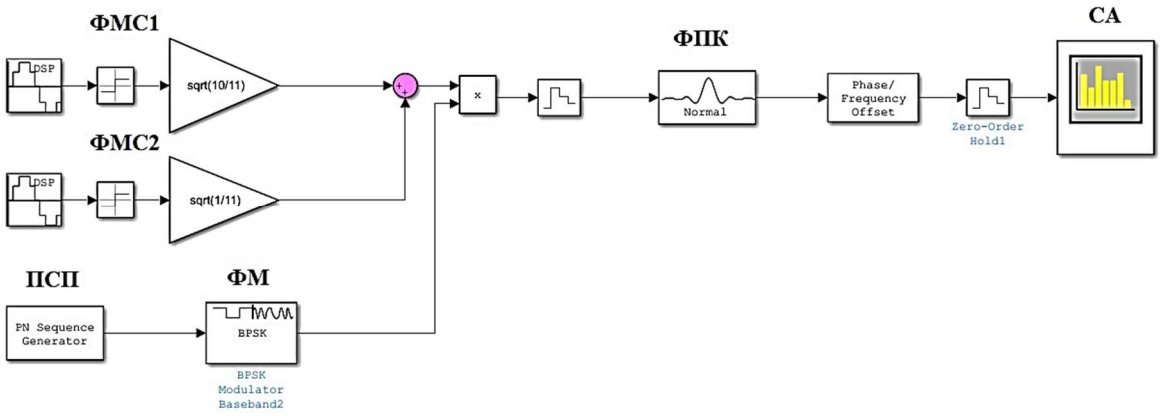


Рисунок 2 – Схема формирования CBOC-сигналов с уменьшенным уровнем ВПИ в программной среде *Matlab*/*Simulink*

С помощью разработанной модели получены АЧС навигационных сигналов с ограничительной линией спектра, где по оси ординат откладывается уровень спектральной плотности мощности S радиосигнала относительно максимального значения амплитудно-частотного спектра (АЧС), а по оси абсцисс – расстройка по частоте (Δf_S), относительно ширины основной полосы (B_H) (рисунок 3 и 4).

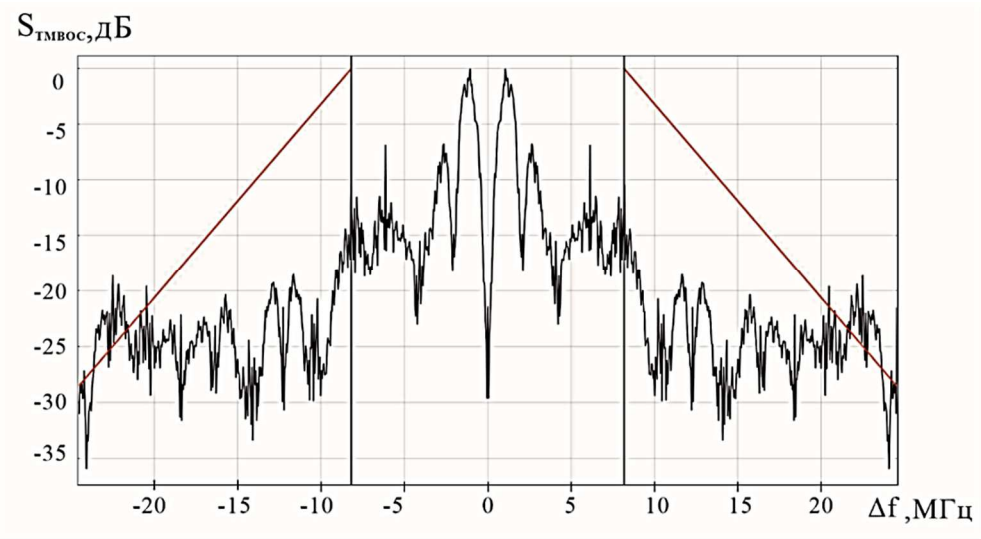


Рисунок 3 – АЧС сигнала CBOC (6,1,1/11) без фильтрации

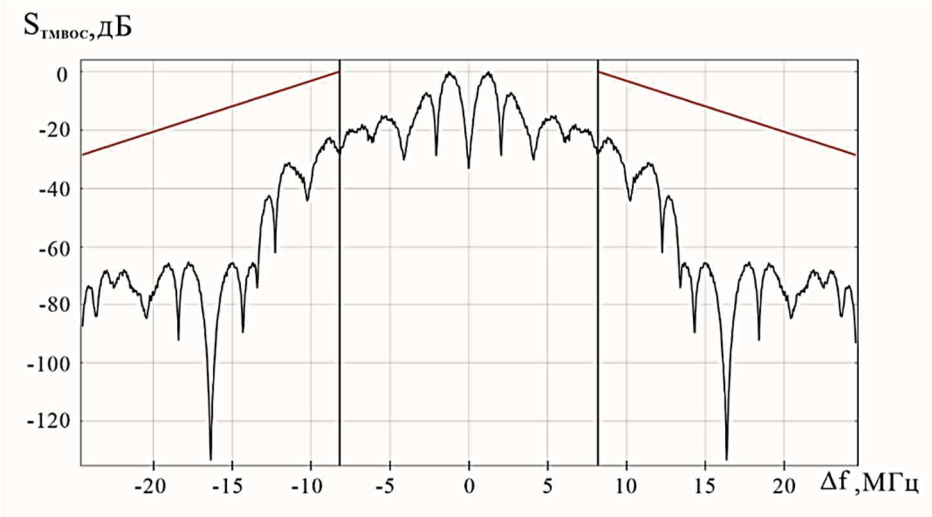


Рисунок 4 – АЧС сигнала CBOC (6,1,1/11) с фильтрацией

Из рисунка 4 видно, что уровень ВПИ сигнала пересекает ограничительную линию спектра, а следовательно, формируемые навигационные сигналы не соответствуют требованиям [2] по ЭМС с другими РЭС.

В качестве количественной меры уровня внеполосного излучения применяются такие параметры, как: максимальный уровень боковых лепестков, находящихся за пределами основной полосы сигнала, и относительная мощность в соседнем канале ACPR (adjacent channel power ratio) [8].

Максимальный уровень боковых лепестков мультиплексированного сигнала с фильтрацией составляет –21 дБ.

Параметр ACPR определяется десятичным логарифмом отношения величины мощности сигнала в полосе частот соседнего канала $P_{\text{СК}}$ (в данном контексте под ним понимается каждый из двух каналов ВПИ), к величине мощности в основном канале $P_{\text{ОК}}$, в соответствии с выражением:

$$ACPR = 10\,lg\frac{P_{\text{СК}}}{P_{\text{ОК}}} \quad (4)$$

Значения ACPR, полученные с использованием метода математического моделирования в среде *Matlab/Simulink*, для сигналов ЛНС *CBOC*(6,1,1/11) составило – 13,88 дБ.

Выводы. Таким образом, сформированные в ФПК с адаптивно изменяемой импульсной характеристикой мультиплексированный сигналы, удовлетворяет требованиям по ЭМС [2] при минимальных искажениях, вносимых в навигационный сигнал. Это позволяет использовать разработанную модель для изучения спектральных характеристик мультиплексированных сигналов в приемопередающей аппаратуре ЛНС, надежно решая задачи навигации при отсутствии сигнала ГНСС без создания помех работе других РЭС в L-диапазоне. Однако все же необходимо учитывать, что фильтрация даже с оптимальным коэффициентом скругления вносит искажения, влияющие на помехоустойчивость и точность навигационных определений. Поэтому последующие исследования будут направлены на оценку помехоустойчивости и точности работы аппаратуры потребителей при приеме мультиплексированных *CBOC*-сигналов ЛНС с уменьшенным уровнем ВПИ.

Список литературы:

1. Ярлыков М.С. Меандровые шумоподобные сигналы (BOC-сигналы) и их разновидности в спутниковых радионавигационных системах : монография. – М. : Радиотехника, 2017. – 416 с.
2. ГОСТ Р 50016–92. Государственный стандарт Российской Федерации. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к ширине полосы радиочастот и внеполосным излучениям радиопередатчиков. Методы измерений и контроля. Издание официальное. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1996.
3. Способ формирования навигационных сигналов с пониженным уровнем внеполосного излучения / В.С. Радько [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2024. – № 2. – С. 26–34.
4. Свидетельство о государственной регистрации патента № 2839278 Способ формирования манипулированного сигнала приемопередающего устройства с автоматической регулировкой параметров спектра. Зарегистрировано 29.04.2025 г.
5. Маковеева М.М. Системы связи с подвижными объектами / М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков – М. : Радио и связь, 2002. – 440 с.
6. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник. – Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М. : Радиотехника, 2007. – 512 с.
7. Выбор полосы пропускания формирующего фильтра «приподнятый косинус» для навигационных меандровых сигналов / В.В. Неровный [и др.] // Радиотехника. – 2023. – № 7. – С. 42–49.
8. Особенности расчета и проектирования высокоскоростных радиолиний космических аппаратов ДЗЗ / А.Н. Ершов [и др.] // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2018 – Т. 5. – Вып. 1. – С. 52–57.

УДК 629.7

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА УЗЛОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

♦♦♦♦♦

THE USE OF DIGITAL TWINS TO PREDICT THE RESIDUAL LIFE OF AIRCRAFT ENGINE COMPONENTS

Кулабухов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Мазука Я.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Трубачев И.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Петренко В.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается концепция цифрового двойника газотурбинного двигателя (ГТД) и обосновывается его внедрение в практику эксплуатации для контроля состояния и расчета остаточного ресурса. Описана структура цифрового двойника, включающая физический объект с системы датчиков и виртуальную модель, объединяющую детерминированные модели, модели деградации и модели машинного обучения. Представлен четырехэтапный метод прогнозирования остаточного ресурса с подробным пояснением каждого этапа. Сформулированы основные требования к технологии цифрового двойника: наличие обширной базы данных об отказах, высокое качество и полнота телеметрии, обеспечение кибербезопасности. Отмечено, что внедрение технологии повышает безопасность полетов, сокращает объем бумажной работы технического состава и дает экономический эффект за счёт продления ресурса двигателя.

Ключевые слова: цифровой двойник, газотурбинный двигатель, остаточный ресурс, прогнозирование деградации, эксплуатационный контроль.

Kulabuchov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Masuka J.D.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Trubachev I.V.
PhD in Pedagogic Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Petrenko V.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the concept of a digital twin of a gas turbine engine (GTE) and justifies its implementation in operational practice to monitor the state and calculate the residual resource. A digital twin structure including a physical object with a sensor system and a virtual model combining deterministic models, degradation models and machine learning models is described. A four-stage method for predicting the residual resource is presented with a detailed explanation of each stage. The basic requirements for digital twin technology are formulated: the presents of an extensive database of failures, high quality and completeness of telemetry, and cyber security. It is noted that the introduction of technology increases flight safety, reduces the amount of paper work of the technical staff and gives an economic effect by extending the life of the engines.

Keywords: digital twin, turbine engine, residual service life, degradation prediction, operational control, mathematical modeling, neural network technologies.

Введение

Увеличение требований к эксплуатационным характеристикам ГТД и ужесточение ограничений обуславливают усложнение их конструктивных решений и режимов эксплуатации. В этих условиях ключевой задачей становится обеспечение достоверного контроля технического состояния ГТД в процессе эксплуатации и корректное высчитывание остаточного ресурса. Традиционные методы, основанные на статистической наработке и регламентных проверках, не позволяют учитывать индивидуальные особенности загрузки и износа каждого двигателя. Современный прогресс в области

математического моделирования приводит к введению в практику эксплуатации технологии «цифровой двойник» ГТД (рисунок 1, 2). Именно введение цифрового двойника в повседневную эксплуатацию обеспечивает возможность контроля состояния и вычисления остаточного ресурса для каждого конкретного ГТД в реальном времени.

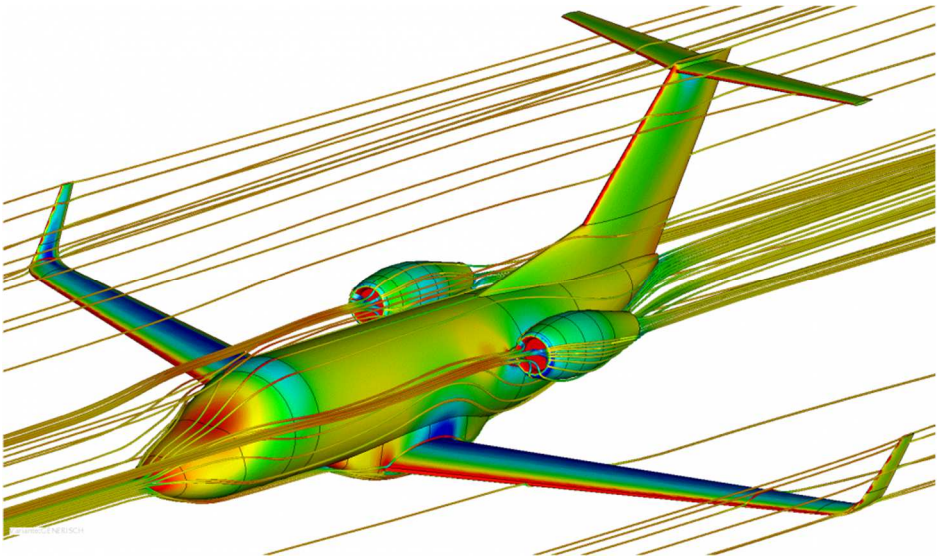


Рисунок 1 – Цифровой двойник воздушного судна

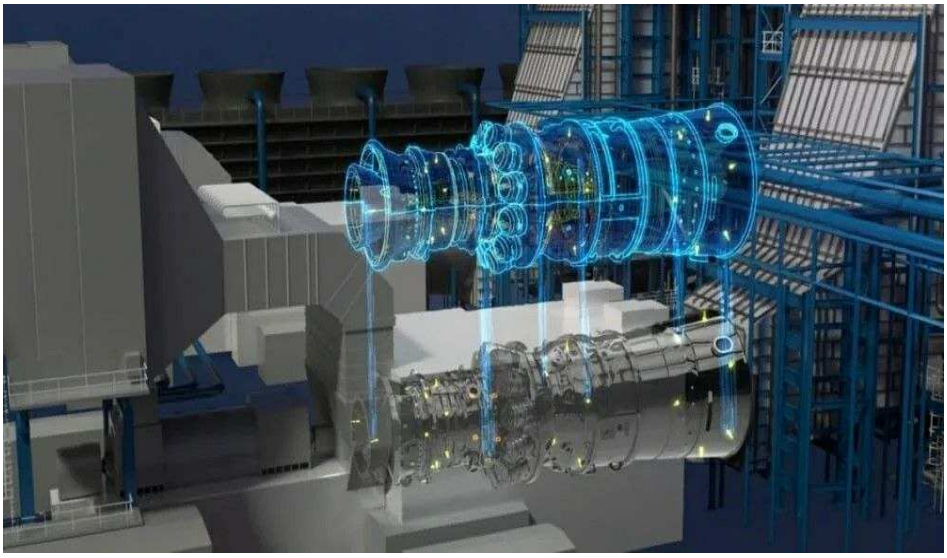


Рисунок 2 – Цифровой двойник силовой установки

Задачи

Главная задача математического моделирования при создании ГТД – точно определить облик изделия и предсказать его поведение в эксплуатации. В настоящее время эти методы применяются для 3D-печати, литья и сборки. Главная задача автоматизации – передача рутинных задач компьютерным программам или роботам для экономии времени и повышения точности. Для решения этих задач в авиационном двигателестроении созданы специализированные технологии: программные комплексы, системы сбора и обработки данных, роботизированные средства проектирования и контроля. Интеграция всех цифровых технологий в единое пространство – цель, достижение которой осложняется сложностью конструкции и режимов эксплуатации ГТД. В качестве перспективного подхода рассматривается внедрение технологии цифровых двойников [1].

Цель

Цель статьи – описание концепции цифрового двойника ГТД и обоснование его внедрения в практику эксплуатации для непрерывного контроля состояния и расчёта остаточного ресурса.

Структура

Цифровой двойник авиационного двигателя, предназначенный для прогнозирования остаточного ресурса, представляет собой многоуровневую систему, которая связана реальный двигатель с его виртуальной копией. В основе лежат два элемента (рисунок 3). Первый – физический объект, то есть сам реальный газотурбинный двигатель, оснащенный датчиками температуры, давления, вибрации, частоты вращения и других параметров. От количества, качества и точности этих датчиков напрямую зависит достоверность информации о состоянии двигателя. Второй – виртуальная модель, представляющая собой комплекс взаимосвязанных компонентов. В этот комплекс входят детерминированные физико-математические модели, описывающие термомеханическое поведение узлов двигателя; модели деградации и повреждений, учитывающие усталость, ползучесть, эрозию, коррозию и окисление; а также модели, основанные на данных, например алгоритмы машинного обучения или глубокие нейронные сети, которые обучаются на исторических данных по отказам и телеметрии. Данные с датчиков реального двигателя поступают в виртуальную модель, где используются для ее калибровки, то есть для подгонки параметров модели под реальное состояние двигателя [2]. Например, если датчики показывают температуру выше расчетной, модель корректирует свои коэффициенты. После калибровки виртуальная модель выдает прогноз остаточного ресурса, который передается в систему принятия решений. Под системой принятия решений понимается программное обеспечение, в состав которого входят модули для расчета остаточного ресурса и модули для формирования рекомендаций по техническому обслуживанию. Таким образом, цифровой двойник работает в режиме мониторинга: собирает данные с двигателя, уточняет по ним модель и выдает прогноз, но непосредственно на работу двигателя не влияет [3].



Рисунок 3 – Структура модели цифрового двойника авиационного двигателя

Метод прогнозирования остаточного ресурса

Прогноз остаточного ресурса для критических узлов газотурбинного двигателя выполняется в несколько последовательных этапов. Первый этап – индивидуализация. На этом этапе виртуальная модель калибруется под конкретный экземпляр двигателя. Для калибровки используется три группы данных: заводские данные конкретного двигателя, данные об эксплуатационных режимов и текущая телеметрия с датчиков. Смысл данного этапа заключается в учитывании производственного разброса и индивидуальной истории нагружения. Без такой калибровки любые дальнейшие расчеты будут неточными. Второй этап – оценка текущего состояния. На основе уже откалиброванной виртуальной модели и актуальных данных телеметрии программное обеспечение оценивает текущий уровень поврежденности узлов. Например, для лопатки турбины пер-

вой ступени это может быть оценка величины микротрещин, возникших из-за усталости металла, или оценка деформации, вызванных ползучестью. Третий этап – прогноз деградации. Здесь моделируется то, как будут развиваться повреждения в будущем. Для этого создаются сценарии дальнейшей эксплуатации двигателя: например, плановые маршруты или типовые рабочие циклы. На основе этих сценариев модели, основанные на данных прогнозируют, как будут расти трещины, увеличиваться деформации или развиваться другие виды повреждений. Результатом этого этапа становится прогноз того, когда повреждение достигнет критического уровня. Четвертый этап – расчет остаточного ресурса. На этом этапе определяется сколько еще двигатель может проработать безопасно. Остаточный ресурс вычисляется как интервал наработки до того момента, когда хотя бы один из параметров поврежденности достигнет своего предельно допустимого значения [4]. Предельные значения задаются критериями отказов – теми границами, за которыми узел уже не может считаться безопасным для дальнейшей эксплуатации.

Требования, предъявляемые к технологии «Цифровой двойник»

Внедрение цифрового двойника ля прогнозирования остаточного ресурса гтд сопряжено с выполнением ряда требований. Эти требования можно разделить на три основные группы: Работа с данными, точность и измерений и информационная безопасность. Первая группа требований – наличие обширной базы данных. Чтобы виртуальная модель могла делать точные прогнозы, ее необходимо обучать на большом объеме достоверной информации. Особую ценность представляют данные об испытаниях, в ходе которых детали доводились до полного разрушения. Анализ таких условий позволяет понять, при каких именно нагрузках, температурах и наработках происходит отказ. Чем больше подобных данных заложено в модель, тем точнее она сможет предсказать момент, когда у реального двигателя возникнет критическое повреждение. Без качественной базы данных цифровой двойник будет выдавать прогнозы с неприемлемо высокой погрешностью. Вторая группа требований – качество и полнота собираемых данных. Здесь ключевую роль играют датчики, установленные на газотурбинном двигателе. Чем совершеннее датчики, тем больше параметров они могут измерять с высокой точностью: температуру в разных точках, давление, вибрацию, частоту вращения и т.д. Кроме того, важна полнота покрытия – датчики должны быть расположены так, чтобы фиксировать состояние всех критических узлов. Если какой-то важный параметр не измеряется или измеряется с большой ошибкой, модель получит неполную информацию, и прогноз остаточного ресурса окажется недостоверным. Таким образом, технологическое совершенство датчиков напрямую определяет точность прогнозов. Третья группа требований – кибербезопасность. Цифровой двойник оперирует критически важными данными: параметры реального двигателя, математические модели, результаты прогнозов, рекомендации по обслуживанию. Несанкционированный доступ к этой информации может привести к серьезным последствиям. Возможная подмена (хакерская атака) данных с датчиков, которая может привести к сбою прогнозу и, как следствие, к аварии [4]. Поэтому система цифрового двойника должна включать средства защиты от несанкционированного доступа, шифрования данных при передаче и хранении, а также механизм разграничения прав доступа для разных категорий пользователей.

Заключение

Внедрение цифрового двойника в практику эксплуатации ГТД даёт несколько ключевых преимуществ. Повышение безопасности полетов: прогнозирование ресурса позволяет выявить критическое состояние узлов до отказа в полёте. Сокращается объём бумажной работы технического состава: вместо ручного расчёта и регламентных форм инженеры получают готовый цифровой прогноз. К тому же достигается экономический эффект за счёт продления ресурса двигателей и снижения затрат на внеплановые ремонты. Внедрение системы прогнозирования на основе позволяет: сократить затраты на техническое обслуживание на 15–25 % за счет оптимизации интервалов и отказа от преждевременных замен; снизить время подготовки воздушного судна к полету; снизить риски внезапных отказов, повышая безопасность; оптимизировать логистику и запасы компонентов двигателя. Именно поэтому целесообразно использовать цифровой двойник в системах мониторинга авиационных ГТД для критических узлов, влияющих на безопасность полётов.

Список литературы:

1. Виноградов К.А. Опыт АО «ОДК» по внедрению технологий цифрового двойника при создании газотурбинных двигателей. – URL : https://journals.rcsi.science/2542-0453/article/view/311430 (дата обращения 14.03.2026).
2. Сальников А.В. Цифровые двойники – платформа для управления жизненным циклом авиационных двигателей. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovye-dvoyniki-platforma-dlya-upravleniya-zhiznennym-tsiklom-aviatsionnyh-dvigateley (дата обращения 14.03.2026).
3. Коваль С.Н. Использование технологии цифрового двойника при разработке газотурбинных двигателей. – URL : https://vestnikmai.ru/publications.php?ID=160831 (дата обращения 07.03.2026).
4. Куликов Г.Г. Трансформация автоматизированной информационно-управляющей системы в цифровые двойники ГТД. – URL : https://trudymai.ru/published.php?ID = 177673 (дата обращения 28.02.2026).

УДК 656

НОЧНЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ИСТРЕБИТЕЛИ ВВС КРАСНОЙ АРМИИ

♦♦♦♦♦

NIGHT RADAR FIGHTERS OF THE RED ARMY AIR FORCE

Окунев В.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Скляров В.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о первом боевом применении бортовых радиолокаторов на советских самолетах в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: самолет, радиолокатор, Бостон, испытатель, бортовая РЛС, аэродром, боевой, «Гнейс-2», истребитель, бомбардировщик, экипаж, перехват, ночной, воздушный бой.

Okunev V.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Skluarov V.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describes the first combat use of airborne radars on Soviet aircraft during the Great Patriotic War.

Keywords: airplane, radar, Boston, tester, airborne radar, airfield, combat, «Gneiss-2», fighter, bomber, crew, interception, night, air combat.

Ночные бомбардировщики объектов в начале Второй мировой войны, показали неспособность систем ПВО отражать эти налеты. Основная причина заключилась в том, что службы воздушного наблюдения не могли обеспечить своевременное обнаружение вражеских бомбардировщиков, наведение на них истребителей и корректировку огня зенитных батарей. Оптические приборы, прожектора, звукоулавливатели давали неудовлетворительные результаты.

Ночные истребители вели поиск визуально, а также использовали лунное освещение. К этому времени из радиолокационных систем на вооружении Красной Армии имелись станции-радио улавливатели РУС-1 «Ревень» и РУС-2 «Редут». Эта аппаратура прошла испытания в системе ПВО города Ленинграда во время войны с Финляндией.

Именно станция «Редут», разработанная в Ленинградском НИИ радиопромышленности, стала прототипом первой советской самолетной РЛС. В начале 1941 года была разработана новая станция «Гнейс-1», которая тоже имела ряд недостатков. Это большая «мертвая зона» из-за отраженных сигналов от самолета и земли.

В 1942 году НИИ радиопромышленности эвакуировали в Свердловск, где работа по созданию самолетной РЛС была продолжена.

В феврале 1943 года новая станция «Гнейс-2» прошла войсковые испытания под Ленинградом в 24-м ШАП 2-го гвардейского корпуса ПВО.

Ее установили на самолеты Пе-2, а с земли экипажи наводились на немецкие бомбардировщики РЛС дальнего обнаружения «Редут». Командир корпуса Герой Советского Союза генерал-майор Авиации Е.Е.Ерлыкин будучи председателем комиссии по проведению испытаний, лично участвовал в полетах.

16 июня 1943 г. постанов лением ГКО станцию «Гнейс-2» приняли на вооружение. НИИ радиопромышленности поручили изготовить большую партию РЛС, для чего институт со всем заделом аппаратуры возвратили из эвакуации. Вскоре на базе НИИ ВВС бригада специалистов под руководством инженера В.В.Тихомирова начала сборку и настройку станций.

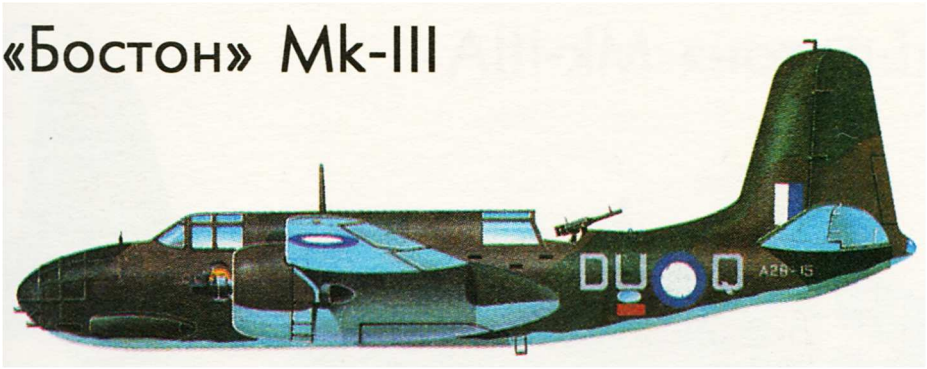


Рисунок 1

Из всех типов самолетов, которыми располагали ВВС Крас ной Армии, наиболее подходящим на роль ночного истребителя оказался А-20 «Бостон» фирмы «Дуглас», поставляемых из Англии (двойной ленд-лиз) и США (обычный ленд-лиз). Ско ростная и маневренная машина имела современное пилотажно навигационное оборудование, дававшее возможность выпол нять «слепые» полеты, а просторная кабина позволяла размес тить блоки РЛС и оборудовать рабочие места оператора и штурмана. Для оценки возможностей станции, удобства работы с ней и отработки взаимодействия с наземными РЛС с 27 января по 20 июня 1943 г. были проведены испытания самолета «Бостон» III, оснащенного «Гнейс-2» и радиолокационным ответ чиком ИФФ (IFF – Identify Friend or Foe, ответчик «свой-чужой»).

Ведущий летчик НИИ ВВС майор Сахаров выполнил 51 полет, по результатам которых были выработаны рекомендации и определены основные тактические приемы перехвата. Успех атаки во многом зависел от слетанности и тренированности экипажа. Штурман по командам с земли должен был вывести самолет в район поиска цели, где она могла оказаться в пре делах досягаемости бортовой РЛС. После обнаружения против ника оператор давал указания летчику, обеспечивая сближение с целью для открытия огня. Опытность оператора и его навыки в работе с РЛС имели при этом особое значение, т.к. в процессе наведения станция требовала непрерывной регулировки.

Наиболее удачными оказались атаки из задней полусферы, при которых успешные перехваты достигали 80 %. На встречных курсах результативность была значительно ниже. Большая скорость сближения самолетов и малая дальность действия «Гнейс-2» оставляли пилоту мало времени на маневр доприцеливания. В случае промаха и повторного захода «Бостон» из-за большого радиуса разворота терял цель и, как говорилось в отчете, «повторное обнаружение могло быть толь ко случайным». Поэтому важнейшим условием успеха ночного перехвата оказалось мастерство наземного офицера наведе ния, руководившего действиями экипажа в ходе сближения с целью.

В июле 1943 г. по личному указанию И.В.Сталина началось формирование дивизии ночных истребителей. К этому времени подоспели поставки «Бостонов» модификации A-20G-1, как нельзя лучше подходивших для переделки. По скорости они не уступали «пешке», а в носовой части фюзеляжа несли мощное вооружение из четырех 20-мм пушек и двух 12,7-мм пулеметов. Самолеты доставлялись в Советский Союз южным путем: по морю до иранского порта Абадан, а оттуда по воздуху перегоня лись на аэродромы под Кировобадом.

Переоборудование машин и установку аппаратуры производившемся на ремонте и переделке иностранных самолетов. Собственно, «доработка» начиналась на первом же советском аэродроме – с «Бостонов» перво-наперво снимались противообледенительные бачки со спиртом, которые летчики успели оценить и уважительно прозвать «галлонами». В Монино в отсеке за кабиной летчика ставили блоки РЛС, в задней кабине размещали индикатор РЛС с пультом управления, а в хвостовой части оборудовали рабочее место штурмана. В бомбоотсеке устанавливались держатели для дополнительного топливного бака вместимостью 1036 л. Оборонительное вооружение, со стоявшее из двух пулеметов в задней кабине (обычно в СССР его усиливали), не менялось – для ночного истребителя этого было достаточно. После монтажа и настройки станцию «Гнейс-2» опробывали в воздухе сами разработчики.

Одновременно велось обучение экипажей, которым руково дил начальник штаба ИА ПВО генерал С.А. Пестов, Программу летной подготовки он утвердил только после того, как лично проверил ее в воздухе.

В состав соединения, подчиненного АДД и получившего наименование 56-я авиационная дивизия истребителей дальне го действия, вошли два авиационных полка особого назначения (АПОН). До этого они воевали на бомбардировщиках и имели личный состав, подходящий для комплектования экипажей ноч ных истребителей: летчиков, штурманов и радистов. 45-й полк майора Кузнецова, входивший ранее в 17-ю ВА, имел опыт работы на «Бостонах», а 173-й полк майора И.Ф.Преснякова, переданный из состава ВВС Московского округа, прежде летал на СБ и Ил-4, по ночам доставляя грузы партизанам. Эти части были порядком потрепаны в боях (в 45-м СБАП оставалось всего 10 летных экипажей). Их пополнили летчиками ГВФ, а также асами Полярной Авиации, имевшими солидный налет ночью и в сложных метеоусловиях. Известным до войны полярным летчи ком был и назначенный в декабре командиром дивизии подпол ковник Кузнецов, Весь личный состав, допускавшийся к «технике особой секретности», прошел строгий отбор по линии НКВД.

Формирование полков, комплектовавшихся по особому штату (32 боевых самолета, 39 экипажей), и переучивание личного состава происходило в Ряжске под Рязанью. Многие летчики поначалу с недоверием относились к шасси с носовой стойкой. Пришлось начинать осваивать А-20 с вывозных полетов на В-25, где имелась двухместная кабина летчиков (у «Бостона» кресло пилота одно). Взлет и посадка с непривычным шасси оказались очень простыми, и для освоения нового самолета хватало 2–3 полетов. Не менее хорошим оказался «Бостон» и в управлении. Послушный и устойчивый самолет легко выполнял глубокие виражи, не представлял сложности и полет на одном моторе. Взлет и посадка в ночных условиях не вызывали проблем, что выгодно отличало А-20 от Пе-2.

Особенно высоко оценили летчики хороший обзор и проду манную бронезащиту, далеко не лишнюю при атаке бомбарди ровщиков врага. Понравилась просторная и удобная кабина пилота, по нашим меркам даже чересчур комфортная (чего, однако, нельзя сказать о рабочих местах оператора и штурмана, набитых дополнительным оборудованием). В ночных полетах приборы подсвечивались мягким синим светом, не дававшим бликов.

Системы, оборудование и вооружение самолета отличались простотой и высоким качеством (даже изяществом) изготовле ния. Освоению матчасти мешало лишь одно «непредвиденное» обстоятельство: вся эксплуатационная документация оказалась на английском языке. В полках его никто не знал, позаботиться о переводчике, как водится, не удосужились, а появление инструкторов-американцев возле секретной техники было исключено. Выручали доступность агрегатов и смекалка, с помощью которой «технари», кто во что горазд, пытались читать инструкции и описания. Некоторым из них, проявив недюжинное упорство, удалось-таки освоить «американский» язык. Но, когда из Москвы, наконец, поступили «цивилизованные» переводы, они и сами были поражены тем, насколько мало общего имели их «опусы» с оригиналами.

Особое внимание, естественно, уделялось изучению радио локационной техники. Сотрудники НИИ, прикомандированные к дивизии, организовали школу подготовки операторов, а для практического освоения (не рискуя боевыми машинами с «Гнейсами») изготовили тренажер РЛС. В состав полков ввели специальные радиолокационные роты, оснащенные наземными станциями «Редут», а позднее – «Бирюза», представлявшими собой сдвоенный комплект РЛС П-2 с дальностью обнаружения 150–160 км. Службу радиолокации возглавил инженер-капитан Е.С.Штейн, назначенный заместителем комдива.

«Бостон» проигрывал обычным истребителям и во времени реагирования, необходимом для запуска двух моторов. Это осложнялось «местным колоритом»: хотя двигатели и были оборудованы электроинерционными стартерами, запускать их предписывалось вручную, что предусматривалось конструкто рами в качестве аварийного варианта. Аккумуляторы решено было беречь, и механики, вставив «ручку дружбы» в гнездо на капоте, раскручивали сначала один мотор, а потом и второй. В результате, даже если самолет противника находился 10 мин в зоне действия КПН, этого времени не хватало для взлета, набора высоты и наведения.

Летчики, пришедшие в полк с бомбардировщиков и тран спортных самолетов, не имея необходимого истребительного опыта и навыков воздушного боя, уступали в выучке немецким асам-ночникам – элите «люфтваффе». Так, 7 сентября атакован ный «Бостоном» лейтенанта Крюкова немецкий самолет (очевидно, оборудованный станцией предупреждения об облу чении) сразу после включения «Гнейс-2» стал энергично манев рировать, отворачивая в стороны, и крутым виражом оторвался от преследователя. Для исправления положения инспектиро вавший 56-ю ИАД генерал-майор П.Я. Федрови предложил даже передать в полки несколько Як-9 для отработки техники пилотирования и улучшения стрелковой подготовки.

Не помогала и деятельность особистов, державших полки особого назначения под постоянным контролем. Экипажам под страхом трибунала запрещалось перелетать линию фронта и покидать самолет после посадки, если поблизости не было специально приставленной охраны. К радиолокационным «Бос тонам» не подпускали летчиков и техников других частей, кото рых привлекал необычный вид «ершей» – так успели прозвать самолеты, ощетинившиеся шипами антенн и стволами пушек.

Помимо использования РЛС, летчики отрабатывали атаку в лучах прожекторов, вели стрелковую подготовку по буксируемым конусам. Основным способом перехвата стало дежурство в воздухе – барражирование в зоне действия КПН или са мостоятельный поиск противника. При этом самолеты несли дополнительный бак в бомбоотсеке, продолжительность полета с которым достигала 7–8 часов.

Для снижения аварийности в полки передали несколько спарок А-20С отечественной «выделки», а парк 173-го АПОН пополнил даже Р-38 «Лайтнинг», который пристроили в 56-ю ИАД по «родовому признаку» как двухмоторный истребитель с трехколесным шасси (этот самолет, по-видимому, совершал челночные полеты из Италии в Советский Союз и получил повреждения, в результате чего сочтен американцами потерян ным; наши специалисты восстановили его и в начале 1947 г. даже провели испытания в НИИ ВВС).

Зимой 1945 г. боевой работы дивизия практически не вела, ограничиваясь тренировочными и патрульными полетами. Линия фронта отодвинулась на запад, и немцам было уже не до ночных рейдов. В это время полки базировались на значительном удалении друг от друга: 45-й АПОН продолжал прикрывать Минске аэродромов Озеро и Мачулище, а 173-й АПОН находил ся в Цюнуве (Городке) под Львовом.

Обстановка изменилась в марте 1945 г., когда в районе Бреслау попала в окружение крупная группировка немецких войск. Противник, имевший большой опыт десантных операций, наладил для ее снабжения воздушный мост. Самолеты «люф тваффе» по ночам доставляли к окруженным грузовые планеры, сбрасывали на парашютах снаряжение и боеприпасы. Они прорывались к городу с разных сторон, и зенитная артиллерия не могла закрыть все подходы и организовать надежный заслон.

Результаты оказались обнадеживающими, и для усиления воздушной блокады на аэродром Сьрода в районе Ченстохова перелетел 45-й полк. В сеть наземных РЛС, развернутую в четырех пунктах вокруг Бреслау, включили недавно полученные станции П-3. Последние отличались не только улучшенной точностью определения координат, но и способностью изме рять высоту полета цели.

За полтора месяца боевой работы в районе Бреслау полки выполнили в общей сложности 246 вылетов. В 68 из них летчикам удавалось обнаружить цель (11 раз по наводке с земли с последующим использованием «Гнейс-2», 8 раз при свобод ном поиске с помощью бортовой РЛС, в 15 случаях – в лучах прожекторов, а остальные – визуально при естественном осве щении). Истребители провели 13 воздушных боев, в которых экипаж капитана Казнова сбил два Не 111, а лейтенанта Шестерикова – десантный планер.

Во многих случаях встреча с ночными перехватчиками за ставляла транспортные самолеты противника отказываться от выполнения боевой задачи или отцеплять планеры вдали от города. Нервозная обстановка иногда приводила к сбросу парашютистов и груза куда попало. В результате около сотни десантников со снаряжением приземлились в боевых порядках советских войск.

Интересной новинкой, прошедшей испытания в 56-й ИАД, была аппаратура телевизионной связи РД-1. На ее экран в кабине истребителя транслировалось изображение индикатора наземной РЛС, совмещенное с картой местности, а также положение

цели и перехватчика, Благодаря этому устройству штурман самолета мог самостоятельно определять свое поло жение относительно цели и ее курс. РД-1 оказалась практически безотказной и обеспечивала наглядную и надежную связь. В боях под Бреслау применили и другую новинку – воздушные командные пункты на базе транспортных самолетов С-47, оборудованных РЛС (две такие машины имелись в дивизии)

Истребители и наземные КПН работали в тесном контакте с КП ПВО, сообщая зенитчикам о появлении вражеских самолетов и сопровождая их до входа в зону зенитного огня. Радиолокато ры дивизии, используемые для орудийной наводки, позволяли зенитным батареям вести прицельную стрельбу. На каждый отогнанный самолет при этом расходовалось в среднем в 20–25 раз меньше снарядов, чем при ведении заградительного огня без применения РЛС.

Заслон, поставленный экипажами «Бостонов» и зенитчика ми, оказался достаточно эффективным. Немцам пришлось резко сократить снабжение окруженной группировки, и 7 мая гарнизон Бреслау капитулировал. За успешные боевые действия 16 летчиков, штурманов и операторов РЛС из 56-й дивизии получили ордена, а сама дивизия – почетное наименование Бреславской. Разработчики РЛС «Гнейс-2» В.В. Тихомиров, А.С.Буданов и А.Р.Вольперт были удостоены Сталинской премии в области науки и техники за 1944 г.

Окончание войны 56-я ИАД встретила в немецком городке Бриг (после войны этот район отошел Польше, и город стал называться Бжег, также как и Бреслау превратился во Вроцлав). В 1947 г. дивизию перевооружили на истребительный вариант Ту-2 с РЛС «Гнейс-5», а «Бостоны», с которых предварительно демонтировали радиолокационную аппаратуру, возвратили американцам.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный журнал. – 1995. – № 2.
2. Маслов М.А. Утерянные победы Советской авиации. – М. : Яуза, Эксмо, 2009. – 416 с.

УДК 621.315.5/6, 621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО И МАГНИТНОГО ПОЛЯ УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПЛАЗМОЙ

♦♦♦♦♦

ELECTRIC AND MAGNETIC FIELD RESEARCH CARBON FIBERS MODIFIED BY PLASMA

Лашко В.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Панков В.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Швецов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Для оценки исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования разработана экспериментальная установка, напылены плазмой покрытия, проведен анализ основных свойств статического электрического и магнитных полей.

Ключевые слова: углеволокно, плазма, покрытие, статическое электрическое поле, статическое магнитное поле.

Lashko V.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pankov V.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

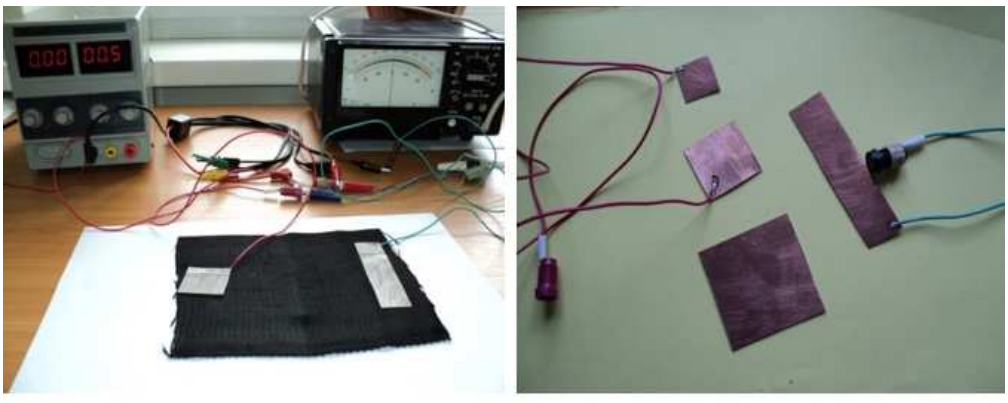
Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. To evaluate studies of the electrical conductivity of carbon fiber with the results of mathematical modeling, an experimental setup was developed, plasma coatings were sprayed, and the basic properties of static electric and magnetic fields were analyzed.

Keywords: carbon fiber, plasma, coating, static electric field, static magnetic field.

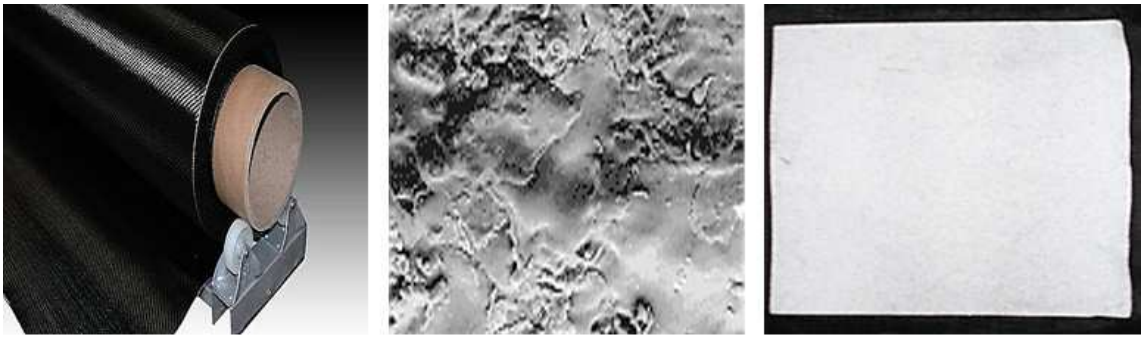
Схема, для проведения экспериментальных исследований состоит из источника постоянного тока DS Power supply PS-1502 DD с регулировкой силы тока и выходного напряжения, микроамперметр Ф195, образцы углеродного волокна без покрытия и с плазменным покрытием (рисунок 1 а, 2). Медные контакты со стороны плюса источника питания взяты с размерами (1 × 1) см, (2 × 2) см, (3 × 3) см и (5 × 5) см (рисунок 1 б). В процессе проведения варьировались следующие параметры [1, 2, 3, 4, 5]:

– напряжение, подаваемое на исследуемый материал;
– размер контактной площадки (площадь контакта);
– расстояние между контактами.



а) б)

Рисунок 1 – а) – схема экспериментальной установки;
б) – варьируемые в процессе эксперимента контакты



а) б) в)

Рисунок 2 – Углеродная ткань (а), (б) – структура покрытия при плазменном напылении, (в) – углеродная ткань с плазменным покрытием

Эквипотенциальные поверхности и линии токов будут представлять собой усеченные сферы (рисунок 3).

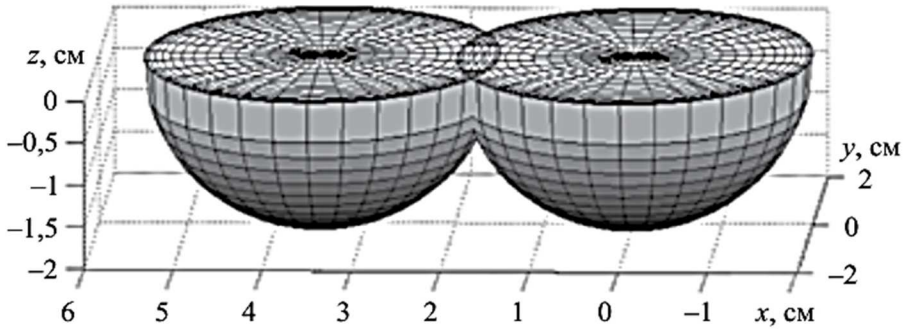


Рисунок 3 – Моделирование эквипотенциальных поверхностей усеченными сферами

Измеряемым параметром является сила тока, протекающего по исследуемому образцу (как по поверхности, так и внутри углеродного волокна). Дифференциальное сопротивление участка цепи, отражающая электропроводность материала влияют на силу тока через выражения:

$$\overline{J} = \sigma(\overline{E} + \overline{E}_{cm}),$$

$$I = \int_S \overline{J} dS .$$

Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования необходимо провести анализ основных свойств стационарного электрическое поле.

Поле называется стационарным, если все физические величины, характеризующие электромагнитный процесс, в каждой точке сохраняют одно и тоже значение. Стационарное поле отличается от статического тем, что в нем допустимо движение зарядов. Поскольку движение зарядов означает наличие тока и непременно связанного с ним магнитного поля, то могут существовать совместно как электрическое, так и магнитное поле.

Условия стационарности математически формулируются так:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0, \ \bar{j} = \text{const} \neq 0.$$

Тогда система уравнений Максвелла переходит в систему следующих уравнений:

в интегральной форме:

$$\left.\begin{aligned}\int_l \bar{E}d\bar{l} &= 0,\\ \int_S \bar{D}d\bar{S} &= q,\end{aligned}\right\};$$

$$\left.\begin{aligned}\int_l \bar{H}d\bar{l} &= \bar{i},\\ \int_S \bar{B}d\bar{S} &= 0,\end{aligned}\right\};$$

$$\bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}; \quad \bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}; \quad \bar{j} = \sigma \bar{E}. \tag{1}$$

в дифференциальной форме:

$$\left.\begin{aligned}rot\bar{E} &= 0,\\ div\bar{D} &= \rho,\end{aligned}\right\};$$

$$\left.\begin{aligned}rot\bar{H} &= \bar{j},\\ div\bar{B} &= 0.\end{aligned}\right\};$$

$$\bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}, \quad \bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}, \quad \bar{j} = \sigma \bar{E}. \tag{2}$$

Граничные условия:

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \quad D_{2n} - D_{1n} = \rho_S; \quad H_{2\tau} - H_{1\tau} = j_S, \quad B_{1n} = B_{2n},$$

т.е. в них должен быть учтен поверхностный ток.

Плотность тока $\bar{j}$ наравне с другими величинами в каждой точке постоянна. По этой причине стационарное поле называют также полем постоянных токов. В отличие от статических полей подсистемы уравнений электрического и магнитного поля (1) связаны между собой посредством закона Ома в дифференциальной форме $\bar{j} = \sigma\bar{E}$.

Приступая к изучению стационарного поля, отметим, что здесь электрическое и магнитное поля уже связаны между собой посредством закона Ома в дифференциальной форме.

Сначала исследуем электрическое поле и произведем сравнение этого поля с электростатическим.

После расчета $\bar{E}$ и $\bar{j}$ окажется возможным исследовать и магнитное поле.

Условие существования стационарного поля вытекает из закона сохранения заряда. При условии стационарности $\left(\frac{\partial}{\partial t} = 0\right)$ получаем:

$$\operatorname{div}\bar{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = \operatorname{div}\bar{j} = 0\ . \tag{3}$$

Следовательно, в стационарном поле линии тока проводимости должны быть непрерывными.

1. В отличие от электростатического в стационарном поле внутри проводника, по которому течет ток ($\bar{j} = \sigma\bar{E}$), напряженность $E \neq 0$.

2. Так как внутри проводника $E_1 \neq 0$, то в соответствии с формулой (1) в разных точках проводника потенциал φ_1 имеет различные значения, т.е. проводник не является эквипотенциальной областью. Отсюда вектор E в прилежащем к проводнику диэлектрике уже не будет перпендикулярен к поверхности проводника с током.

3. В стационарном поле в области, где действуют сторонние силы ($E_{ст} \neq 0$), объемный заряд существует и внутри проводника. В самом деле, применим оператор дивергенции к выражению:

$$\operatorname{div}\,\bar{J} = -\operatorname{div}\,\frac{\partial \bar{D}}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t}\operatorname{div}\,\bar{D};\quad \operatorname{div}\,\bar{J} = -\frac{\partial \rho_v}{\partial t};$$

получим:

$$\operatorname{div}\bar{j} = \operatorname{div}\sigma(\bar{E}+\bar{E}_{ст}) = \sigma\operatorname{div}(\bar{E}+\bar{E}_{ст}) + (\bar{E}+\bar{E}_{ст})\operatorname{grad}\sigma = \sigma\frac{\rho}{\varepsilon_a} + \sigma\frac{\rho}{\varepsilon_a} + \sigma\operatorname{div}\bar{E}_{ст} = 0,$$

поскольку в изотропном проводнике grad σ = 0, а для стационарного поля div $\bar{j}$ = 0.

$$\operatorname{div}\left(\bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}\right) = \operatorname{div}\left(\bar{J} + \bar{J}_{см}\right) = \operatorname{div}\,\bar{J}_{полн} = 0$$

Отсюда в проводящей среде:

$$\rho = -\varepsilon_a \operatorname{div}\bar{E}_{ст} \neq 0\,.$$

Перечисленные выше качественные отличия стационарного электрического поля от поля электростатического всегда будут существовать. Однако количественные различия могут быть очень незначительными. Это в особенности относится к полю в диэлектрике, окружающем хорошие проводники.

Область квазистационарных (как бы стационарных) явлений характеризуется тем, что по сравнению с током проводимости ток смещения играет весьма слабую роль во взаимодействии с магнитным полем. В то же время для этих процессов наличие переменного магнитного поля существенно. Стало быть, квазистационарные явления – это такие явления, для которых можно принять:

$$\frac{\partial \bar{D}}{\partial t} \approx 0, \text{ но } \frac{\partial \bar{B}}{\partial t} \neq 0.$$

Снятие ограничения $\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} = 0$ означает, что учитывается явление электромагнитной индукции Фарадея. Пренебрежение током смещения означает, что принимается во внимание магнитное поле, созданное лишь током проводимости. Оба эти момента характерны для полей, сравнительно медленно изменяющихся во времени. Таким образом, квазистационарная теория – это приближенная теория медленно изменяющихся переменных полей.

Система уравнений Максвелла в квазистационарном приближении принимает следующий вид:
в интегральной форме:

$$\left.\begin{aligned} &\oint_l \bar{H}d\bar{l} \approx \bar{i}, && \oint_S \bar{D}d\bar{S} = q, \\ &\oint_l \bar{E}d\bar{l} = -\frac{d}{dt}\int_S \bar{B}d\bar{S}, && \oint_S \bar{B}d\bar{S} = 0; \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

$$\bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}, \qquad \bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}, \qquad \bar{j} = \sigma\bar{E}.$$

в дифференциальной форме:

$$\left.\begin{aligned} &\operatorname{rot}\bar{H} \approx \bar{j}, && \operatorname{div}\bar{D} = \rho, \\ &\operatorname{rot}\bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}, && \operatorname{div}\bar{B} = 0. \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

$$\bar{B} = \mu_\alpha \bar{H}, \qquad \bar{D} = \varepsilon_\alpha \bar{E}, \qquad \bar{j} = \sigma\bar{E}.$$

При рассмотрении системы видно, что в области квазистационарных полей электрическое и магнитное поля нельзя рассматривать раздельно. Однако здесь учитывается лишь одна связь, осуществляемая явлением электромагнитной индукции Фарадея. Другая связь через токи смещения в квазистационарных полях весьма слабая и потому не учитывается.

Пренебрежение током смещения означает, что самоподдерживающийся электромагнитный процесс в диэлектрике, т.е. распространение электромагнитных волн, допускаемых формулами $\mathrm{rot}\overline{H} = \overline{J} + \frac{\partial \overline{D}}{\partial t} = \overline{J} + \overline{J}_{см}$ и $\mathrm{rot}\,\overline{E} = -\frac{\partial \overline{B}}{\partial t}$, становится невозможным. Это положение характерно для электродинамики домаксвеллова периода. Таким образом, можно утверждать, что квазистационарное приближение – это приближенная теория переменных полей, пренебрегающая волновым характером электромагнитных процессов.

Как и в области стационарных явлений, для решения многих задач удобно ввести в рассмотрение потенциалы. Исходя из четвертого уравнения (5), можно принять

$$B = \mathrm{rot}\,A. \qquad (6)$$

Подстановка (1) в (6) дает:

$$\mathrm{rot}\overline{E} = -\frac{\partial}{\partial t}\mathrm{rot}\overline{A} = -\mathrm{rot}\frac{\partial \overline{A}}{\partial t};$$

$$\mathrm{rot}\left(\overline{E} + \frac{\partial \overline{A}}{\partial t}\right) = 0.$$

Откуда следует, что:

$$\overline{E} + \frac{\partial \overline{A}}{\partial t} = -\mathrm{grad}\varphi,$$

или

$$\overline{E} = -\mathrm{grad}\varphi - \frac{\partial \overline{A}}{\partial t}. \qquad (7)$$

Итак, вектор E содержит теперь потенциальную $\nabla\varphi$ и вихревую $-\frac{\partial \overline{A}}{\partial t}$ части; последняя учитывает явление электромагнитной индукции. Подставляя (6) в (5), получим, заменив $\overline{H} = \frac{1}{\mu_a}\overline{B}$

$$\mathrm{rot}\frac{1}{\mu_a}\mathrm{rot}\overline{A} = \overline{j},$$

или

$$\nabla^2 \overline{A} = -\mu_a \overline{j}. \qquad (8)$$

Здесь, как и в стационарном поле, принято:

$$\mathrm{div}A = 0. \qquad (9)$$

Уравнение (3) в (5) с учетом $D = \varepsilon_a E$ преобразуется так:

$$\mathrm{div}\,\varepsilon_a\overline{E} = \mathrm{div}\,\varepsilon_a\left(-\nabla\varphi - \frac{\partial \overline{A}}{\partial t}\right) = -\varepsilon_a\nabla^2\varphi - \varepsilon_a\frac{\partial}{\partial t}\mathrm{div}\,\overline{A} = \rho.$$

Используя (9), получаем уравнение для скалярного потенциала:

$$\nabla^2 \varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_a}. \quad (10)$$

Как видно, уравнения для потенциалов (8) и (10) внешне полностью совпадают с уравнениями для статических полей. Значит, и свойства полей, т. е. их связь с зарядами и токами, а также структура должны быть такими же, как в статике.

Однако имеется и принципиальное отличие квазистационарных уравнений (8) и (10) от уравнений статических. Электрические величины в (8) и (10) зависят от времени, при этом дифференцирование по времени здесь не производится. Это означает, что с математической точки зрения время входит в (8) и (10) как параметр. Поэтому в каждый фиксированный момент квазистационарное поле точно совпадает со статическим, соответствующим значениям j и ρ в этот же момент. Изменение j и ρ с течением времени приводит к тому, что статические поля сменяют друг друга сразу по всему пространству в такт с j и ρ. Это обстоятельство и оправдывает название группы явлений – квазистационарные. Допущение об одновременности изменения поля в точке наблюдения с изменением источников равноценно допущению о бесконечной скорости распространения возбуждений, что характерно для теории дальнодействия.

Указанные особенности поля особенно отчетливо видны из решений уравнений (8) и (10). Рассмотрим, например, потенциал dφ в точке M, создаваемый переменным зарядом ρdV, расположенным в точке M'. Поскольку решение уравнения Пуассона известно, можно сразу записать:

$$d\varphi(M,t) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_a}\frac{\rho(M',t)}{r}dV \quad .(11)$$

Левая и правая части уравнения являются функциями различных точек M и M', находящихся на расстоянии r. Вместе с тем они относятся к одному и тому же моменту времени t. Таким образом, из выражения (11) следует, что любое изменение ρ в M' сразу изменяет dφ в M, как бы ни было велико расстояние r. Значит, здесь в самом деле используются представления теории дальнодействия. Однако в действительности, как известно из общей теории, электромагнитные воздействия распространяются с запаздыванием и $t_{зап} = \frac{r}{v}$.

Квазистационарное рассмотрение, таким образом, связано с пренебрежением временем запаздывания.

Ниже будет показано, что это допустимо во всей области пространства вокруг источника, линейные размеры r которой малы по сравнению с длиной волны λ излучаемых колебаний, т. е. условия квазистационарности выполняются, если $r << \lambda$.

Расчет стационарного поля вектора $\overline{H}$ производится точно так же, как и электрического, поскольку исходные уравнения совпадают. Значение $\overline{E}$ позволяет определить $\overline{j}$ по формуле (5). Поэтому в дальнейшем $\overline{j}$ можно считать известным.

В отличие от электрического поля магнитное поле постоянного тока в точках, где $\overline{j} \neq 0$, является вихревым. Поэтому для решения второй подсистемы (5) скалярный потенциал ввести уже нельзя. Однако можно воспользоваться тем, что div $\overline{D}$ = 0 во всех точках, а поскольку div rot $\overline{A}$ = 0, целесообразно ввести векторный потенциал $\overline{A}$, полагая:

$$\overline{B} = \mathrm{rot}\overline{A}, \quad \overline{H} = \frac{1}{\mu_a}\mathrm{rot}\overline{A}. \quad (12)$$

Поскольку rot $\overline{H}$ = $\overline{j}$, получаем для векторного потенциала уравнение:

$$\frac{1}{\mu_a}\mathrm{rot}\ \mathrm{rot}\overline{A} = \overline{j}. \quad (13)$$

Воспользовавшись тождеством rot rot $\overline{A}$ = grad div $\overline{A}$ – $\nabla^2\overline{A}$, получим:

$$\text{grad}\ \ \text{div}\overline{A} - \nabla^2\overline{A} = \mu_a \bar{j}. \tag{14}$$

Уравнение (14) можно упростить, если учесть, что поле вектора $\overline{A}$ определено не полностью, соотношение (12) определяет лишь распределение вихрей $\overline{A}$ и не налагает никаких требований на источники $\overline{A}$. Для полного же определения векторного поля необходимо знать как его ротор, так и дивергенцию. Это позволяет потребовать, чтобы:

$$\text{div}\ \overline{A} = 0.$$

Тогда уравнение (14) упрощается и принимает вид:

$$\nabla^2\overline{A} = -\ \mu_a \bar{j}. \tag{15}$$

Это уже известное уравнение Пуассона, но в векторной форме. Его решение:

$$\overline{A} = \frac{\mu_a}{4\pi}\int_V \frac{\bar{j}}{r} dV. \tag{16}$$

где r – расстояние от элемента dV с распределенным по нему током $\bar{j}$ до точки наблюдения, в которой вычисляется потенциал.

Соотношение (16) верно уже для любой системы координат и позволяет находить векторный потенциал при произвольном распределении тока. Поскольку задача расчета $\overline{A}$ сведена к интегрированию, ее можно считать решенной окончательно, так как в принципе интегрирование всегда выполнимо (хотя часто является операцией весьма сложной). После вычисления $\overline{A}$ расчет $\overline{B}$ сводится к вычислению rot $\overline{A}$, т.е. к всегда выполнимому дифференцированию.

Для вычисления энергии магнитного поля, сосредоточенной в пределах объема V (рисунок 2), можно воспользоваться соотношением:

$$W_м = \int_V \frac{\mu_a H^2}{2} dV = \frac{1}{2}\int_V HB dV. \tag{17}$$

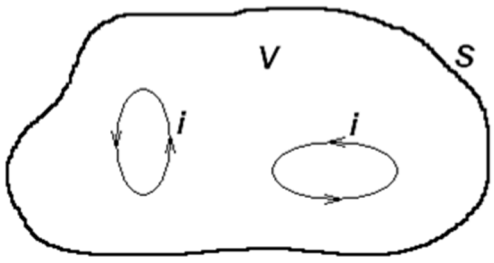


Рисунок 4 – Энергия магнитного поля постоянного тока

Для подсчета полной энергии магнитного поля эта формула неудобна, так как для ее применения необходимо знать H в каждой точке окружающего токи пространства. Формулу (17) можно преобразовать таким образом, чтобы энергия магнитного поля была выражена через токи, заключенные внутри поверхности S, ограничивающей объем V. Для этого заменим $\overline{B} = \text{rot}\,\overline{A}$. Используя тождество $\text{div}\left(\bar{a}\times\bar{b}\right) = \bar{b}\ \text{rot}\,\bar{a} - \bar{a}\ \text{rot}\,\bar{b}$ и соотношение rot $\overline{H}$ = $\bar{j}$, получим:

$$W_м = \frac{1}{2}\int_V \text{div}\left[\overline{A}, \overline{H}\right] dV + \frac{1}{2}\int_V \overline{A}\ \bar{j} dV.$$

Применяя теорему Остроградского-Гаусса, найдем:

$$W_м = \frac{1}{2}\int_v \overline{A}\,\bar{j}dV + \frac{1}{2}\oint_S \left[\overline{A}, \overline{H}\right]dS. \quad (18)$$

Выбирая в качестве поверхности S сферу радиуса r и устремив r к бесконечности, вычислим полную энергию магнитного поля, создаваемого данными токами.

При удалении точек поверхности на бесконечность каждый замкнутый проводник будет представлять собой магнитный диполь, векторный потенциал которого будет изменяться как $\frac{1}{r^2}$, а создаваемая в точках поверхности напряженность H как $\frac{1}{r^3}$. При этом поверхность S возрастает пропорционально r^2. Следовательно, поверхностный интеграл в выражении (18) будет иметь порядок $\frac{1}{r^3}$, стремясь к нулю при $r \to \infty$. В результате получим:

$$W_м = \frac{1}{2}\int_v \overline{A}\,\bar{j}dV. \quad (19)$$

Если проводник линейный, то:

$$W_м = \frac{1}{2}\int_v \overline{A}\,\bar{j}dV = \oint_1\int_S \frac{\overline{A}d\bar{l}}{2} j_n dS = \frac{1}{2}\oint_1 \overline{A}d\bar{l}\int_S j_n dS = \frac{1}{2}\oint_1 \overline{A}d\bar{l},$$

так как в пределах интегрирования по поперечному сечению потенциал $\overline{A}$ можно считать постоянным. Применив к криволинейному интегралу теорему Стокса и учтя соотношение (12), получаем:

$$\oint_1 \overline{A}d\bar{l} = \int_S \mathrm{rot}\overline{A}d\overline{S} = \int_S \overline{B}d\overline{S} = \Phi, \quad (20)$$

где Ф – магнитный поток, пронизывающий любую поверхность, опирающуюся на контур проводника.

Список литературы:

1. Панков В.П. Материаловедение и технологические процессы в сервисе / В.П. Панков, В.Е. Жидков. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
2. Панков В.П. Анализ микроволнового излучения печей СВЧ с разработкой технологических мероприятий по его снижению / В.П. Панков, А.В. Баженов, В.А. Соловьев // НаукаПарк. – 2014. – № 2-2(22). – С. 47–51.
3. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2(146). – С. 92–96.
4. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 4(148). – С. 174–179.
5. Панков В.П. Совершенствование химико-физических свойств углеродных волокон и тканей за счет модифицирования их поверхности плазмой : монография / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков. – М. : АО «Красная звезда», 2022. – 244 с.

УДК 623

СВЕРХМОЩНЫЙ РОССИЙСКИЙ АВИАДВИГАТЕЛЬ ПД-35

♦♦♦♦♦

HEAVY-DUTY RUSSIAN PD-35 AIRCRAFT ENGINE

Божко С.В.
кандидат технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Цепкало Д.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются и сравниваются основные параметры и характеристики учебных самолетов ВВС РФ и НАТО.

Ключевые слова: учебные самолеты, характеристики, параметры, перспективы.

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Tsepkalo D.R.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses and compares the main parameters and characteristics of the training aircraft of Russian Air Force and NATO.

Keywords: training aircraft, characteristics, main parameters, prospects.

Под сверхмощный российский авиадвигатель ПД-35 даже не разработан самолёт. Обычно разработка новых самолётов идёт следующим образом. Сначала двигателестроительные компании представляют свои моторы, а уже потом под эти силовые агрегаты конструкторы создают свои машины. Конечно, существовал и обратный подход, когда рождался самолёт, а потом уже он ждал силовой агрегат (так часто происходило в СССР в 30-е – 40-е годы). Однако из-за такого подхода очень часто, я бы даже сказал в большинстве случаем, разработка самолётов так и не завершалась, более того они оставались лишь в проектах. Поэтому правильный подход, это сначала мотор, потом самолёт. Россия так же решила идти по такому пути, и компания «Ростех» представила сверхмощный авиадвигатель большой тяги ПД-35 для перспективного широкофюзеляжного самолета, которого пока ещё нет.

Двигатель создается в два раза дольше, чем самолет. И все мы, двигателисты, обречены делать новый двигатель на свой страх и риск».

Космический корабль в 10 раз проще, чем ПД-35. В разработке перспективного авиадвигателя сверхбольшой тяги ПД-35 есть ряд проблем в области математического моделирования, в решении которых необходима помощь науки. Об это рассказал управляющий директор – генеральный конструктор АО «ОДК-Авиадвигатель», член-корреспондент РАН Александр Иноземцев. По словам генерального конструктора, правительство и Президент России поддерживают вывод о том, что стране нужен такой класс двигателей для того, чтобы войти в нишу дальнемагистральной широкофюзеляжной авиации и тяжелого и сверхтяжелого транспортного авиастроения. Бюджет программы создания ПД-35 на ближайшие 10 лет – 185 млрд руб., и сейчас главная задача – привлечь научный потенциал для реализации этой программы.

Разработка этого мотора ведется с 2016 года. Первоначально предполагалось, что этот силовой агрегат станет альтернативой западным аналогам для российско-китайского широкофюзеляжного лайнера С-929. Однако, после выхода России из данного проекта возникает вопрос: для какого же перспективного самолета сейчас создается этот двигатель?

В России впервые ведется разработка двигателя с тягой до 35 тонн. Практика использования пассажирских и грузовых самолетов в мире продемонстрировала, что двухдвигательные модели являются более экономически эффективными. Они оборудуются двигателями с большей мощностью, чем самолеты с четырьмя силовыми установками.



Рисунок 1

Ранее считалось, что последние обладают большей надежностью: при отказе одного двигателя три оставшихся позволят самолету безопасно совершить посадку. Однако современные турбореактивные двигатели, во-первых, отличаются высокой степенью надежности, а во-вторых, их запас мощности позволяет долететь до аэродрома и совершить посадку даже при работе одного двигателя. Применение двухдвигательных самолетов является более выгодным с экономической точки зрения, что является ключевым фактором для коммерческих авиаперевозок.

«Ростех» сообщил о продолжающейся работе над проектом ПД-35:



Рисунок 2

Программа создания ПД-35 на самом деле предполагает разработку целого семейства авиадвигателей в диапазоне тяги от 20 до 50 тс, а также промышленных газотурбинных установок для энергетиков и газовиков. Ни в СССР, ни в России двигатели такого класса мощности не создавались, и на мировом рынке их производят только две фирмы – General Electric и Rolls-Royce. Остальные разработчики не справились с проблемами.



Рисунок 3

На этом рисунке – самый большой в мире турбореактивный авиадвигатель GE9X (США). Диаметр его вентилятора – 3,4 м. Он может развивать тягу до 47,9 кт. Самый же мощный двигатель компании General Electric – GE90 – развивает тягу до 58 тс. Именно таким гигантам должен составить конкуренцию ПД-35.

«При создании ПД-14 было освоено 16 ключевых технологий, а при создании ПД-35 надо освоить еще 18 новых технологий, чтобы стать конкурентоспособными в новой рыночной нише, – заявил глава «Авиадвигателя». – Мы посчитали, что нам предстоит решить 1200 крупных научно-технических задач при создании семейства двигателей большой тяги».

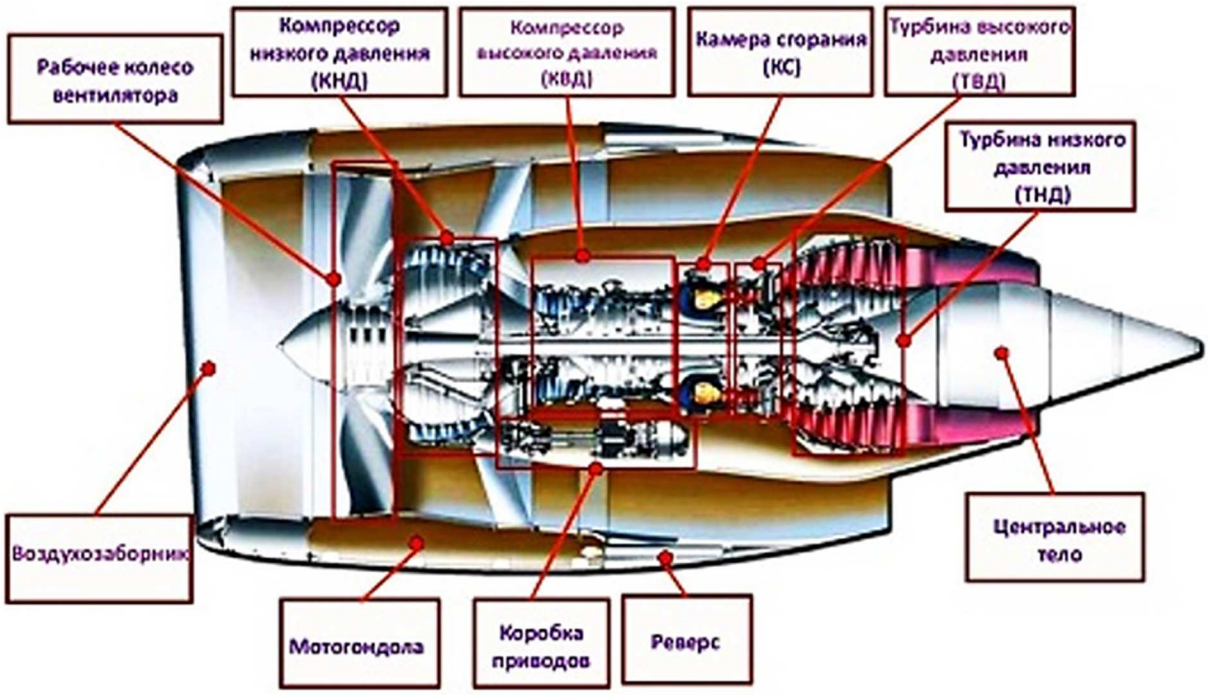


Рисунок 4

Создание основных узлов современного турбореактивного двигателя невозможно без математического моделирования.

К примеру, связанный тепло-газодинамический расчет только одного узла авиадвигателя – турбины высокого давления – требует расчетной сетки размерностью в 480 млн элементов.

Для обеспечения конкурентоспособности авиадвигателя ключевая задача – снизить стоимость жизненного цикла изделия, стоимость владения и стоимость летного часа.

Предполагается, что российско-китайский широкофюзеляжный дальнемагистральный самолет CR 929-600 на 250–300 пассажиров после 2030 г. будет оснащаться ПД-35.



Рисунок 5

«Самолет – это устройство, которое мешает двигателю летать, – напомнил известную шутку двигателистов Александр Иноземцев.

На ПД-14 впервые взяли на себя целиком проектирование силовой установки, включая ее аэродинамическое взаимодействие с пилоном и крылом. Благодаря этому за счет грамотного моделирования смогли получить заданные техническим заданием характеристики. Матмодель взаимодействия мотогондолы двигателя, пилона и крыла – это тоже часть нашей работы. Это огромная задача, и для математиков она просто сказочно интересна».

«Если удастся обеспечить ламинарное обтекание мотогондолы такого размера, то уровень топливной эффективности можно поднять на 1–1,5 %, потому что огромные габариты мотогондолы сильно влияют на всю аэродинамику ЛА. Вопрос безотрывного обтекания мотогондолы – это серьезнейшая проблема, которую решаем сейчас на уровне матмоделирования и продувки моделей в аэродинамических трубах».

С созданием новых технических решений, возникает необходимость в базе данных свойств металлов и сплавов по результатам испытаний образцов, вырезанных непосредственно из заготовок. Такую базу создали при разработке ПД-14, мощнейшая роботизированная линия эти образцы штампует, как патроны. Уже изготовили более 80 тыс. штук.

Еще один важнейший вопрос – проектирование вентилятора. Одна из ключевых технологий, разработанных в свое время для ПД-14 – это изготовление полых титановых лопаток вентилятора. *Но диаметр вентилятора ПД-14 составляет 1,9 м, а ПД-35 – 3,1 м.*

Экспериментальная углепластиковая лопатка вентилятора в размерности ПД-14.

«На таких больших двигателях лопатки вентилятора изготавливают уже из полимерных композиционных материалов, потому что снижение массы за счет углепластика на таком двигателе – это примерно полтонны, если не больше. Так же стоит отметить, что если есть компрессор высокого давления, то двигатель состоится, а если его нет, «то не будет ничего».

«Кроме того, что надо обеспечить живучесть конструкции при температурах под 2000 градусов, надо еще решить вопросы эмиссии, и здесь матмоделирование горения крайне важно. Одна из важнейших проблем – это качество распыла топлива. Это очень серьезная проблема – как распылить топливо, чтобы обеспечить минимальный выброс вредных веществ из камеры сгорания».

Следующая задача – полное моделирование течения во внутренних полостях лопатки турбины.

«Ни один металл в мире не может выдержать такие температуры, которые возникают в двигателе, поэтому вопрос внутреннего охлаждения лопаток, покрытия их керамикой и моделирование всех этих процессов крайне важен», – подчеркнул глава «Авиадвигателя».

Шум – это тоже экология. В этой области тоже идет конкуренция двигателистов всего мира. «Если на ПД-14 мы в основном занимались подавлением шума специальными устройствами, то при разработке ПД-35 мы уже на этапе проектирования занимаемся минимизацией генерации шума в выходных узлах – в вентиляторах и турбине низкого давления. Это следующий уровень матмоделирования. И, плюс, совершенствуется система шумоглушения».

Математическое моделирование требуется не только для разработки двигателя, но и для обеспечения процесса его испытания. Используется открытый испытательный стенд АО «ОДК-Авиадвигатель».

Моделируется литье, штамповка и прочие производственные процессы, но особую роль в производстве ПД-35 будут играть аддитивные технологии.



Рисунок 6

15 сентября 2021 года специалисты АО «ОДК-Авиадвигатель» завершили сборку демонстрационного газогенератора (состоит из компрессора высокого давления, камеры сгорания и турбины высокого давления) ПД-35, на базе которого будет создаваться все семейство двигателей большой тяги. Это знаковое событие, но впереди еще очень много работы.

Изначально проект ПД-35 предполагал разработку широкого перечня критических технологий и создание на их базе унифицированного газогенератора. Газогенератор – «сердце», центральная часть двигателя, на его основе можно создать целую линейку изделий: двигатели тягой в 35 тонн подойдут для широкофюзеляжных пассажирских самолётов, 24-тонные двигатели – для сверхтяжелых военно-транспортных машин. Все будет зависеть от того технического задания, которое выдадут самолетостроители. При этом двигатель-демонстратор, выдавший на стенде тягу в 37 тонн, показал, что основные технические проблемы в рамках НИОКР решить удалось, и теперь можно приступать к созданию «товарного» двигателя», – говорит исполнительный директор агентства «*АвиаПорт*».

Дальнемагистральных самолетов с двумя двигателями Россия не выпускает, силовых установок для них пока тоже нет. Последний проект широкофюзеляжного лайнера – Ил-96 с четырьмя турбинами – был разработан еще в СССР. Он неоднократно модернизировался, это вполне современный самолет: мощный, надежный, но очень дорогой в производстве и прожорливый в эксплуатации. Ранее к недостаткам относили и плохую ремонтопригодность двигателей предыдущего поколения.

Единственным эксплуатантом бортов сейчас является специальный летный отряд «Россия», в том числе президентских самолетов. За рубежом несколько машин продолжают летать в авиакомпании «Кубана». Российские коммерческие перевозчики

отказались от нескольких машин больше 10 лет назад, найдя им замену в Boeing 767 и 777, а также Airbus A330 и A350.

Это штучный товар: за 35 лет произведено менее 40 самолетов Ил-96. В сегодняшних ценах его стоимость ориентировочно – 10 млрд рублей и больше. Рассчитывать на удешевление можно только за счет масштабирования производства и соответствующего сбыта. Но даже с этой ценой борт может быть конкурентоспособным: после введения санкций импортные самолеты и запчасти к ним подорожали в полтора-два раза, поставка новых машин пока недоступна. При сохранении нынешнего курса валют Ил-96 будет дешевле пассажирских Boeing 777 и Airbus A350, которые обойдутся российскому покупателю в 25–30 млрд рублей за штуку.

Ил-96 строится на мощностях бывшего Воронежского акционерного самолетостроительного общества, управляемого ПАО «Ил» и входящее в Объединенную авиастроительную корпорацию (ОАК). Больше одного-двух новых бортов здесь пока выпускать не могут, да и спроса них со стороны перевозчиков нет. Новый двухдвигательный Ил-96 с отечественными силовыми установками мог бы стать интересным предложением, но на это уйдут годы.



Рисунок 7 – Ил-96-400М (Первый полет. Ноябрь 2023 года)

В России сохраняются планы по созданию двухдвигательной версии Ил-96 при наличии соответствующего двигателя, говорил в сентябре 2021 года тогда вице-премьер правительства РФ, а впоследствии глава «Роскосмоса» Юрий Борисов, такой путь создания отечественного широкофюзеляжного самолета был назван наиболее вероятным. Через два года глава «Ростеха» Сергей Чемезов сообщал, что эта тема остается на повестке, но серийного выпуска пассажирских Ил-96 с двумя двигателями скорее всего не будет.

Пока в стране достаточно зарубежных аналогов, только в «Аэрофлоте» более 40 дальнемагистральных бортов, причем по авиационным меркам достаточно дорогих. Запаса прочности у этих самолетов хватит на полтора десятилетия, а события последних трех лет говорят о том, что произойти может всякое. Поставки американских и европейских самолетов могут не возобновиться никогда, санкции можно вводить и отменять практически ежедневно. Устранение технологической зависимости России от внешних условий – основная задача авиационной отрасли.

В ОАК вопрос Mashnews о возможном выпуске Ил-96 с двумя двигателями оставили без ответа, вероятно, потому, что его пока нет. Перед авиастроительной отраслью сейчас стоят более актуальные задачи. Первостепенной является будущая замена флота среднемагистральных судов и региональной авиации.

Это проекты лайнеров: Ту-214; МС-21; Ил-114-300; «Байкал»; «Ладога». «Что касается возможного выпуска двухдвигательного Ил-96, то нужны будут весьма существенные изменения конструктива судна. Проще спроектировать новый лайнер, в конструкции которого шире будут применены композиционные материалы, появятся новые системы и агрегаты. Но это весьма затратная история. Чтобы оправдать инвестиции в такой проект, будущему самолету нужен внешний рынок сбыта. России для внутренних пассажирских авиалиний много широкофюзеляжных лайнеров не нужно. Плановый темп выпуска Ил-96 до 3–4 единиц в год вполне способен закрыть потребности страны

в таких бортах на ближайшие 10–15 лет, пока на крыле остаются ввезенные ранее «иномарки». Однако, если авиакомпании не станут делать выбор в пользу импорта дальнемагистральных лайнеров, в будущем десятилетии о создании такой машины нужно будет серьезно задуматься», – отмечает Олег Пантелеев.

Проект двухдвигательного Ил-96 уже существовал в модификации Ил-96МД – с западными силовыми установками PW 4000, General Electric GE90 (оба производства США) или RR Trent 800 (Великобритания), но так и остался проектом. Однако инженерные решения по машине есть, что должно помочь в проектировании нового борта с двигателями ПД-35.

Двигатель ПД-35 станет универсальной силовой установкой, которая применима для моторизации сверхтяжелых летающих грузовиков, а также в энергетическом секторе. Также есть вариант строительства грузового Ил-96. В любом случае мощный новый турбоагрегат будет востребован в стране и за рубежом.

И, наконец, эта силовая установка станет материнской платформой для создания линейки двигателей большой тяги, позволит строить моторы чуть большей или чуть меньшей мощности в зависимости от их планового применения. Специалисты сходятся во мнении, что новый сегмент двигателестроения имеет долгосрочные перспективы не только за счет уникальности продукции для отечественного машиностроения, но и в силу использования новейших технологий и материалов. Они длительное время не потребуют замены, а агрегаты – модернизации, и могут стать наиболее актуальным предложением на мировом рынке.

Список литературы:

1. URL : https://rostec.ru/media/news/rostekh-nachnet-vyrashchivat-krupnogabaritnye-detali-novogo-aviadvigatelya-pd-35/#start
2. URL : https://news.ras.ru/mir-nauky/news/kosmicheskiy-korabi-v-10-raz-proshche-chem-pd-35-aleksandr-inozemtsev
3. URL : https://aviation21.ru/pd-35-texnologicheskaya-baza-dlya-rossijskoj-linejki-turboreaktivnyx-dvigatelej-bolshoj-tyagi

УДК 656

ПОДГОТОВКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИЮ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ ПРОВОДИМОЙ ВС РФ

♦♦♦♦♦

TRAINING OF UNITS FOR THE ORGANIZATION AND CONDUCT OF COMBAT OPERATIONS IN THE SPECIAL MILITARY OPERATION CONDUCTED BY THE RUSSIAN ARMED FORCES

Мажирин Ю.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Полухин Р.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы подготовки подразделений по организации и ведения боевых действий в специальной военной операции проводимой ВС РФ.

Ключевые слова: тактика, оборона, наступление, тактические группы, БпЛА.

Mazhirin Yu.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Polukhin R.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the issues of training units for organizing and conducting combat operations in a special military operation carried out by the RF Armed Forces.

Keywords: tactics, defense, offense, tactical groups, UAVs.

1. Методика обучения военнослужащих ВС РФ по подготовке к ведению боевых действий в СВО

Анализ проведения специальной военной операции (СВО) ВС РФ показал о необходимости пересмотреть подходы к формам и методам подготовки подразделений.

При проведение комплексных тактических занятий, на этапе одиночной подготовки военнослужащие должны освоить тактику действий в составе новых боевых элементов, малых тактических групп (боевые двойки, тройки, пятерки). Далее – в составе отделений и взводов, в форме тактико-строевого, с участием (охватом) максимального количества личного состава подразделений и отработкой учебных вопросов поэтапно по всем спланированным предметам обучения на фоне единой тактической обстановки.



Рисунок 1 – «Учить тому, что необходимо на войне» А.В. Суворов

Изменившаяся тактика действий противника вынудила прибегнуть к новым формам и способам ведения боевых действий – в составе малых тактических групп, штурмовых отрядов, смешанных подразделений, усиленных приданными средствами артиллерии, инженерных войск, РХБ защиты, в тесном взаимодействии с беспилотной, штурмовой авиацией, средствами ПВО, РЭБ.

Все это не могло не повлиять на систему подготовки как уже действующих подразделений, так и вновь формируемых. После окончания этапа одиночной подготовки военнослужащего (восстановления навыков обращения с личным оружием, изучения и отработки нормативов по основным предметам подготовки) осуществляется подготовка к ведению боевых действий в составе боевых двоек, троек, пятерок, групп истребителей танков (ГИТ), снайперских групп – как наиболее эффективных для действий в наступлении и для проведения штурма позиций противника в звене «отделение – взвод».

В ходе современного боя наступающие подразделения сталкивались, как правило, с заблаговременно подготовленными в фортификационном отношении глубокоэшелонированными позициями противника, особенность которых – система взводных опорных пунктов, оборудованных на основных дорожных направлениях, господствующих высотах (возвышенностях) и в лесополосах. При этом состав их не превышал 10–15 человек, имевших хорошо организованную систему огня (включая огонь сил и средств старшего начальника), а также резерв сил и средств, готовых к немедленному применению на нескольких заранее подготовленных рубежах.

Для подготовки к наступательным действиям в указанных условиях привычные и установленные ранее подходы в подготовке войск оказались неэффективны и неприменимы. Сама обстановка требовала новизны и отхода от привычных стандартов.

Решением вопроса стал принцип подготовки, заложенный еще генералиссимусом А.В. Суворовым, – создание и накрытие мишенной обстановки, близкой к предстоящим действиям (по примеру штурма крепости Измаил).

Рассмотрим вариант подготовки штурмовых действий с взятием взводного опорного пункта (рисунок 2).



Рисунок 2 – Вариант накрытия мишенной обстановки взводного опорного пункта

Мишенная обстановка создается в составе одного-двух объектов бронетехники, расчета АГС (СПГ, РПГ), двух-трех пулеметных точек, двух-трех снайперских позиций, двух-трех объек тов бронетехники из состава резерва, позиций минометного расчета (одна-две), позиции артиллерийской батареи, позиции боевого охранения на флангах, перед фронтом обороняющегося противника. Личный состав – в окопе (три-четыре

мишени в каждой траншее, грудная и головная фигуры), от одной до трех траншей – с ходами сообщения, перекрытыми щелями (по одной в каждой траншее) и блиндажом. Варианты учебных мест (рисунок 3).



Рисунок 3 – Объект учебно-материальной базы, оборудованный по опыту СВО

С учетом решения предстоящих боевых задач рекомендуется развертывать следующие учебные места (точки).Первое учебное место «Разведка» со средствами БПЛА и без них (вскрытие объектов противника) (рисунок 4).



Рисунок 4 – Учебное место «Разведка» со средствами БПЛА и без них (вскрытие объектов противника)

Отрабатываются.

1. Вопросы ведения разведки с наблюдательных постов всем личным составом (особенно вооруженными тепловизионными средствами наблюдения и прицеливания), снайперами, расчетами БпЛА, средствами технической разведки.

2. Данные от вышестоящего штаба (нанесение их на рабочую карту, планирование огневого поражения).

Ведение разведки осуществляется не менее двух суток (днем и ночью), в ходе нее отрабатываются (изучаются) вопросы: изменений на местности, перемещения личного состава противника, действия по сигналам оповещения (пункты сбора, эвакуации), а также маршруты подвоза материальных средств и места их выгрузки, огневые точки (особое внимание обращать на групповое оружие, позиции снайперов), запасные огневые позиции, бреши в обороне (фланги) [6].

Второе учебное место «Огневое поражение» (рисунок 5).



Рисунок 5 – Учебное место «Огневое поражение»

Проводится огневая подготовка атаки.

1. Уничтожение выявленных целей с запасных (временных) огневых позиций и передача целеуказаний всем огневым средствам.

2. Для минометных и артиллерийских подразделений – отработка нормативов по развертыванию, ведению огня, его корректировке, смены огневой позиции (на выполнение цикла – не более 3 мин.).

3. Для танковых экипажей – выход на огневой рубеж, выполнение огневых задач (5–7 выстрелов, расход боеприпасов только с конвейера танка), отход в район перезарядки (на выполнение цикла – не более 3 мин.).

4. Соблюдение принципа «один выстрел – одна цель», с возможностью после получения целеуказания самостоятельно производить расчеты и наносить огневое поражение по вновь выявленным целям.

5. Скрытое выдвижение, штурм («зачистка») опорного пункта (окопа, траншеи), занятие огневых позиций.

6. Ведение огня по минным полям (снятие минных полей).

7. Привлекаемые силы и средства: артиллерия, минометные подразделения (с временных закрытых огневых позиций), танковые подразделения (ведение огня с ЗОП и на большие дальности).

Проводится огневая поддержка атаки.

1. Главный принцип – солдат в ходе атаки должен видеть разрывы своих снарядов.

2. В огневой поддержке участвуют все огневые средства с распределением по целям, рубежам, времени.

3. Разрывы своих снарядов должны быть на расстоянии до 200 м от наступающих подразделений.

4. Отработка огневого поражения цели не более чем один-двумя снарядами;

5. Непрерывное взаимодействие между пехотой, средствами БПЛА, огневыми средствами [1].

Третье учебное место «Действия основных подразделений» (рисунок 6).

С началом огневой поддержки осуществляются.

1. Выход в районы выполнения поставленных боевых задач.

2. Построение боевых порядков, выдвижение в составе боевых двоек-троек.

3. Выход на исходные рубежи.

4. Штурм объекта атаки осуществляется в составе штурмовых групп (огневых, блокирующих, отвлекающих, обходящих закрепления) с задачей блокировать противника с фронта, выйти во фланг (тыл), при постоянном огневом воздействии и поддержке огневых средств, исключить прямые атаки «в лоб».



Рисунок 6 – Учебное место «Действия основных подразделений»



Рисунок 7 – Огонь по опорному пункту ВСУ ведёт штурмовая группа ВС РФ в СВО

Для достижения успеха необходимы.

1. Постоянное ведение разведки и корректирования действий с помощью БПЛА в режиме реального времени.

2. Согласованные действия всех сил и средств по штурму взводного опорного пункта.

В ходе штурма и захвата позиций группы закрепления организовывают оборону, готовят позиции к отражению контратаки. Боевая задача планируется на всю глубину позиций противника, для использования их в своих целях.

Залог победы и успешной подготовки – следующие показатели.

1. Четкое и правильное уяснение задач подчиненными.
2. Постоянное ведение разведки.
3. Непрерывное огневое поражение противника, особенно вновь выявленных важных целей.
4. Организация взаимодействия и непрерывного управления.

В дальнейшем для подготовки и слаживания в составе подразделений разрабатывается к проведению комплексное тактико-огневое занятие.

Подготовка комплексного занятия начинается заблаговременно, накануне (во второй половине дня) и включает в себя: уточнение и определение исходных данных, подготовку учебных мест, разработку плана проведения занятия, мероприятия по подготовке руководителей на учебных местах (точках) личного состава, в ходе которых проводятся инструктажи, теоретическая подготовка, постановка задач, распределение

по учебным местам (точкам), подготовка вооружения, военной и специальной техники, боеприпасов и материальных средств к занятию (рисунок 8).



Рисунок 8 – Подготовка комплексного занятия

Исходными данными для подготовки занятия являются: тема, учебные цели, состав обучаемых, время и место проведения, продолжительность занятия, нормы расхода боеприпасов и средств имитации [3].

Комплексное занятие начинается с ввода в тактическую обстановку обучаемых и постановки боевой задачи в форме приказа на выдвижение в район занятий. Командир батальона (старший руководитель занятия) ставит боевую задачу (в том числе использует для этого карту местности, макет местности, 3D-проекцию). Командиры подразделений детализируют полученные боевые задачи, принимают решения и доводят их до подчиненных, организовывают боевые действия в соответствии с боевым уставом, подразделения осуществляют подготовку к выполнению боевой задачи (уяснение полученной задачи, восполнение запасов МС).

Важно понимать, что каждый элемент занятия рассматривается как отработка учебного вопроса, включая перемещение к месту проведения занятия (полигон, участок местности). Выдвижение осуществляется в боевом порядке с назначением органов охранения, разведки. Если в подразделении имеются БПЛА, маршрут движения предварительно разведывается (осматривается) с их помощью (тренировка расчетов БПЛА), в дальнейшем в ходе выдвижения осуществляются отработка вопросов отражения (уничтожения) ДРГ (действия боевыми группами), отработка нормативов по преодолению участков дистанционного минирования, отработка вопросов тактической медицины, действий элементов боевого порядка.

По прибытии в район проведения занятия подразделения под руководством командиров сразу выдвигаются на учебные места (точки), где приступают к занятиям. Занятия проводят лично командиры отделений, взводов, подразделений. Все перемещения в ходе занятия осуществляются «по-боевому» – как элемент действий подразделения в наступлении малыми боевыми группами (двойками, тройками, пятерками) [2]. Расчеты БпЛА осуществляют разведку местности, целей, а также корректирование огня и действий подразделений. Необходимо добиваться постоянного огневого поражения противника на всю глубину поставленной задачи, с момента занятия подразделениями исходного района для наступления, перенос огня осуществлять по мере выхода подразделений до 200 м от разрыва своих снарядов. Разведывательные подразделения используются на всех этапах боя, в том числе при отсутствии возможности применения БпЛА

Учебные места для проведения занятий оборудуются на тактическом поле с использованием участков лесополос, с возможностью ведения стрельбы, а также перемещения между лесополосами не менее 300 м. Огневое поражение производится по

целям, в том числе из танков и ББМ с закрытых огневых позиций, расчетами АГС-17 заградительным огнем [4].

Создание системы охраны и обороны в районах проведения занятий с выставлением постов воздушного наблюдения, патрулей, секретов, наблюдателей, с развертыванием системы связи, разработкой сигналов оповещения, бового управления (с соблюдением требований СУВ), переходом на запасные частоты также считается выполнением учебно-боевой задачи и отрабатывается каждым подразделением в ходе спланированных занятий (рисунок 9).



Рисунок 9 – Учебное место «Оборона объекта»

В ходе занятия для создания боевой обстановки следует применять средства имитации, холостые боеприпасы – как по ходу перемещения военнослужащих, так и на огневом рубеже. Отчет по итогам занятий за сутки, включая роспись в раздаточной ведомости за израсходованные боеприпасы, – осуществляется в районе отдыха или после занятий (рисунок 8) [4].

По прибытии на полигон задача к началу действий (началу занятия) руководителем занятия ставится кратко, в форме боевого приказа. В ходе занятия – сигналами (вводными) с применением радиостанций. Смена на учебных местах проводится по команде руководителя по радиостанции установленным сигналом. За период проведения СВО в Вооруженных Силах Российской Федерации значительно возросла численность военнослужащих, имеющих реальный боевой опыт. Для проведения занятий с новобранцами в роли обучающих активно применяются инструктора из зоны СВО, способные обучать именно тому, что необходимо на войне.

Если до СВО личный состав зачастую все свободное время проводил на спортивных площадках, то сегодня их заменили участки местности, позволяющие в ходе тренировок как повышать мастерство для предстоящей боевой работы, так и поддерживать себя в форме. Сегодня в войсках активно проходит внедрение в систему боевой подготовки опыта организации и ведения боевых действий, приобретенного в зоне СВО.

Наши Вооруженные Силы планомерно выходят на новый уровень боевой готовности, и прежде чем делать громкие заявления о готовности направить в зону СВО свои войска, западным «партнерам» следует задуматься [5].

2. Подготовка военнослужащих к ведению боевых действий с применением БПЛА.

С недавних пор в Вооруженных силах РФ введена новая военно-учетная специальность – оператор БПЛА. При подготовке специалистов этого профиля отрабатывается не только применение своих беспилотников, но и противодействие дронам противника.

БпЛА – незаменимое средство в современной армии. Они выполняют множество задач, среди которых:

– разведка;
– передача сведений в наземный пункт в реальном времени;
– боевая атака;
– наведение авиации на наземные цели;
– корректировка огня ракетных войск;
– отвод внимания противника через создание ложных целей;
– ретрансляция связи [6].

В настоящее время подготовка специалистов по управлению комплексами с беспилотными летательными аппаратами в военно-учебных заведениях и учебных центрах Министерства обороны Российской Федерации ведется с использованием автоматизированных средств подготовки специалистов, в том числе унифицированного учебно-тренажерного комплекса (УУТК) и тренажеров управления комплексов с БПЛА, поставляемых в войска.

На полигоне обучающиеся разделены на пары: один управляет дроном в небе, напарник в это время на земле готовит аппарат для следующего запуска. Практика подсказала, что отправлять на обучение лучше тех специалистов, которые уже служат вместе. Это помогает в плане укрепления коммуникативных навыков, оттачивания взаимодействия. Такие ребята, что называется, понимают друг друга с полуслова. В последние месяцы в обучении операторов БПЛА внедрен порядок, при котором готовятся уже не отдельные специалисты, а сразу расчеты. Непосредственно во время учебного процесса военнослужащие проходят слаживание, то есть отправляются в зону проведения спецоперации полностью готовыми к боевой работе.

Большое внимание уделяется безопасности операторов БПЛА. Например, расчеты сейчас все чаще используют ретрансляторы, позволяющие осуществлять запуск удаленно, из укрытий. Есть подвижки и в плане организации ремонта, обслуживания, прошивки дронов. Специалистов, способных выполнять подобные манипуляции, становится все больше.

Сейчас применение FPV-дронов в ходе СВО стало уже будничной практикой. Не случайно опытные профессионалы уже соревнуются в мастерстве ювелирного владения своими беспилотниками.



Рисунок 10 – Обучение военнослужащих ВС РФ управлению FPV-дронами в полевом учебном центре «Небесный воин» ЦВО по подготовке операторов и перехватчиков БПЛА

Новости о результативном применении нашими войсками БПЛА в ходе проведения специальной военной операции (СВО) приходят ежедневно. Воздушные помощники задействованы сегодня в интересах едва ли не каждого подразделения, находящегося на переднем крае. При этом в ряде случаев БПЛА давно превратились уже не во вспомогательное разведывательное, а в боевое средство (взять те же FPV-дроны). По сути, активное использование в ходе СВО беспилотников различных типов стало одной

из примет изменившейся тактики ведения боевых действий, свидетельством практического внедрения обновленных подходов и технологий современного боя [6].



Рисунок 11 – Обучение ВС РФ управлению FPV-дронами в полевом учебном центре «Небесный воин» ЦВО по подготовке операторов и перехватчиков БПЛА

Сейчас применение FPV-дронов в ходе СВО стало уже будничной практикой. Не случайно опытные профессионалы уже соревнуются в мастерстве ювелирного владения своими беспилотниками.



Рисунок 12 – Боевое применение БПЛА

Список литературы:

1. Бой в населенном пункте : учеб. пособие // Главное управление боевой подготовки Вооруженных сил Российской Федерации. – М., 2022.
2. Информационный бюллетень боевой подготовки № 6 // Главное управление боевой подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации. – М., 2022. – URL : https://web.archive.org/web/20220111032147/https://mil.ru/russian_peacekeeping_forces/bulletins.htm?objInBlock=10&blk=12324310
3. Методические рекомендации командирам по обучению личного состава и подразделений для подготовки к ведению боевых действий // Главное управление боевой подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации. – М., 2022. Методические рекомендации по истреблению бронетехники стран НАТО. Группа «Шторм-Z». – Ростов-н/Д., 2023.
4. Сборник материалов специальной военной операции (на основе боевого опыта). – Ростов-н/Д., 2024.

5. Чернышев Ю.В. Выполнение разведывательно-огневых задач с беспилотным летательным аппаратом типа квадракоптер (по опыту СВО) / Ю.В. Чернышев, Х.А. Ишанов, А.А. Карпович // Михайловская военная артиллерийская академия. – СПб., 2022.
6. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов (квадракоптеров) сотрудниками спецподразделений в условиях проведения контртеррористической операции / Д.С. Зинченко [и др.] // Современный ученый. – 2023. – № 1. – С. 301–308. EDN HMXSJK
7. Вафин Д.Х. К вопросу перспектив развития и применения беспилотных авиационных систем с беспилотными летательными аппаратами / Д.Х. Вафин, А.Р. Абсалямов, В.В. Михайлов // Инновационные научные исследования в современном мире: сборник трудов по материалам XVII Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 04 марта 2024 года. – Уфа : Научно-издательский центр «Вестник науки», 2024. – С. 75–81. EDN GWKCLW

УДК 656.7

РИСКИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕТЧИКА

♦♦♦♦♦

RISKS IN THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A PILOT

Окунев В.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются проблемы освоения самолета пятого поколения, связь с летным обучением, научным сопровождением, оценкой риска.

Ключевые слова: технологии, иллюзии, психофизиология, информационная система, риски.

Okunev V.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the problems of mastering a fifth-generation aircraft and its connection with flight training, scientific support, and risk assessment.

Keywords: technologies, illusions, psychophysiology, information system, risks.

В современной авиации в связи с появлением новой техники проявились новые проблемы, в частности появление новых иллюзий в полете с допустимыми кратковременными перегрузками в простых метеоусловиях. Это потребовало дополнительного изучения устойчивости летчиков, их психической, физиологической и психологической составляющих процесса взаимодействия «летчик-самолет-среда». Определенную лепту в этот процесс может внести инженерная психология. Новейшие разработки в области робототехники, беспилотных летательных (БЛА), надводных и подводных (космических) аппаратов, нейрохирургии, искусственном интеллекте (ИИ) показывают значимость научного знания и дальнейшего изучения особенностей человеческой психологии. (В.А. Пономаренко. О человеческом факторе в авиации). Труд летчика, отчасти, сродни труду оператора и управленца системами, особенно при управлении современными летательными аппаратами (F-22, -35, Су-57, ПАК ДА и т.д.).

В настоящее время, инженерная психология стала частью сложного узла, в который связаны психология труда, эргономика, гигиена труда и профзаболеваний, судебная экспертиза, трудовая и профессиональная экспертиза, физиология труда авиационного персонала и антропометрия, профессиональная ориентация и трудовая реабилитация [1, с. 4].

Инженерная психология изучает и преобразует труд оператора, выполняющего функции управления сложной системой. Поэтому она теснейшим образом связана с системотехникой, технологией процессов и правоотношениями. Стремясь полнее и конкретнее представить труд оператора, его профессию в целом, инженерная психология выходит на междисциплинарные границы. Профессиональная психология занимается **изучением, проектированием и *преобразованием труда профессионала* и его жизни**. К двум этим областям примыкает психология труда. Все три лежат в междисциплинарной области, где пересекаются общая, социальная, экспериментальная, возрастная и педагогическая психология.

При проектировании технических объектов (в т.ч. ЛА 5–6 поколений) стараются оценить вероятность ошибочных действий персонала. Ошибки будут возникать в наиболее сложных пунктах трудового процесса, там, где велика нагрузка. Сложность известна заранее. При ее оценке исходят из возможностей человека воспринимать, запоминать, осмысливать, слушать и владеть собой, коммуникативных возможностей. Все эти возможности определяются количеством обрабатываемых предметов, временными характеристиками обработки, состоянием человека, т.е. его сенсорными способностями. Считается, что человеку свойственно ошибаться, но в сложных системах ошибки должны быть исключены, чаще – минимизированы, хотя последнее слово оставляют за оператором. При этом исключительно важен контроль ситуации и здесь на помощь приходит система, автоматика, робот. Контроль самого оператора, летчика за исполнением своих действий – одна из важных функций сознания. По мере профессионального совершенствования сознание высвобождается. Исследованиями подтверждено: сознательный контроль ведется не подряд, а только в наиболее сложных

местах процесса, производства, управления самолетом. В остальном контроль ведется автоматически, бессознательно. *Двигательный автоматизм - отличительная черта профессионального труда, что характерно для летчика*.

В устойчивых, неизменных условиях деятельности, при отсутствии признаков опасности или осложнения обстановки, двигательные автоматизмы осуществляют основную часть трудовых процессов [1, с. 5].

В меняющихся обстоятельствах большее значение приобретают *мыслительные процессы*. Двигательные автоматизмы отступают назад. В наиболее сложных ситуациях происходит *переход на ручное управление*, а значение двигательных автоматических процессов ограничивается. Все сказанное прямо относится к овладению летным составом ВВС РФ новейшей авиационной техникой – Су-57, Су-35С, Су-34М. Немного о создании ее.

В России разработка ЛА 5-го поколения началась в 70-х, продолжалась в 80-х, а в 90 г. была приостановлена.

США начали работы в 80-х и создали F-22. Освоение его было связано с проблемами боковых перегрузок, новыми иллюзиями, общей дезориентацией при смене летчиком вектора перегрузки, ощущениями перехода из одного в другое пространство, появление на углах атаки близких к 90°, а так же при интенсивном торможении, неустойчивого состояния (тошнота, головокружение). Отмечались факты частичной потери сознания (ряд катастроф- очевидно связана с этим). Перегрузки близкие к 10–12 ед. действующие более 1 мин приводят к потере сознания. Возможные предпричины – пространственная дезориентация. При этом констатировали, что:

– авиагоризонт, другие визуальные индикаторы не помогли в восстановлении ориентации;

– решение сложных задач принятие решения в воздухе и ведущийся радиообмен переключает внимание;

– отмечено стремление организма полагаться на вестибулярную ориентировку.

В России при продолжении работ по ЛА пятого поколения указанные проблемы повторились: освоение Су-57 тоже идет не быстро (в строю по состоянию на начало 2026 г. одна эскадрилья по данным открытых источников). По планам государственного оборонного заказа (ГОЗ-2025) у нас должно было быть порядка 50 этих самолетов.

Перед этим несколько лет ушло на работу летчиков-испытателей. Также происходили инциденты по причине потери пространственной ориентации (по данным В.А. Пономаренко 14–18 % ЛП происходит по этой причине) [2, с. 62]. Научное и медицинское сопровождение направлялось на изучение человеческих возможностей и улучшение взаимодействия с органами управления ЛА и двигателем, навигационной и информационной системой, системами управления оружием (СУО), автоматического управления и радиоэлектронной борьбы (РЭБ), т.е. моторным полем в кабине. Для максимального правдоподобия в исследованиях нужно использовать полноценный тренажер ЛА 5 поколения с воссозданием действующих в полете аэродинамических сил, а для изучения проблемных моментов прежде всего задействовать полноценное математическое моделирование, моделирующие комплексы [2, с. 64]. В этом отношении уже имеются значительные заделы, полученные при научном сопровождении ЛА предыдущих поколений (4, 4+, 4++).

Отдельные публикации результатов таких разработок есть в печати, работы сделаны в США, они продолжаются по мере приобретения F-22 операционной готовности и выпуском порядка 500 F-35A (- B), в т.ч. для союзников по НАТО. Известно об установке в кабине широкоформатных цветных дисплеев, боковых ручек управления, нашлемной системы индикации навигационной и тактической информации. Вычислительная техника решает навигационные, информационные и тактические задачи. Вся компоновка кабины проработана эргономически с учетом мнения летчиков, это же касается исполнения элементов летного снаряжения в т.ч. для женщин (рисунок 1).



Рисунок 1 – Экипировка летчика F-35

При отображении информации широко используется основа -картографическая информация на фоне которой второй слой – динамическая обстановка в цифровой и символьной, графической форме. В н. в. для сиюминутной осведомленности летчика добавлены элементы (виртуальной) дополненной реальности о положении объектов в закрытых летчику областях (под фюзеляжем). Экипаж может управлять отображением на индикаторах голосом, это высвобождает руки, а отображение на системе нашлемной индикации делает ненужной индикацию на лобовом стекле (ИЛС). Эти разработки внедрены на тактических истребителях США F-16 (блок 70), A/F-18.

Выводы американских специалистов, сопровождавших летные испытания: летчику ЛА 5 поколения трудно управлять и одновременно обрабатывать значительные объемы информации, сказывается нехватка времени.

Интегрированная информация на ЖК-дисплее не совпадает с текущим образом полета, а скорость ситуационных изменений начинает превышать возможности человека. Тем не менее самолеты F-22 стоят на боевом дежурстве по ПВО, а F-35 используются в ходе ведения боевых действий Израилем и США против Ирана в наши дни. США продолжаются научные исследования в области решения тактических задач, проблем дезорганизации и формирования новых психологических качеств летчиков.

Давно установлен факт, который сохраняет свою актуальность – наличие профессионально важных качеств (ПВК) летчика в современных боевых действиях. Это – образность мышления, стрессоустойчивость и устойчивость к дезорганизации, гибкость ума, интеллект, профессионализм, самокритичность. Важно заметить, что характер воздушного боя по опыту специальной военной операции (СВО) существенно изменился. После 4 лет СВО воздушный бой стал преимущественно дальний ракетный, что не исключает указанное выше. По- прежнему важны – агрессивность, установка на победу, воля, инициатива, хитрость, физическая выносливость, жизнестойкость. При этом установлено, что **для летчика опасно**:

– одновременные (более трех) действия, сопряженные во времени (пилотирование, поиск цели, работа с СУО, радиообмен и т.д.);

– одновременные операции в разных масштабах пространства и времени (решение нескольких боевых задач (НЦ и ВЦ), сопровождение, дозаправка в воздухе в воздухе, изменение режима полета, применение управляемого и неуправляемого оружия и т.д., несколько вылетов в день).

Следствием этого является волевое и эмоциональное утомление (истощение) и неуспех (ограниченный успех) в действиях, обусловленные неспособностью приспосабливаться к новым условиям (менять план полета), трудности переключения внимания между задачами, шаблон в действиях. Налицо психологическая яма. В рамках специальной военной операции наши экипажи ОТА решают в воздухе несколько боевых задач, поднимаясь в воздух 4–5 раз за сутки. Боевое применение – пуск ракет большой дальности по воздушным целям ВСУ – зачастую производили раньше Д мах, что связывают с желанием упредить врага и в надежде на возможности ракет, отсюда много промахов. С другой стороны здесь кроется и психологическая неготовность действовать наверняка. Зачастую возможности новейшей АТ не используются ввиду ее не востребованности или не умения обработать. Это касается контейнерного оборудования разведки и РЭБ, включенного в состав боевой подвески самолета Су-34. Что даже у летчиков ГЛИЦ вызывает вопросы. Боевой опыт напрямую используется специалистами КБ и авиазаводов, авиационными медиками и психологами. Он определяет пути продолжения работы по совершенствованию АТ и оборудования, поиск человеческих резервов.

Так, необходимо интерактивное обучение на динамических стендах/тренажерах/симуляторах, воссоздающих модель ведения в/боя, смену воздушной обстановки, видимости земли и воздушного противника, создающих различные иллюзии (дезорганизации). Нужны тренажеры боевых самолетов для применения тактических приемов (разработки новых), они помогут развить интеллект. На этом возможно развить новые психически качества и летные навыки при освоении новой АТ. При этом нужно тесное взаимодействие летчиков-испытателей, летчиков строевых частей, специалистов авиационной медицины, представителей КБ и авиазаводов, экспертов и психологов. Потребуется встраивание специальных датчиков в летное обмундирование (экипировку), следящих за состоянием сердечно-сосудистой системы (ССС), контролем состоянием сознания – определения порога его потери и подключение автоматического управления и т.д.

Особенно важны новые результаты исследований в области помехоустойчивости, пространственной дезорганизации (иллюзий). Уже сегодня необходимо появление в строевых частях наряду с тренажерами, специального диагностического оборудования и средств восстановления (реабилитации) для летного состава. Необходим контроль за состоянием здоровья летного состава и изменениями в профессиональных заболеваниях с целью их раннего купирования, обеспечения разработки предупреждающих мер, физических упражнений, регулированию (снижения) норм нагрузки (перегрузок) летчикам, переводу в другие рода авиации. Работа в частях должна быть в тесном ключе с ведущими военно-медицинскими центрами (ЦНИАГ ВВС, объединенными НИИ авиационной медицины и космонавтики, другими НИЦ силовых ведомств) осуществляющими целевые программы в этом направлении, например, определении профессиональной годности летчиков, разработки методов восстановительной медицины, разработки средств психофизиологической тренировки, методик их осуществления, доведения всего этого до строевых авиационных частей. Обоюдная работа позволит выйти на необходимый уровень летного здоровья, успешного освоения АТ 5 поколения и реализации более широкого диапазона боевого применения этой техники, формирования нового порога психологической устойчивости. Уместно в этой связи сказать о роли авиационной медицины (АМ). Успешно решив проблему человеческого фактора, она ориентирована в наши дни на решение вопросов психофизиологии и повышения надежности летного труда. Имея многолетний опыт медико-эргономического сопровождения создания авиационной и космической техники, средств связи, АСУ и элементов искусственного интеллекта АМ разрабатывает проблемы экстремальной работоспособности и приспособления человека к необычным условиям среды [2, с. 67]. Это касается и проблем самолетов 5–6 поколения. Для их решения требуется высокий уровень моделирования негативных факторов, средства технического сопровождения моделирования, например, стенды АТ (полунатурный тренажер), центрифуга, вибро-, вестибулярные стенды, др. устройства, воссоздающие условия среды обитания. Так были определены границы физиологических возможностей компенсаторных способно-

сти человека. В конечном итоге обоснованы виды и средства защиты. Как пример, раскрыт механизм пространственной дезориентации в условиях неоднозначности информации.

Результаты научного сопровождения учитываются разработчиками АТ, а рекомендации используются в охране здоровья летчиков, например, так обоснованы нормы летных нагрузок (не более 3 полетов на сложный пилотаж и воздушный бой в летную смену). Учет нормативных санитарных требований к негативным факторам воздушной среды позволил существенно продлить летное долголетие (в 1998 г. средний возраст списания летчиков 32–34 года по медицине из-за превышений ПДК в 2–3 раза, обусловленные ими ошибки 40 %). В наши дни степень агрессивности негативных факторов усилилась: ударные перегрузки, новые иллюзии, электромагнитные и лазерные излучения, другое, что в целом влияет на здоровье и безопасность полетов. А следовательно, требует исследования, разработки обновленных требований к разрабатываемой технике, средствам обучения, жизнеобеспечения, психологическому отбору абитуриентов, структуре и содержанию специальной психофизиологической подготовки стремящихся в небо.

Подготовка курсантов-летчиков по мнению командования ВВС, командиров авиационных частей должна быть перестроена с учетом опыта СВО, а выпускник должен иметь налет на боевом самолете. Должны выйти новые боевые уставы родов авиации, определены новые задачи, нормативы, новые способы боевых действий, тактические приемы, вопросы взаимодействия, обеспечения и коммуникации (управления). Это позволит уточнить действующие ныне учебные программы, скорректировать учебное время в пользу летной подготовки и обеспечить повышение норм налета на УБС и технике, стоящей на вооружении ВВС (сегодня они достигают 120–150 часов на выпускника, желаемый – 250 часов). Необходим прорыв в поддержании (восстановлении) летного духа (курсанты выбирают профиль ВТА, а не ИА), в области профессиональной подготовки, подкрепленный новейшими средствами летного обучения – тренажерами Як-130, Су-34М, Су-30СМ, Л-410М.

По словам В.А. Пономаренко, летный ВУЗ должен готовить не только *специалиста*, о чем записывается в дипломе, но и сформировать *выпускника-летчика, готового защищать Родину* [2, с. 205]. В.И. Ленин в статье «О военспецах» упоминал, что их обязательно надо использовать при соответствующем контроле! Анализируя опыт СВО, можно заключить, что современные боевые действия требуют от летчика моральной и психологической готовности действовать в нестандартных ситуациях, в условиях недостатка информации, помех навигации и связи, в боевых условиях рисковать жизнью. Отмечено, что до 50 % проводившихся боевых действий (операций) пошло не по плану. Интересен при этом опыт израильских летчиков, которые в указанных условиях просто выходили (уклонялись) из боя. Т.е. знания, умения и навыки (*ЗУН*), *сегодня компетенции, приобретаемые в ВУЗе, являются средством к развитию личных качеств*, задатков от рождения и совершенствования *специалиста* в достижении уровня *профессионала – мастера* (*снайпера*). Показателен пример перегонки Ми-8 на сторону ВСУ как свидетельство отсутствия способности к защите своей страны (ст. л-т Кузьмин). По словам одного из заместителей командира *иап* ПВО (Миг-25п) на становление летчика после прихода в полк проходит определенное время, лично у офицера – почти 10 лет на полное овладение авиационным комплексом. Конечно, время сейчас иное, техника более сложная, но факт есть факт. К сложной, аварийной обстановке нужно готовиться, нарабатывать навыки перестройки психики к осмысленным действиям (впоследствии летчик посадил самолет с загоревшимся в воздухе двигателем). Так формируются базовые профессионально важные качества летчика: *организованность, самодостаточность, ответственность, профессионализм, интеллект, адаптивность, хорошее здоровье, самокритичность, стремление* к совершенствованию, целеустремленность, высокая духовность и культура.

Несколько слов о человеческом материале. Да, здорово, когда в училище приходит юноша по призванию, по преемственности, однако таких не большой процент, в н. в. в военный ВУЗ приходят те, кто не видит себя в бизнесе и не очень силен в науках. Поэтому так важно заинтересовать молодежь заранее, популяризировать лет-

ную профессию. А в самом ВУЗе должен быть создан соответствующий микроклимат - среда (курсанты, преподаватели, командование, военно-политический аппарат). Существование которой обеспечит реализацию курсантом права на самостоятельный нравственный выбор, в т.ч. *право на риск* при аварийной ситуации. Для этого нужно в учебных целях прежде всего на тренажерах создавать ситуации по-настоящему формирующие психическое состояние и функции, свойства личности нужные в летной работе. Важен учет психофизиологического состояния, его изменения у всех курсантов от 1 до 5 курса, внимательное сопровождение их, определение готовности (неготовности) к военной службе и летной работе. Учитываем и тот факт, что уже к 3 курсу курсант делает выбор рода авиации и изучаемого ЛА. Формирование мотивации – на профессионализм. Нельзя не отметить что с началом летного обучения важна роль летчика-инструктора. Близкий по возрасту, но уже сформировавшийся как личность и летчик, эта категория оказывает огромное влияние на курсантов. Действуя как командир и летчик, воспитатель, педагог, от простого к сложному, – он непосредственно передает курсантам свой опыт, любовь к профессии, преданность выбору и присяге, готовности к защите страны. Летчик-инструктор практически демонстрирует в воздухе грамотные и целесообразные действия (решения) чем оказывает огромное воздействие на курсанта, которые морально взрослеют в полете, учатся управлять собой. В этом плане командованию стоит уделять постоянное внимание данной категории летного состава, заботиться о подборе на эти должности достойных кандидатов, поддерживать и мотивировать на дальнейшую службу. Важен и учет мнения инструкторов о перспективах курсантов к дальнейшему летному обучению, после прохождения программы на Л-39, на боевом самолете.

В профессиональном росте (по В.А. Пономаренко) важна работа над собой, самовоспитание, переход от сознания к самосознанию, от навыков к образованию психических качеств – **способностей перевода знаний в действие** и поведения в поступки. В этой работе летчик должен самоограничиваться, изучить себя, знать свои возможности и слабости, чувствовать свое состояние, в т.ч. готовность **идти на риск**. Уместен пример выдающихся летчиков Нестерова, автора «мертвой петли», и В. Чкалова (пролет под мостом) как пример внутренней работы, подкрепленной расчетами и тренировками.

Профессионализм летчика – это не только действие, но и условие повышение мастерства, инструмент преодоления слабости человека перед опасностью. По мере достижения профессионализма у летчика происходит психологическая метаморфоза: удовольствие от полета, потребность в полете, удовлетворение от полета. С профессионализмом напрямую связана безопасность полетов, разумное ее решение связано с свободой выбора, творческим решением сложной задачи, возникшей в полете, установкой летчика на достижение цели полета. Ограничения, запреты, значительное упрощение задачи – препятствует развитию у летчиков главного качества – *готовности к осознанному риску*, к внутренней дисциплине, к творчеству. Творческое начало связано со зрелостью летчика, его психологическими качествами: памятью, вниманием, координацией, эмоциональной устойчивостью. Летчик побеждает стихию и себя (свои слабости). Нужно постоянно совершенствоваться! Творческий подход создает фундамент надежности действий летчика в особых случаях в полете.

Риск в летной работе – это и тест на профессионализм. В риске профессионала больше ума и решимости, чем принесение жертвы. В 1986 г. летчики полка истребителей на Миг-23М, командиры звеньев, отличные пилотажники, придумали новый тактический прием «Утка» и реализовали его. Но сколько было препон и сопротивления! Поэтому, видимо, и реализуется право на риск в особых ситуациях, в боевой обстановке, в зоне СВО. При этом летчик опирается на профессионально важные качества (ПВК): мотивация, стабильность личности, психическая адаптивность, внимание, оперативная память, пространственное мышление в т.ч. образность представления положения своего и воздушного противника в маневренном бою, устойчивость к перегрузкам и внешним раздражителям (помехам), хорошая психомоторная функция. Формирование ПВК определяется созданной в летной части системой. При этом командованием используются различные методы и средства:

– формирование профессиональной культуры и мотивации на длительную летную работу;

– поощрение личной активности, развитие самоанализа;

– рациональная психотерапия и аутогенная тренировка, активные социально-психологические тренировки, специальные физические упражнения, например, тренировка специальным методам дыхания, физические упражнения для мышц ног, пресса, шеи, тренировки на координацию [3, с. 16].

Развитие интеллектуальных ПВК (определяющих) достигается применением метода «опорных точек» в обучении (пример – успешный эксперимент летного обучения на Миг-29 в Армавире и Каче), ускоренное чтение показаний приборов специальным методом, применение учебных фильмов, фото (слайдов) внешнего пространства, специальных тренировок.

Интеллектуальные качества определяют умственную деятельность и образность мышления, способность к принятию решений, определяющих надежность действий в сложных полетных условиях.

Психофизиологические качества определяют помехоустойчивость летчика к различным воздействиям в полете.

Физиологические качества обеспечивают сохранение здоровья при воздействии психологических и физических факторов полета.

Физические качества определяют выносливость летчика и поддержание физиологических и психических резервов [4, с. 7].

С целью формирования мотивации курсантов необходимы на младших курсах знакомство с музеем авиации ВУЗа, встречи с ветеранами ВОВ, летчиками – участниками СВО, летчиками-испытателями, летчиками-инструкторами, космонавтами, посещения выставок АТ, показов (полетов) боевых самолетов. 2–3 курс полеты на УБС, 4-к курс – на боевом самолете, стоящем на вооружении ВВС.

Для формирования социальных качеств специалисты рекомендуют социальный тренинг: самоанализ своих психологических ошибок, работа над собой, у курсантов в группах, коллективе – формирование новых отношений и привыкание к ним, летчиков-инструкторов необходимо учить работе с курсантами.

Для формирования тактического (проф. мышления) целесообразен показ слайдов, фото отказавших приборов их показаниями с заключением курсанта о положении ЛА + решение навигационной задачи.

С целью развития физиологических качеств - устойчивость к иллюзиям, – необходима реализация комплекса тренировки вестибулярного аппарата (спец. физические тренировки и упражнения, например – вращения на кресле с одновременным определением пространственного положения. Переносимость перегрузок может быть достигнута спец. психолого-педагогическим тренингом, обучением спец. методам дыхания, использованием усовершенствованного ППК, защищающего дополнительно область шеи, позвоночника и специальных датчиков контролирующих сознание.

Качественные и количественные показатели РИСКА.

В соответствии с Приказом Министерства труда и социального развития РФ № 926 от 28.12.2021 г. утверждены Рекомендации по выбору методов оценки уровней профессионального риска (ПР) и по снижению уровней таких рисков [5, с. 3] При этом оговорено, что *организации, осуществляющие оценку ПР вправе использовать иные способы и методы*, кроме указанных и разрабатывать свой метод оценки ПР исходя из специфики.

В этом же направлении изданы ГОСТ Р 12.0.010-2009 «Национальный стандарт РФ. Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение и оценка рисков» – приказ Ростехрегулирования от 10.12.2009, ГОСТ Р 58771-2019 «Менеджмент риска. Технологии оценки риска» – приказ Федерального Агентства по Техническому регулированию и метрологии от 17.12.2019. Перечисленные документы содержат критерии, которыми работодателю рекомендуется руководствоваться при выборе методов оценки уровней профессиональных рисков, краткое описание применяемых в Российской Федерации и зарубежной практике методов оценки уровней профессиональных рисков, процесс и этапы выбора метода оценки уровней профессиональных рисков.

Применительно воинских организаций и частей оценка риска должна проводится как для сложных систем. Причем, оценка риска проводится для ее компонентов системы с учетом их взаимодействия между собой, а также с учетом связи последовательных действий и риска с целью недопущения ситуации, при которой действия по управлению одним риском в одном компоненте сложной системе приводят к катастрофической ситуации в другом компоненте сложной системы.

Оценки риска также зависит от временного диапазона проявления оцениваемого риска: риск краткосрочный (например, при выполнении однократных заданий), среднесрочный (например, при внедрении нового оборудования, проходящего апробацию), долгосрочный (например, поэтапное изменение технологической системы) либо, что бывает чаще всего, применимым к любому временному диапазону. Для использования некоторых методов оценки риска необходимо специальное программное обеспечение (СПО), специальное оборудование или приборы, обеспечивающие выполнение длительных вычислений. Для военной области наиболее применим метод (методы), которые рекомендуется использовать для оценки рисков в отношении отдельных наиболее опасных производственных процессов или оборудования (в том числе объединенного в технологическую цепочку). Здесь важен временной фактор получения оценки рисков (достижения цели при минимизации/не допущения/ потерь людей и техники).

Документами рекомендуется использовать ***матричный метод качественной (описательной, экспертной) оценки показателей*** вероятности возникновения опасных событий и тяжести их последствий, который позволяет руководителю провести оценку уровня профессиональных рисков на рабочих местах с наименьшими затратами ресурсов.

Но наиболее предпочтительным является **матричный метод балльной оценки**. Матрица рассматриваемого метода оценки риска строится на соотношении вероятности причинения ущерба от выявленной опасности и тяжести последствий ущерба, где вероятность и тяжесть имеют свои весовые коэффициенты (баллы), а *уровень риска рассчитывается путем перемножения баллов по показателям вероятности и тяжести по каждой идентифицированной опасности*, что отличает данный метод от матричного метода на основе экспертных заключений.

Для подсистемы инженерно-авиационного обеспечения (ИАО) частей ВВС применим ***метод технического обслуживания и поддержания надежности***. Он позволяет установить задачи в области технического обслуживания, такие как мониторинг технического состояния, плановые ремонт и замена, обнаружение отказов или текущее техническое обслуживание используемого оборудования. Дополнительные действия, которые рекомендуется реализовать по результатам применения рассматриваемого метода, включают в себя: модернизацию используемого оборудования, внесение изменений в эксплуатационные документы и процедуры технического обслуживания этого оборудования, а также проведение дополнительного обучения работников, эксплуатирующих это оборудование. В рамках анализа рекомендуется идентифицировать периодичность выполнения задач и требуемые ресурсы.

Применим и **метод оценки влияния человеческого фактора**. Метод *рекомендуется использовать для получения количественных данных об отказах, связанных с ошибками оператора, а также в качестве исходных данных для применения других методов.*

Данный метод, требующий значительных временных и финансовых затрат, а также повышения квалификации использующих его специалистов, рекомендуется использовать для оценки рисков на уровне конкретного оборудования или процесса, для рисков, действующих в среднесрочном и долгосрочном временном диапазоне, для решения операционных или тактических задач.

Пример матрицы качественной оценки профессиональных рисков показан в таблице 1.

В оценку рисков профессиональной деятельности летного состава должны закладываться критерии как качественной так и количественной оценки приемлемого (допустимого) риска. В организациях (ВУЗах) и строевых частях ВВС этим заниматься должно командование и группа лиц, имеющих специальную подготовку, кроме того,

необходима оргтехника и специальное сертифицированное программное обеспечение (СПО).

Таблица 1 – МАТРИЦА «3 Х 5»

Последствия, р	х	Вероятность, Q		=	Риск
Небольшие – 1	Х	Малая – маловероятно	1	1	Малый
		Малая - редко	2	2	Малый
		Средняя	3	3	Малый
		Большая – возможно	4	4	Малый
		Большая – почти наверняка	5	5	Малый
Средние – 2	Х	Малая – маловероятно	1	2	Малый
		Малая – редко	2	4	Малый
		Средняя	3	6	Средний
		Большая – возможно	4	8	Средний
		Большая – почти наверняка	5	10	Средний
Большие – 3	Х	Малая – маловероятно	1	3	Малый
		Малая – редко	2	6	Средний
		Средняя	3	9	Средний
		Большая – возможно	4	12	Высокий
		Большая – почти наверняка	5	15	Высокий

Оценка риска:
1–5 (низкий);
6–10 (средний);
11–15 (высокий)

Весовые доли компонентов, учитываемых в методиках оценки рисков должны доводиться исполнителям командованием (документами) в соответствии с установленным порядком. Расчетные значения могут быть использованы при принятии решений планирования боевых вылетов ОТА, летной подготовки в строевых и учебных частях, учета исправности и отхода в ремонт авиационной техники, при освоении новейших ЛА, в т. ч. 5–6 поколений.

Выводы:

1. В обучении курсантов и профессиональной работе летчиков имеются сходные тенденции спада мотивации и психической устойчивости. У летного состава это 9-11месяц.

2. В процессе учебы, психофизиологических тренировок на тренажере и в ходе учебных полетов могут формироваться необходимые ПВК, обеспечивающие необходимую готовность к действиям в аварийной ситуации.

3. В учебную программу летного училища должна быть включена программа (курс) медико-психологической подготовки, стимулирующий создание нового психологического задела, повышающего обычный запас прочности человека к перегрузкам, стрессу, помехам.

4. В практику профессиональной деятельности авиационных частей и учреждений (ВУЗ) должна быть включена (создана) и действовать на постоянной основе подси-

стема (группа, специалист) управления (оценки) профессиональных рисков летного состава.

Список литературы:

1. Пономаренко В.А. Безопасность полета – боль авиации. – М. : Московский психолого-социальный институт,2006. – 413 с.
2. Стрелков Ю.К. Инженерная и профессиональная психология. – М. : Издательский центр «Академия»; Высшая школа, 2001. – 360 с.
3. Окунев К.В. Объективная необходимость использования средств военно-прикладного плавания в целях совершенствования координации движений военнослужащих Воздушно-космических сил / К.В. Окунев, Д.А. Солнцев: Под ред. В.Л. Пашута // Сборник статей Итоговой научно-практической конференции военно-научного общества курсантов Военного института физической культуры за 2020 год, посвященной Дню российской науки: Материалы конференции : в 2-х ч., Санкт-Петербург, 25–26 марта 2021 года. – СПб. : Военный институт физической культуры, 2021. – Ч. 2. – С. 75–79.
4. К вопросу о перспективах взаимодействия летчика и самолета пятого поколения / К.А. Грачев [и др.] // Специальная техника и технология транспорта. – 2025. – № 25. – С. 454–463.
5. Приказ Министерства труда и социального развития РФ. Приложение 10. № 926 от 28.12.2021 г.

УДК 629.7.038

ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ПЕРЕЛЁТОВ: МАТЕРИАЛЫ, ДВИГАТЕЛИ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

♦♦♦♦♦

ENGINEERING SOLUTIONS FOR INTERPLANETARY TRAVEL: MATERIALS, PROPULSION SYSTEMS AND INTELLIGENT SYSTEMS

Падалка А.П.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Лютов Т.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Современное освоение космоса немыслимо без непрерывного прогресса в области материаловедения и двигательных установок. Данная работа представляет собой комплексный обзор ключевых материалов и технологий, определяющих облик перспективных космических летательных аппаратов. В статье систематизированы как традиционные, так и инновационные конструкционные и функциональные материалы, проанализированы прорывные двигательные решения и концепции повышения автономности космических аппаратов. Особое внимание уделено роли передовых разработок в снижении стоимости космических миссий, повышении их безопасности и открытии возможностей для дальних межпланетных перелетов. На основе анализа актуальных научных и инженерных данных предложен прогноз развития рассматриваемых технологий с учетом современных геополитических и экономических реалий.

Ключевые слова: космические материалы, металломатричные композиты, радиационная защита, плазменные двигатели, аддитивные технологии, межпланетные перелеты.

Padalka A.P.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Lyutov T.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Modern space exploration is inconceivable without continuous progress in the fields of materials science and propulsion systems. This paper provides a comprehensive overview of the key materials and technologies shaping the future of space vehicles. The article systematises both traditional and innovative structural and functional materials, and analyses breakthrough propulsion solutions and concepts for increasing the autonomy of spacecraft. Particular attention is paid to the role of cutting-edge developments in reducing the cost of space missions, enhancing their safety and opening up opportunities for long-distance interplanetary flights. Based on an analysis of current scientific and engineering data, a forecast for the development of the technologies under consideration is proposed, taking into account contemporary geopolitical and economic realities.

Keywords: space materials, metal matrix composites, radiation shielding, plasma engines, additive technologies, interplanetary flights.

Экстремальные условия космического пространства – вакуум, жесткое ионизирующее излучение, колоссальные перепады температур, ударное воздействие микрометеоритов – предъявляют беспрецедентные требования к материалам и конструкциям космических летательных аппаратов. Долгое время инженеры балансировали между массой, прочностью и надежностью, но сегодня на смену компромиссным решениям приходят прорывные технологии, способные обеспечить качественно новый уровень характеристик.

Основу большинства современных ракет и космических аппаратов по-прежнему составляют алюминиевые сплавы, на долю которых приходится от 50 до 90 % массы многих аппаратов, в том числе кораблей «Союз» и «Прогресс». Однако традиционные сплавы имеют существенные ограничения по рабочей температуре, которая не превышает 250 °С.

Прорывным решением в этой области стала разработка специалистами Московского института стали и сплавов нового жаропрочного алюминиевого сплава с добавлением кальция. Ключевое преимущество материала – отказ от дорогостоящих редкоземельных металлов и никеля, что достигается за счет формирования нерастворимых эвтектических кристаллов при взаимодействии кальция с кремнием. Благодаря нано-

размерным вторичным выделениям, содержащим медь и марганец, сплав сохраняет прочность и стабильность при нагреве до 400 °С. Экспериментально подтверждено, что после отжига при температуре 400 °С материал демонстрирует твёрдость, на 50 % превышающую показатели промышленного сплава 2219. При внедрении в производство новый сплав позволит упростить технологический процесс и снизить себестоимость изделий, так как не требует многоступенчатой термической обработки.

Для элементов, подвергающихся воздействию самых высоких температур, традиционные металлические сплавы не подходят. Ученые Московского авиационного института разработали и успешно опробовали методологию создания углерод-керамических композитов с матрицами на основе карбидов и боридов гафния, титана и ниобия. Ключевой принцип работы материала – формирование защитной оксидной пленки при высокотемпературном окислении, которая предотвращает дальнейшее проникновение окислителя вглубь композита.

Разработанные материалы демонстрируют работоспособность в потоках воздушной плазмы при температуре поверхности до 2400 °С, а также в продуктах сгорания углеводородного топлива с воздухом при температуре 2100–2300 °С. Такие характеристики открывают возможности для создания многоразовых гиперзвуковых аппаратов и реализации миссий к Венере, где температура на поверхности достигает 470 °С, а в атмосфере – значительно выше.

Особое место среди перспективных материалов занимают металломатричные композиты, сочетающие пластичность и технологичность металлической матрицы с высокой прочностью и жесткостью армирующего наполнителя. Ключевая особенность металломатричных композитов – способность сохранять конструкционную прочность (300–400 МПа) при температурах до 500 °С, при которых обычные алюминиевые сплавы «плывут». Это достигается за счёт наночастиц, блокирующих движение дислокаций в кристаллической решётке при нагреве.

Основные технологические вызовы связаны с необходимостью обеспечения идеальной адгезии между керамикой и металлом (иначе материал становится хрупким), равномерного распределения армирующих частиц для предотвращения слабых зон, а также с высокой стоимостью производства. Перспективным направлением является использование принципа микроарматуры, где расплав алюминия заливается в напечатанную на 3D-принтере сетку из титанового сплава.

Одной из наиболее сложных проблем космических полётов, особенно за пределами магнитосферы Земли, является защита от ионизирующего излучения. Традиционная толстая стена из свинца или алюминия создаёт «вторичное излучение»: высокоэнергетические космические частицы, сталкиваясь с тяжёлыми атомами экрана, порождают каскад новых опасных частиц.

Прорывным решением стали керамометаллические композиты системы LaB_6-Al-Mg, разработанные учёными Дальневосточного федерального университета. Материалы синтезируются методом электроимпульсного плазменного спекания при температуре 400 °С. Благодаря бору, эффективно захватывающему нейтроны, и прочной металлической матрице из алюминиево-магниевого сплава, двухмиллиметровый слой композита ослабляет поток тепловых нейтронов в два раза. Оптимальные защитные свойства достигаются при содержании 50 % LaB_6, где толщина слоя половинного ослабления составляет всего 0,202 см.

Параллельно развивается направление нанотрубок из нитрида бора (BNNT). Совместные расчёты исследовательской группы KIST с NASA показали, что BNNT-плёнка демонстрирует примерно на 15 % более высокую эффективность радиационной защиты по сравнению с алюминием при одинаковой массовой толщине. Разработка Массачусетского технологического института на основе вертикально выровненных BNNT с концентрацией наноматериала до 50 % превосходит по уровню защиты от нейтронной радиации существующие полимерные аналоги примерно в 10 раз.

В рамках инициативы Европейского космического агентства Project Cassandra разработан композитный материал HealTech, способный самостоятельно восстанавливать микротрещины. Материал представляет собой углеволокно со встроенным восстанавливающим составом, который активируется при нагреве до 100–140 °С и заполняет дефекты. Для диагностики повреждений используется сеть волоконно-оптических

датчиков, а избирательный нагрев обеспечивается алюминиевыми нагревательными решётками, изготовленными методом 3D-печати.

Использование самовосстанавливающихся конструкционных материалов особенно перспективно для многоразовых транспортных систем, так как позволяет сократить затраты времени на осмотр и ремонт, увеличить срок службы и снизить период окупаемости. Технология также может быть адаптирована для создания космических аппаратов с повышенной устойчивостью к микроповреждениям в дальних миссиях.

Учёные Химико-технологического кластера «Росатома» разработали инновационное углеволокно на основе изотропных и мезофазных пеков – продуктов переработки нефтяных остатков и каменного угля. Материал, состоящий из тончайших углеродных нитей толщиной 5–10 микрон, характеризуется высокой теплопроводностью (сопоставимой с медью), практически нулевым коэффициентом термического расширения и низким удельным весом. По удельной прочности углеволокно в разы превосходит алюминий.

Новый материал позволит создавать космические изделия нового поколения. Это орбитальные конструкции из полимерных композиционных материалов с линейными размерами до 200 метров. Это открывает возможности для создания сверхкрупных рефлекторов спутниковых систем, элементов корпусов и холодильников-излучателей космических станций длительного пребывания, а также систем теплоотвода на основе углерод-углеродных композитов.

Центр Келдыша завершил испытания двух новых высокомощных плазменных двигателей: КМ-50М и ИД-750. КМ-50М при мощности 50 кВт развивает тягу 1,5 Н на ксеноне при удельном импульсе 3800 с, а его ресурс благодаря технологии магнитного экранирования превышает 20000 часов. Двигатель ИД-750 демонстрирует ещё более впечатляющие показатели, обеспечивая ресурс работы свыше 50000 часов, что делает его одним из самых долговечных в мире.

Оба двигателя функционируют на ксеноне и криптоне – инертных газах, которые идеально подходят для длительного хранения и эксплуатации в космическом пространстве. Такие характеристики делают эти двигатели ключевым элементом для реализации межпланетных миссий, включая полёты к Марсу и астероидам. Испытания модуля из трёх двигателей ИД-750 подтвердили стабильность и надёжность работы в условиях, максимально приближённых к космическим.

В 2025 году NASA впервые с 1960-х годов возобновило испытания ядерных ракетных двигателей. Серия тестов, включавшая более сотни прогонов, прошла в Центре космических полётов имени Маршалла. Ядерные двигатели, использующие тепловую энергию деления урана для нагрева рабочего тела, способны обеспечить значительно более высокий удельный импульс по сравнению с химическими двигателями.

Технологии ядерного деления рассматриваются NASA как ключевой элемент для создания устойчивого лунного присутствия и осуществления пилотируемой миссии на Марс. Ожидается, что использование ядерных двигателей сократит время полёта к Марсу с 6–8 месяцев до 1,5–2 месяцев, что критически важно для снижения радиационной нагрузки на экипаж и обеспечения безопасности миссии.

Современные космические аппараты всё больше ориентируются на автономные системы управления, способные принимать решения в реальном времени без участия человека. Особое значение это приобретает для миссий в дальнем космосе, где задержка связи с Землёй достигает десятков минут.

Одним из наиболее перспективных направлений является квантовая навигация – это технология, основанная на использовании квантовых сенсоров, считывающих магнитные «отпечатки» планеты или использующих квантовые эффекты для высокоточного определения координат. В отличие от традиционных спутниковых навигационных систем, квантовая навигация не зависит от внешних сигналов и может работать в любых условиях, включая глубокий космос.

Российские разработки в этой области включают создание квантовых гравиметров и систем навигации по гравитационному полю Земли, а также использование оптических маяков в качестве навигационных реперов в космосе. Интеграция квантовых технологий в системы ориентации космических аппаратов позволит обеспечить сверхточное позиционирование в условиях отсутствия сигналов GPS/ГЛОНАСС, что критически важно для миссий к Луне, Марсу и далее.

Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева разрабатывает инновационную одноступенчатую ракету-носитель «Корона» с вертикальным взлётом и посадкой. В 2025 году планируется завершение научно-исследовательского этапа и переход к опытно-конструкторской разработке. Основные преимущества «Короны» включают высокие темпы пусков, низкую стоимость выведения полезной нагрузки (до 6 тонн на орбиту), отсутствие необходимости выделения районов падения ступеней, а также способность не только выводить, но и возвращать грузы с орбиты.

Анализ представленных разработок позволяет сформулировать несколько ключевых тенденций, определяющих будущее космического материаловедения и технологий.

Материалы. Основной вектор развития материаловедения – это отказ от компромиссных решений в пользу многофункциональных материалов, объединяющих несущую способность со специализированными функциями (радиационная защита, самовосстановление, сверхвысокая термостойкость). При этом критически важным фактором становится снижение стоимости производства: разработки НИТУ МИСИС, ДВФУ и «Росатома» демонстрируют, что отечественные учёные целенаправленно создают материалы, в десятки и сотни раз более доступные, чем зарубежные аналоги.

Двигательные установки. Комбинация электрореактивных двигателей для межпланетных перелётов (с ресурсом до 50 000 часов) и ядерных двигателей для пилотируемых миссий создаёт технологическую основу для регулярного освоения дальнего космоса. При этом ключевым сдерживающим фактором остаётся стоимость выведения полезной нагрузки, которую призваны снизить проекты полностью многоразовых носителей.

Интеграция. Наиболее значимый эффект будет достигнут при системной интеграции новых материалов и технологий. Например, применение металломатричных композитов в конструкции электрореактивных двигателей позволяет повысить их ресурс, а интеграция BNNT-композитов в конструкцию обитаемых модулей обеспечивает радиационную защиту экипажа без существенного увеличения массы.

Однако следует учитывать и существующие ограничения. Во-первых, аддитивные технологии и производство наноматериалов остаются дорогостоящими, что замедляет их внедрение в серийное производство. Во-вторых, разработка материалов для космоса требует длительных циклов испытаний, включая экспонирование образцов на борту МКС в рамках программ MISSE и аналогичных. В-третьих, современная геополитическая ситуация приводит к фрагментации международного научно-технического сотрудничества, что делает необходимым развитие полного цикла компетенций в рамках национальных программ.

Проведённый анализ показывает, что космическое материаловедение и сопряжённые технологии находятся на пороге качественного скачка. От компромиссных решений инженеры переходят к созданию материалов с заданными многофункциональными свойствами: сверхвысокая термостойкость при малой массе, эффективная радиационная защита без вторичного излучения, способность к самовосстановлению, беспрецедентная долговечность двигательных установок.

Эти разработки в совокупности создают технологическую базу для реализации амбициозных научных миссий: постоянного присутствия человека на Луне, пилотируемой экспедиции на Марс, исследования спутников внешних планет и, в отдалённой перспективе, межзвёздных зондов. Ключевым условием реализации этого потенциала является продолжение системных исследований, развитие экспериментальной базы и подготовка квалифицированных кадров в области космического материаловедения и смежных дисциплин.

Список литературы:

1. Разработка жаропрочного алюминиевого сплава для аэрокосмической отрасли / Н. Белов [и др.] // НИТУ МИСИС, 2025. – URL : mospravda.ru (09.04.2025).
2. Создание жаростойкого композита для ракетно-космической техники / А. Астапов [и др.] // МАИ, 2025. – URL : aviaport.ru (03.06.2025); – URL : additiv-tech.ru (06.06.2025).

3. LaB_6–AlMg cermets for space neutron shielding / О. Шичалин [и др.] // ScienceDirect, 2025. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2025.117295
4. Разработка композитного наноматериала на основе BNNT для защиты от космической радиации / П. Патель [и др.] // MIT/NASA. – 2025–2026. – URL : ixbt.com (12.03.2026); – URL : eurekalert.org (19.11.2025).
5. Elementum 3D / NASA. GRX-810 – оксидно-дисперсно-упрочнённый суперсплав для 3D-печати // NASA Glenn Research Center. – 2025. – URL : nasa.gov (15.08.2025).
6. Госкорпорация «Росатом». Разработка инновационного углеволокна для космической отрасли // НИИграфит / Росатом. – 2025. (Источник: niigrafit.ru 04.06.2025).
7. ESA / CompPair / CSEM / Com&Sens. Project Cassandra – самовосстанавливающийся композитный материал HealTech // ESA Future Transportation. – 2026. – URL : esa.int (03.03.2026).
8. АО ГНЦ «Центр Келдыша». Разработка и испытания высокомощных плазменных двигателей КМ-50М и ИД-750 // Роскосмос. – 2025. – URL : keldysh-space.ru; tass.ru
9. NASA. Возобновление испытаний ядерных ракетных двигателей // NASA Marshall Space Flight Center. – 2025. – URL : atomic-energy.ru (28.01.2026).
10. АО «ГРЦ Макеева». Разработка полностью многоразовой ракеты-носителя «Корона» // Роскосмос. – 2025. – URL : makeyev.ru (08.07.2025). – URL : aex.ru (30.10.2025)
11. Vast Space. Haven-1 – первая в мире частная космическая станция // Vast, 2025–2026. – URL : vastspace.com (20.01.2026).
12. Квантовые технологии навигации // ФГУП «ВНИИФТРИ»; Российский научный фонд. – URL : myseldon.com; rscf.ru (09.12.2025).

УДК 629.7.02

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗАДНЕЙ КРОМКИ КРЫЛА ПО ВСЕМУ РАЗМАХУ

♦♦♦♦♦

FULL-SPAN WING TRAILING EDGE MECHANIZATION

Гулевский Е.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савченко М.М.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается концепция механизации задней кромки крыла по всему размаху, которая предполагает отказ от традиционных элеронов в пользу специализированных устройств поперечного управления, таких как интерцепторы. Основная цель такого подхода – освободить всю заднюю кромку крыла для установки высокоэффективной взлетно-посадочной механизации (закрылков). Анализируются преимущества данной схемы, среди которых: значительное улучшение взлетно-посадочных характеристик самолета за счет увеличения подъемной силы и эффективной площади крыла, снижение массы конструкции, а также повышение качества поперечного управления, особенно на малых скоростях. В статье подробно описываются недостатки применения интерцепторов для управления креном.

Ключевые слова: механизация крыла, закрылки, флапероны, интерцепторы, дифференциальный стабилизатор.

Gulevsky E.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Savchenko M.M.
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the concept of full-span trailing-edge high-lift devices, which eliminates traditional ailerons in favor of specialized lateral control devices such as spoilers. The primary goal of this approach is to free up the entire wing trailing edge for the installation of highly effective high-lift devices (flaps). The advantages of this design are analyzed, including a significant improvement in aircraft takeoff and landing performance due to increased lift and effective wing area, reduced structural weight, and improved lateral control, especially at low speeds. The article also details the disadvantages of using spoilers for roll control.

Keywords: wing high-lift devices, flaps, flaperons, spoilers, differential stabilizer.

Скорость самолета при взлете ($V_{взл}$) или посадке ($V_{пос}$) можно определить из уравнения $Y = mg$ по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{2mg}{\rho_0 c_{ya} S}}, \quad (1)$$

где m – масса самолета соответственно при взлете или посадке; ρ_0 – плотность воздуха у земли; c_{ya} – коэффициент подъемной силы крыла; S – площадь крыла.

Из формулы (1) следует, что снизить взлетно-посадочные скорости можно за счет увеличения несущей способности крыла $c_{ya}S$.

Площадь крыла S обычно выбирают из условий полета с крейсерской скоростью на наивыгоднейшем угле атаки $\alpha_{нв}$ для снижения лобового сопротивления самолета c_{xa} и уменьшения потребной тяговооруженности P/G. Однако посадка самолета с такой площадью крыла даже на допустимом угле атаки αдоп не обеспечивает приемлемую посадочную скорость из-за низкого значения c_{ya} крыла. Повысить значения c_{ya} крыла на взлете и посадке можно с помощью механизации [1].

Механизация задней кромки крыла по всему размаху – это инженерное решение, при котором управляемые поверхности (в основном закрылки) занимают всю протяженность крыла от фюзеляжа до концевых частей. Обычно же эта зона разделена между закрылками (внутренняя часть) и элеронами (внешняя часть).

На задней кромке крыла могут устанавливаться различные типы механизации, часто комбинируемые:

– закрылки – это основные элементы для увеличения подъемной силы. Бывают поворотными, выдвижными (Фаулера), щелевыми (одно-, двух- и трех-). Их хорда обычно составляет 30–40 % от хорды крыла;

– флапероны – комбинированные поверхности, выполняющие функции и закрылков (при одновременном отклонении), и элеронов (при дифференциальном).

В механизированном крыле прирост $\Delta c_{ya\,\max}$ зависит от многих факторов, в том числе от типа и размаха механизации. При расположении механизации не по всему размаху крыла можно определить величину коэффициента подъемной силы крыла с механизацией по формуле [2]:

$$c'_{ya\,\max} = \frac{S_{\text{кр.м}}}{S} c_{ya\,\max}, \quad (2)$$

где $c'_{ya\,\max}$ – коэффициент подъемной силы крыла с механизацией не по всему размаху; $S_{\text{кр.м}}$ – площадь крыла, обслуживаемая механизацией (рисунок 1); S – площадь крыла; $c_{ya\,\max}$ – коэффициент подъемной силы крыла с механизацией по всему размаху.

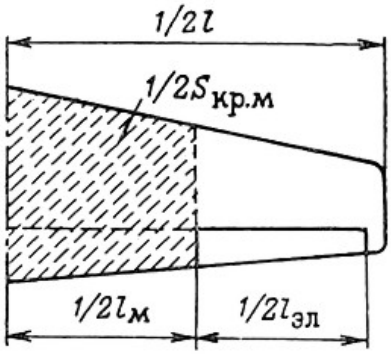


Рисунок 1 – К определению величины $c'_{ya\,\max}$ крыла с механизацией не по всему размаху

Из формулы (2) следует, что с увеличением площади крыла, обслуживаемой механизацией $S_{\text{кр.м}}$, коэффициент подъемной силы крыла $c'_{ya\,\max}$ возрастает.

Однако применение механизации крыла по всему размаху – это всегда компромисс.

Основные преимущества такого способа механизации крыла:

– максимальное увеличение подъемной силы. Эффект достигается за счет увеличения кривизны профиля и площади крыла на всей его протяженности. Это позволяет существенно снизить взлетную и посадочную скорости;

– улучшение взлетно-посадочных характеристик (ВПХ). Критически важно для самолетов с большой удельной нагрузкой на крыло или работающих с коротких ВПП.

Основные недостатки и сложности:

– потеря классического элерона. Главный вызов – обеспечение управления по крену. При полном размахе закрылков традиционные элероны отсутствуют. Альтернативы для управления креном: интерцепторы (могут использоваться как основной или резервный орган поперечного управления); дифференциально отклоняемые закрылки (флапероны) (крайние секции работают как элероны); управление с помощью элевонов (применяется на схемах «бесхвостка») или дифференциального стабилизатора;

– сложность и масса. Кинематические схемы выдвижения, особенно для больших закрылков, сложны и требуют мощных приводов;

– аэродинамическая интерференция. На концах крыла эффективность механизации может снижаться из-за перетекания потока.

Полная механизация задней кромки крыла – редкое, но применяемое решение, обычно в следующих областях:

– военная и специальная авиация. Например, на самолете Су-34 управление по крену (вращение вокруг продольной оси) осуществляется в основном за счет дифференциального отклонения половин управляемого стабилизатора, а флапероны, расположенные на крыле, совмещающие функции закрылков (для взлета и посадки) и элеронов (для управления креном), дополняют работу стабилизатора, создавая дополнительный момент;

– спортивные (пилотажные) самолеты. Некоторые модели используют флапероны для упрощения конструкции;

– экспериментальные самолеты. У конструкторов, это решение рассматривается, но требует тщательного анализа управления.

Первое предложение об использовании интерцепторов для поперечного управления самолетом относится к 1930-м годам. Тогда же эта идея прошла проверку в аэродинамических трубах и в летных испытаниях на легких самолетах. Были выявлены как преимущества, так и недостатки такой системы управления [3]. В настоящее время управление по крену с помощью интерцепторов (спойлеров) – это одна из двух основных (наряду с элеронами) систем, применяемых на современных самолетах, особенно на больших реактивных.

Основные преимущества управления креном с помощью интерцепторов по сравнению с управлением элеронами следующие:

– высокая эффективность на больших скоростях и при маневрировании. Интерцепторы создают значительное лобовое сопротивление при отклонении. Это не только кренит самолет, но и создает дифференциальное сопротивление, которое «тянет» поднимающееся крыло вперед, помогая инициировать разворот. Это особенно важно для тяжелых самолетов;

– отличная эффективность на малых скоростях (при посадке). На взлетно-посадочных режимах, когда элероны могут стать неэффективными из-за малой скорости и выпущенных закрылков, интерцепторы остаются очень эффективными. Они позволяют сохранять хорошее поперечное управление;

– роль воздушного тормоза. Основные функции интерцепторов – управление подъемной силой и торможение в полете (многофункциональность). При одновременном выпуске на обоих крыльях они резко уменьшают подъемную силу и увеличивают лобовое сопротивление, позволяя самолету быстро снижаться без набора скорости или эффективно тормозить после приземления;

– упрощение конструкции крыла. На очень больших прямых или стреловидных крыльях элероны, расположенные только на концах, могут создавать большие крутящие моменты и быть менее эффективными. Распределение интерцепторов по размаху крыла (часто несколько секций) позволяет создать более рациональную и надежную систему;

– улучшение характеристик сваливания. При сваливании на крыло интерцепторы на поднимающемся крыле могут автоматически выпускаться, чтобы уменьшить его подъемную силу и предотвратить или замедлить развитие штопора, помогая самолету выйти из сваливания;

– резервирование и безопасность. На большинстве тяжелых транспортных самолетов (Ил-76МД) интерцепторы используются в дополнение к элеронам. Это создает резервную систему управления креном. Если элероны выйдут из строя, пилоты могут использовать интерцепторы (хотя и с другими характеристиками управления).

Недостатки управления креном с помощью интерцепторов:

– невозможность создания положительной подъемной силы – главный недостаток. Интерцепторы только уменьшают подъемную силу. Они не могут ее увеличить на поднимающемся крыле, как это делает элерон, отклоняемый вниз. Поэтому для полноценного и сбалансированного управления креном их почти всегда используют вместе с элеронами;

– большие нагрузки на конструкцию и шарнирные моменты. При выпуске на высокой скорости интерцепторы испытывают колоссальные аэродинамические нагрузки, так как находятся прямо в набегающем потоке. Это требует очень мощных приводов и усиленной конструкции;

– значительное увеличение лобового сопротивления. Хотя дифференциальное сопротивление помогает в развороте, оно также ведет к потере скорости и энергии самолета. Чистое маневрирование только интерцепторами будет более «грубым» и энергозатратным по сравнению с парированием крена элеронами;

– сложность системы управления. На современных самолетах (Airbus A-320 и др.) чистое управление по крену осуществляется только интерцепторами на больших

углах отклонения штурвала, в то время как малые отклонения работают через элероны. Это требует сложного программного обеспечения в системе управления для смешивания сигналов и обеспечения правильных усилий и характеристик управления;

– возможность возникновения флаттера. Как и любая подвижная поверхность, при определенных условиях интерцептор может стать источником опасных вибраций (флаттер), что требует дополнительных мер по балансировке и демпфированию.

На подавляющем большинстве современных тяжелых реактивных самолетов (Boeing, Airbus) интерцепторы используются как основная или вспомогательная система управления креном в связке с элеронами. Их достоинства (многофункциональность, эффективность на всех режимах, помощь в развороте) перевешивают недостатки.

На некоторых военных самолетах (МиГ-23МЛД) интерцепторы использовались для высокоскоростного маневрирования вместо (или вместе) с дифференциальным стабилизатором.

На легких самолетах интерцепторы почти не встречаются из-за ненужной сложности и стоимости – там успешно справляются классические элероны.

Таким образом, анализируя механизацию крыла по всему размаху, можно сделать два вывода:

1. Механизация крыла по всему размаху – мощный инструмент для радикального улучшения взлетно-посадочных качеств, но она приводит к потере традиционных элеронов и требует сложных инженерных решений (интерцепторы, флапероны) для сохранения управляемости. Поэтому оно применяется там, где польза от сверхнизких скоростей перевешивает недостатки.

2. Управление креном с помощью интерцепторов – это компромиссное, но блестящее инженерное решение для больших скоростей и тяжелых самолетов, где их преимущества в управлении, безопасности и многофункциональности критически важны.

Список литературы:

1. Савченко М.М. Анализ средств улучшения взлетно-посадочных характеристик летательных аппаратов // Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 48–57.
2. Проектирование самолетов : учебник / А.А. Бадягин [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 516 с.
3. Бадягин А.А. Проектирование легких самолетов / А.А. Бадягин, Ф.А. Мухамедов. – М. : Машиностроение, 1978. – 208 с.

УДК 629.7

ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ ПОКРЫТИЙ ЛОПАТОК ТУРБИН АВИАЦИОННЫХ ГТД И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ

♦♦♦♦♦

CHARACTERISTICS OF TURBINE BLADE COATING STRUCTURE AVIATION GAS TURBINE ENGINES AND ITS IMPACT ON PROTECTIVE PROPERTIESCOATINGS

Вешкин С.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Черный Р.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье авторами исследуются структуры покрытий на лопатках турбин современных ГТД и ее влияние на защитные свойства покрытий. Описываются возможности покрытий по восприятию максимальных деформаций. Обосновывается необходимость применения комбинированного покрытия.

Ключевые слова: двигатель, лопатка, турбина, нагрузка, температура, сплав, покрытие, напряжение, структура, деформация, диапазон, усталость, пластичность.

Veshkin S.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shakhray E.A.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Cherniy R.R.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In the article, the authors study the structures of coatings on turbine blades of modern gas turbine engines and its effect on the protective properties of coatings. Possibilities of coatings by perception of maximum deformations are described. The need for a combined coating is justified.

Keywords: engine, blade, turbine, load, temperature, alloy, coating, stress, structure, deformation, range, fatigue, ductility.

Долговечность деталей, работающих в газовых средах, при высоких температурах во многом зависит от состава, структуры и свойств поверхностного слоя. Поверхностный слой металлов и сплавов выполняет важнейшую функцию надежности деталей. Особая роль поверхностного слоя состоит в том, что в нем, как правило, зарождаются трещины, протекают диффузионные процессы химического разрушения металла газовой средой, наиболее интенсивно зарождаются дефекты структуры, которые вызывают разрушение.

Одним из наиболее напряженных узлов современных газотурбинных двигателей авиационного назначения является газовая турбина. Температура газа перед турбиной возрастает до 1800 °С и более, уменьшается продолжительность набора и сброса оборотов. Все это ведет к значительному увеличению напряженности лопаток газовых турбин, снижению их долговечности. В процессе эксплуатации существенно возрастает повреждаемость поверхностных слоев от газовой коррозии, а также от термических и механических циклических нагрузок.

Целью данной работы является исследование структуры покрытий на лопатках турбин современных ГТД и ее влияние на защитные свойства покрытий.

Данный анализ проведен на примере наиболее нагруженных двигателей – РД33 и АЛ-31Ф, применяемых на самолетах истребительной авиации, а также двигателя Д30-КП транспортной авиации и двигателя изд. 34, применяемого на учебном самолете.

Особенностью работы этих двигателей является достаточно большое число циклов переменных нагрузок, высокая температура газов перед турбиной, наличие высокоскоростного потока, что приводит к разрушению от температурной усталости.

Газовый поток вызывает химическое разрушение поверхностных слоев коррозией и их эррозионный износ. Термомеханические нагрузки ускоряют коррозионное разрушение и вызывают растрескивание поверхностного слоя.

Проблема изучения сопротивления термической усталости материалов сопряжена с большими трудностями. В первую очередь для этого необходимо знать условия эксплуатации деталей. Равномерность теплопередачи по сечению анализируемых деталей также имеет существенное значение. Чрезмерно большое повышение температуры в отдельных областях опасно из-за возможности местного перегрева или пережога. Кроме того, в условиях циклического нагрева и охлаждения большое влияние на зарождение трещин оказывает как многофазовость структуры, так и термические свойства отдельных фаз, неметаллические включения, а также их распределение [1].

Анализ надежности эксплуатации двигателей за последние годы показывает, что наибольшая часть дефектов после выработки ресурса приходится на детали турбины, среди деталей узла турбины основная доля дефектов приходится на рабочие лопатки турбины высокого давления, где одним из основных дефектов является образование трещин в поверхностных слоях на внутренней и наружной поверхности лопатки.

Лопатки турбины, указанных двигателей, изготавливаются из жаропрочных никелевых сплавов ЖС6У, ЖС26, ЖС32 со структурой направленной кристаллизации и монокристаллической.

Температура газа перед турбинной современных двигателей достигает 1300–1500 °С и требует применения сложной системы охлаждения рабочей лопатки с целью существенного снижения температуры материала лопатки. Как видно из таблицы 1, температура газа, заторможенного на лопатке первой ступени турбины высокого давления, достигает на режиме повышенной температуры от 1000 °С на изд.34 до 1100 °С на РД-33.

Таблица 1

Режим	Место	РД-33	АЛ-31Ф	Д30КП	Изд. 34
РПТ	Входная кромка	1100 °С	1096 °С	1035 °С	1000 °С
	Выходная кромка	957 °С	1028 °С	980 °С	875 °С
Стендовый режим	Входная кромка	980 °С	1024 °С	917 °С	960 °С
	Выходная кромка	838 °С	944 °С	840 °С	835 °С

Вместе с тем, при циклическом изменении температуры возникают значительные термические напряжения, которые существенно осложняют напряженное состояние поверхностных слоев, а не равномерное распределение поля температуры только усложняет напряженное состояние поверхностных слоев. Так на двигателе Д-30КП максимальные термические деформации – 0,24 %, а на двигателях РД-33 и АЛ-31 – 0,38–0,42 %. Таким образом, градиент температуры по высоте и поверхности лопаток приводит к возникновению значительных термических напряжений, достигающих наибольших значений на нестационарном режиме работы двигателей.

Совместное действие термических напряжений, растягивающих напряжений от центробежных сил и напряжений изгиба от газодинамических сил приводит к повреждению покрытий рабочих лопаток турбины.

При обеспечении воспроизводимости нагрузок, вытекающих из условий эксплуатации, имеется два возможных пути повышения стойкости к возникновению трещин в поверхностных слоях сплавов. Первый заключается в защите рабочей поверхности от последствий нагрева, второй – в оптимизации химического состава сплава и структуры [1].

В настоящее время все больше надежды возлагается на применение различного рода защитных покрытий. Так как, например, использование лопаток из современных жаропрочных сплавов без покрытия, даже таких как ЖС32, в процессе эксплуатации на изделии в течение 200 часов имеет место существенное обеднение материала детали легирующими элементами на глубину до 80 мкм в горячей зоне на внешней поверхности лопатки, что приводит к существенному снижению механических характери-

стик материала в обедненной зоне. На внутренней поверхности лопаток без покрытия наблюдается окисление и последующее выкрашивание карбидов, находящихся в поверхностных слоях. Эти области являются концентраторами напряжения и могут являться центрами зарождения трещин, идущих из внутренней поверхности лопатки, что существенно снижает долговечность лопаток. Эффективные защитные покрытия предохраняют поверхностный слой материала лопатки от повреждения и способны существенно увеличить надежность лопаток турбины.

Жаростойкие защитные покрытия на жаропрочных сплавах применяют более 50 лет. За этот период разработаны многочисленные способы защиты лопаток от газовой коррозии. Однако, срок службы покрытий чаще определяется не продолжительностью защиты от газовой коррозии, а механическими свойствами материала покрытий, а именно сопротивляемость растрескиванию [2]. Долговечность лопаток турбины военных авиадвигателей почти до 70 % определяется временем до образования трещин в жаростойких сплавах и (или) покрытиях [3, 4]. Срок службы покрытий на лопатках турбины военных авиадвигателей можно увеличить путем повышения их прочности за счет уменьшения содержания алюминия до 15–19 % и формирования мелкозернистой структуры, состоящей из фаз β – NiAl и γ/ – Ni_3Al, а также путем уменьшения толщины слоя, при сохранении достаточной жаропрочности.

На исследуемых двигателях для защиты их рабочих лопаток применяется покрытия, имеющие следующую основную структуру (таблица 2).

Таблица 2

Тип двигателя	Д-30КП	АЛ-31Ф	РД-33	Изд. 34
Структура покрытия	β	β + γ/	β + γ	β + γ/
Метод нанесения	алитированный	диффузионный	конденсационный	порошковый

Сравним возможности этих покрытий по восприятию максимальных деформаций.

Видно, что суммарная деформация, при которой покрытия работают в другой области, для алитированного покрытия (1) со структурой β составляет 0,25–0,3 %, для конденсационного (3) со структурой β + γ – 0,35–0,4 %, а для диффузионной (2) со структурой β + γ/ – 0,6 %.

С учетом того, что максимальная деформация материала лопатки турбины ГТД достигает 0,4–0,5 %, а иногда и 0,6 % становится очевидным преимущество покрытия со структурой β + γ/. Такую структуру, например, имеют покрытия на лопатках двигателя АЛ-31Ф. Применение различных покрытий связано также с такими трудностями как большая разница температурных коэффициентов линейного расширения материала лопаток и покрытий, пористость покрытий, слабое их сцепление с подложной, а также изменение структуры покрытия во время эксплуатации. Так деформация покрытия, нанесенного на подложку отличается от деформации подложки. Это объясняется тем, что свой вклад вносит деформация, обусловленная разницей температурных коэффициентов линейного расширения (α).

$$\Delta E_{пк} = \Delta E_{тм} + \Delta E_{\alpha.}$$

Для конденсационных покрытий αпк > α сплава, следовательно ΔEα > то есть покрытие дополнительно растягивается. Таким образом покрытие при меньшей деформации подножки начинает работать в области пластических деформаций, что приводит к его растрескиванию вследствие малоцикловой усталости.

Для диффузионных покрытий, полученных хромоалитированных в вакууме, $\alpha_{пк} < \alpha_{спл}$, следовательно ΔEα < 0, то есть покрытие расширяет диапазон работы системы, сплав – покрытие в упругой области $\alpha_{пк} < \alpha_{сплава}$ обладают покрытия со структурой β + γ/, что еще раз доказывает на перспективность.

Таблица 3

Материал	Температурный интервал, ˚С	$\alpha \times 10^{-6}$, c^{-1}
Ni	25–1000	17,1
Ni_3Al (γ/)	25–1050	11,9
NiAl (β)	25–1050	14,3
ЖС 6У	20–1000	14,5
ЖС 26	20–1000	15,0
ЖС 32	20–1000	15,6
Алитированный ПК (β)	20–1000	14,5
Хромоалитированный ПК (β + γ/)	25–1050	13,5
Электроннолучевое покрытие (NiCrAlY) (β + γ)	25–1050	16,8–17,2

Таким образом, с точки зрения близких температурных коэффициентов линейного расширения материала лопатки и покрытия для исследуемых двигателей целесообразно применять комбинированное покрытие. Вначале вводить в состав покрытия различные химические элементы, с целью повышения жаростойкости, а затем хромоалитировать.

Если оценить величины остаточных напряжений количественно для покрытий СДП-2 (структура β + γ, $E = 18 \times 10^4$ МПа), алитированного (структура β, $E = 16{,}7 \times 10^4$ МПа) и хромоалитированного (структура β + γ/, $E = 18{,}0 \times 10^4$ МПа), то можно показать, что они составляют:

1. Для покрытий на сплаве ЖС 26:
– для СДП-2 – $\sigma_{раст} = 307$ МПа;
– для алитированного – $\sigma_{сж} = 88$ МПа;
– для хромоалитированного $\sigma_{сж} = 288$ МПа.
2. Для покрытий на сплаве ЖС 32:
– для СДП-2 – $\sigma_{раст} = 192$ МПа;
– для алитированного $\sigma_{сж} = 194$ МПа;
– для хромоалитированного $\sigma_{сж} = 403$ МПа.

Видно, что применяемые на лопатках турбины двигателя РД-33 покрытие СДП-2 до воздействия механических и температурных нагрузок уже находится под воздействием растягивающих напряжений, тогда как алитированное и хромоалитированное покрытия создают сжимающее напряжение, что приводит к расширению области воспринимаемых ими нагрузок до образования трещины.

Пластичность покрытия является одной из важнейших его характеристик. За параметр пластичности принимается деформация покрытия, при которой в покрытии появляется первая трещина. Считается, что при этом покрытие исчерпывает свои защитные свойства, так как, во-первых нарушена его целостность и компоненты внешней среды свободно проникают к сплаву, а во-вторых, трещина, появившаяся в покрытии, распространяется далее вглубь сплава и вызывает разрушение детали.

Уже накопленный опыт исследований в этой области свидетельствует о том, что пластичность снижается как с ростом толщины покрытия, так и с ростом концентрации алюминия в нем. Сравним эти параметры покрытий на исследуемых двигателях (таблица 4).

Таблица 4

Тип двигателя	Д-30КП	АЛ-31Ф	РД-33	Изд.34
Толщина покрытия, мкм	60–100	40–60	100–110	30–40
Концентрация Al, %	30–35	15–18	21–23	15–18

Видно, что лучшими пластическими свойствами обладают покрытия применяемые на двигателях АЛ-31Ф и изд. 34.

Таким образом из вышесказанного можно сделать вывод, что с точки зрения восприятия термических напряжений, покрытие должно иметь структуру $\beta + \gamma'$, толщина покрытия должна составлять порядка 40 мкм, а запас алюминия в поверхностном слое 15–18 %. Анализ применяемых покрытий на современных ГТД показал, что этим условиям наиболее удовлетворяют хромоалитированные покрытия. Допустимая толщина покрытия зависит от условий, в которых покрытие работает на рабочей лопатке конкретного двигателя.

Список литературы:

1. Пачурин Г.В. Сопротивление материалов. Усталость и ползучесть материалов при высоких температурах / Г.В. Пачурин, С.М. Шевченко, В.Н. Дубинский. – 2019. – 128 с.
2. ГИП и деформация гранулированных жаропрочных никелевых сплавов / Е.И. Разуваев [и др.] // Авиационные материалы и технологии. – 2016. – 149 с.
3. Скибин В.А. Научный вклад в создание авиационных двигателей. – М. : Машиностроение. 2000. – Т. 2. – 750 с.
4. Поваров К.Б. Изучение влияния редкоземельных металлов на жаропрочность сплавов на основе Ni_3Al / К.Б. Поваров, Н.К. Казанская, А.А. Дроздов // Металлы. – 2011. – № 1. – С. 55–63.
5. Альтернативные технологии повышения механических свойств гранулируемых жаропрочных никелевых сплавов для дисков ГТД (обзор) / А.М. Волков [и др.] // Труды ВИАМ: электрон. науч.-техн. журн. – 2019. – № 8(80).

УДК 629.735.3

ПРЕДЕЛЬНОЕ ДАВЛЕНИЕ АВАРИЙНОГО ТОРМОЖЕНИЯ НА ПРОБЕГЕ (САМОЛЕТ Л-39)

♦♦♦♦♦

EMERGENCY BRAKING LIMIT PRESSURE AT THE RUN (L-39 AIRCRAFT)

Медведев А.И.
Краснодарское высшее авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
aleksmed58@mil.ru

Дульцев М.М.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье излагается расчет давления в аварийном тормозе, при котором возникает юз основных колес при различных состояниях взлетно-посадочной полосы. Авторы описывают основные факторы, от которых зависит величина давления в аварийном тормозе. Материал статьи может быть использован при изучении конструкции воздушных судов, а также дает более полное понимание требований Руководства по летной эксплуатации самолета Л-39 в части, касающейся.

Ключевые слова: самолет, аварийный тормоз, момент сцепления, тормозной момент, тормозные диски, коэффициент сцепления, коэффициент трения, центровка, средняя аэродинамическая хорда.

Medvedev A.I.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
aleksmed58@mil.ru

Dulcev M.M.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describes the calculation of the maximum pressure in the emergency brake of the L-39 aircraft, which causes the main wheels to skid in different conditions of the runway. The article outlines the main factors that affect the maximum pressure in the emergency brake. The material in this article can be used to study the design of the L-39 aircraft, as well as to gain a better understanding of the requirements of the L-39 Flight Manual.

Keywords: aircraft, emergency brake, grip moment, braking moment, brake discs, coefficient of adhesion, coefficient of friction, centering, average aerodynamic chord.

В статье решается следующая задача: рассчитать предельное давление рпр в аварийном тормозе, при котором возникает юз на пробеге (самолет Л-39). Особенность аварийного тормоза – не работает антиюзовая автоматика. Знание $p_{пр}$ при разных условиях торможения позволит сделать процесс аварийного торможения более безопасным. Актуальность задачи обусловлена тем, что в нормативной документации самолета Л-39 это давление не указано.

Действия летчика при использовании аварийного торможения прописаны в РЛЭ самолета Л-39 (п. 658).

Для решения задачи потребуются исходные данные, изложенные в таблице 1. Таблица 1 составлена по материалам [1], [2], а также по результатам натурных измерений.

Таблица 1

Номер п.п.	Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.
1	2	3	4	5
1	Давление аварийного торможения	$p_{торм}$	0–33	кг/см^2
2	Внешний радиус тормозного диска	$R_{нар}$	122	мм
3	Внутренний радиус тормозного диска	$R_{внутр}$	84	мм
4	Радиус пневматика	$R_к$	305	мм
5	Обжатие пневматика	$\delta_{об}$	38	мм
6	Давление воздуха в пневматике	$p_{пн}$	5,5 + 0,3	кг/см^2
7	Количество пар трения дисков	$n_{пар}$	4	шт.
8	Радиус тормозного цилиндра	$r_{тц}$	18	мм
9	Количество тормозных цилиндров	$n_{тц}$	6	шт.

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
10	Площадь металлокерамических секторов	$F_{сектор}$	132	см^2
11	Максимальная посадочная масса	M_{max}	4492	кг
12	Минимальная посадочная масса	M_{min}	3705	кг
13	Мах скорость начала торможения	V_{max}	180	км/час
14	База шасси	b	4,39	м
15	Средняя аэродинамическая хорда	САХ	2,150	м
16	Центровка, (полная заправка)	X % $САХ_{max}$	22,4	%
17	Центровка, (минимальный остаток 150 кг)	X % $САХ_{min}$	21,2	%

Условием торможения колес без юза является следующее неравенство:

$$M_{торм} < M_{сц},$$

где $M_{торм}$ – тормозной момент, создаваемый тормозом; $M_{сц}$ – момент сцепления пневматика с ВПП.

Эффективное торможение (минимальный пробег при отсутствии юза) обеспечивается при давлении в аварийном тормозе $p_{пр}$, когда соблюдается равенство:

$$M_{торм} = M_{сц}.$$

Соответственно, для решения задачи, необходимо рассчитать $M_{торм}$ и $M_{сц}$.

Расчет момента сцепления

$$M_{сц} = \mu_{пн} \cdot P_r \cdot (R_к - \delta_{об}) = F_{сц} \cdot R_д \text{ [4]},$$

где P_r – радиальная нагрузка, действующая на колесо основной опоры; $R_д$ – динамический радиус колеса; $F_{сц}$ – сила сцепления пневматика с ВПП; $\mu_{пн}$ – коэффициент сцепления пневматика с ВПП.

Радиальная нагрузка P_r при пробеге складывается из составляющей силы тяжести G и подъемной силы Y. Подъемной силой Y пренебрегаем, поскольку, при торможении на пробеге, угол атаки крыла $\alpha_{кр} \approx 0$, соответственно, Cy также равен нулю (рисунок 1).

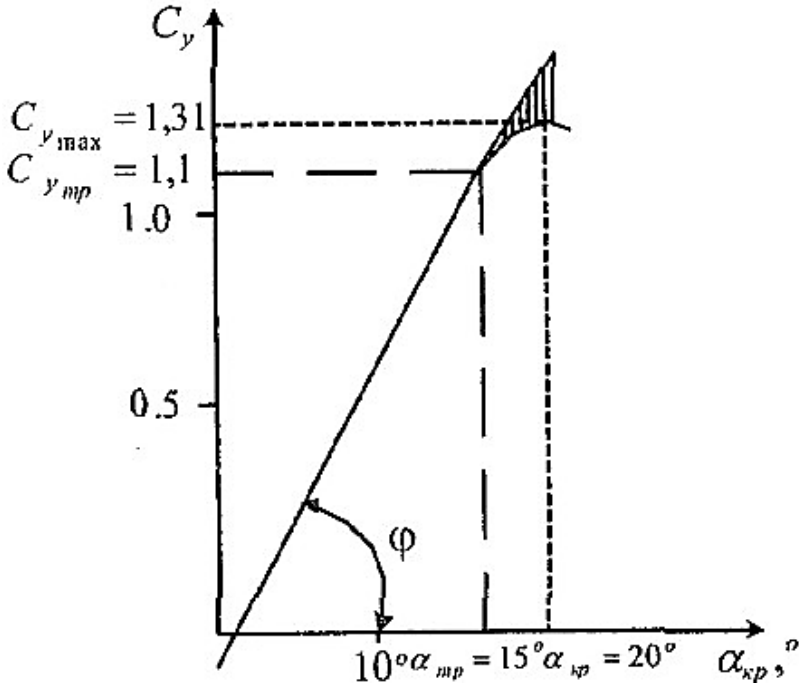


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента C_y от угла атаки (самолет Л-39) [3]

Для расчета P_r необходимо знать величину выноса основных опор e, который находим, используя расчетную схему определения центровки [1].

Находим вынос основных опоре для минимальной и максимальной посадочных масс:

$$e_{max} = b - (5{,}55 - 1{,}85) - \text{САХ}\cdot\text{X}\ \%\text{САХ}_{max} = 0{,}21 \text{ м};$$

$$e_{min} = b - (5{,}55 - 1{,}85) - \text{САХ}\cdot\text{X}\ \%\text{САХ}_{min} = 0{,}23 \text{ м}.$$

Радиальная нагрузка, действующая на основное колесо P_r, для минимальной и максимальной посадочных масс:

$$P_{r\,max} = G_{max}\ (b\text{-}e) / 2b = 4500(4{,}39\text{-}0{,}21)/(2\cdot 4{,}39) = 2142 \text{ кг};$$

$$P_{r\,min} = G_{min}\ (b\text{-}e) / 2b = 3705(4{,}39\text{-}0{,}23)/(2\cdot 4{,}39) = 1755 \text{ кг}.$$

Динамический радиус колеса (рисунок 2):

$$R_д = R_к - \delta_{об} = 0{,}305 - 0{,}038 = 0{,}267 \text{ м}.$$

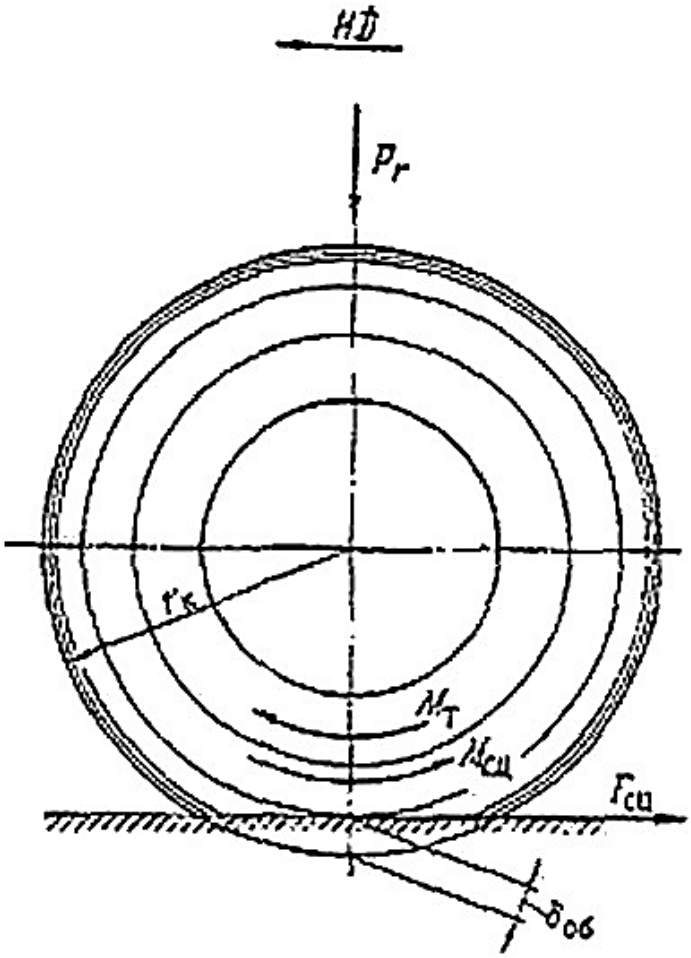


Рисунок 2 – Схема сил и моментов, действующих на колесо при торможении

Коэффициент сцепления $\mu_{пн}$ зависит от следующих факторов:

– состояния полосы (сухая/мокрая);
– скорости торможения;
– давления воздуха в пневматике.

По графикам (рисунки 3.1 и 3.2) определяем предельные коэффициенты сцепления пневматика для сухой $\mu_{пр.с}$ и мокрой μпр.м ВПП при максимальной скорости начала торможения 180 км/час (50 м/с).

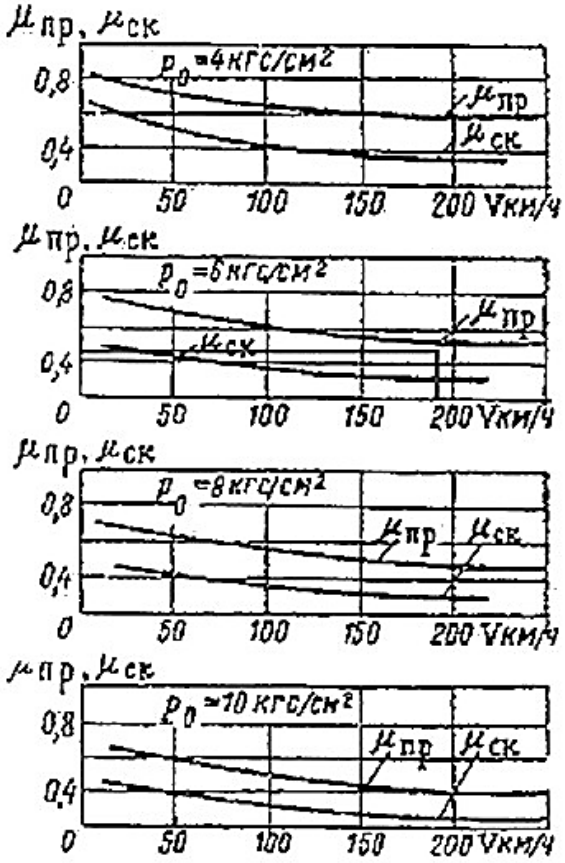


Рисунок 3.1 – График звисимости коэффициентов сцепления колеса $\mu_{пр}$ и $\mu_{ск}$ (для сухой бетонированной ВПП) от поступательной скорости V и давлени я воздуха в пневматике p_0

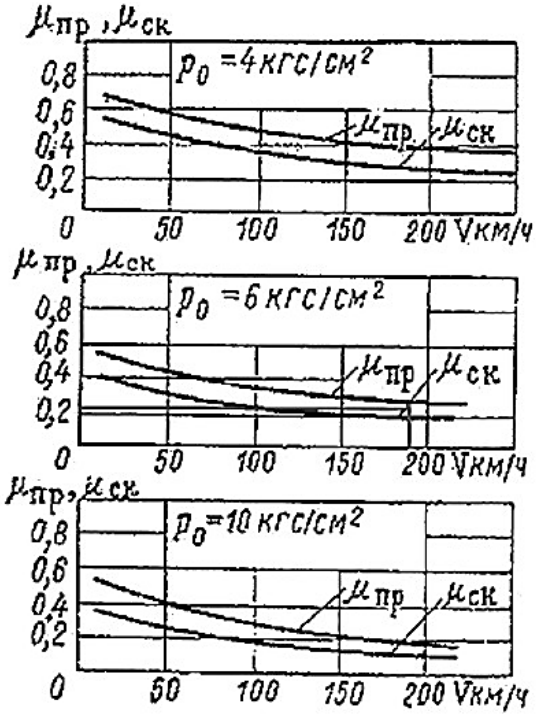


Рисунок 3.2 – График звисимости коэффициентов сцепления колеса $\mu_{пр}$ и $\mu_{ск}$ (для мокрой бетонированной ВПП) от поступательной скорости V и давлени я воздуха в пневматике p_0

По графику (рисунок 3.1) для сухой полосы $\mu_{пр.с}$ = 0,49. С учетом проскальзывания пневматика при торможении принимаем для сухой полосы $\mu_{пр.с}$ = 0,35.

По графику (рисунок 3.2) для мокрой полосы $\mu_{пр.м}$ = 0,28, с учетом проскальзывания $\mu_{пр.м}$ = 0,21.

При этом необходимо учитывать возможное глиссирование на мокрой полосе, возникновение которого вероятно при скорости $V_{гл} = 16{,}7(14{,}2p_{пн})^{1|2}$ [4].

$$V_{гл} = 148 \text{ км/ч}.$$

В результате вычислений получаем следующие значения предельного момента сцепления $M_{сц.пр}$ (таблица 2).

Таблица 2

Масса, кг	Полоса	Мсц пр, кг·м
4492	Сухая	200
	Мокрая	120
3705	Сухая	165
	Мокрая	99

Вывод: полученные результаты актуальны для начального этапа торможения. В дальнейшем, при снижении скорости, предельный момент сцепления Мсц пр увеличивается в связи с ростом коэффициента сцепления $\mu_{пр.с}$ до 0,7–0,8 и $\mu_{пр.м}$ до 0,5–0,6 (рисунки 3.1 и 3.2), а также с уменьшением проскальзывания пневматика.

Расчет тормозного момента $M_{торм}$

Пакет тормозных дисков самолета Л-39 состоит из трех неподвижных дисков с металлокерамическими сегментами и двух подвижных чугунных дисков (рисунок 4).

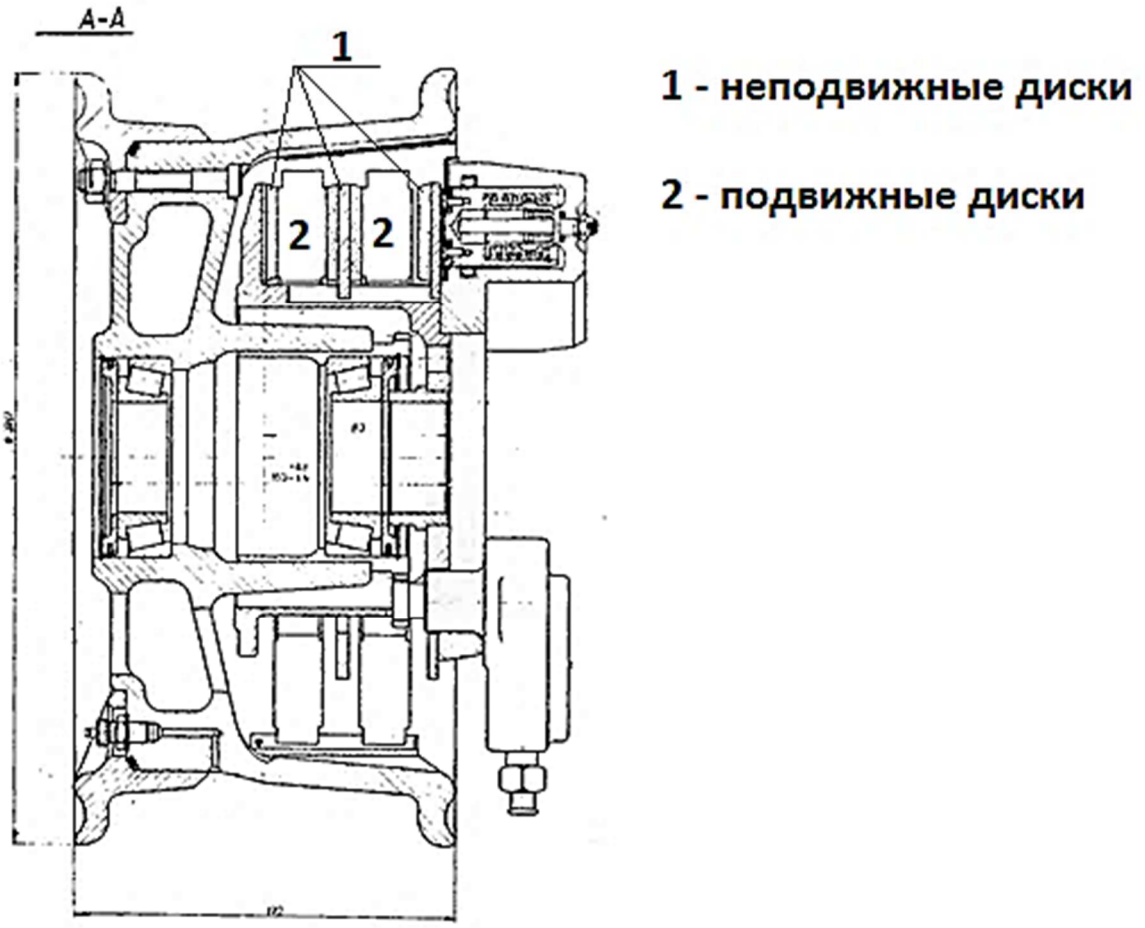


Рисунок 4 – Колесо с тормозом

Тормозной момент $M_{торм}$ рассчитывается по формуле $M_{торм} = M_{сц.пр} = M_{торм} = M_{сц.пр} = f_т \cdot S_т \cdot R_т \cdot n_{пар}$:

где $f_т$ – коэффициент трения фрикционной пары тормоза; $S_т$ – осевое сжатие тормозных дисков; $R_{тр}$ – эффективный радиус трения; $n_{пар}$ – количество пар поверхностей трения.

Коэффициент трения тормозных дисков зависит от:
- материала фрикционных пар (рисунок 5);
- скорости скольжения фрикционных пар (рисунок 6 а);
- величины удельного давления (рисунок 6 б);
- температуры трущихся поверхностей (рисунок 6 в).

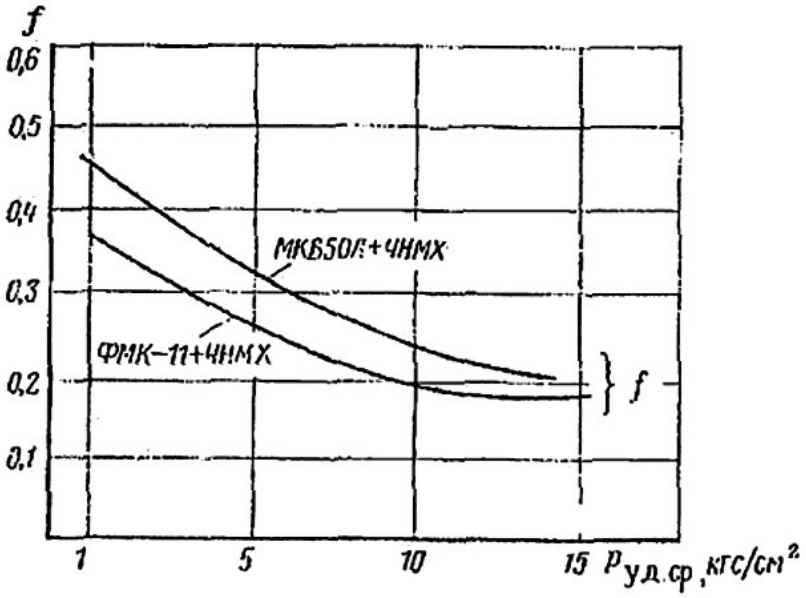


Рисунок 5 – График звисимости коэффициента трения *f* от среднего удельного давления $P_{уд. ср}$

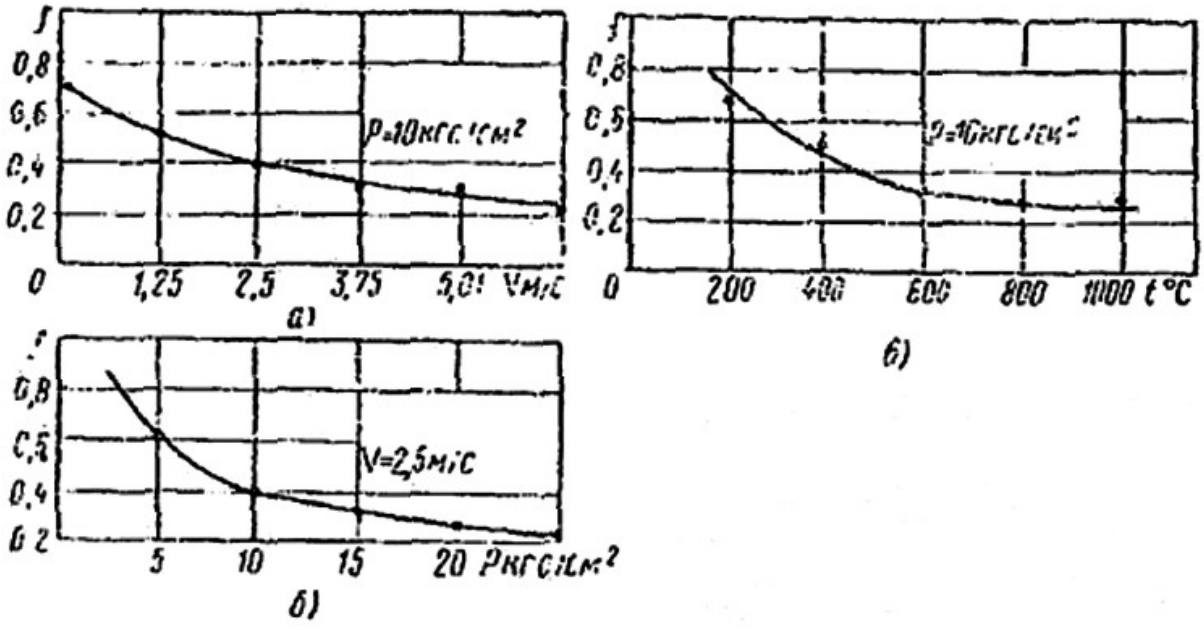


Рисунок 6 – Экспериментальные кривые изменения коэффициента трения *f* от скорости скольжения фрикционных пар (*а*), от удельного давления на контактных поверхностях (*б*) и температуры (*в*)

В таблице 3 представлены характеристики фрикционных материалов, работающих в паре с чугуном [4].

Таблица 3

Материалы фрикционных пар	Удельное давление в кгс/см²	Коэффициент трения f	Стабильность коэффициента трения $a_{ст}$	Износ материала за одно торможение в мкм	
				металлокерамики	стали (чугуна)
Металлокерамика № 1 — сталь	18—20	0,18	0,43	4,3	2
Металлокерамика № 2 — чугун	18—20	0,35	0,9	43—80	1
Металлокерамика № 3 — сталь	18—20	0,38	0,8	25—50	2

Находим величину удельного давления $P_{уд}$ для M_{max}

$$P_{уд} = S_т / F_{сектор} = 1212/132 = 9{,}2 \text{ кг/см}^2,$$

Поскольку рассчитанное удельное давление в тормозе самолета ≈ 10 кг/см², для вычислений берем значение $f_т = 0{,}4$.

Усилие сжатия тормозных дисков $S_т$ рассчитывается по формуле:

$$S_т = M_{сц.пр} / f_т \cdot R_{тр} \cdot n_{пар}.$$

где $R_{тр}$ – эффективный радиус трения (рисунок 7).

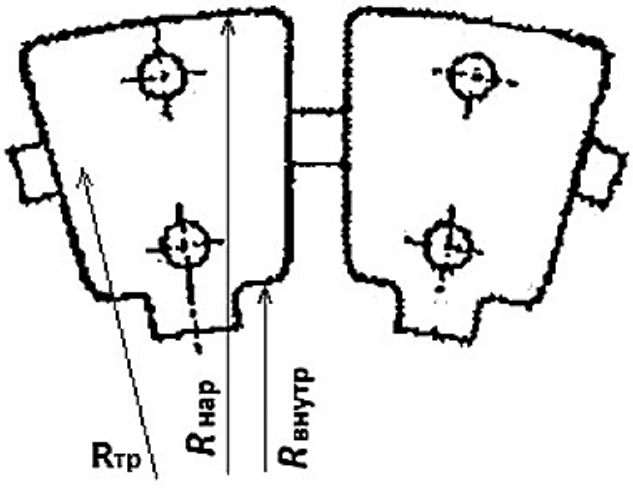


Рисунок 7 – Эффективный радиус трения

$$R_{тр} \approx (R_{нар} + R_{внутр}) / 2 = 0{,}103 \text{ м}.$$

Для расчета предельного давления в аварийном тормозе $p_{пр}$ в необходимо определить суммарную площадь поршней блока цилиндров $F_п$:

$$F_п = n_{тц} \cdot \pi \cdot r_{тц}^2 = 61 \text{ см}^2.$$

Предельное давление в аварийном тормозе рассчитывается по формуле [4]:

$$p_{пр} = 1{,}2 \, S_т / F_п,$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий потери давления на преодоление сил упругости пружин растормаживания и трения тормозных цилиндров.

Примечания.

1. Температура металлокерамики при торможении может достигать 500–600 ºС [4].
2. Скорость скольжения фрикционных пар Vск на начальном этапе торможения
3. $V_{ск} = V_{max} R_{тр} / R_к = 500{,}103 / 0{,}305 = 17$ м/с.

Результаты расчетов предельного давления в аварийном тормозе рпр приведены в таблице 4

Таблица 4

Масса, кг	ВПП	$M_{сц.пр}$, кг·м	$S_т$, кг	$p_{уд}$, кг/см^2	$p_{пр}$, кг/см^2
4492	сухая	200	1212	9,2	23,9
	мокрая	120	727	5,5	14,3
3705	сухая	165	1000	7,6	19,7
	мокрая	99	600	4,5	11,8

На рисунке 8 показано изменение тормозного момента пары чугун металлокерамика при постоянном удельном давлении (неизменном положении рычага аварийного тормоза). Тормозной момент Мторм растет в результате резкого увеличения коэффициента трения f_T при уменьшении скорости скольжения, которое перекрывает уменьшение f_T с повышение температуры из-за нагрева [4].

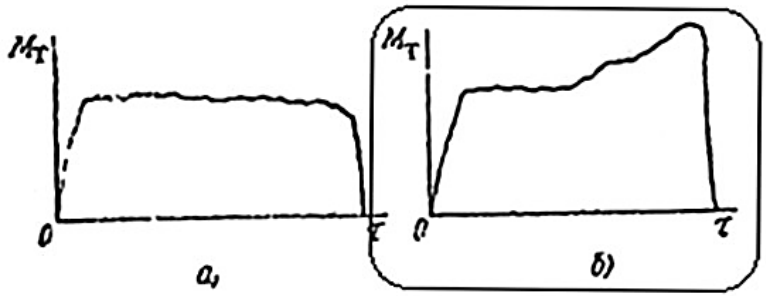


Рисунок 8 – Изменение тормозного момента по времени торможения при различных материалах фрикционных пар тормоза колеса:
а) чугун с пластмассой; б) чугун с металлокерамикой

Результаты выполненных расчетов требуют подтверждения на специальных установках – машинах трения (рисунок 9) [4].

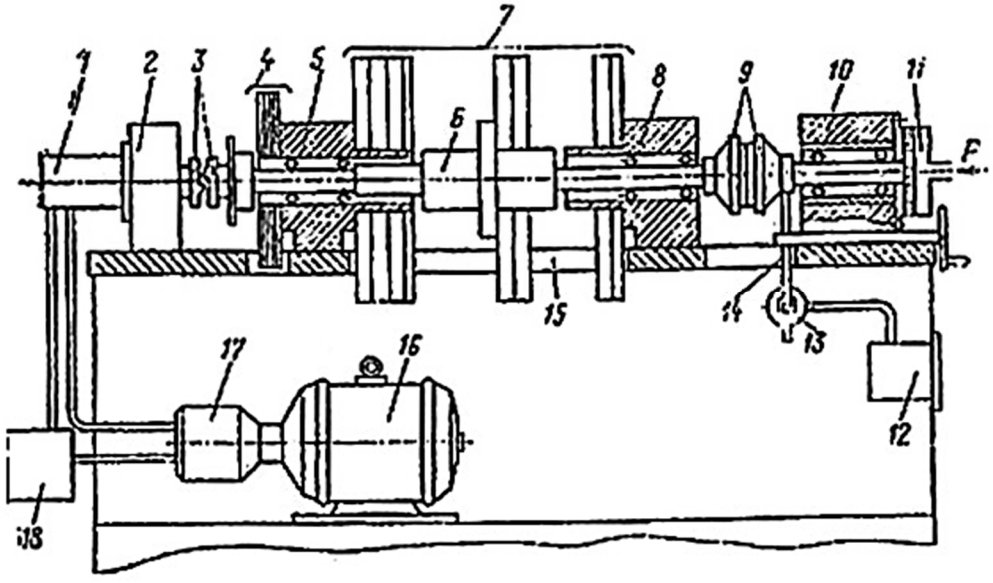


Рисунок 9 – Установка ИМ-58 для исследования свойств фрикционных материалов

Выводы:

1. Безопасное аварийное торможение, без юза, зависит от величины предельного давления $p_{пр}$ в тормозах колес.

2. В свою очередь, величина $p_{пр}$ зависит от посадочной массы самолета и состояния ВПП (сухая/мокрая). При аварийном торможении необходимо учитывать выше перечисленные факторы.

3. Значение $p_{пр}$ на сухой ВПП больше, чем $p_{пр}$ на мокрой, в ≈ 1,7 раза.

4. Значение $p_{пр}$ при максимальной посадочной массе больше, чем $p_{пр}$ при минимальной, в ≈ 1,2 раза.

5. При скорости, ориентировочно, 148 км/час на мокрой полосе возможно глиссирование колес.

6. При неизменном положении тормозного рычага аварийного тормоза, и, соответственно, постоянном давлении в тормозах, тормозной момент по мере уменьшения скорости самолета увеличивается.

Список литературы:

1. Самолет Л-39. Руководство по летной эксплуатации. – М. : Воениздат, 2017. – 257 с.
2. Техническое описание самолета Л-39. – 1986. – Кн. 2. – Т. 1.
3. Белозеров В.В., Семенчев Ю.П. Практическая аэродинамика самолета Л-39 : учеб. пособие. – Краснодар : КВВАУЛ, 2007– Ч. 1. – 158 с.
4. Зверев И.И. Проектирование авиационных колес и тормозных систем / И.И. Зверев, С.С. Кокорин. – М. : Машиностроение, 1973. – 114 с.

УДК 681.586

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРХЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ СКВИД ДЛЯ ПОИСКА ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ

♦♦♦♦♦

USE OF SUPER-SENSITIVE SQUID SENSORS TO SEARCH FOR UNDERWATER VESSELS

Дейкун Г.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Пасечник Д.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кошкин Д.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Современные подводные лодки, особенно оснащенные воздухонезависимыми энергоустановками (ВНЭУ), становятся все более акустически скрытными, что сводит на нет эффективность традиционных гидроакустических методов обнаружения. В этой связи на первый план выходят неакустические технологии, среди которых одним из наиболее перспективных является магнитопоиск (Magnetic Anomaly Detection, MAD).

Ключевые слова: СКВИД, охлаждение, помехи, методы, проблема.

Deykun G.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pasechnik D.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Koshkin D.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Modern submarines, especially those equipped with air-independent propulsion systems (AIPs), are becoming increasingly stealthy, making traditional hydroacoustic detection methods less effective. As a result, non-acoustic technologies are gaining prominence, with magnetics being one of the most promising (Magnetic Anomaly Detection, MAD).

Keywords: SQUID, cooling, interference, methods, problem.

Как работает метод и что такое СКВИД.
Магнитная аномалия (Magnetic Anomaly Detection, MAD) – обнаружение ничтожно слабых локальных искажений магнитного поля Земли, вызванных присутствием ферромагнитного объекта (в данном случае подводной лодки). Это классический пример поиска «иголки в стоге сена», где: «стог сена» – мощное (около 25–65 микротесла) и неоднородное магнитное поле Земли, которое к тому же постоянно меняется из-за солнечного ветра (геомагнитные вариации, бури). «Иголка» – магнитная аномалия от подлодки, которая может составлять от единиц до сотен нанотесла (1 нТл = 10^{-9} Тл) на небольшом расстоянии и быстро спадает (пропорционально ~$1/r^3$ для диполя).

СКВИД – это самый чувствительный датчик магнитного поля в мире. Он работает на основе сверхпроводимости, для которой требуется сильное охлаждение (жидкий гелий или азот). Его чувствительность не имеет аналогов.

Как SQUID применяется в MAD-системах?

1. Чувствительность: SQUID-магнитометры идеально подходят, так как их чувствительность (10^{-14} – 10^{-15} Тл/√Гц) на порядки превышает необходимый порог для регистрации аномалии от подлодки.

Сравнение чувствительности датчиков:

- обычный магнитометр: ~1 пикотесла;
- современный квантовый магнитометр (ОПМ): ~1 фемтотесла;
- СКВИД-магнитометр: ~0.1 фемтотеслы.

Сравнение с другими типами магнитометров для MAD:

- Протонные (ЯМР) / Квантовые (ОРМ): дешевле, но их максимальная чувствительность (~0.01 нТл/√Гц) находится на пределе для этой задачи. Они могут «захлебнуться» от быстрых изменений при движении носителя;
- Флюкс-градиометры (на основе катушек): Прочные и надежные, но их чувствительности (около 0.1 нТл/√Гц) зачастую недостаточно для обнаружения на больших расстояниях или для малошумных целей;
- SQUID-градиометры: Лидеры по чувствительности и быстродействию. Их главный недостаток – сложность эксплуатации (криогенное охлаждение), но в военных системах эта проблема решается созданием автономных криогенных систем с запасом хладагента на многие часы.

2. Градиентометрия – ключевой приём. Часто используют не один магнитометр, а систему из нескольких датчиков (конфигурацию), измеряющую не абсолютное значение поля, а его градиент (пространственную разность).

Например, два датчика разнесены на несколько метров. Оба они одинаково чувствуют медленные глобальные изменения поля Земли, но близко пролетая над аномалией, они увидят разную величину возмущения. Вычитая их сигналы, можно практически полностью подавить фон и выделить локальный сигнал.

Оптимальная конфигурация: Три ортогональных датчика или система «бабочка» для измерения полного тензора градиента магнитного поля. Это резко повышает точность определения местоположения и характера источника.

3. Платформа: Самые эффективные MAD-системы с SQUID устанавливаются на самолеты (чаще на специализированные патрульные самолеты). Это позволяет быстро сканировать огромные акватории. Датчики обычно размещаются в выдвижной штанге («хвосте») или гондоле, чтобы минимизировать магнитные помехи от самого носителя.

4. Обработка сигнала: даже с градиентометром данные нужно тщательно обрабатывать, чтобы отличить подлодку от:

- геологических аномалий (залежи минералов, базальтовые массивы);
- затонувших судов;
- магнитных «всплесков» в ионосфере.

Преимущества и недостатки СКВИД по сравнению с другими системами

Параметр	Обычные магнитометры	СКВИД
Чувствительность	хорошая	предельная
Дальность обнаружения	стандартная	максимальная
Скорость работы	высокая	очень высокая
Главный минус	простота использования	требует сложного охлаждения
Надежность	высокая	сложная, боится вибраций
Стоимость	умеренная	очень высокая

Обнаружение магнитной аномалии подлодки – это высокотехнологичная охота за квантовым «призраком». SQUID в этой задаче выступает как «сверхтелескоп» магнитного зрения, позволяющий увидеть то, что скрыто грандиозным и неспокойным фоном планеты. Именно сочетание беспрецедентной чувствительности SQUID и метода градиентных измерений делает возможным решение этой сложнейшей практической задачи.

Проблема охлаждения:

СКВИДу нужен «холодильник» на жидком гелии. Это громоздкое и дорогое оборудование, которое усложняет всю систему. Охлаждение – главный камень преткновения для широкого внедрения SQUID-технологий. Проблема охлаждения является ключевым инженерным и экономическим вызовом.

Суть проблемы:

1. Низкая температура: Классические SQUID на ниобии требуют температуры 4.2 К (–269 °С). Это царство жидкого гелия.

2. Громоздкость: Криостат (сосуд Дьюара) для хранения жидкого гелия – это не маленькая пробирка. Это вакуумно-изолированный сосуд, часто размером с большой термос или даже больше. Он тяжелый и хрупкий.

3. Дороговизна и дефицит:

- сам гелий – дорогой и невозобновляемый ресурс (продукт распада радиоактивных элементов в земной коре, добывается в ограниченных количествах);
- он постоянно испаряется (даже в лучших Дьюарах происходят потери), требуя регулярной и дорогостоящей дозаправки;
- необходима сложная инфраструктура: транспортировка, хранение, системы перелива.

4. Усложнение системы: Вся конструкция становится менее мобильной, более уязвимой и требует подготовленных операторов. В полевых или военных условиях это критический недостаток.

Проблема помех:

Из-за своей сверхчувствительности СКВИД «слышит» все магнитные шумы: от солнца, от собственного носителя (самолета или корабля), от линий электропередач. Сверхчувствительность SQUID превращает борьбу с помехами в его главную инженерную задачу. «Услышать» слабый сигнал – это только половина дела. Вторая половина – отличить его от гула всего окружающего мира.

Методы борьбы с помехами образуют многоуровневую систему защиты.

1. Пассивная защита (экранирование)

Магнитный экран (mu-metal): используется для стационарных установок (например, в лабораториях для МЭГ). Это специальный сплав с высокой магнитной проницаемостью, который «замыкает» на себя внешние магнитные поля. Очень эффективно, но тяжело, дорого и неприменимо для мобильных систем (нельзя экранировать самолет целиком).

2. Активные методы (компенсация и дифференциальные схемы) – основа для полевого применения. Основной инструмент – градиометр. Простейший градиометр (разностная схема): используются два идентичных SQUID-датчика, разнесенных на фиксированное расстояние (базу).

Принцип: Оба датчика одинаково «слышат» удаленные однородные помехи (геомагнитные возмущения, ионосферные бури).

Близкий локальный источник (подлодка, мина, геологическая аномалия) создает неоднородное поле, которое по-разному воздействует на ближний и дальний датчик.

Сигналы с датчиков вычитаются. Общий фон подавляется, а локальная аномалия усиливается.

Типы градиометров:

Осевой: Датчики расположены вдоль одной линии (например, вертикально в хвостовой штанге самолета).

Планарный: Датчики расположены в одной плоскости. Более устойчивы к наклонам платформы.

Тензорный (полный градиометр): использует несколько пар датчиков для измерения всех пространственных производных магнитного поля (тензора градиента 2-го ранга). Это максимально информативно для определения положения и типа источника.

Активная компенсация (Feedback Systems)

Система создает компенсирующее магнитное поле с помощью катушек, чтобы «обнулить» фоновое поле в области датчика в реальном времени. Позволяет SQUID работать в линейном режиме даже в изменяющемся геомагнитном поле.

Калибровка и вычитание сигналов носителя

Это критически важно для авиационных (MAD) и морских систем.

На носителе (самолете, корабле) устанавливаются дополнительные магнитометры/градиометры, измеряющие только помехи от собственного железа и электроники.

Сигнал с этих «реперных» датчиков, умноженный на заранее рассчитанные коэффициенты передачи, вычитается из сигнала основного поискового SQUID. Это сложная процедура, требующая предварительной магнитной градуировки всего носителя.

Цифровая обработка сигнала (DSP) и алгоритмы

Последний, мощнейший рубеж обороны.

Фильтрация: Полосовые, калмановские, адаптивные фильтры отсекают шумы на определенных частотах (например, частоты вибраций двигателя или бортовой сети 400 Гц).

Синхронное детектирование (Lock-in amplification): если можно модулировать искомый сигнал (например, в скважинных приборах или лабораторных установках), это позволяет выделить его из шума с колоссальным отношением сигнал/шум.

Спектральный и вейвлет-анализ: позволяют отделить кратковременный импульс от аномалии от медленных дрейфов фона.

Методы машинного обучения: современные алгоритмы учатся распознавать «отпечаток» нужного сигнала на фоне характерных для данной местности и условий помех.

Оптимизация траектории и тактики

В MAD-системах самолет летит по специальным схемам, чтобы отделить сигнал аномалии от геологических особенностей дна (которые статичны, а подлодка – движется).

Как это выглядит в реальной системе (например, на противолодочном вертолете)?

1. SQUID-градиометр в выдвижной хвостовой штанге сразу подавляет большую часть глобальных помех.
2. Система активной компенсации поддерживает рабочую точку.
3. Реперные датчики на фюзеляже непрерывно вычитают шум самолета.
4. Бортовая ЭВМ в реальном времени обрабатывает оставшийся сигнал через набор цифровых фильтров, настроенных на характерные частоты и формы сигналов целей.
5. Оператор видит на экране не сырой магнитный хаос, а очищенную кривую градиента или автоматическое целеуказание.

Проблема размещения:

1. *На корабле*

Это действительно наихудший сценарий для сверхчувствительного магнитометра.

Причины проблем:

1. Гигантский ферромагнитный источник: корпус корабля в десятки тысяч раз больше подлодки-цели. Его собственное намагничивание (постоянное + индуцированное полем Земли) колоссально.
2. Динамические помехи: вращающиеся винты, работающие генераторы, электродвигатели, перемещение грузов и даже поворот руля создают изменяющиеся магнитные поля.
3. Ограниченность выноса: невозможно отодвинуть датчик на километры. Буксируемый датчик на кабеле будет страдать от механических вибраций и все равно останется в шлейфе помех корабля.

2. *На дне моря*

Идея привлекательная для создания системы дальнего обнаружения или научного мониторинга.

Преимущества: позволяет «слушать» огромную акваторию с одной точки, скрытно и долговременно.

Главные проблемы:

1. Энергопотребление и автономность: Замкнутый криокулер потребляет сотни ватт. Необходимы либо кабель с берега/судна, либо огромные аккумуляторы/подводная энергоустановка.
2. Давление и герметичность: Криостат должен выдерживать давление в сотни атмосфер.
3. Долговременная стабильность: Система должна работать месяцами без обслуживания. Малейшая утечка гелия или поломка криокулера фатальна.
4. Связь: Передача данных на поверхность в реальном времени – отдельная сложная задача.

Практическая реализация:

Такие системы скорее теоретичны. Более реалистичны автономные необитаемые подводные аппараты (АНПА), периодически всплывающие для передачи данных и подзарядки, или стационарные кабельные обсерватории с прямым энергоснабжением с берега.

Заключение

SQUID для неакустического обнаружения – это высокорисковые, высокозатратные технологии завтрашнего дня, которые разрабатываются сегодня из-за их стратегического потенциала.

Список литературы:

1. Бухонский М.И. Возможности моделирования спектров сигналов в радиоэлектронных системах / М.И. Бухонский, Г.И. Дейкун, Д.Г. Дейкун // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции, Краснодар, 08–09 ноября 2023 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2023. – С. 137–140.
2. Измайлов Г.Н. Система SQUID/магнитостриктор: от возможностей в области фундаментальных проблем физики к необычным практическим применениям / Г.Н. Измайлов, Л.Н. Жерихина, А.М. Цховребов // Необратимые процессы в природе и технике: Труды восьмой Всероссийской конференции, Москва, 27–29 января 2015 года. – М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», 2015. – Ч. I.– С. 257–261.
3. Практическое применение математических методов динамического программирования при переоснащении авиационной базы новой техникой / В.Н. Плешаков [и др.] // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : Сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции, Краснодар, 17–19 декабря 2013 года / филиал Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ООО «Издательский Дом – Юг». – Краснодар : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2014. – С. 76–79.

УДК 621.315.5/6, 621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF ELECTROEROSION TREATMENT OF AVIATION EQUIPMENT ALLOYS

Лашко В.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Панков В.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Швецов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Проведен анализ свойств и структурно-фазового состава титановых сплавов авиационной техники. Определены основные направления их совершенствования.

Ключевые слова: электрод, деталь, инструмент, импульсные искровые разряды, плазма, прошивание, копирование, резание, шлифование.

Lashko V.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pankov V.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The analysis of the properties and structural and phase composition of titanium alloys of aviation equipment is carried out. The main directions of their improvement are defined.

Keywords: electrode, part, tool, pulsed spark discharges, plasma, stitching, copying, cutting, grinding.

Электроэрозионная обработка (ЭЭО) – контролируемое разрушение электропроводного материала под действием электрических разрядов между двумя электродами, то есть обработка через электрическую эрозию [1, 2, 3, 4]. Один из электродов является обрабатываемой деталью, другой электрод – инструментом.

Электроэрозионная обработка основана на вырывании частиц материала с поверхности импульсом электрического разряда. Если задано напряжение (расстояние) между электродами, погруженными в жидкий диэлектрик, то при их сближении (увеличении напряжения) происходит пробой диэлектрика – возникает электрический разряд, в канале которого образуется плазма с высокой температурой.

Так как длительность используемых в данном методе обработки электрических импульсов не превышает 10–20 сек, выделяющееся тепло, не успевает распространиться в глубь материала и даже незначительной энергии оказывается достаточно, чтобы разогреть, расплавить и испарить небольшое количество вещества. Кроме того, давление, развиваемое частицами плазмы при ударе об электрод, способствует выбросу (эрозии) не только расплавленного, но и просто разогретого вещества.

Поскольку электрический пробой, как правило, происходит по кратчайшему пути, то, прежде всего, разрушаются наиболее близко расположенные участки электродов. Таким образом, при приближении одного электрода заданной формы (инструмента) к другому (заготовке) поверхность последнего примет форму поверхности первого (рисунок 1).

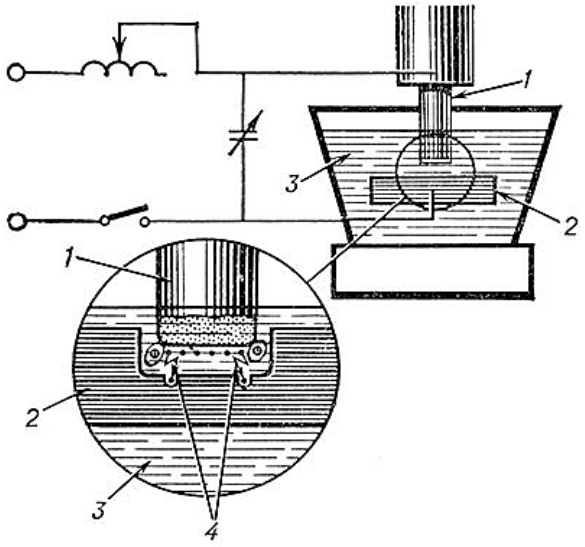


Рисунок 1 – Схема электроэрозионного метода обработки:
1) инструмент; 2) заготовка; 3) жидкий диэлектрик; 4) электрические разряды

Производительность процесса, качество получаемой поверхности в основном определяются параметрами электрических импульсов (их длительностью, частотой следования, энергией в импульсе).

Разряды производятся периодически, импульсно, так чтобы среда между электродами восстановила свою электрическую прочность. Для уменьшения эрозии электрод – инструмента используются униполярные импульсы тока. Полярность зависит от длительности импульса, поскольку при малой продолжительности импульса преобладает эрозия анода, а при большой длительности импульса преобладает эрозия катода. Поэтому на практике используются оба способа подачи униполярных импульсов: с подключением детали к положительному полюсу генератора импульсов (т. н. включение на прямую полярность); и с подключением детали к отрицательному полюсу (т. н. включение на обратную полярность).

Виды ЭЭО:

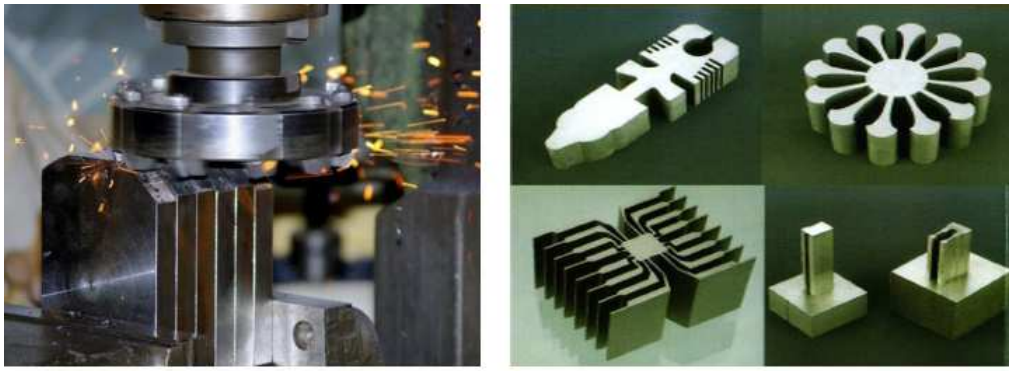
– электроискровая обработка (ЭИсО);
– электроимпульсная обработка (ЭИмО);
– прошивная (обработка профильным инструментом);
– вырезная (обработки непрофилированным электродом);
– электроконтактная обработка (ЭКО) (обработка в жидкой среде и обработка на воздухе);
– легирование и восстановление деталей (ЛВ).

В качестве генератора импульсов используется батарея конденсаторов, заряжаемых от источника постоянного тока; время зарядки конденсаторов регулируется реостатом.

Электрод-инструмент 1 перемещается к заготовке 2. По мере их сближения возрастает напряженность поля в пространстве между заготовкой и инструментом. Это пространство называют межэлектродным промежутком (МЭП) или просто промежутком (зазором).

При достижении определенной напряженности поля на участке с минимальным расстоянием между поверхностями электродов (минимальным электродным зазором), возникает электрический разряд (протекает импульс) тока, под действием которого происходило разрушение участка заготовки. Продукты обработки попадают в диэлектрическую жидкость 3, где охлаждаются, не достигая электрода-инструмента 1, и затем осаждаются на дно ванны. Через некоторое время электрод-инструмент 1 прошивает заготовку 2. Причем контур отверстия точно соответствовал профилю инструмента.

Первоначально для осуществления ЭЭО (рисунок 2) применялись исключительно искровые разряды, создаваемые конденсатором в так называемом RC-генераторе. Поэтому новый процесс в то время называли электроискровой обработкой.



а) б)

Рисунок 2 – Электроэрозионная обработка:
а) процесс электроэрозионной обработки;
б) детали, полученные электроэрозионным методом

Электроискровая обработка была предложена советскими учёными Н.И. и Б.Р. Лазаренко в 1943 году. Метод позволяет получить хорошую поверхность, но не обладает достаточной производительностью. Кроме того, при этом методе износ инструмента относительно велик (достигает 100 % от объёма снятого материала).

Метод используется в основном при прецизионной обработке небольших деталей, мелких отверстий, вырезке контуров, твердосплавных штампов проволочным электродом (см. ниже). При электроискровой обработке используют импульсные искровые разряды между электродами. Продолжительность импульса 20–200 мкс. Точность обработки до 0,002 мм, 0,63–0,16 мкм. Для обеспечения непрерывности процесса (зазор = const) станки снабжаются следящей системой и системой автоматической подачи инструмента.

ЭЭО получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, отверстия с криволинейными осями, вырезают заготовки из листа, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование. ЭЭО изготовляют штампы и пресс-формы, фильеры, режущий инструмент. Электроискровую обработку применяют для упрочнения поверхностного слоя металла. На поверхность изделия наносят тонкий слой металла или композиционного материала. Подобные покрытия повышают твердость, износостойкость, жаростойкость, эрозионную стойкость и так далее.

В начале 50-х годов XX столетия были разработаны специальные генераторы импульсов, благодаря которым обработку можно было проводить не только на коротких искровых разрядах, но и на более продолжительных искро-дуговых и дуговых разрядах. Чтобы отличить новые условия осуществления процесса, его стали называть электроимпульсной обработкой.

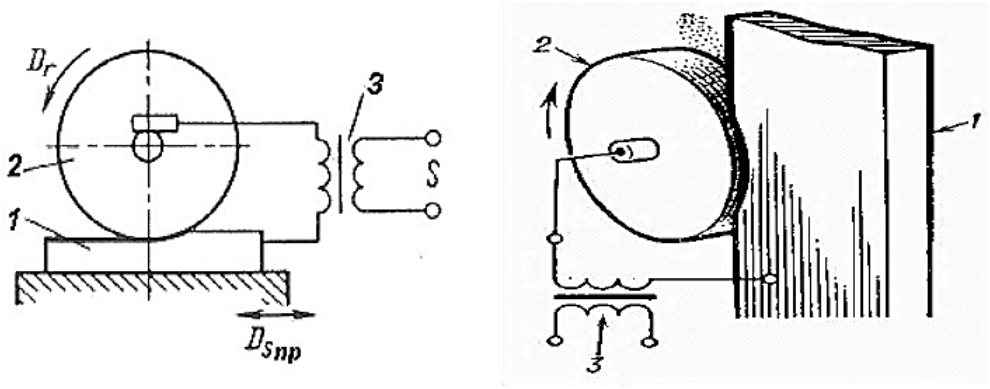
Электроимпульсная обработка предложена советским специалистом М.М. Писаревским в 1948 году. Этот метод стал внедряться в промышленность в начале 1950-х гг. В отличие от искрового, дуговой разряд имеет температуру плазмы ниже (4000–5000 °С), что позволяет увеличивать длительность импульсов, уменьшать промежутки между ними и таким образом вводить в зону обработки значительные мощности (несколько десятков квт), т. е. увеличивать производительность обработки.

Частота импульсов и их длительность выбирается исходя из технологических требований к обрабатываемой поверхности. Длительность импульса обычно лежит в диапазоне $0{,}1–10^{-7}$ секунды, частота от 5 кГц до 0,5 МГц. Чем меньше длительность импульса, тем меньше шероховатость получаемой поверхности. Средний ток во время ЭЭО зависит от площади обрабатываемой поверхности. При площади 3600 мм² оптимальный ток приблизительно равен 100 А. Характерное для дугового разряда преимущественное разрушение катода приводит к тому, что износ инструмента (в этом случае он подключается к аноду) ниже, чем при электроискровой обработке и составляет 0,05–0,3 % от объёма снятого материала (иногда инструмент вообще не изнашивается).

При электроимпульсной обработке съем металла в единицу времени в 8–10 раз больше, чем при электроискровой. Более экономичный электроимпульсный метод используется в основном для черновой обработки и для трёхкоординатной обработки фасонных поверхностей. Оба метода (электроискровой и электроимпульсный) дополняют друг друга.

Электромеханическая обработка объединяет методы, совмещающие одновременное механическое и электрическое воздействие на обрабатываемый материал в зоне обработки. К ним же относят методы, основанные на использовании некоторых физических явлений (например, гидравлический удар, ультразвук и др.).

Электроконтактная обработка основана на введении в зону механической обработки электрической энергии – возбуждении мощной дуги переменного или постоянного тока (до 12 Ка при напряжении до 50 в) между, например, диском, служащим для удаления материала из зоны обработки, и изделием (рисунки 3, 4, 3. 5).



а) б)

Рисунок 3 – Схема электроконтактной обработки плоской поверхности а):
1) заготовка; 2) инструмент; 3) трансформатор;
б) принципиальная схема электроконтактной обработки:
1) заготовка; 2) диск; 3) источник питания

Электроконтактная обработка применяется для обдирки литья, резки и других видов обработки, аналогичных по кинематике движений почти всем видам механической обработки.

Преимущества метода – высокая производительность (до 106 мм^3/мин) на грубых режимах, простота инструмента, работа при относительно небольших напряжениях, низкие удельные давления инструмента 30–50 кн/м^2 (0,3–0,5 кгс/см^2) и, как следствие, возможность использования для обработки твёрдых материалов инструмента, изготовленного из относительно мягких материалов.

Недостатки – большая шероховатость обработанной поверхности, тепловые воздействия на металл при жёстких режимах.

Разновидностью электроконтактной обработки является ***электроабразивная обработка*** – обработка абразивным инструментом (в т.ч. алмазно-абразивным), изготовленным на основе проводящих материалов. Введение в зону обработки электрической энергии значительно сокращает износ инструмента.

Электроконтактные станки по кинематике не отличаются практически от соответствующих металлорежущих станков и имеют мощный источник тока.

Методы наиболее целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток, фасонных отверстий в деталях из твердых, нержавеющих и жаропрочных сплавов.

В настоящее время применяют несколько технологических схем электроэрозионной обработки:

Прошивание – удаление металла из полостей, углублений, отверстий, пазов, с наружных поверхностей. Прошиванием можно получать поверхности как с прямой, так и с криволинейной осью.

Электроэрозионное шлифование (рисунок 4).

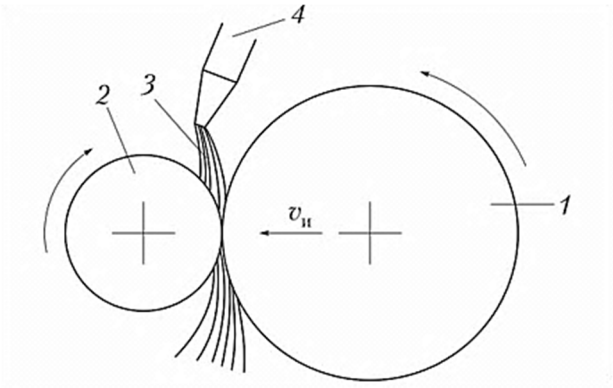


Рисунок 4 – Схема электроэрозионного шлифования:
1) электрод – инструмент, 2) заготовка, 3) жидкость, 4) насадка

Металлический электрод-инструмент 1 в форме диска совершает вращательное и поступательное движения к заготовке 2 со скоростью V_u. Заготовка может вращаться навстречу или попутно. Жидкость подается поливом из насадки 3. Инструмент – чугунный или медный диск. Обработку ведут на постоянном или переменном токе. Используемое напряжение 10–40 В. Метод не обеспечивает высокой точности и низкой шероховатости, но он высокопроизводителен вследствие использования больших электрических мощностей. Данный метод также используется для обработки плоских поверхностей.

Разрезание профильным или непрофилированным инструментом. Оно включает разделение заготовки на части – отрезание (рисунок 5) (инструмент – диск или пластина), получение непрямолинейного контура – вырезание, которое выполняется только непрофилированным электродом – инструментом (проволока диаметром 0,02–0,3 мм) или стержнями, которые могут перемещаться в различных направлениях со скоростью V_u в любой части заготовки.

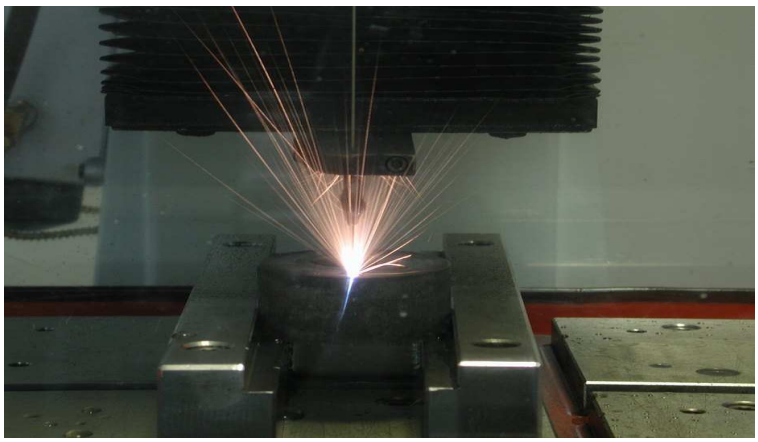


Рисунок 5 – Электроэрозионная резка

Материал проволоки – латунь, медь, вольфрам, молибден. Для устранения влияния износа электрода – инструмента на точность прорезаемых пазов проволоку или стержень перемещают (обычно перематыванием) вдоль оси с определенной скоростью. Разрезание (вырезание) выполняют в ванне с диэлектрической жидкостью.

Электроэрозионное упрочнение, включающее легирование и наращивание поверхности, обычно осуществляют на воздухе. Частицы расплавленного металла инструмента на воздухе не успевают остыть и оседают на поверхности заготовки, образуя на ней слой сплава, насыщенного легирующими элементами электрода-инструмента. Кроме того, нанесенный на заготовку слой закален до высокой твердости и имеет за счет этого повышенную износостойкость.

Копирование. При копировании получила распространение обработка ленточным электродом (рисунок 6). Лента, перематываясь с катушки на катушку, огибает копир, повторяющий форму зуба. На грубых режимах лента «прорезает» заготовку на требуемую глубину, после чего вращением заготовки щель расширяется на нужную ширину. Более распространена обработка проволочным электродом (лента заменяется проволокой). Этим способом, например, можно получать из единого куска материала одновременно пуансон и матрицу штампа, причём их соответствие практически идеально.

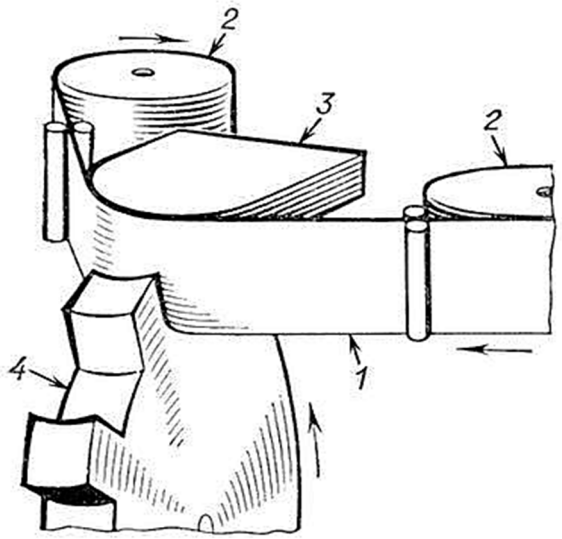


Рисунок 6 – Схема обработки пазов ленточным электродом:
1) лента; 2) катушки; 3) копир; 4) заготовка

Электроэрозионное прошивание – обработка, при которой электрод-инструмент, углубляется в электрод-заготовку, образует отверстие постоянного сечения.

Прошивание круглых прямолинейных отверстий (рисунок 7) осуществляется в процессе поступательного движения электрода-инструмента или электрода-заготовки.

Прошивание отверстий с криволинейной осью в общем случае обеспечивается поступательной подачей вдоль криволинейной оси электрода-инструмента.

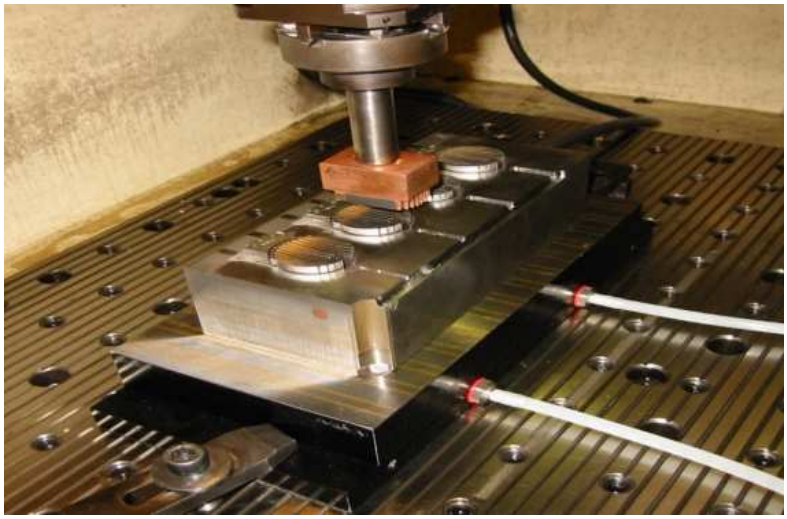


Рисунок 7 – Электроэрозионное прошивание отверстий

Общее описание процесса

Удаление металла с заготовки происходит в среде диэлектрика за счет микроразрядов, расплавляющих часть металла (рисунки 8, 9, 10, 11).

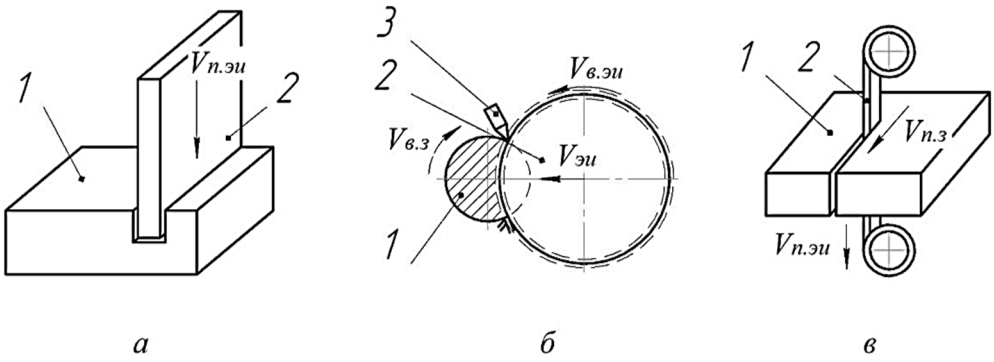


Рисунок 8 – Схемы отрезки плоским электродом (а), плоским диском (б), проволокой или лентой (в):
1) заготовка, 2) электрод-инструмент, 3) сопло

$V_{п.эи}$, $V_{п.з}$ – соответственно скорости поступательного движения электрода-инструмента и заготовки;

$V_{в.эи}$, $V_{в.з}$ – соответственно скорости вращательного движения электрода-инструмента и заготовки



Рисунок 9 – Электроэрозионная резка

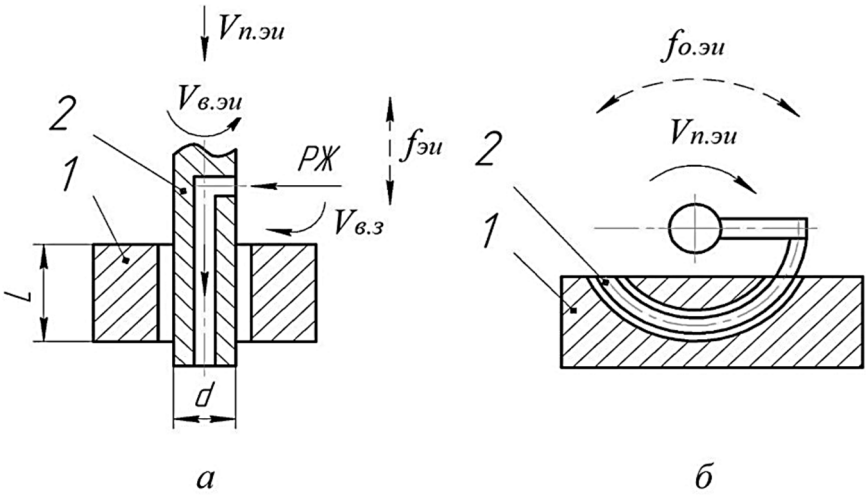


Рисунок 10 – Схемы прошивания круглых (а) и криволинейных (б) отверстий:
1) заготовка, 2) электрод-инструмент

$V_{п.эи}$ – скорость поступательного движения электрода инструмента;

$V_{в.эи}$, $V_{в.з}$ – соответственно скорости вращательного движения электрода-инструмента и заготовки;

$V_{о.эи}$ – скорость осцилляции электрода-инструмента;

$f_{о.эи}$ – частота колебаний электрода-инструмента.

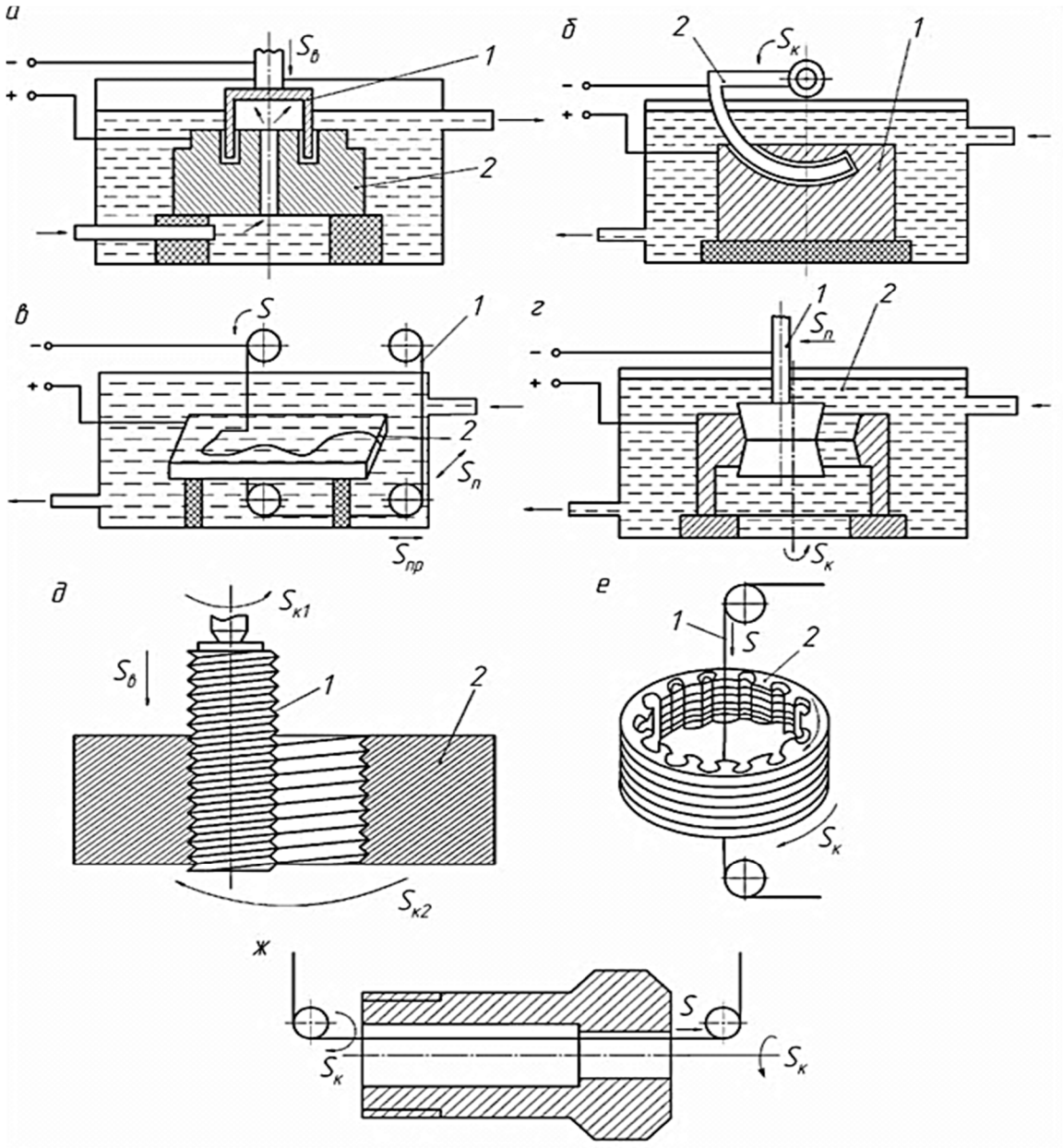


Рисунок 11 – Электроискровая обработка:
а) прошивание отверстий, б) прошивание отверстий с кривой осью, в) – вырезание заготовки из листа, г) – обработка фасонной области штампа, д), е), ж) – обработка отверстий:
1) заготовка, 2) электрод-инструмент, *S* – подача



а)

Рисунок 12 – Электроэрозионная обработка:
а) обработка отверстий; б) электроэрозионное сверление



б)

Окончание рисунка 12



а) б) в)

Рисунок 13 – а) электроэрозионная резка; б) электроэрозионная обработка; в) электроэрозионное шлифование

Рассмотрим основные стадии протекания электроэрозионного процесса снятия припуска. По мере сближения электрода-инструмента с заготовкой напряженность (Е) электрического поля возрастает обратно пропорционально расстоянию между электродами:

$$E = U / S, \text{ В/м},$$

где U – разность потенциалов электрода – инструмента и заготовки, B; S – зазор между электродами, (м).

Наибольшая напряженность возникает на участке, где межэлектродный зазор минимален. Зазор зависит от высоты hв местного или макровыступа на заготовке.

Если электроды сблизить до расстояния нескольких десятков мкм, то напряженность поля в районе выступа будет наибольшей, произойдет пробой межэлектродного промежутка в этой точке, затем возникнет электрический разряд, через промежуток протечёт ток, т.е. имеет место направленное движение электронов. В электрическом поле, возникшем в межэлектродном зазоре, в направлении, обратном движению электронов, происходит перемещение более тяжелых частиц-ионов. Электроны, имеющие меньшую массу, быстро достигают положительно заряженной поверхности заготовки и нагревают металл, вызывая расплавление и испарение его в месте прохождения тока. В результате образуется углубление в форме сферической лунки радиусом R.

Вылетевшие из лунки частицы металла охлаждаются жидкостью, которая находится в зазоре и застывает в виде шариков. В качестве жидкости используют различные диэлектрики: керосин плюс минеральное масло в соотношении 1:1 или 1:2; дистиллированную воду. Поверхность приобретает форму с явно выраженными углублениями в виде лунок. Такие лунки формируют микрорельеф, характеризующий шероховатость поверхности. Поверхностный слой дна лунок испытывает воздействие термического цикла нагрева и быстрого охлаждения жидкостью. Свойства этого слоя отличны от свойств металла в глубине заготовки.

В электроискровом режиме большинство ионов, имеющих значительную массу, не успевают достичь отрицательно заряженного электрода и вызвать удаление материала с его поверхности. Съем металла происходит преимущественно с анода, который выбирают в качестве заготовки. Количество и активность ионов, достигающих поверхности инструмента, определяет интенсивность его износа. Очевидно, чем меньше будет износ инструмента, тем точнее можно получить деталь. Для этого стремятся сформировать импульс с меньшей длительностью, чтобы ионы не успевали достичь катода.

Полярность, при которой заготовка является анодом, называется прямой. Если увеличить длительность импульсов тока, то растет интенсивность съема металла с катода (инструмента) потоком ионов. Можно подобрать такое время протекания тока, при котором доля съема металла электронами составит лишь незначительную часть от общего объема удаленного с электродов материала. Поэтому здесь необходимо катодом выбрать заготовку.

Полярность, при которой анодом является инструмент, называется обратной. При электроимпульсном режиме – обратная полярность. Полярность зависит не только от длительности импульса, но и от используемых в качестве электродов материалов. Для снижения износа инструмента (от воздействия потока электронов) его выполняют из материалов, слабо разрушающихся под действием искровых разрядов: графитовых, медно-графитовых композиций. Количественной оценкой износа является относительный зазор – отношение массы (объема) съема металла с инструмента к массе (объему) снятого металла с заготовки.

Список литературы:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей / В.П. Панков [и др.]. – Краснодар, 2020. – 532 с.
2. Панков В.П. Материаловедение и технологические процессы в сервисе / В.П. Панков, В.Е. Жидков. – Ставрополь : ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
3. Медведев В.И. Порядок проведения сертификации систем качества и сертификации производств / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 59–64.
4. Медведев В.И. Регистр систем качества / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 89–95.

УДК 629.7

«ЛЕТАЮЩЕЕ КРЫЛО» КАК ОДНО ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ

♦♦♦♦♦

«FLYING WINGS» AS ONE OF THE PROMISING AREAS OF DEVELOPMENT IN MODERN AVIATION

Шитаков В.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Турбан Л.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Трубачев И.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Вешкин С.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье проводится комплексный анализ перспективной нестандартной аэродинамической схемы – летающее крыло. Рассматриваются условия, воздействующие на конструкцию планера данной схемы в полете и вытекающие из них положительные и отрицательные качества. Детально исследуются современные тенденции в разработке схемы летающее крыло, в частности, эволюция от недоработанных проектов к современным разработкам авиаконструкторов. Особое внимание уделяется преимуществам нестандартной над классической схемой. Анализируется аэродинамические характеристики планера. В заключении формулируются перспективы развития авиастроения в данном направлении.

Ключевые слова: летающее крыло, схема, планер, преимущества, характеристики, эффективность, управление, устойчивость.

Shitakov V.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Turban L.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Trubachev I.V.
PhD in Pedagogic Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Veshkin S.V.
PhD in Pedagogic Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of a promising non-standard aerodynamic scheme a flying wing. The conditions affecting the airframe design of this scheme in flight and the resulting positive and negative qualities are considered. Modern trends in the development of the flying wing scheme are studied in detail, in particular, the evolution from unfinished projects to modern developments of aircraft designers. Special attention is paid to the advantages of a non-standard over a classical scheme. The aerodynamic characteristics of the airframe are analyzed. In conclusion, the prospects for the development of aviation construction in this area are formulated.

Keywords: flying wing, scheme, glider, advantages, characteristics, effectiveness, management, stability.

Введение

Самолет является одним из наиболее технологически сложных изобретений человечества. В настоящее время основу ВВС большинства развитых государств мира составляют самолеты, оптимизированные для выполнения тех или иных боевых задач. Аэродинамическая схема планера самолета играет ключевую роль в данном вопросе. Обычно самолеты имеют хвостовые стабилизаторы, обеспечивающие продольную и поперечную устойчивость. Но так же, имеются нетрадиционные конструкции самолетов, в которых отсутствует хвостовое оперение. Таким летательным аппаратам присущи свои особые аэродинамические свойства. Современные тенденции характеризуются переходом к самолетам схемы «летающее крыло» и являются перспективным направлением в авиации.



Рисунок 1 – Самолет схемы «летающее крыло»

Задачи

Главной задачей развития самолетов схемы летающее крыло заключается в преодолении фундаментального компромисса между их аэродинамической эффективностью и присущей им аэродинамической неустойчивостью. Современные решения этой задачи открывают путь для создания высокоэффективных и малозаметных летательных аппаратов военного назначения.

Цель

Цель данной статьи – систематизировать и проанализировать перспективы перехода от самолетов классической схемы к самолетам схемы летающее крыло.

Актуальность

Актуальность темы обусловлена необходимостью сохранения и усиления конкурентных позиций России в современных условиях, а также разработкой перспективных летательных аппаратов, таких как «ПАК ДА».

Анализ перспективы развития схемы «летающее крыло».

В настоящее время, в практике мирового самолетостроения самой популярной является схема – с фюзеляжем, хвостовым оперением (вертикальным и горизонтальным) позади крыла и прочими элементами конструкции, ее называют классической. Данная схема с точки зрения аэродинамики и технологичности конструкции не является идеальной. Для образования подъемной силы необходимо только крыло. В последние годы концепция «летающего крыла» становится все более актуальной в сфере авиации, предлагая инновационные решения. Этот уникальный подход к аэродинамической схеме подразумевает минимизацию фюзеляжа, который либо отсутствует, либо интегрирован в крыло, создавая, таким образом конструкцию, которая одновременно несет нагрузку и обеспечивает подъемную силу.

Преимущества схемы «летающего крыла» очевидны. Во-первых, такая форма значительно снижает аэродинамическое сопротивление, что позволяет достигать большей дальности полета и экономии топлива. Оптимизированная форма крыла дает нам возможность не только увеличить эффективность, но и снизить эксплуатационные расходы. Во-вторых, благодаря большой площади крыла возможно разместить больше груза внутри конструкции. Такие самолеты обладают радикально малой заметностью (Stealth). Тем не менее, концепция «летающего крыла» сталкивается с определенными проблемами и ограничениями.

Исследование начальных проектов нетрадиционной схемы.

Концепция «летающее крыло» – это самолет, у которого отсутствуют традиционные фюзеляж и хвостовое оперение. Все его части: кабина, грузовой отсек, силовая установка и топливные баки – находятся внутри крыла. По сути, всё крыло и есть самолет.

Со времен братьев Райт различные авиационные конструкторы неоднократно предлагали схемы самолетов с крылом в форме круга (рисунок 1). При разработке ма-

шины возникли интересные проблемы с размещением поверхностей аэродинамического управления. Традиционные элероны были установлены на выступающих законцовках крыла, а на задней кромке крыла были размещены закрылки с большой хордой.

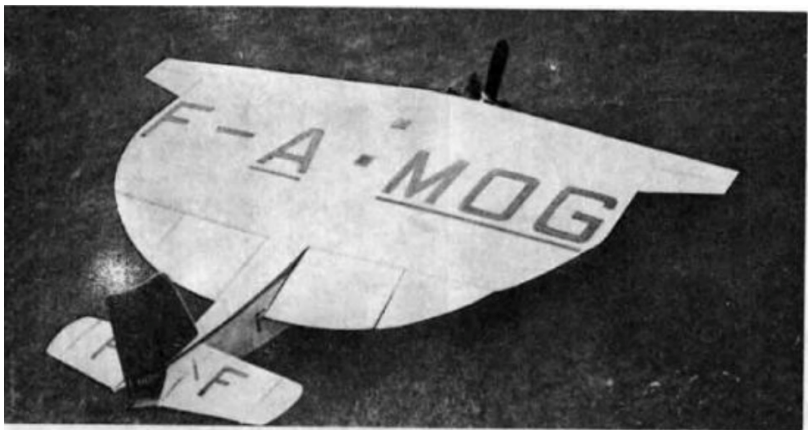


Рисунок 2 – «Фарман 1020»

Первым самолетом с идеально круглым крылом, который на протяжении достаточно долгого времени летал, был американский «Нимут Парасол», построенный в 1934 году. Этот самолет представлял собой легкомоторную летающую модель предложенного фирмой нетрадиционного истребителя. По мнению разработчиков, главным достоинством этого двухместного самолета являлось то, что малое удлинение крыла позволяло выполнять полет на больших углах атаки, и давало возможность медленного и безопасного снижения – аналогично снижению на парашюте. Традиционное хвостовое оперение располагалось на конце фюзеляжа.

В середине 1930-х была создана успешно летавшая модель самолета V-173 конструктора Чарльза Х. Циммермана (рисунок 2). Одна из опытных машин была исследована в аэродинамической трубе NASA в Лэнгли-Филд (шт. Виргиния) для проверки принципиальной возможности выполнять полеты на этом самолете. Воздушный поток от пропеллеров, проходящий над крылом, создавал дополнительную подъёмную силу, увеличивая эффективность крыла и снижая индуктивное сопротивление крыла малого удлинения при полете на малых скоростях. Элевоны на горизонтальном оперении выходили из кромки крыла непосредственно перед килями, снабженными рулями направления.

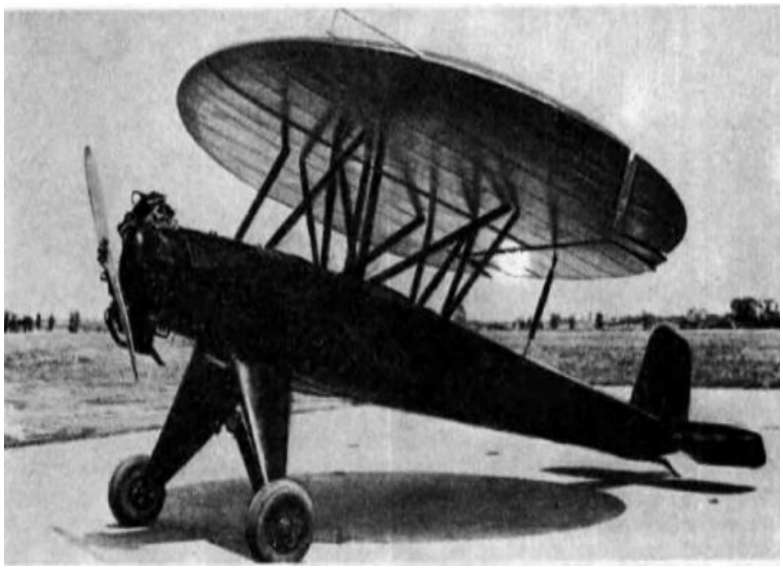


Рисунок 3 – V-173/XF5U-1 фирмы «Воут»

Во время Великой Отечественной Войны был первый прорыв в авиастроении и был изобретен немецкий турбореактивный самолет Horten Ho 9 (рисунок 3).



Рисунок 4 – Турбореактивный самолет Horten Ho 9

Эта разработка берет свое начало в 1931 году, а 01 марта 1944 года был совершен первый полет. После испытаний были сделаны выводы, что самолет данного типа способен нести большое количество полезной нагрузки. Также он является более экономичным за счет меньшего сопротивления из-за отсутствия вертикального и горизонтального оперения. Гладкая, бесфюзеляжная форма обеспечивает меньшую радиолокационную заметность, благодаря которой системы ПВО не способны обнаружить самолет на больших расстояниях.

Именно этот самолет лег в основу современного бомбардировщика B-2 Spirit (рисунок 4). Первым современным самолетом такого типа планера является американский B-2 Spirit. Первые испытания были произведены 17 июля 1989 года. Это положило начало перехода от самолетов классической аэродинамической схемы к самолетам схемы «летающее крыло». Он не имеет вертикального оперения. Функцию рулей направления выполняют тормозные щитки, установленные на концах крыла. Для уменьшения радиолокационной заметности сопла двигателей выполнены плоскими.



Рисунок 5 – B-2 Spirit

Позже, в 1948 году отечественный конструктор Чарановский также создал свою концепцию данной схемы «БИЧ-22». Самолет даже выполнял фигуры высшего пилотажа на параде в Тушино.

Именно эти самолеты легли в основу дальнейшего развития данной схемы.

На сегодняшний день в России разрабатывается первая модель перспективного авиационного комплекса дальней авиации (ПАК ДА) (рисунок 5), предназначенный для замены всего парка дальних бомбардировщиков, состоящих на вооружении ВВС России – Ту-95, Ту-22М3, Ту-160 [3]. Перспективный авиационный комплекс дальней авиации будет иметь значительные преимущества перед существующими военными авиационными моделями. Он способен нести большое количество оружия и при этом оставаться невидимым в воздухе, а также иметь возможность использовать любые аэродромы. По своим лётным характеристикам он значительно превосходит любые типы бомбардировщиков.

Проект сейчас находится в стадии разработки, государственные испытания запланированы на начало 2026 года. В случае их успешного завершения серийное производство может быть запущено в 2027году. Планируется, что ПАК ДА будет принят на вооружение в 2027–2029 годах. Подробные характеристики держатся в секрете [3].



Рисунок 6 – Предполагаемый вид перспективного стратегического бомбардировщика ПАК ДА

Преимущества и недостатки планера «летающее крыло».

Совершенство летающих крыльев – это совокупность выдающихся преимуществ и непростых инженерных решений, которые удалось преодолеть только с развитием цифровых систем управления. Преимуществом схемы «летающее крыло» является то, что подъёмную силу создает вся поверхность самолёта, а не только её часть, что происходит в классической компоновке. Отсутствие потребности поднимать в небо фюзеляж и большие плоскости управления заметно уменьшает удельный вес планера и создаёт возможность значительно увеличить массу полезной нагрузки. Такая форма самолёта адаптирована для уменьшения эффективной площади рассеяния и радиолокационной заметности самолёта, что крайне важно для военных самолётов.

Аэродинамическое совершенство достигается формой крыла, которая создает подъемную силу намного эффективнее, чем классический фюзеляж. При этом нет сопротивления от хвоста и фюзеляжа. Это обуславливает ряд преимуществ, характерных для данной аэродинамической схемы:

– высокая дальность полета (незначительное лобовое сопротивление);

– низкий расход топлива (на 20–30 % меньше обычных самолетов);

– малая радиолокационная заметность для радаров (нет выступающих частей, отражающих лучи);

– большая полезная нагрузка (большое пространство для размещения) в корневой части крыла [1].

Главным недостатком является сложность управления. Небольшое удаление плоскостей управления от центра масс обусловливает их низкую эффективность, что делает самолёт очень неустойчивым. Для решения этой проблемы требуются более сложные и надежные системы коррекции во время полета и управления, что усложняет разработку и дальнейшую эксплуатацию. Помимо этого, схема имеет еще ряд недостатков:

– ограниченное пространство: из-за отсутствия таких секций, как четко выраженные фюзеляж и хвостовое оперение, внутренняя компоновка оборудования может быть ограничена;

– сложность управления: поддержание устойчивости и курса требует более сложных и надежных систем коррекции во время полета и управления, что означает увеличение сложности разработки и эксплуатации – требуется более сложные аэродинамические расчеты от программного обеспечения [2];

– проблема с центровкой, где сложный процесс поддержания заданной центровки при изменении запаса топлива или полезной нагрузки;

– ограниченное пространство в концевых секциях крыла затрудняет внутреннюю компоновку оборудования;

– технологические ограничения, требующие повышенную точность в изготовлении и сборки всей конструкции.

Инновации в материалах: создание новых, легких и прочных материалов позволяет создавать более эффективные и надежные конструкции, что особенно важно для сложных форм «летающего крыла» [3].

Заключение

Летательные аппараты со схемой «летающее крыло» являются одними из наименее распространённых и изученных направлений авиации. Их особенная конструкция предполагает множество потенциальных преимуществ, таких как уменьшенная радиолокационная заметность и сниженное аэродинамическое сопротивление, но также требует решения ряда технологических вызовов. В текущей научно-технической среде подобные конструкции могут стать важным достижение в будущем развитии авиации, так как технологии устойчивости и управления продолжают развиваться. Летающее крыло – это триумф аэродинамики, но за него приходится платить сложнейшей электроникой.

Список литературы:

1. Летающее крыло // Лесничий – Магнит. – М. : Советская энциклопедия, 1954. – С. 43–44. Большая советская энциклопедия : в 51 т. /Г. ред. Б.А. Введенский; 1949–1958. Т. 25). – URL : https://prussia.online/books/bolshaya-sovetskaya-entsiklopediya-25?ysclid=mnxdfce4d4108475774 (дата обращения 15.03.2026).
2. Костенко И.К. Летающие крылья. – Изд. 2, перераб. и доп. – М., 1988. – 104 с. URL : https://coollib.in/b/731115-igor-konstantinovich-kostenko-letayuschie-kryilya/read?ysclid=mnyoi6486j678920038 (дата обращения 15.03.2026).
3. Авиация / Авт.-сост. Л.Е. Сытин, Ю.Ф. Каторин, Н.Л. Волковский. – М. : Издательство АСТ, 2023. – 512 с.
4. Рувики. Статья изм.14.01.2026. – URL : https://ru.ruwiki.ru/wiki (дата обращения 19.03.2026).

УДК 621.3

РАЗРАБОТКА БОРТОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ МОЩНОСТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

♦♦♦♦♦

DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD DC CONVERTER WITH INCREASED AIRCRAFT POWER FACTOR

Дейкун Г.И
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кулик М.П.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Стецюра Б.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В работе рассматривается проблема низкого коэффициента мощности (КМ) в бортовых системах постоянного тока воздушных судов (ВС), возникающая при использовании импульсных источников питания. Целью исследования является разработка и моделирование бортового повышающего преобразователя постоянного тока с коррекцией коэффициента мощности (PFC – Power Factor Correction).

Ключевые слова: бортовой преобразователь, коэффициент мощности, корректор коэффициента мощности (PFC), система электроснабжения воздушного судна, импульсный источник питания, электромагнитная совместимость.

Deykun G.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kulik M.P.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Stetsyura B.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The paper discusses the problem of low power factor (PF) in onboard DC systems of aircraft (Aircraft), which occurs when using pulse power supplies. The purpose of the study is to develop and simulate an onboard DC boost converter with power factor correction (PFC – Power Factor Correction).

Keywords: on-board converter, power factor, power factor corrector (PFC), aircraft power supply system, switching power supply, electromagnetic compatibility.

Современная тенденция в авиастроении – концепция «Более Электрического Самолета» (More Electric Aircraft, MEA), предполагающая замену гидравлических, пневматических и механических систем на электрические аналоги. Это приводит к резкому увеличению мощности и сложности бортовой системы электроснабжения (СЭС). Одной из ключевых проблем является обеспечение высокого качества электроэнергии.

Традиционные бортовые сети постоянного тока 28 В оснащаются мощными импульсными преобразователями (например, для питания радиоэлектронного оборудования или преобразования в переменное напряжение 115/200 В). Такие преобразователи, без коррекции КМ, потребляют ток короткими импульсами вблизи пика входного напряжения, что приводит к высокому уровню гармонических искажений входного тока и низкому коэффициенту мощности (0,5–0,7).

Последствия низкого КМ в бортовой сети ВС

Снижение реальной доступной мощности: Генераторы и кабели должны быть рассчитаны на полную (кажущуюся) мощность, что увеличивает их массу и габариты.

Повышенные потери: Высокие гармонические составляющие тока вызывают дополнительные потери в проводах, соединителях и генераторе.

Ухудшение ЭМС: Импульсный характер тока создает помехи для другого бортового оборудования.

Нестабильность работы: Возможны просадки напряжения, влияющие на работу критически важных систем.

Цель работы: Разработка и анализ бортового повышающего преобразователя постоянного тока со встроенным активным корректором коэффициента мощности, обеспечивающего КМ > 0,98.

Анализ топологий и выбор схемы преобразователя

Для коррекции коэффициента мощности в сетях постоянного тока применяются активные и пассивные методы. Пассивные методы (использование дросселей и LC-фильтров) просты, но неэффективны для достижения высоких значений КМ и имеют большие массогабаритные показатели. Активные методы, основанные на импульсных преобразователях, являются наиболее предпочтительными.

Рассмотрены основные топологии:

Boost-Converter (Повышающий преобразователь): наиболее популярная топология для PFC. Обеспечивает входной ток, близкий к синусоидальному, простота управления, высокий КПД.

Buck-Converter (Понижающий преобразователь): не подходит, так как выходное напряжение всегда ниже входного.

Buck-Boost Converter: обладает более сложным управлением и меньшим КПД по сравнению с Boost-топологией.

Выбор: в качестве базовой топологии выбран повышающий (boost) преобразователь, работающий в режиме непрерывного тока дросселя (CCM). Этот режим позволяет минимизировать пульсации входного тока и снизить пиковые токи через ключевой элемент, что важно для надежности бортовой аппаратуры.

Расчет основных компонентов:

Входные параметры: $U_{вх}$ = 28 В пост. тока (номинал), диапазон 18–32 В. Выходные параметры: $U_{вых}$ = 270 В пост. тока, $P_{вых}$ = 1500 Вт.

Частота коммутации: f_{sw} = 100 кГц (выбрана как компромисс между массогабаритными показателями и потерями на коммутацию).

Расчет индуктивности дросселя (L):

$$L \geq (U_{вх} * (U_{вых} – U_{вх})) / (\Delta I_L * f_{sw} * U_{вых}),$$

где ΔI_L – допустимая пульсация тока дросселя (выбирается в пределах 20–30 % от амплитудного значения входного тока).

Расчет выходной емкости ($C_{вых}$):

$$C_{вых} \geq (P_{вых}) / (2 \times \pi \times fc * \Delta U_{вых} \times U_{вых}),$$

где fc – частота пульсаций (2*fсеть, но для сети постоянного тока принимается равной $2*f_{sw}$), $\Delta U_{вых}$ – допустимая пульсация выходного напряжения.

Система управления корректором коэффициента мощности

Для реализации алгоритма PFC используется специализированный контроллер, такой как Texas Instruments UCC28180 или аналогичный. Принцип работы системы управления основан на «методе среднего тока» (Average Current Mode Control).

Структура системы управления:

1. Внешний контур напряжения: усилитель ошибки (EA) сравнивает выходное напряжение преобразователя с опорным значением. Его выход (сигнал ошибки) определяет амплитуду требуемого входного тока.

2. Внутренний контур тока: усилитель тока (CA) формирует управляющий сигнал, стремясь сделать форму входного тока пропорциональной форме входного напряжения. Входное напряжение считывается через делитель и используется как опорный сигнал для формы тока (модуляция ШИМ).

3. ШИМ-модулятор: на основе сигнала с усилителя тока формируются управляющие импульсы для силового ключа (MOSFET).

Такая двухконтурная структура обеспечивает стабильность работы, высокую точность поддержания выходного напряжения и низкий коэффициент гармоник входного тока.

Результаты моделирования и их обсуждение.

В качестве базовой топологии выбран импульсный преобразователь, работающий в режиме непрерывного тока дросселя (CCM). Разработана математическая модель системы управления на основе специализированной микросхемы PFC-контроллера. Проведено имитационное моделирование в среде MATLAB/Simulink. Результаты моделирования подтверждают, что предлагаемое решение позволяет достичь коэффициента мощности не менее 0,98 в широком диапазоне нагрузок при входном напряжении 28 В постоянного тока и выходном напряжении 270 В постоянного тока. Повышение КМ способствует снижению массогабаритных показателей системы электроснабжения, увеличению ее надежности и соответствию перспективным стандартам электромагнитной совместимости (ЭМС) в авиации.

Параметры модели в среде MATLAB/Simulink:

$U_{вх}$ = 28 В;

$U_{вых}$ = 270 В;

$P_{нагр}$ = 1500 Вт;

f_{sw} = 100 кГц;

L = 150 мкГн;

$C_{вых}$ = 470 мкФ.

Результаты:

1. Форма входного тока и напряжения: Моделирование показало, что форма входного тока практически идеально повторяет форму входного напряжения (имеет небольшие пульсации на частоте коммутации), что свидетельствует о высоком КМ.

2. Коэффициент мощности: Расчетное значение КМ составило «0,987» при номинальной нагрузке. При изменении нагрузки от 50 % до 100 % КМ оставался в пределах 0,98–0,99.

3. Коэффициент гармоник (THD): Полный коэффициент гармоник входного тока не превышал 8 %, что удовлетворяет строгим требованиям авиационных стандартов (например, DO-160).

4. Выходное напряжение: Выходное напряжение стабильно поддерживалось на уровне 270 В с пульсациями менее 1 %.

5. КПД преобразователя: Предварительная оценка КПД системы (с учетом потерь на ключевом транзисторе, диоде и дросселе) составила ~94 %.

В ходе проведенного исследования была обоснована необходимость применения активной коррекции коэффициента мощности в бортовых преобразователях постоянного тока перспективных воздушных судов. Разработана и смоделирована схема повышающего PFC-преобразователя на базе топологии boost-конвертера.

Результаты имитационного моделирования подтвердили высокую эффективность предложенного решения:

Достигнут коэффициент мощности > 0,98.

Обеспечена стабильность выходного напряжения.

Значительно снижен уровень гармонических искажений входного тока.

Практическая значимость работы:

Внедрение разработанного преобразователя позволит:

1. Повысить эффективность использования установленной мощности генераторов.

2. Снизить массу и габариты кабельной сети и элементов СЭС.

3. Улучшить электромагнитную обстановку на борту.

4. Повысить надежность и отказоустойчивость системы электроснабжения в целом.

Список литературы:

1. Emadi A. Aircraft power systems: technology, state of the art, and future trends / A. Emadi, M. Ehsani. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. – 2000.
2. ГОСТ Р 54073-2010. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии = Electric power supply systems of airplanes and helicopters. General requirements and norms of quality of electric energy национальный стандарт

Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 июля 2017 г. № 767-ст: введен впервые : дата введения 2011-01-01 / разработан Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт стандартизации и унификации» (ФГУП «НИИСУ»), Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт авиационного оборудования» (ФГУП «НИИАО»). – М. : Стандартинформ, 2011. – 34 с.

3. Перспективы развития электрических самолетов / Г.И. Дейкун [и др.] // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 226–230.
4. Розанов, Ю.К. Силовая электроника / Ю.К.Розанов, М.В. Рябчинский, А.А. Кваснюк.М. : Издательство МЭИ, 2022. – 566 с.
5. Сравнение систем электроснабжения самолетов – конкурентов м-346 (Италия) и Як-130 (Российская Федерация) / Г. И. Дейкун, В. А. Смирнов, Д. А. Щепелин, Д. А. Щепелин // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : КВВАУЛ, 2025. – С. 328–331.
6. Электротехника. Электромагнитные устройства, источники и приемники электрической энергии : учеб. пособие для курсантов, обучающихся по специальностям среднего профессионального образования / В.В. Энговатова [и др.]; КВВАУЛ им. А.К. Серова, Оформление ООО «Издательский Дом – Юг». – Краснодар : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский Дом – Юг», 2022. – 76 с. ISBN 978-5-91718-682-5

УДК 621.315.5/6, 621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF TITANIUM ALLOYS OF AVIATION EQUIPMENT

Лашко В.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков,
kvvaul@mil.ru

Панков В.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Швецов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Проведен анализ свойств и структурно - фазового состава титановых сплавов авиационной техники. Определены основные направления их совершенствования.

Ключевые слова: титан, сплав, система, свойства, разработка, ФГУП «ВИАМ».

Lashko V.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pankov V.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The analysis of the properties and structural – phase composition of titanium alloys of aviation equipment is carried out. The main directions of their improvement are defined.

Keywords: titanium, alloy, system, properties, development, FSUE «VIAM».

Открытие титана принадлежит химику-любителю – английскому священнику Вильяму Грегору. Однако получение титана в чистом виде, без примесей, состоялось лишь в XX-м столетии. Голландский исследователь Аркель де Бур получил титан высокой степени чистоты с помощью йода. Путем взаимодействия титана с йодом при температурах 150–400 °С было получено соединение четырехиодистый титан, которое потом при 1400 °С подвергалось разложению с образованием чистого титана. Поэтому такой титан называется йодидный. Он применяется в электротехнике, изготовлении вакуумной техники и др. специальных областях. Более дешевый способ разработал немецкий исследователь Вильгельм Кролль в 30-х годах XX-го столетия. Он получил титан путем восстановления четыреххлористого титана металлическим магнием. Именно метод Кролля положен в основу промышленного способа получения титана [1, 2, 3, 4, 5].

Титан – серебристо-белый легкий металл плотностью 4,5 г/см^3.Он относится к группе легких металлов конструкционного назначения, среди которых находятся алюминий, магний, бериллий. Температура плавления титана зависит от степени чистоты и находится в пределах 1660–1680 °С. Чистый иодидный титан, в котором сумма примесей составляют 0,05–0,1 %, имеет модуль упругости 112 ГПа, временное сопротивление около 300 МПа, относительное удлинение 65 %. Наличие примесей сильно влияет на свойства.

Так, для технического титана ВТ-1 с суммарным содержанием примесей 0,8 %, временное сопротивление составляет 650 МПа, а относительное удлинение – 20 %. Технический титан является более дешевым по сравнению с йодидным почти в двадцать раз. Титан имеет низкую теплопроводность, отличается более высокой пластичностью, вязкостью, но меньшим модулем упругости по сравнению со сталью. У него высокое сопротивление усталости – выносливость.

Важным показателем любого металла является предел текучести. Предел текучести у титана в два с половиной раза выше, чем у стали и в 18 раз выше, чем у алюминия. При температуре 882 °С титан претерпевает полиморфное превращение, низ-

котемпературный *α*-титан с гексагональной решеткой переходит в β-титан с объемноцентрированной кубической решеткой. Наличие полиморфизма у титана создает предпосылки для улучшения свойств титановых сплавов с помощью термической обработки. Легирование титана железом, алюминием, марганцем, хромом, оловом, ванадием, кремнием повышает его прочность ($\sigma_в$, $\sigma_{0.2}$), но одновременно снижает пластичность (δ, ψ) и вязкость (KCU). Жаропрочность повышают алюминий, цирконий, молибден, а коррозионную стойкость в растворах кислот – цирконий, молибден, ниобий, тантал, палладий.

Классификация и свойства титановых сплавов

По технологии изготовления титановые сплавы подразделяют на *деформируемые и литейные*, по уровню прочности – на сплавы низкопрочные (до 500 МПа), средней прочности (500–1000МПа), *высокопрочные* (более 1000 МПа); *жаропрочные, повышенной пластичности*. По способности упрочняться с помощью термической обработки они делятся на *упрочняемые и неупрочняемые* термической обработкой. Одним из признаков, по которому деформируемые титановые сплавы разделяют на несколько классов, является фазовый состав после отжига. Различают: *α-сплавы*, *состоящие из твёрдого раствора на основе α-Ti (ГП); псевдо-α-сплавы, которые состоят из α-фазы и небольшого количества β-фазы (ОЦК) (не более 5 %); (α + β)-сплавы; псевдо-β-сплавы (α-фазы не более 5 %); β-сплавы*. Последние два класса сплавов имеют ограниченное применение.

Класс сплава или его фазовый состав после отжига определяется, прежде всего, легированием. В свою очередь фазовый состав влияет на механические и технологические свойства сплавов, определяет их способность к упрочняющей термической обработке.

Однофазные *α-сплавы* применяют и как жаропрочные, и как сплавы криогенного назначения. Они значительно упрочняются при холодной пластической деформации, не упрочняются при термообработке. Поэтому имеют средний уровень прочности, удовлетворительно свариваются, склонны к водородной хрупкости. Самый распространенный сплав этого класса – сплав марки ВТ5-1(Ti–5Al–2,5Sn) после отжига имеет σв = 800–1000 МПа. Сплав жаропрочен до 450 ºС, и в то же время сплав считается наилучшим для применения при криогенных температурах вплоть до температуры жидкого водорода.

Псевдо α-сплавы (1 – 5 % *β*-фазы) могут применяться как сплавы общего назначения, криогенные, жаропрочные, а также как сплавы повышенной технологической пластичности. Сплавы имеют высокую технологическую пластичность; способность к упрочнению при термообработке (отжиг); хорошую свариваемость всеми видами сварки; склонность к водородной хрупкости. Сплавы системы Ti–Al–Mn (ОТ4, ОТ4-1 и др.) высокотехнологичны в холодном и горячем состояниях. Из них получают листы, ленты, полосы, трубы, а также плиты, поковки, прутки и штамповки. Применяются как сплавы общего назначения.

К псевдо α–сплавам относится и самый жаропрочный титановый сплав – ВТ18 (Ti–6,7Al–3,2Mo–1Nb–4Zr–2,5Sn–0,2Si). Высокую жаропрочность, до температуры 600 ºС, обеспечивает как присутствие тугоплавких элементов, молибдена и ниобия, так и незначительное содержание β-фазы (которая нестабильна при повышенных температурах). Детали из сплава ВТ-18 применяются в компрессорах авиационных двигателей.

Сплав ВТ20 – в настоящее время является наиболее широко применяемым конструкционным листовым свариваемым титановым сплавом. Его используют в конструкциях планера, а также для изготовления деталей ГТД. Свариваемый титановый сплав ВТ20 широко применен в конструкции планера самолета Су-35 для изготовления деталей и сварных узлов фюзеляжа, центроплана, крыла и киля этого самолета (рисунок 1).

Для изготовления деталей и узлов используются полуфабрикаты в виде штамповок, прутков, профилей, плит и листов.

В самолете Су-35 из сплава ВТ20 применены силовые монолитные и сварные детали и узлы: балки, лонжероны, стрингеры, стыковочные пояса, стенки, кронштейны, фитинги. Слав ВТ20 имеет жаропрочность до 450–500 ºС.



Рисунок 1 – Самолет СУ-35

α+β-сплавы имеют наилучшее сочетание механических и технологических свойств: хорошо деформируются в горячем состоянии вследствие присутствия β-фазы; упрочняются при термической обработке; относятся к высокопрочным сплавам; отличаются пониженной склонностью к водородной хрупкости.

Наиболее распространённым сплавом этого класса является сплав марки ВТ6 (Ti–6Al–V): около 50 % титановых сплавов, используемых в авиакосмической промышленности в России и за рубежом, составляют сплавы – аналоги ВТ6. Он рекомендуется для деталей и узлов вентилятора и компрессора низкого давления (КНД – диски, лопатки, детали статора, кольца, корпусные детали), работающих при температуре до 350 °С неограниченно. Сплав имеет σв до 1150 МПа, отличается высокой технологичностью, однородностью химического состава, пониженной чувствительностью к концентраторам напряжений, возможностью многоцелевого применения. Металлургические предприятия поставляют полуфабрикаты из сплава ВТ6 в виде катаных прутков, штамповок дисков, раскатных колец, штамповок лопаток, листов.

Многие из α + β-сплавов применяются как жаропрочные в компрессорах авиационных двигателей (рисунок 2).

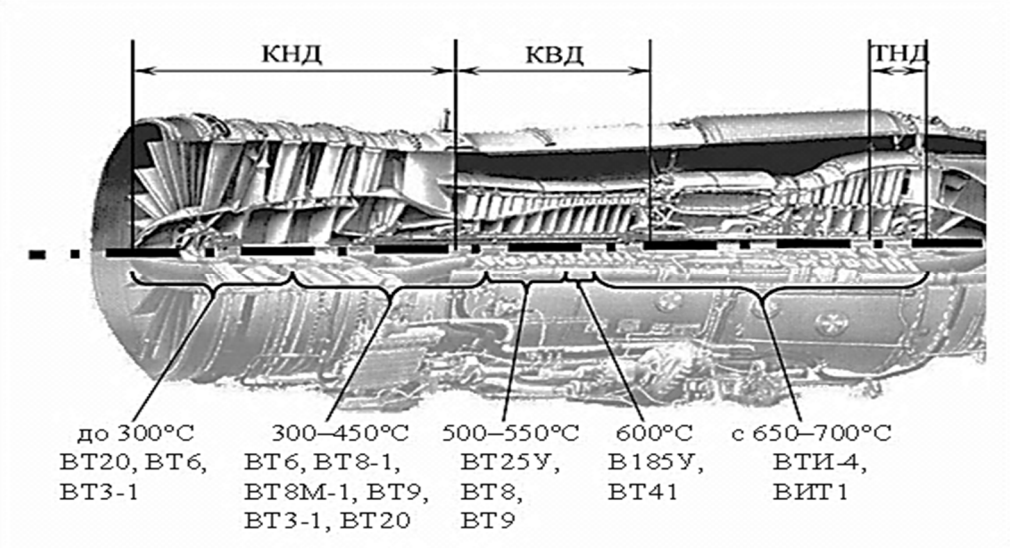


Рисунок 2 – Применение сплавов в конструкции авиационных двигателей

Так, сплав **ВТ14** применяют до 400 ºС, **ВТ3-1** – до 400–450 ºС, **ВТ8** – до 450–500 ºС, **ВТ9** – до 500 ºС. Новые сплавы **ВТ8-1**, **ВТ8М-1**, **ВТ25У** – предназначены для дисков и

лопаток компрессора авиационных двигателей и рекомендуются взамен сплавов ВТ3-1, ВТ8, ВТ9, ВТ25 для высокоресурсных силовых установок гражданской и военной авиации.

Они обладают высоким уровнем жаропрочности, термической стабильности при температурах 450–550 °С и низкой чувствительностью к концентраторам напряжений. Сплав **ВТ8М-1** предназначен для изготовления лопаток ГТД, в том числе с применением технологии холодного вальцевания, что обеспечивает степень деформации до 45 %. Сплавы **ВТ8-1** и **ВТ25У** предназначены для дисков КНД и компрессора высокого давления (КВД) (рисунок 3), способны к термическому упрочнению. После закалки и старения прочность сплавов повышается до уровня $\sigma_в$ = 1100–1350 МПа при относительном удлинении δ = 6–12 %. Применяются в двигателях АИ222-25, ПС-90, НК-83 (самолет Ту-154).

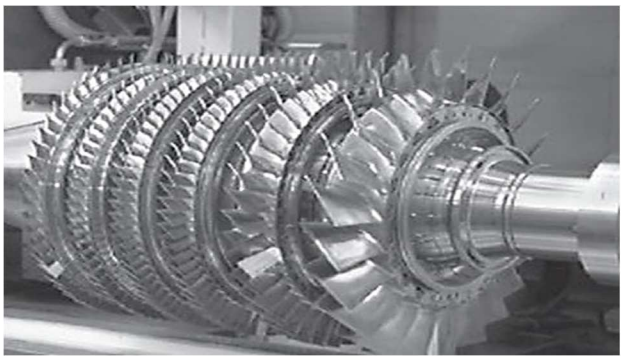


Рисунок 3 – Ротор компрессора ГТД

ВТ41 – новый жаропрочный псевдо-*β*-сплав для дисков и лопаток компрессора высокого давления с рабочей температурой – до 600 °С (рисунок 4).



Рисунок 4 – Лопатки компрессора высокого давления

Сплав паспортизован для штамповок дисков с пластинчатой микроструктурой и прутковых лопаточных заготовок с регламентированной глобулярно-пластинчатой микроструктурой, рекомендуется взамен сплава ВТ18У. По сравнению со сплавом ВТ18У сплав ВТ41 обладает повышенными прочностью, жаропрочностью и усталостной прочностью в интервале рабочих температур.

Свойства полуфабрикатов из сплава ВТ41 в отожженном состоянии:

а) штамповки дисков – $\sigma_в$ = 1030–1050 МПа; МЦУ (гладкие образцы): $\sigma_в$ = 930 МПа (при N = 10^4 цикл; f = 50 Гц; R = 0,1); $\sigma_в^{600^\circ}$ = 720–750 МПа; $\sigma_{100}^{600^\circ}$ = 335 МПа;

б) прутки – $\sigma_в$ = 1015–1030 МПа; многоцикловая усталость: (гладкие образцы): $\sigma_в$ = 510 МПа (при N = 2 × 10^7 цикл; f = 50 Гц; R = –1); $\sigma_в^{600^\circ}$ = 635–665 МПа; $\sigma_{100}^{600^\circ}$ = 265 МПа.

Сплав ВТ41 технологичен в кузнечно-прессовом производстве, что позволяет получать штамповки дисков конструкции «блиск» и штамповки лопаток с регламентированной глобулярно-пластинчатой микроструктурой. Сплав ВТ41 с глобулярно-пластинчатой микроструктурой способен к термическому упрочнению при сохранении удовлетворительных пластических свойств: $\sigma_в$ = 110 МПа при δ = 7,5–11 %, $\sigma_в^{600^\circ}$ = 700 МПа, $\sigma_{100}^{600^\circ}$ = 265 МПа.

Сплав ВТ16 позволил создать высокопроизводительный и эффективный технологический процесс изготовления деталей крепления путем холодной высадки. Обеспечивает в 1,5 раза более высокий удельный предел выносливости (по сравнению со сталью 16ХСН) и обладает высокой коррозионной стойкостью.

ВТ23 – высокопрочный свариваемый сплав широкого применения; используется в монолитных, сварных и паяных конструкциях самолетов, ракет и космических аппаратов. Общая масса деталей, изготовленных из сплава ВТ23 для ракетно-космического комплекса «Энергия-Буран» составляет 6 и 14 тонн соответственно. Это шпангоуты, балки, лонжероны и стыковочные узлы (рисунок 5).



Рисунок 5 – Ракетно-космический комплекс «Энергия-Буран»

Для этого сплава разработаны технология изготовления разнообразных полуфабрикатов (листов, фольги, ленты, штамповок и поковок) массой до 3,5 т; процессы ВТМО и текстурного упрочнения для изготовления лонжеронов, шпангоутов, балок, силового набора с $\sigma_в$ = 1100 МПа (в зависимости от типа деталей и их ресурса), шаровых баллонов с конструкционой прочностью $\sigma_{в.к}$ = 1300 МПа. Сплав применяется также в конструкции самолетов Ан-158, Су-31М, Су-29 (рессорные шасси и пружины) и других.

Т23М – высокопрочный свариваемый сплав с более узким диапазоном легирования, чем у сплава ВТ23, отличается высокой стабильностью и повышенным уровнем механических свойств ($\sigma_в$ = 1150 МПа). Применяется в монолитных, сварных и паяных конструкциях самолетов, ракет и космических аппаратов.

ВТ43 – высокопрочный свариваемый сплав широкого применения; используется в монолитных, сварных и паяных конструкциях самолетов, ракет и космических аппаратов, изготовленных с использованием различных типов полуфабрикатов с прочностью $\sigma_в$ = 1200–1300 МПа.

ВТ18У(листы) –листовой конструкционный сплав высокотемпературного (до 600 °С) применения ($\sigma_в$ = 960 МПа, $\sigma 1_{00}^{600°}$ = 190 МПа). Предназначен для изготовления обшивки самолетов, ракет и двигателей (рисунок 6).

ВТ38 – новый жаропрочный, жаростойкий, пониженной окисляемости сплав с рабочей температурой до 650 °С ($\sigma_в$ = 970 МПа, $\sigma_в^{600°}$ = 630 МПа, $\sigma_в^{650°}$ = 530 МПа, $\sigma_{100}^{600°}$ = 240 МПа); предназначен для изготовления обшивки самолетов, ракет и двигателей. Сплав ВТ38 – псевдо-β-сплав системы Ti–Zr–Mo–Sn–Nb, легированный редкоземельным элементом – гадолинием, повышающим жаропрочность.



Рисунок 6 – Самолет МИГ 31

ВТИ-2 – деформируемый сплав для прутков и штамповок с пределом прочности $\sigma_в > 1000$ МПа, пластичностью $\delta > 3–4$ %; $\sigma_в^{600°} > 380$ МПа (прутки и штамповки толщиной 25 мм). Из сплава освоено опытное производство слитков, кованых и штампованных заготовок и прутков. Сплав рекомендован для изготовления деталей авиадвигателей (сопловые лопатки, корпуса) с рабочей температурой до 650 °С (длительно) и до 700 °С (кратковременно). Сплав пожаробезопасен до температуры 700 °С.

ВТИ-4 – деформируемый сплав с повышенной технологичностью для листов с пределом прочности $\sigma_в > 1150$ МПа, пластичностью $\sigma > 5$ %; $\sigma_в^{650°} > 350$ МПа. Из сплава освоено производство слитков, кованых и штампованных заготовок, листов (ТУ 1-92-206–2003), а в опытном производстве – лент и фольг с гарантированным уровнем свойств. Сплав рекомендуется для изготовления корпусных, статорных деталей авиадвигателей, облегченных панелей и элементов аэрокосмических конструкций с рабочей температурой до 650 °С (длительно) и до 700 °С (кратковременно). Сплав пожаробезопасен до температуры 700 °С. Сплав перспективен для использования в качестве матричного материала для интерметаллидных композиционных материалов, упрочняемых волокном карбида кремния, обеспечивающих высокие удельные характеристики: $\sigma/\rho > 46$ км (усл. ед.); $\sigma_{100}^{650°} / \rho > 25$ км (усл. ед.).

Использование сплава ВТИ-4 в монолитном варианте обеспечивает снижение массы конструкции до 20 % и повышение рабочих температур до 150 °С, а применение КМ в аналогичных конструкциях позволит снизит их массу на 45 %.

ВИТ-1 – наиболее жаропрочный среди деформируемых интерметаллидных сплавов для прутков с пределом прочности $\sigma_в > 1250$ МПа, пластичностью $\delta > 6$ %; $\sigma_в^{650°} > 430$ МПа (прутки диаметром 25 мм). Из сплава освоено опытное производство слитков, кованых и штампованных заготовок и прутков. Сплав рекомендован для изготовления деталей авиадвигателей (сопловые лопатки) с рабочей температурой до 700 °С (длительно). Сплав пожаробезопасен до температуры 700 °С. Использование сплава ВИТ1 в деталях КВД перспективного двигателя позволит снизить их массу на 30 %, температуру эксплуатации на 150–200 °С.

Литейные сплавы. Титановые сплавы имеют хорошие литейные свойства вследствие узкого интервала кристаллизации: низкая линейная усадка (менее 1 %), высокая жидкотекучесть, плотность отливок. Трудности при литье заключаются во взаимодействии сплавов со всеми известными формовочными материалами, а также с газами. В связи с этим их отливают в вакууме или в нейтральном газе (аргоне). Для фасонного литья применяют титан и его сплавы, которые по составу почти не отличаются от деформируемых аналогов: ВТ5Л, ВТ14Л, ВТ6Л и др. (буква «Л» означает – литейный сплав).

Наиболее широко используют α-сплав ВТ5Л. Отливки этого сплава имеют удовлетворительные пластичность, ударную вязкость, предел выносливости. Он предназначен для длительной работы при температуре до 400 ºС.

Сплав ВТ9Л, как и его деформируемый полуфабрикат ВТ9, применяется как жаропрочный, при этом рабочая температура для литых деталей выше, чем для деформируемых и составляет 550 ºС. Эти сплавы имеют прочность от 350 до 920 МПа. Благодаря высокой технологичности широко используются в изделиях химического машиностроения, медицине, а также для изготовления высоконагруженных деталей ответственного назначения (литых корпусов двигателей, турбин, крыльчаток и т.д.).

ВТ6Л – относится к литейным титановым сплавам средней прочности ($\sigma_в$ = 900 МПа). Сплав рекомендуется для литых деталей, длительно работающих при температурах до 400 °С. Сплав ВТ6Л является термоупрочняемым, путем термообработки можно повысить прочность сплава до 1050–1100 МПа.

ВТ40Л – высокопрочный экономнолегированный литейный титановый сплав, обладающий повышенной прочностью ($\sigma_в$ = 1050 МПа), высоким пределом выносливости (σ_{-1} = 340 МПа на базе 10^7 циклов при f = 50 Гц) и рекомендуется для применения вместо серийных литейных титановых сплавов ВТ6Л и ВТ20Л в агрегатах и двигателях для изготовления турбинных колес, крыльчаток, корпусов, промежуточных опор, кронштейнов. На рисунке 7. показана отливка из литейного титанового сплава: на рисунке 8 стойка шасси из литого титанового сплава.



Рисунок 7 – Отливка из литейного титанового сплава

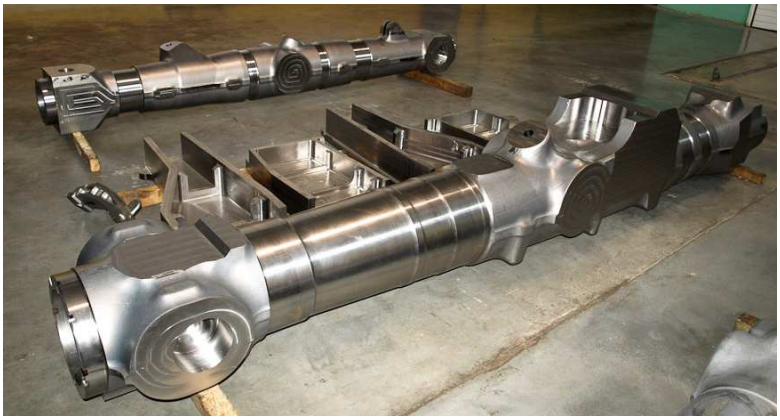


Рисунок 8 – Детали шасси самолета из титанового сплава

Список литературы:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей / В.П. Панков [и др.]. – Краснодар, 2020. – 532 с.
2. Панков В.П. Материаловедение и технологические процессы в сервисе / В.П. Панков, В.Е. Жидков. – Ставрополь: ООО «Мысль», 2012. – 337 с.
3. Панков В.П. Перспективные материалы / В.П. Панков [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 156–166.
4. Медведев В.И. Порядок проведения сертификации систем качества и сертификации производств / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. С. 59–64.
5. Медведев В.И. Регистр систем качества / В.И. Медведев, И.Н. Попов, В.П. Панков // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 89–95.

УДК 629.7.05

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ РАСХОДИМОСТИ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНЫХ ОЦЕНИВАТЕЛЕЙ

♦♦♦♦♦

IDENTIFICATION AS A THEORETICAL BASIS FOR PREVENTING DIVERGENCE OF THE OPTIMAL ESTIMATOR SYSTEM

Захаренко Г.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
zgi3791@rambler.ru

Аннотация. Проведен анализ алгоритмов идентификации параметров систем. Предложен способ устранения расходимости системы оптимальных оценивателей путем идентификации параметров используемых моделей. Разработана математическая модель с параметрической идентификацией, описывающая динамику взаимного перемещения летательного аппарата относительно маневрирующей пары самолетов.

Ключевые слова: идентификация, динамическая модель, групповая воздушная цель, радиоэлектронная система управления.

Zakharenko G.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
zgi3791@rambler.ru

Abstract. The analysis of algorithms for identifying system parameters is carried out. A method is proposed for eliminating the divergence of the optimal estimation system by identifying the parameters of the used models. A mathematical models with parametric identification has been developed to describe the dynamics of the aircrafts relative movement with respect to the maneuvering aircraft pair.

Keywords: identification, dynamic models, group air target, electronic control system.

В процессе синтеза нестационарных радиоэлектронных систем управления, параметры которых изменяются во времени, приходится оценивать параметры используемых моделей.

Процесс идентификации является одним из основных этапов любого автоматизированного сопровождения целей, во многом определяющим его эффективность. Под идентификацией измерений (их привязкой к траекториям) понимается процесс принятия решения об их соответствии (принадлежности) той или иной экстраполируемой траектории (сопровождаемой цели). Процесс идентификации включает два этапа. На первом этапе результаты измерений сопоставляются со всеми экстраполируемыми траекториями, на втором – выбирается одна из траекторий, по тем или иным критериям наиболее достоверно соответствующая результатам измерений. Выбранная по результатам иден тификации траектория корректируется (фильтруется). Существующие алгоритмы идентификации различаются между собой методами сопоставления ре зультатов измерений и экстраполируемых траекторий и методами принятия решений по выбору той или иной траектории. Следует отметить, что алгоритмы идентификации определяют такие важные показатели, как вероятность сопровождения ложных целей, точность сопровождения и разрешающую способность радиолокационной системы.

В настоящее время существует большой набор хорошо отработанных алгоритмов идентификации параметров систем [2], среди которых одним из наиболее простых является метод Мейна, представляющий собой алгоритм фильтра Калмана, в котором оценивается не вектор состояния, а вектор параметров модели.

Модифицированный метод Мейна позволяет для процесса (системы):

$$\dot{x}(t) = F(t)x(t) + \xi(t), \quad (1)$$

оценить вектор:

$$a(t) = [F_1(t), F_2(t), ..., F_n(t)]^T, \quad (2)$$

параметров модели (1) при условии, что имеется измерение:

$$z(t) = x(t) + \xi_и(t), \quad (3)$$

В (1)-(2) x – вектор состояния; F(t) - переходная матрица; F_i (t) – i-я строка матрицы F, ξ – вектор дискретного центрированного белого шума с матрицей дисперсий:

$$D_x = M\{\xi(k-1)\xi^T(k-1)\}.$$

Если после измерений результаты оценивания $\hat{a}_i$ ($i = 1,n^2$) параметров a_i (2) переходной матрицы F(t) практически совпадают с теми их априорными значениями, которые использовались в модели (3), то принимается решение о том, что эти измерения соответствуют экстраполируемой траектории. Резкое отличие результатов оценивания $\hat{a}_i$ хотя бы от одного из априорных значений a_i свидетельствует о том, что результаты измерения не соответствуют данной экстраполируемой траектории. Перебирая все траектории можно с высокой достоверностью установить ту, которой соответствуют принятые радиосигналы. В качестве решающего правила удобно брать минимум функционала:

$$I = \min_{(i=1,N_ц)} \sum_{i=1,j=1}^{n,n} (F_{ij} - \hat{F}_{ij})^2 q_{ij}, \quad (4)$$

где q_{ij} – размерные коэффициенты, определяющие степень важности того или иного коэффициента для достоверной идентификации. Та из $N_Ц$ экстраполированных траекторий, для которых функционал (4) будет наименьшим, и считается наиболее достоверно соответствующей полученным измерениям.

Применим данную методику для идентификации параметров модели взаимного перемещения летательного аппарата относительно маневрирующей групповой воздушной цели [3]. Анализ ДМ позволяет составить следующий вектор состояния X:

$$X = [\ D,\ V_{ла},\ \varphi,\ \omega,\ V_0,\ \Delta V_ц,\ \Delta V_{цм},\ a_ц,\ a_{цм}\ ]^T. \quad (5)$$

Необходимо оценить вектор параметров модели:

$$a = [F_1(t),\ F_2(t),\ F_3(t),\ F_4(t),\ F_5(t),\ F_6(t)]^T, \quad (6)$$

При условии, что имеется наблюдение

$$Z = [\ Z_1,\ Z_2,\ Z_3,\ Z_4,\ Z_5,\ ]^T, \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} Z_1 &= K_1 D + \xi_{и1}; \\ Z_2 &= K_2 V_{сб} + \xi_{и2}; \\ Z_3 &= K_3 V_{ла} + \xi_{и3}; \\ Z_4 &= K_4 j_б + \xi_{и4}; \\ Z_5 &= K_5 \varphi + \xi_{и5}; \end{aligned} \quad (8)$$

где Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, – напряжения на выходе измерителей дальности, скорости сближения ЛА с ГВЦ, собственной скорости ЛА, его бокового ускорения $j_б$, угла φ; K_1 ...K_5 – коэффициенты усиления соответствующих измерителей; $\xi_{и1}$ ... $\xi_{и5}$ – центрированные, взаимонезависимые гауссовские шумы соответствующих измерителей с известными спектральными плотностями.

Переходные матрицы имеют следующий вид:

$$F_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_{гвц} & -\alpha_{гвц} \end{bmatrix};\ F_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_1 & -\alpha_1 \end{bmatrix};\ F_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_2 & -\alpha_2 \end{bmatrix}; \quad (9)$$

$$F_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_{мгвц} & -\alpha_{мгвц} \end{bmatrix};\ F_5 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_{м1} & -\alpha_{м1} \end{bmatrix};\ F_6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\beta_{м2} & -\alpha_{м2} \end{bmatrix},$$

По решающему правилу определяем достоверные параметры модели. Для упрощения математического аппарата выбираем коэффициент, определяющий степень важности параметров модели равным единице

В качестве недостатка рассмотренного способа можно отметить повышенные требования к быстродействию и объему памяти ЦВМ.

С учетом результатов параметрической идентификации математическая модель, описывающая динамику взаимного перемещения ЛА относительно маневрирующей пары самолетов, будет выглядеть следующим образом:

$$D = V_{ла} + V_0 + \Delta V_ц + \Delta V_{цм},\ D(0) = D_0;$$

$$V_{ла} = -j_б\,\varphi_{ла},\ V_{ла}(0) = V_{ла0};$$

$$\varphi_{ла} = \omega + (1/D)\,j_б,\ \varphi_{ла}(0) = \varphi_{ла0};$$

$$\dot{\omega} = -\frac{2\dot{Д}}{Д}\omega - \frac{1}{Д}(j_б - j_{цб}),\ \omega(0) = \omega_0; \qquad (10)$$

$$V_0 = 0,\ V_0(0) = V_{00};$$

$$\Delta V_ц = a_ц,\ \Delta V_ц(0) = \Delta V_{ц0};$$

$$\Delta V_{цм} = j_{ЦБ} = a_ц + a_{цм}\quad \Delta V_{цм}(0) = \Delta V_{цм0};$$

$$\dot{a}_ц = \begin{cases} -\hat{\alpha}_{vгвц}(t)a_ц - \hat{\beta}_{гвц}(t)\Delta V_ц + \sqrt{2\hat{\alpha}_{vгвц}(t)\sigma_{агвц}(t)^2}\,n_ф(t); \\ -\hat{\alpha}_{v1}(t)a_ц - \hat{\beta}_1(t)\Delta V_ц + \sqrt{2\hat{\alpha}_{v1}(t)\sigma_{a1}(t)^2}\,n_ф(t); \\ -\hat{\alpha}_{v2}(t)a_ц - \hat{\beta}_2(t)\Delta V_ц + \sqrt{2\hat{\alpha}_{v2}(t)\sigma_{a2}(t)^2}\,n_ф(t); \end{cases}$$

$$a_ц(0) = a_{ц0};$$

$$\dot{a}_{цм} = \begin{cases} -\hat{\alpha}_{vмгвц}(t)a_{цм} - \hat{\beta}_{мгвц}(t)\Delta V_{мц} + \sqrt{2\hat{\alpha}_{vмгвц}(t)\sigma_{амгвц}(t)^2}\,n_ф(t); \\ -\hat{\alpha}_{vм1}(t)a_{мц} - \hat{\beta}_{м1}(t)\Delta V_{мц} + \sqrt{2\hat{\alpha}_{vм1}(t)\sigma_{ам1}(t)^2}\,n_ф(t); \\ -\hat{\alpha}_{vм2}(t)a_{мц} - \hat{\beta}_{м2}(t)\Delta V_{мц} + \sqrt{2\hat{\alpha}_{vм2}(t)\sigma_{ам2}(t)^2}\,n_ф(t); \end{cases}$$

$$a_{цм}(0) = a_{цм0};$$

Результаты проверки модели на адекватность приведены в таблице 1. Из анализа таблицы следует, что ТСХ, полученные при моделировании, отличаются от соответствующих реальных не более чем на 11 %, т.е. при использовании видоизмененной ДМ, процесс взаимного перемещения ЛА относительно маневрирующей ГВЦ при изменяющихся условиях радиолокационного наблюдения описывается с точностью достаточной для устойчивой работы системы оптимальных оценивателей.

Таблица 1 – Результаты проверки модели на адекватность

	эксперимент, $Z_э$		моделирование, $Z_м$		неадекватность, Δ %	
	ведущий	ведомый	ведущий	ведомый	ведущий	ведомый
α_v	0,054–0,068	0,061–0,073	0,05–0,062	0,055–0,066	7–9	10
β	0,063–0,099	0,099–0,142	0,056–0,089	0,092–0,131	10–11	7–8
σ_v	1,78–1,92	1,92-2,98	1,64-1,7	1,72–2,69	8–11	10

По результатам моделирования была произведена оценка вероятности устойчивой работы системы оптимальных оценивателей при использовании различных моделей. Было произведено 300 испытаний (таблица 2), по результатам которых можно

сделать вывод, что при использовании в процессе фильтрации модели без идентификации параметров с учетом маневра цели вероятность устойчивой работы системы оптимальных оценивателей составляет $P_y = 0.6$, а при использовании модели с идентификацией параметров и с учетом маневра цели $P_y = 0,9$. Таким образом выигрыш при использовании модели с идентификацией параметров и с учетом маневра цели составляет около 30 %.

Таблица 2 – Вероятности устойчивой работы системы оптимальных оценивателей при использовании различных моделей

№ п/п	используемая модель	количество опытов	вероятность устойчивой работы
1	модель без учета маневра цели	300	0,3
2	модель без идентификации параметров с учетом маневра цели	300	0,6
3	модель с идентификацией параметров и с учетом маневра цели	300	0,9

На рисунках 1–4 представлен сравнительный анализ изменения дисперсии ошибки фильтрации при использовании в качестве априорной информации в системе оптимальных оценивателей известных моделей (рисунок 1), модели без идентификации (рисунок 2) и модели с идентификацией параметров (рисунок 3)

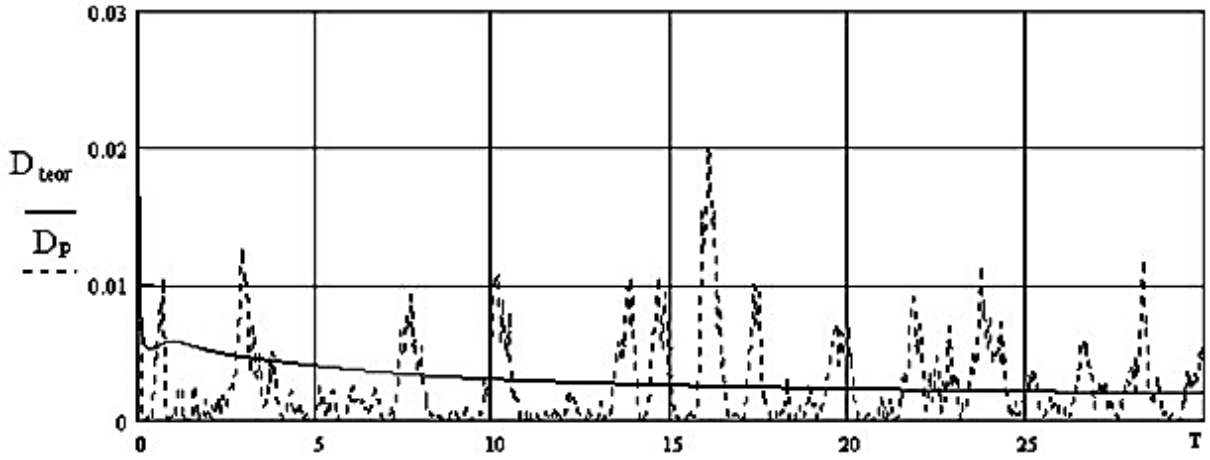


Рисунок 1 – Дисперсия ошибки фильтрации при использовании в качестве априорной информации в системе оптимальных оценивателей известных моделей

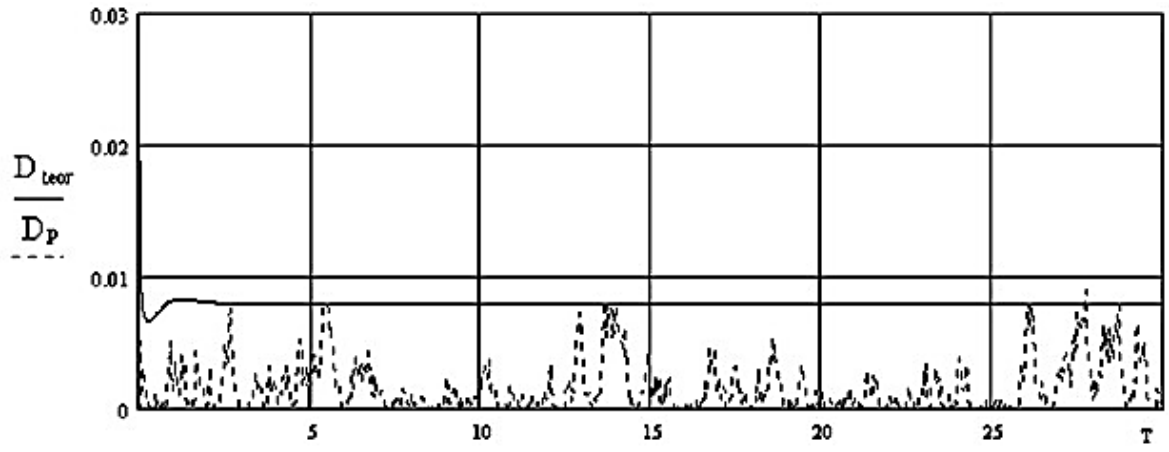


Рисунок 2 – Дисперсия ошибки фильтрации при использовании в качестве априорной информации в системе оптимальных оценивателей модели без идентификации

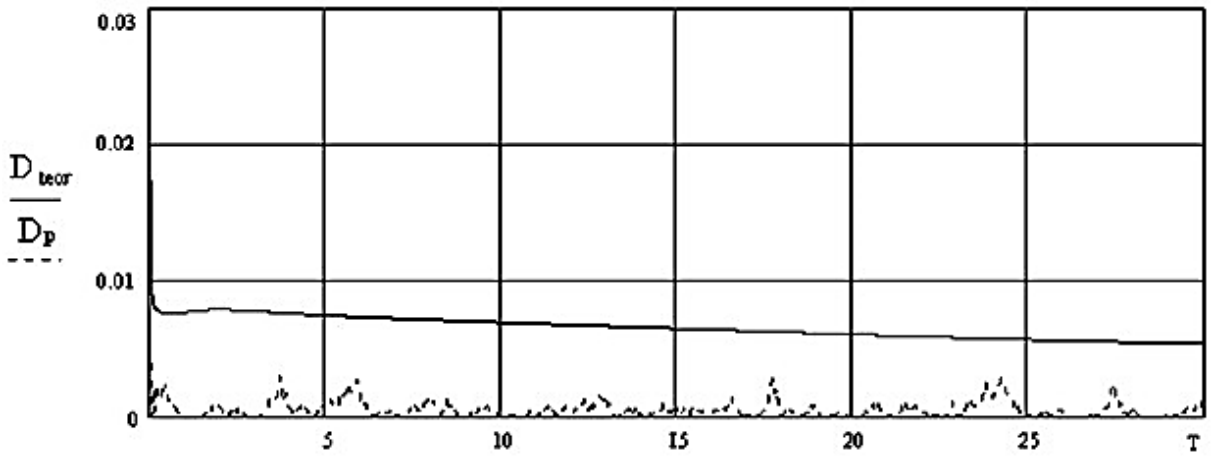


Рисунок 3 – Дисперсия ошибки фильтрации при использовании в качестве априорной информации в системе оптимальных оценивателей модели с идентификацией

Таким образом применение теории идентификации параметров модели взаимного перемещения летательного аппарата относительно маневрирующей групповой воздушной цели позволяет обеспечить устойчивую работу системы оптимальных оценивателей радиоэлектронной системы управления летательного аппарата.

Список литературы:

1. Меркулов В.И. Авиационные системы радиоуправления. – Ч. 1:Теоретические основы синтеза и анализа авиационных систем радиоуправления. – Ч. 2: Радиоэлектронные системы самонаведения / В.И. Меркулов, В.Н.Лепин. – М. : Радио и связь, 1997.
2. Кузьмин С.З. Основы проектирования систем цифровой обработки радиолокационной информации. – М. : Радио и связь, 1996.
3. Викулов О.В. Траекторное управление наблюдением в активной радиолокационной системе самонаведения. Научно-технические серии. – 1999. – № 1.

УДК 004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА PYTHON ДЛЯ ШИФРОВАНИЯ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИ

♦♦♦♦♦

USING PYTHON TO ENCRYPT AND TRANSMIT INFORMATION

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Турчин В.А.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шебуняев А.О.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены современные методы шифрования данных, механизмы контроля доступа к информации, и другие меры, обусловливающие обеспечение безопасности при обработке и передаче данных.

Ключевые слова: водородопроницаемость, адсорбция, растворимость, диффузия, коэффициент прилипания, квазиравновесный поток, давление, обратимость потока, палладий, мембрана.

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Tyrchin V.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shebunyaev A.O.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article discusses modern data encryption methods, information access control mechanisms, and other measures that ensure data security during processing and transmission.

Keywords: encryption; data processing; encoding information; Python language.

Современное информационное общество невозможно представить без эффективных методов обработки данных. Развитие технологий и постоянный поток информации требуют поиска новых подходов и инструментов для работы с информацией. Рассмотрим основные методы обработки данных и их применение в разных областях.

Структурированное хранение данных: реляционные базы данных широко применяются для организации и хранения информации в форме таблиц. Этот способ обеспечивает эффективный доступ к данным и управление ими.

Облачные технологии: облачные сервисы дают возможность хранить и обрабатывать данные на удаленных серверах, что позволяет осуществить доступ к данным большому количеству пользователей и не ограничивает в размерах хранимых данных.

Big Data аналитика: специальные алгоритмы и методы позволяют работать с чрезвычайно большими объемами данных и выявлять закономерности и тренды, недоступные для традиционных методов.

Машинное обучение и искусственный интеллект: автоматизация процесса анализа данных и принятия решений с использованием алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта повышает эффективность обработки информации.

Современный мир невозможно представить без эффективных способов передачи информации. Технологии передачи данных играют ключевую роль в обеспечении связности и обмена информацией. Они включают в себя сети передачи информации, протоколы передачи данных и другие инновационные методы, способствующие эффективной передаче информации в различных областях.

Сети передачи информации представляют собой сложные системы, позволяющие связать различные устройства для передачи данных. Они включают локальные сети (LAN), глобальные сети (WAN), беспроводные сети (Wi-Fi, Bluetooth) и другие. Протоколы передачи данных, такие как TCP/IP, HTTP, FTP, обеспечивают стандартизированный способ передачи информации между устройствами, обеспечивая целостность и надежность передаваемых данных.

Обеспечение надежности передачи информации – важная часть в современных коммуникационных системах. Резервирование сетей, алгоритмы обнаружения ошибок, маршрутизация данных и многоуровневая защита помогают предотвратить кражу данных и обеспечить стабильное соединение между устройствами.

Одной из основных проблем в сфере обмена данных является обеспечение их безопасности. Современные методы шифрования данных, такие как AES, RSA, обеспечивают защиту конфиденциальности передаваемой информации. Механизмы контроля доступа, биометрическая идентификация, системы мониторинга и аудита помогают предотвратить утечки и несанкционированный доступ к данным.

В настоящем мире защита данных стала одним из приоритетных направлений для организаций и частных лиц. Для этого используются различные методы шифрования данных, которые позволяют защищать информацию от несанкционированного доступа. Среди таких методов можно выделить асимметричное шифрование, симметричное шифрование, хеширование и т.д. Каждый из этих методов имеет свои особенности и применение в зависимости от конкретной задачи.

Для обеспечения безопасности данных необходимо также обеспечить механизмы контроля доступа и защиты информации. Это включает в себя установку паролей, двухфакторную аутентификацию, управление правами доступа и другие методы. Такие механизмы позволяют ограничить доступ к конфиденциальным данным только авторизованным пользователям и предотвратить утечку информации.

С развитием технологий все больше информации передается и обрабатывается онлайн. Это требует развития новых методов защиты данных, таких как защита от DDoS-атак, шифрование трафика, механизмы обнаружения угроз и другие. Также важными становятся технологии облачных вычислений, которые позволяют обрабатывать и передавать информацию из любой точки мира, сохраняя при этом ее безопасность.

Современные технологии, такие как интернет вещей (IoT) и машинное обучение, имеют значительное влияние на процессы обработки информации. IoT позволяет устройствам быть взаимосвязанными и обмениваться данными, создавая огромные объемы информации. Машинное обучение, в свою очередь, позволяет обрабатывать и анализировать эти данные с большей эффективностью, делая процессы обработки информации точными и быстрыми.

Одним из главных вызовов при передаче больших объемов данных является оптимизация процессов. С появлением новых технологий, таких как 5G и облачные вычисления, становится возможным передавать данные быстрее и эффективнее. Также передача данных может быть оптимизирована путем использования алгоритмов сжатия данных.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Создание программы для шифрования

Создадим программу на pyton шифрующую текст случайно сгенерированным кодом.

В первой части кода создадим 3 списка: 1 – набор знаков и символов, 2 – алфавит в двух регистрах и знаки препинания («,», «.», « »)(69 символов), 3 – пустой список. А также добавим библиотеку random.

```
1  import random
2  sb = ["1", "2", "3", "4", "5", "6", "7", "8", "9", "0", "!", "@", "№", "#", ";", "$", "%", ":", "^", "
3  alph = ["а", "б", "в", "г", "д", "е", "ё", "ж", "з", "и", "й", "к", "л", "м", "н", "о", "п", "р", "с",
4  kod = []
```

Вторая часть кода с помощью метода random randint, который позволяет выбрать случайный порядок символов, создает из знаков списка 1 ключ для шифровки кода.

```
n = 69
for i in range(0, n):
    a = random.randint( a: 0, n)
    kod.append(sb[a])
    n = n-1
    del sb[a]
```

В третьем этапе работы программа открывает файл text.txt в котором храниться исходный, не закодированный текст, и сохраняет в список индексы его символов в соответствии с алфавитом из списка 2.

```
file = open("text.txt", "r")
a = file.read()
file.close()
itogind = []
for i in range(0, len(a)):
    ind = alph.index(a[i])
    itogind.append(ind)
```

Четвертая часть кода: программа шифрует исходный текст из text.txt, заменяя символы алфавита на символы из ключа программы.

```
itog = ""
for i in range(0, len(a)):
    itog = itog + kod[itogind[i]]
file = open("itog.txt", "w")
file.write(itog)
file.close()
```

В завершение программа сохраняет на компьютер пользователя два файла зашифрованный текст (itog.txt) и ключ для расшифровки (kod.txt).

```
itogkod = ""
file = open("kod.txt", "w")
for i in range(0, len(kod)):
    itogkod = itogkod + kod[i]
file.write(itogkod)
file.close()
```

2. Создание программы для дешифрования

В программе создаётся список с алфавитом.

При запуске программа для дешифровки загружает файлы с ключом и зашифрованным текстом (itog.txt и kod.txt).

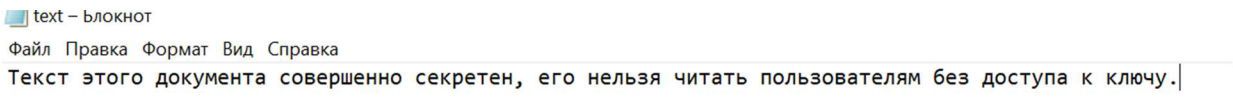
```
file = open("kod.txt", "r")
k = file.read()
kod = []
for i in range(0, len(k)):
    kod.append(k[i])
file.close()
file = open("itog.txt", "r")
itog = file.read()
file.close()
```

Программа создает индекс текста по сохранённому из файла ключу. После чего с его помощью восстанавливает исходный текст. Выводит его пользователю.

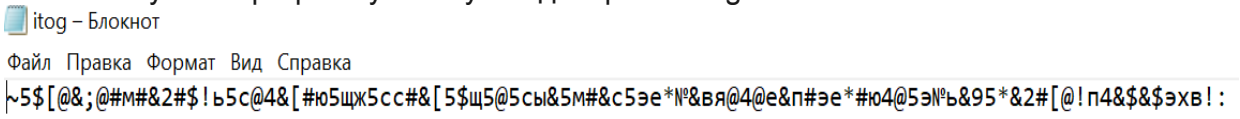
```
itogind = []
for i in range(0, len(itog)):
    ind = kod.index(itog[i])
    itogind.append(ind)
rez = ""
for i in range(0, len(itogind)):
    rez = rez + alph[itogind[i]]
print(rez)
```

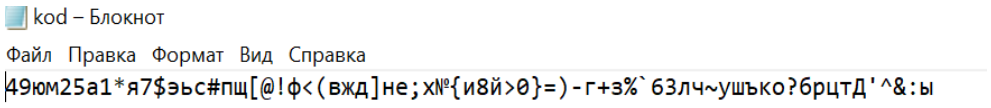
3. Использование программы

Создадим текстовый файл text.txt с исходным текстом.

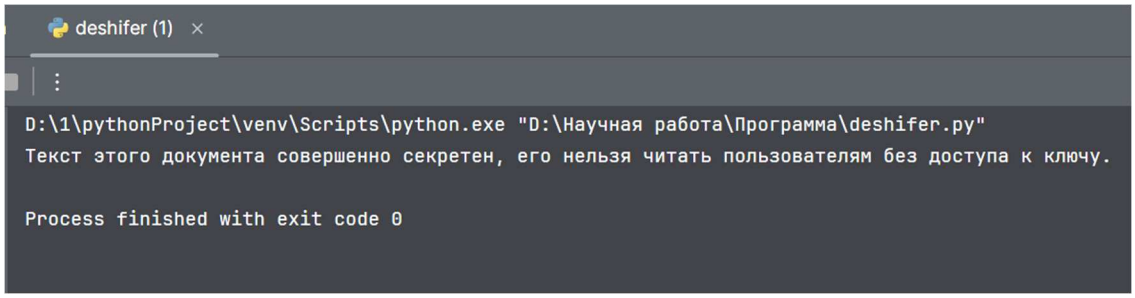


Запустим программу и получим два файла itog.txt и kod.txt.





Оба файла невозможно расшифровать без знания алгоритма программы. Передадим их на другой компьютер с помощью сеть LAN и запустим программу для дешифрования.



В результате работы программы мы получили исходный текст. Передача файла была безопасной, так как удалось исключить возможность прочтения содержимого текста пользователями, не имеющими программы для дешифрования.

Таким образом, можно сделать вывод, что методы обработки и передачи информации играют ключевую роль в современном мире. Они позволяют эффективно обрабатывать и передавать данные, что способствует развитию технологий и облегчает повседневную жизнь людей. Важно постоянно совершенствовать свои знания в этой области, чтобы быть в курсе последних технологий и использовать их на благо общества.

В данной статье мы рассмотрели один из способов шифрования данных для их безопасной передачи. Этот процесс не сложен в понимании и позволяет уберечь информацию от кражи, что делает данную работу актуальной для постоянно развивающейся индустрии современных технологий.

Список литературы:

1. Ан С.И. Прикладные задачи математики в военном деле в эпоху цифровой трансформации / С.И. Ан, Н.В. Третьякова // Донецкие чтения – 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы X Международной научной конференции, посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра, Донецк, 05–07 ноября 2025 года. – Донецк : Донецкий государственный университет, 2025. – С. 153–154.
2. Вербицкий А.С. Использование информационной образовательной среды ВУЗов в современных условиях // Наука и образование: фундаментальные основы, технологии, инновации: Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 70-летию Оренбургского государственного университета, Оренбург, 17–20 сентября 2025 года. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2025. – С. 983–986.
3. Винокуров А.В. Защита командно-программной информации управления беспилотными летательными аппаратами / А.В. Винокуров, М.И. Бухонский, Г.И. Дейкун // Инновационные технологии в образовательном процессе: Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19–20 мая 2017 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 38–45.
4. Голубкина М.В. Методы и средства защиты информационных систем / М.В. Голубкина, Д.Г. Дейкун // Инновационные технологии в образовательном процессе: Сборник материалов XXV Всероссийской заочной научно-практической конференции, Краснодар, 01–02 июня 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2024. – С. 28–32.
5. Голубкина М.В. Защита информации в сетях и системах телекоммуникаций / М.В. Голубкина, А.С. Голубкин; Под ред. А.П. Ремонтова // Информационные ресурсы и системы в экономике, науке и образовании: Сборник статей XII Международной научно-практической конференции, Пенза, 26–27 апреля 2022 года. – Пенза : Автономная некоммерческая научно-методическая организация «Приволжский Дом знаний», 2022. – С. 16–20.
6. Голунова Л.В. Практические вопросы обучения офисным информационным технологиям курсантов высших военных заведений / Л.В. Голунова, А.М. Александрова // Совершенствование методики подготовки обучающихся и внедрение в образовательный процесс информационных технологий: Материалы научно-методического семинара в рамках всеармейского этапа Международной олимпиады курсантов образовательных организаций высшего образования по информатике, Санкт-Петербург, Петергоф, 19 марта 2025 года. – Санкт-Петербург, Петергоф : Военный институт железнодорожных войск и военных сообщений им. генерала армии А.В. Хрулёва, 2025. – С. 35–42.
7. Крайнова Е.А. Информационная безопасность и её значение в современном мире / Е.А. Крайнова, Р.З. Альбаев // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики : Материалы XVIII Международной научно-практической конференции : в 3-х томах, Тольятти, 23–24 апреля 2021 года. – Тольятти: Волжский университет имени В.Н. Татищева (институт), 2021. – Т. 1. – С. 211–214.
8. Критерий вероятностной оценки защищенности командно-программной информации морского робототехнического средства / М.И. Бухонский [и др.] // Эксплуатация морского транспорта. – 2025. – № 1(114). – С. 149–152.
9. Турчин В.А. Программное обеспечение и языки программирования, используемые в авиационной технике / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, В.Р. Баков // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 196–201.
10. Турчин В.А. Программные средства резервного копирования данных в условиях цифровизации / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун; Кубанский государственный технологический университет, Институт экономики, управления и бизнеса // Новая парадигма развития экономических систем в условиях цифровизации: теория, методология, управление: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 13–14 февраля 2020 года. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – С. 331–335.
11. Чипчагов М.С. Защищенность информации в распределённых информационных системах / М.С. Чипчагов, А.С. Вербицкий, В.А. Титов // Вестник Института мировых цивилизаций. – 2018. – Т. 9. – № 2(19). – С. 135–138.

УДК 621.78

КОНЦЕПЦИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ЭКИПАЖЕЙ МОРСКОЙ РАКЕТОНОСНОЙ И ПРОТИВОЛОДОЧНОЙ АВИАЦИИ

♦♦♦♦♦

CONCEPT OF AN INTEGRATED LIFE SUPPORT SYSTEM FOR NAVAL MISSILE-CARRYING AND ANTI-SUBMARINE AVIATION CREWS

Николаева Л.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гурза Д.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Будин В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье дан системный анализ существующих средств индивидуальной защиты (ВКК-6М, ВМСК-4), приведены требования к ним на основе анализа оперативной обстановки и метода функционального модульного проектирования. Предложена архитектура перспективного интегрированного костюма (ПИК), объединяющая модули активного микроклимата, аварийного спасения и информационной интеграции. Сравнительный анализ тактико-технических характеристик показал преимущество ПИК перед существующим комплектом снаряжения, что позволит повысить боевую эффективность и выживаемость экипажей морской авиации, выполняющих задачи в арктических и океанских зонах.

Ключевые слова: морская авиация, авиационный костюм, система жизнеобеспечения, выживаемость на воде, интегрированная экипировка, биометрический мониторинг, эргономика.

Nikolaeva L.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Gurza D.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Budin V.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article provides a systematic analysis of existing personal protective equipment (VKK-6M, VMSK-4), provides requirements for them based on an analysis of the operational situation and the method of functional modular design. The architecture of a promising integrated suit (PIC) is proposed, combining modules of active microclimate, emergency rescue and information integration. A comparative analysis of the tactical and technical characteristics showed the advantage of the PIC over the existing set of equipment, which will increase the combat effectiveness and survival of naval aviation crews performing tasks in the Arctic and oceanic zones.

Keywords: marine aviation, aviation suit, life support system, survival on water, integrated equipment, biometric monitoring, ergonomics.

Современные задачи, стоящие перед морской ракетоносной и противолодочной авиацией (МРА и ПЛО) Воздушно-космических сил России, характеризуются высокой продолжительностью полета (до 12 часов и более) и сложными физико-географическими условиями, включая арктические широты и акватории Мирового океана [1]. Анализ аварийных ситуаций показывает, что ключевым фактором гибели экипажей при аварийном приводнении является быстрое наступление переохлаждения [2].

Существующие средства индивидуальной защиты, такие как высотно-компенсирующий костюм ВКК-6М и высотный морской спасательный комплект ВМСК-4 (рисунок 1), имеют функциональное разделение и значительную массогабаритную нагрузку, что снижает эргономичность в ограниченном пространстве кабины и увеличивает время приведения в готовность [3]. Таким образом, возникает противоречие между необходимостью обеспечения безопасности экипажа и поддержанием его высокой работоспособности во время длительного полета.

Целью данной статьи является разработка новой инженерной концепции перспективного интегрированного костюма (ПИК), лишенного указанных недостатков и обеспечивающего качественный скачок в боевой эффективности сил МРА и ПЛО.



Рисунок 1 – Пилот и штурман в ВМСК-4

Новое техническое решение состоит в изменении самого подхода к проектированию экипировки летчика морской авиации. ПИК рассматривается не как средство пассивной защиты, а как активная «носимая система», являющаяся неотъемлемой частью бортового комплекса и контура управления.

При анализе эксплуатации авиационной техники в морских и арктических условиях рассмотрим воздействие на экипаж следующие дестабилизирующих факторов:

– во-первых, физических: низкие температуры наружного воздуха (до –50 °С) и воды (до –2 °С), перепады давления на большой высоте, вибрация, шум;

– во-вторых, физиологических: длительное статическое напряжение, гиподинамия, нарушения циркадного ритма, риск переохлаждения в случае аварийного приводнении;

– в-третьих, психологических: высокая ответственность за выполнение задачи, информационная перегрузка, сенсорная депривация.

В таблице 1 представлен анализ мер безопасности, который выявил основные ограничения и недостатки существующих комплектов.

Таблица 1 – Сравнительный анализ существующих средств защиты

Модель	Назначение	Ключевые недостатки применительно к задачам МРА
ВКК-6М	Высотная компенсация и защита от перегрузок	Требует использования отдельных элементов (гермошлем, перчатки). Не обеспечивает плавучесть и гидроизоляцию.
ВМСК-4	Морское выживание	Значительный вес и объем. Надевается поверх летного костюма, что увеличивает время подготовки к вылету и снижает подвижность пилота в кабине.
ВК-3М	Вентиляция и терморегуляция	Не предназначен для использования в условиях разгерметизации и при контакте с водой.

Наличие отдельных комплектов приводит к увеличению приведенной массы снаряжения и снижает готовность экипажа к немедленным действиям в аварийной ситуации.

В архитектуре перспективного интегрированного костюма основной научно-технической идеей является отказ от концепции «одежды» в пользу концепции «носи-

мой интеллектуальной системы». ПИК рассматривается как подсистема бортового комплекса жизнеобеспечения, интегрированная с информационным полем кабины и кресла.

Архитектура тактико-технических преимуществ ПИК основана на блочно-модульном принципе и включает в себя три основных функциональных слоя и один интерфейсный слой:

– Слой 1. Базовый (адаптивно-эргономичный): выполнен из многослойной мембранной ткани с огнестойкими и антистатическими свойствами. В подкладку интегрирована капиллярная система терморегуляции, которая за счет циркуляции теплоносителя (от бортовой системы или автономного источника) поддерживает комфортный микроклимат, обеспечивая как обогрев, так и охлаждение. Материал эффективно отводит влагу и гарантирует надежную защиту от агрессивных сред;

– Слой 2. Информационный (интеллектуальный): включает встроенные датчики биометрического мониторинга (ЭКГ, частота дыхания, температура тела), модуль ГЛОНАСС/УКВ-маяка и интерфейсы для подключения носимой электроники. Данный слой осуществляет непрерывный мониторинг состояния пилота в реальном времени с автоматической передачей телеметрии на борт и наземный командный пункт, а также обеспечивает интеграцию с бортовыми информационными системами. Но будет ли пилот спокоен, зная, что его пульс и ЭКГ в деталях видит командование? Остается огромная психологическая и этическая проблема, которую также надо решать;

– Слой 3. Аварийно-спасательный (автономный): полимерные герметизирующие трубки с газогенераторами, интегрированные в манжеты и воротник, совместно с резервным литиевым источником питания образуют автономный контур спасения. При намокании (сигнал датчика воды) или критических перегрузках система автоматически герметизирует костюм, обеспечивая положительную плавучесть и теплоизоляцию в воде (не менее 6 часов при температуре 0°С), активирует аварийный маяк и резервный обогрев. Герметизация же при намокании внутри кабины (например, пролил кофе) приведет к ложному срабатыванию и, возможно, перегреву летчика. Алгоритмы работы таких систем – сложнейшая задача, которая должна однозначно решаться;

– Слой +1. Системный интерфейс: унифицированные быстроразъемные интерфейсы для подключения к бортовым системам (кислород, питание, охлаждение) и тканевые крепления типа MOLLE для тактического снаряжения. Данный слой обеспечивает полную совместимость ПИК со штатным оборудованием носителя и индивидуальной экипировкой пилота.

В таблице 2 приведены прогнозируемые тактико-технические показатели эффективности ПИК в сравнении с традиционным комплектом.

Таблица 2 – Сравнение ключевых параметров эффективности

Параметр	Традиционный комплект (летный костюм + ВМСК)	Перспективный интегрированный костюм (ПИК)	Относительное улучшение
Время приведения в полную готовность	5–7 минут (необходимость надевания ВМСК)	Постоянно в готовности (носимая система)	Сокращение времени на этапе «тревога»
Время безопасного нахождения в воде (0 °С)	До 1 часа (зависит от экипировки)	Предположительно позволит увеличить время	> 3-х часов
Масса аварийных функций	~3,5 кг (отдельный комплект)	Интегрирована в базовую массу	Экономия веса и объема
Активация аварийного маяка	Ручная	Автоматическая (< 15 сек)	Исключение человеческого фактора
Управление микроклиматом	Пассивное	Активное (интеллектуальное)	Качественное улучшение комфорта

Внедрение ПИК позволит перейти от разрозненных средств защиты к единому комплексу, который оказывает воздействие на трех уровнях. На тактическом уровне, т.е. на уровне экипажа, повышается вероятность выполнения задачи за счет снижения отвлекающих факторов (дискомфорт), уверенность в средствах спасения, а также расширяется возможность применения авиации в приполярных широтах на малых высотах. На оперативном уровне командования увеличивается допустимое время патрулирования благодаря объективным данным биомониторинга и снижению утомляемости; повышается гибкость базирования за счет автономности системы выживания, снижающей зависимость от немедленной спасательной инфраструктуры. И, наконец, на стратегическом уровне системы МРА и ПЛО обеспечивается сохранение высококвалифицированного летного состава (незаменимого ресурса) в чрезвычайных ситуациях, укрепляется потенциал сдерживания путем демонстрации возможности эффективно действовать в любых условиях.

Ограничением данного исследования является отсутствие экспериментальных данных, полученных в ходе полевых испытаний макетных образцов. Существуют также нерешенные проблемы, такие как, например, ложное срабатывание, масса автономных источников питания, психологический аспект мониторинга. Следующим этапом должна стать разработка исследовательской программы по подбору материалов и элементной базы, а также создание математической модели теплопереноса в системе «человек-костюм-окружающая среда».

Таким образом, в результате проведенного концептуального исследования была предложена архитектура перспективного интегрированного костюма для экипажей морской авиации. Показано, что объединение функций терморегулирования, аварийного спасения и обмена информацией в единой носимой системе позволяет достичь синергетического эффекта, выражающегося в качественном повышении боевой эффективности, расширении оперативных возможностей и сохранении жизней летного состава. Разработанная концепция и материалы исследования могут послужить основой для организации опытно-конструкторских работ по созданию перспективных средств индивидуальной защиты летного состава ВКС и ВМФ.

Список литературы:

1. Иванов П.И. Особенности эксплуатации авиационной техники в Арктической зоне / П.И. Иванов, В.В. Петров // Военная мысль. – 2021. – № 4. – С. 45–52.
2. Сидоров А.А. Медико-биологические аспекты выживания летного состава на море // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2020. – Т. 54. – № 3. – С. 23–29.
3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Высотного морского спасательного комплекта ВМСК-4. – М. : Воениздат, 2016. – 112 с.

УДК 004.652

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ИМПУЛЬСНЫХ ДИСПЕРСНЫХ ПОТОКОВ РАСПЫЛЕННОГО ТОПЛИВА

♦♦♦♦♦

DEVELOPMENT OF A DATABASE OF IMAGES OF PULSED DISPERSED FUEL ATOMIZED FLOWS

Еськов А.В.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
alesc72@mail.ru

Кондратенко И.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье авторами исследуется методический подход к выбору модели базы данных с изображениями струй распыленного топлива, полученных на экспериментальной установке. Предполагается обработка изображений для получения характеристик распыления: скорости, угла раскрытия, плотности струи по яркостным зонам.

Ключевые слова: база данных, капля, топливо, распыление жидкости, фотоснимок, изображение струи, обработка изображения.

Eskov A.V.
Doctor of Engineering Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
alesc72@mail.ru

Kondratenko I.G.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In this article, the authors explore a methodological approach to selecting a database model for images of atomized fuel jets obtained using an experimental setup. The image processing is proposed to obtain atomization characteristics: velocity, spreading angle, and jet density based on brightness zones.

Keywords: database, droplet, fuel, liquid spray, photograph, jet image, image processing.

Представьте себе огромный архив, полный аккуратно разложенных папок и документов, распределённых по шкафам и разделённым на категории. Каждый документ имеет своё определённое место, что позволяет быстро находить нужную информацию. Подобным образом функционируют и электронные базы данных – виртуальное хранилище, предназначенное для упорядочивания огромных объёмов цифровых сведений.

База данных – это организованная совокупность связанных между собой данных, хранящихся в электронном виде [1]. В отличие от обычного набора файлов, она построена по четким правилам и имеет продуманную структуру. Иными словами, база данных – это организованная коллекция данных, позволяющая легко получать к ней доступ, управлять ею и обновлять содержимое по мере необходимости. Всю необходимую информацию можно найти и обработать с помощью СУБД (система управления базами данных) [2].

База данных строится на основе заранее разработанной схемы – модели данных. Эта схема определяет правила размещения информации, взаимосвязи между различными типами данных и способы.

Перед началом строительства дома архитектор создаёт подробный план каждого этажа, комнаты и коммуникационной инфраструктуры. Так и база данных строится на основе заранее разработанной схемы – модели данных.

Ниже приведены три основных типа баз данных, используемые в современной практике.

Реляционные базы данных похожи на известные таблицы MS Excel, но имеют намного большие возможности и масштабы. Информация размещается в строках и столбцах, образующих строгую таблицу. Каждая запись должна соответствовать определённой схеме, что обеспечивает порядок и целостность данных. К преимуществам можно отнести четкую организацию и логику построения, высокую надёжность и стандартизацию, возможность оптимизации производительности.

Нереляционные базы данных (NoSQL) отличаются большей свободой в хранении данных. Данные могут иметь произвольную форму, хранящуюся в парах «ключ-значение» или графовых структурах. Этот подход идеально подходит для проектов с непредсказуемым ростом объёма данных и частыми изменениями. К преимуществам можно отнести: гибкость и способность адаптироваться к новым требованиям, масштабируемость и производительность при высоких нагрузках, поддержка любых форматов данных, включая мультимедийные данные и бинарные объекты.

В иерархических базах данных сведения представлены в виде древовидной структуры, похожей на родословную семьи. Верхний уровень представляет родительский объект, от которого отходят дочерние элементы. Такая структура удобна для быстрой навигации по данным сверху вниз и обратно. К преимуществам относится: простота моделирования организационных структур и зависимостей, оптимальная производительность простых запросов, легкость освоения для начинающих разработчиков. Таким образом, правильный выбор типа базы данных зависит от специфики проекта.

Практическая часть работы представляет собой разработку структуры и создание базы данных. Для работы была выбрана среда LibreOffice Base в связи с тем, что этот инструмент используется в министерстве обороны. Данная база данных должна содержать информацию об эксперименте, связанном с распылом топлива форсункой двигателя. Для реализации поставленной задачи была разработана следующая структура базы данных. База данных содержит таблицы–справочники, такие как «Исследователь», «Двигатели», «Топливо», «Форсунка», которые содержат информацию о личных данных исследователя, параметрах топлива, характеристиках двигателя и форсунки. Также в базе данных есть основные таблицы: «Исследование» и «Фотоснимки», которые содержат техническую информацию об исследовании и подробное графическое представление фотоснимков (рисунок 1). Изображения топливных струй получают на экспериментальном стенде с использованием высокоскоростной видеосъемки процесса распыления топливными форсунками [3].

Подразумевается, что в базе данных находится огромное количество данных, поэтому для удобства их хранения, обработки и анализа будут создаваться запросы, посредством которых будет осуществляться поиск необходимых данных. Производить поиск будет возможно по любому из столбцов таблиц, таких как фамилия, имя, отчество исследователя; марка форсунки, тип её распыления, давление впрыска и количества отверстий в ней; поиск фотоснимка можно будет осуществлять по номеру впрыска, времени задержки и экспозиции; а само исследование можно будет находить по дате проведения и номеру эксперимента. Найденные данные можно будет выводить для пользователя в удобном виде с помощью форм и отчетов.

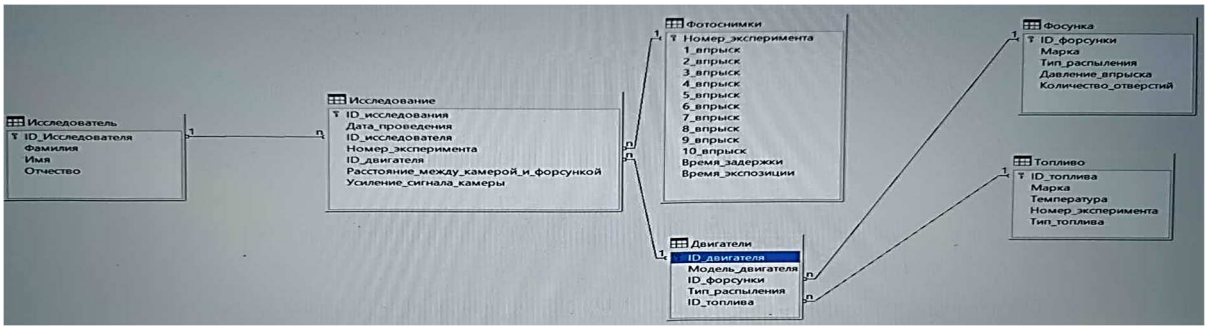


Рисунок 1 – Схема связи данных в базе данных LibreOffice Base

Для обеспечения раздельного хранения информации были созданы следующие таблицы: Двигатели, Исследование, Исследователь, Топливо, Форсунка, Фотоснимки.

Правильное и удобное восприятие данных обеспечивают формы. В базе данных разработаны формы.

В дальнейшем, разрабатываемая база данных будет интегрирована в среду обработки изображений топливных струй. Из изображений будет автоматически определяться скорость фронта струи, угол раскрытия, яркость зон с различной концентрацией

топлива [4]. Такая система поможет контролировать качество изготовления топливных распылителей для различных типов двигателей внутреннего сгорания.

Список литературы:

1. URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/База_данных (23.03.2026).
2. Конюхов В.Г. База данных. Понятие, значение и роль в современном мире // Современные инновации в образовании. – Системные технологии. – 2017. – № 24. – С. 61–63.
3. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В .А. Сойфера. – М., 2001.
4. Еськов А.В. Оптический метод исследования процесса распыливания рапсового и дизельного топлива / А.В. Еськов, А.В. Маецкий, А.М. Сагалаков // Датчики и системы. – 2013. – № 5. – С. 21–24.

УДК 629.7.07

ПРОЦЕСС РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ И ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

♦♦♦♦♦

PROCESS OF IMPLEMENTING THE TECHNICAL AND PROGRAMMING PARTS OF THE AIRCRAFT MAINTENANCE COMPLEX

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Турчин В.А.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Исайчев А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье предлагается разработка концепции автоматизации технического обслуживания авиационной техники на аэродромах. Внедрение рассматриваемой концепции позволит сократить количество ошибок при проверке техники, чётко соблюдать очередность проверки необходимого оборудования, а также сокращения времени для составления отчетов о проделанной работе в рамках технического обслуживания.

Ключевые слова: программный комплекс; техническое обслуживание; авиационное оборудование; информационные технологии; программное обеспечение.

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Tyrchin V.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Isaichev A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article proposes the development of a concept for automating the maintenance of aviation equipment at airfields. The implementation of this concept will reduce the number of errors made during equipment inspections, ensure that the necessary equipment is checked in the correct order, and reduce the time required to generate reports on maintenance activities.

Keywords: software package; technical service; aviation equipment; information technology; software.

XXI век является веком информационных технологий и, как следствие, одной из главных сфер внедрения компьютерных технологий несомненно является военная деятельность. Оперативность нахождения и обработки нужной информации, а также доступа к ней зачастую решает исход боевых действий. В военной авиации одной из таких информационных технологий может стать ранее разработанный проект комплекса для доступа к техническому состоянию самолётов, а также к их технологическим картам регламента технического обслуживания. Было выбрано одно из направлений практической реализации данного комплекса, а именно обеспечение техническими и программными средствами, для чего была собрана информация из соответствующей литературы и у специалистов инженерно-аэродромной службы, а на их основе были разработаны некоторые программные и аппаратные части.

Для рассмотрения технологических работ был взят за основу самолёт Ан-26, а именно регламент его технического обслуживания (РТО). В качестве примера, были выбраны технические работы, выполняемые на силовой установке.

Основной тип работы, который предстоит выполнить с данным материалом – представить его в виде списков, вызываемого при выборе вида проводимых работ, при отметке электронной подписи и сканировании QR-кодов. При этом касаемо последнего случая необходимо будет реализовывать возможность выдачи ошибки при некорректном сканировании кода или же сканировании с другого блока, не соответствующего данному этапу проведения работ. Необходимо также помнить, что при выводе ошибок,

прогресс предыдущих выполненных пунктов не должен обнуляться, однако это уже больше касается программной части.

САМОЛЕТЫ Ан-24, Ан-26, Ан-30 всех модификаций *РО-24.26.30-06*

Пункт РО	Содержание работ	Форма ТО			Номер выпуска; ТК (пункт)	Контроль
		А1	А2	Б		
1.02.00	**СИЛОВАЯ УСТАНОВКА** **С двигателями АИ-24**					
1.02.01	Произведите внешний осмотр воздушных винтов.	×	×	×	1.02; 1	Т
1.02.02	Проверьте легкость вращения роторов двигателей. Убедитесь в отсутствии посторонних шумов в двигателях и обтекателях втулок воздушных винтов. ВНИМАНИЕ. ВРАЩАТЬ ВОЗДУШНЫЙ ВИНТ ЗАПРЕЩАЕТСЯ: - ПРОТИВ ХОДА ВО ИЗБЕЖАНИЕ ПОЛОМКИ ПРИВОДА СТГ; - ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ МАСЛА НА ВХОДЕ В ДВИГАТЕЛЬ МИНУС 40 °С И НИЖЕ.	×	×	×	1.02; 2	Т
1.02.03	Произведите внешний осмотр гондол двигателей.	×	×	×	1.02; 3	Т
1.02.04	Осмотрите соты маслорадиаторов.	–	×	×	1.02; 4	Т
1.02.05	Измерьте количество масла в маслобаках мерной линейкой.	–	×	×	1.02; 5	Т
1.02.06	Сдайте в лабораторию пробы масла из двигателей для анализа на содержание металлических примесей. Работу выполняйте в базовом аэропорту через каждые (50±10) ч наработки двигателя (по заданию ПДО).	–	×	×	1.02; 6	К
1.02.07	Снимите и осмотрите магнитные пробки лобовых картеров двигателей. Промойте магнитные пробки на участке очистки. Установите промытые магнитные пробки на место.	–	×	×	1.02; 7	К
1.02.08	Осмотрите воздухозаборники двигателей, лопатки входного направляющего аппарата (ВНА), рабочие лопатки первых ступеней компрессоров и выхлопные трубы.	–	×	×	1.02; 8	Т

20.04.06 37

Рисунок 1

Отдельно стоит отметить, что на аэродромах зачастую базируются самолёты разных типов, поэтому данные по техническому обслуживанию в приложении стоит хранить в следующем виде: отдельная база данных на каждый тип самолёта будет объединять в себе разные списки по видам проводимых работ на воздушном судне. Для наглядности предоставим следующую схему.

Техническая часть вопроса была подвержена некоторым изменениям. Изначально предполагалось присоединять к планшетам специальные модули, считывающие электронную подпись (ЭП), что добавляло громоздкости, вес и неудобность использования. Также принцип действия был очень похож на домофонный ключ, который не обеспечивал в полной мере сохранность подписи от копирования и дальнейшего его размножения, что сказывалось на информационной безопасности. Помимо того модули требовали отдельной точной программной настройки, которая позволяла бы работать с планшетными операционными системами, что ещё больше затрудняло бы разработку.

Исходя из вышеизложеннных аргументов было принято решение отказаться от модуля и заменить его на технологию NFC которая решает все данные проблемы. Near Field Communication (NFC) – «коммуникация ближнего поля» технология беспроводной передачи данных малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 сантиметров. По сути NFC это частный случай RFID (Radio Frequency Identification) – механизма радиочастотного обмена данными, хранящимися в так называемых транспондерах или метках, который основан на стандартах ISO/IEC 18092 NFC IP-1, JIS X 6319-4 и ISO/IEC 14443 для бесконтактных смарт-карт. NFC устройство работает на частоте 13,56 МГц и состоит из считывателя (ридера) и антенны, или из метки и антенны. Ридер генерирует радиочастотное поле, которое может взаимодействовать с меткой или с другим ридером. Ридер – это устройство NFC, работающее в режиме активной коммуникации. Метка – это устройство NFC, которое работает в режиме пассивной коммуникации.

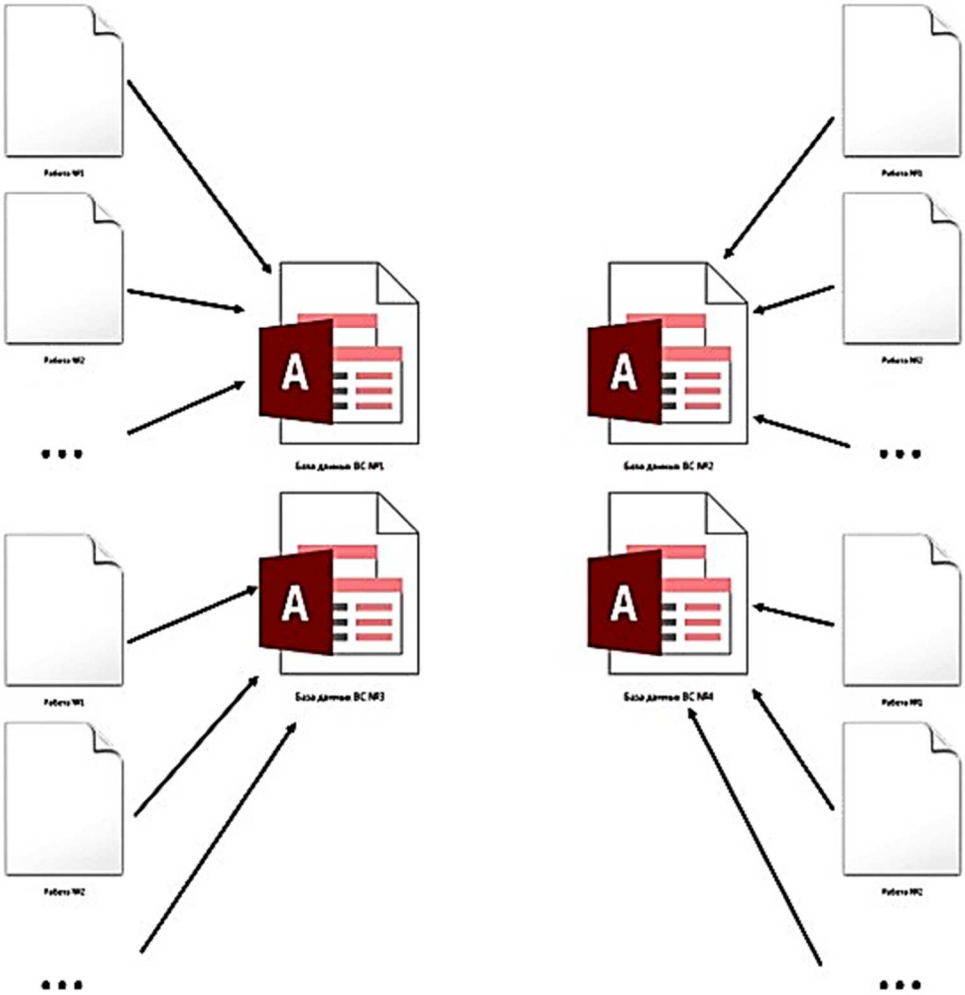


Рисунок 2

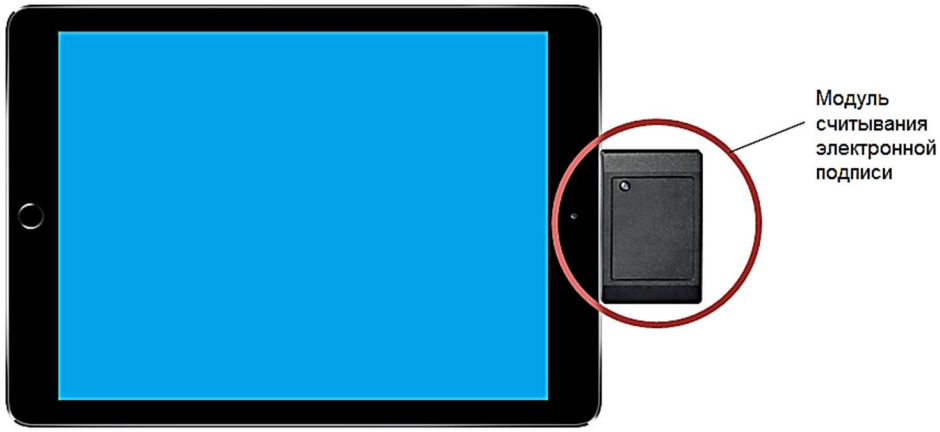


Рисунок 3

Информационная безопасность будет обеспечиваться за счёт закрытости NFC с электронной подписью члена инженерно-технического состава, то есть запись (например, для нового личного состава, прибывшего на службу в часть) и чтение будет доступно только для определённых устройств и компьютеров. Сами электронные подписи будут выглядеть следующим образом: жетон, одной стороны которого будет фотография военнослужащего и его ФИО вместе с личным номером, а на другой – NFC-метка.

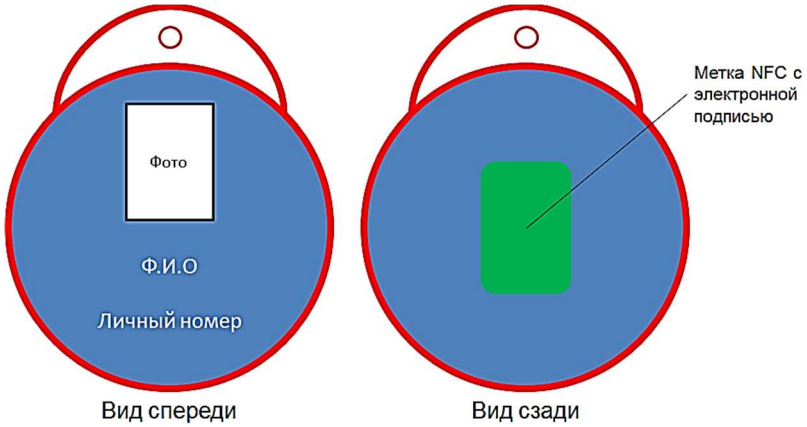


Рисунок 4

Программная часть комплекса тоже не избежала проблемных вопросов и изменений. Был разработан концепт основных моментов работы приложения. При запуске приложения появляется форма для ввода логина и пароля. Для дальнейшего использования пользователю необходимо использовать электронную подпись, чтобы подтвердить вход.

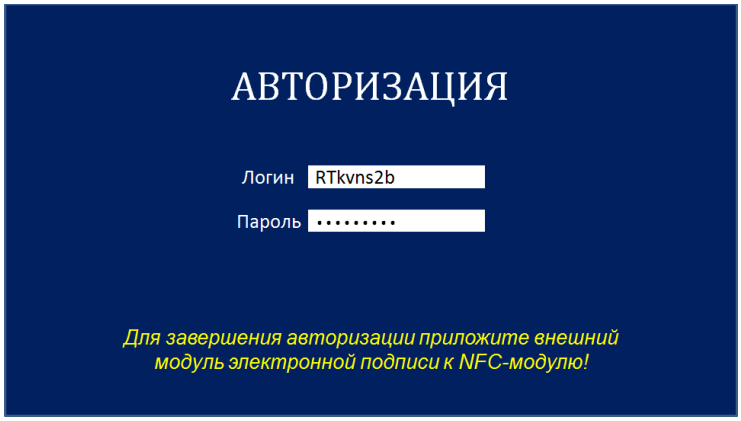


Рисунок 5

Затем отображается экран на котором в левой стороне показана краткая информация о пользователе, а в правой – воздушные суда, к работам на которые он имеет доступ. Для перехода в меню самолёта необходимо нажать на его иконку и подтвердить при помощи ЭП.



Рисунок 6

В меню ВС будет отображена краткая информация о виде и дате крайней проводимой на нём регламентной работе. Ниже будет предоставлен список работ, которые могут проводиться на данном типе самолётов. Чтобы приступить к выполнению работ необходимо будет выбрать из списка проводимый вид работ, и всё также подтвердить выбор приложением NFC. Затем на экране будут отображаться пункты из технологической карты из РТО касаемо данного вида обслуживания. Каждый последующий пункт будет появляться только после того, как инженер авиационного комплекса, выполнив предыдущее действие, подтвердит его ЭП. Одновременно с началом работы начнётся отсчёт времени и после каждого выполненного этапа работы будет проставляться временная метка о его выполнении. В случаях работы с отдельными блоками, отсеками или при выполнении моментов, требующих повышенного внимания, пользователю необходимо будет отсканировать камерой планшета QR-код, нанесённый на данную часть воздушного судна.



Рисунок 7

После выполнения всех пунктов, необходимо будет приложить ЭП технического специалиста, который проводил данный вид обслуживания, а также ЭП проверяющего, который контролировал выполнение. Только после этого приложение будет считать данную работу выполненной, автоматически завершив её и переместив пользователя в меню летательного аппарата.

Изначально планировалось, что данное приложение будет написано на языке программирования Python и стоять на планшетах с отечественной операционной системой «AURORA», однако в процессе реализации был обнаружен ряд проблем. Для разработки приложений для мобильных устройств, а также для разработки встроенного в приложение сканера QR-кодов необходима работа со многими библиотеками Python, требующих отдельной установки, а также тщательное их изучение и многократное тестирование, с целью исключения ошибок работы самого приложения и корректного считывания сканером кода. Однако в рамках выбранной ОС, Python является экспериментальной технологией разработки приложений и предоставляется в виде репозиториев с открытым исходным кодом, поддержка которых не гарантируется (как и работа с некоторыми библиотеками Python). Таким образом из данной ситуации есть только два выхода: отложить разработку, запуск и тестирование приложения на неопределённый срок до тех пор, пока разработчиками данной ОС не будет предоставлена возможность корректной работы приложения, путём продолжения обновлений и программной поддержки «Авроры»; или же полная переработка концепции и готовых фрагментов программного кода приложения, под поддерживаемые на ОС языки программирования. Оба эти варианта так или иначе затрудняют разработку и увеличивают её сроки.

Таким образом в данной статье были предоставлены наработки по технической и программной части комплекса. В процессе описывались видоизменения в нем, а также перечислен ряд критических вопросов и возможные пути их решения. Исходя из этого можно сделать вывод, что данный комплекс всё также является перспективным инструментом, который можно внедрить в процесс технического обслуживания воздушных судов.

Список литературы:

1. Ан С.И. Прикладные задачи математики в военном деле в эпоху цифровой трансформации / С.И. Ан, Н.В. Третьякова // Донецкие чтения - 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Материалы X Международной научной конференции, посвященной 60-летию создания Донецкого научного центра, Донецк, 05–07 ноября 2025 года. – Донецк : Донецкий государственный университет, 2025. – С. 153–154.
2. Голяков П.Э. Интерактивные кейсы как средство подготовки к профессиональному взаимодействию в гибридной образовательной среде военного вуза / П.Э. Голяков, Д.Г. Дейкун // Глобальный научный потенциал. – 2025. – № 7(172). – С. 169–174.
3. Голякова В.А. Принципы реализации комплекса моделей формирования готовности курсантов к решению компетентностно-ориентированных профессиональных задач // Современное педагогическое образование. – 2019. – № 7. – С. 65–70.
4. Дейкун Д.Г. Внедрение информационных технологий – новые возможности для обучения в вузах / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции, Краснодар, 08–09 ноября 2023 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2023. – С. 178–182.
5. Ламухина Н.А. Общая характеристика нормативной модели опережающей профессиональной подготовки курсантов военного вуза // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 3(106). – С. 97–101. DOI 10.24412/1991-5497-2024-3106-97-101
6. Малахова В.А. Актуальность подготовки курсантов авиационного вуза к разрешению познавательных затруднений // Мир науки, культуры, образования. – 2016. – № 6(61). – С. 64–67.
7. Практическое применение математических методов динамического программирования при переоснащении авиационной базы новой техникой / В.Н. Плешаков, В.В. Терехов, Д.В. Терехова, В.А. Турчин // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции, Краснодар, 17–19 декабря 2013 года / Филиал Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ООО «Издательский Дом – Юг». – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2014. – С. 76–79.
8. Создание элементов цифровой образовательной среды вуза как первый опыт инженера / Л.А. Усольцева [и др.] // Актуальные проблемы современного инженерного образования : Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 11 ноября 2022 года. – Омск : Омский автобронетанковый инженерный институт, 2022. – С. 140–144.
9. Тойшева О.А. Основные тенденции развития высшего образования в условиях информатизации общества / О.А. Тойшева, Е.А. Крайнова, С.В. Снадченко // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – № 63-4. – С. 256–259.
10. Турчин В.А. Программное обеспечение и языки программирования, используемые в авиационной технике / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, В.Р. Баков // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники: Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 196–201.
11. Формирование информационной компетентности обучающихся военного вуза / Е.А. Крайнова [и др.] // Научно-методическое обеспечение процесса формирования общепрофессиональных компетенций будущих военных летчиков на примере изучения дисциплин естественно-научного цикла : коллективная монография. – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2020. – С. 6–65.

УДК 629.7.038

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ДАЛЬНИХ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЙ: КЛАССИФИКАЦИЯ, ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ

♦♦♦♦♦

THE EVOLUTION OF LIFE SUPPORT SYSTEMS IN THE CONTEXT OF LONG-DISTANCE SPACE EXPLORATION: CLASSIFICATION, FUNCTIONAL INTEGRATION AND FUTURE CONCEPTS

Падалка А.П.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Лютов Т.И.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье представлен комплексный анализ систем жизнеобеспечения (СЖО) космических кораблей в контексте экспоненциально растущих требований к длительным межпланетным экспедициям. Рассмотрена эволюция классификации СЖО от одноразовых запасов до полностью замкнутых биорегенеративных экосистем, функциональная нагрузка каждой подсистемы и решающая роль их интеграции. Проанализированы результаты ключевых наземных экспериментов по изоляции (SIRIUS, Mars Dune Alpha, BIOS-3, Lunar Palace 365, MELiSSA), изучены альтернативные подходы, в том числе искусственный анабиоз, использование космической радиации и синтетическая биология. Особое внимание уделено проблеме оптимизации массоэнергетических характеристик перспективных систем жизнеобеспечения. В заключение сформулированы выводы о практической реализуемости рассматриваемых технологий для пилотируемых миссий на Марс и к объектам пояса астероидов.

Ключевые слова: системы жизнеобеспечения, ECLSS, биорегенерация, CELSS, MELiSSA, анабиоз, космическая радиация, замкнутый экологический цикл, синтетическая биология, марсианские экспедиции.

Padalka A.P.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Lyutov T.I.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article presents a comprehensive analysis of spacecraft life support systems (LSS) in the context of exponentially increasing demands on long-duration interplanetary expeditions. It examines the evolution of LSS classification from single-use supplies to fully closed bioregenerative ecosystems, the functional load of each subsystem, and the critical role of their integration. The results of key ground-based isolation experiments (SIRIUS, Mars Dune Alpha, BIOS-3, Lunar Palace 365, MELiSSA) are analysed, and alternative approaches are investigated, including artificial hibernation, the use of space radiation and synthetic biology. Particular attention is paid to the problem of optimising the mass-energy characteristics of promising life support systems. In conclusion, conclusions are drawn regarding the practical feasibility of the technologies under consideration for crewed missions to Mars and objects in the asteroid belt.

Keywords: life support systems, ECLSS, bioregeneration, CELSS, MELiSSA, suspended animation, space radiation, closed ecological cycle, synthetic biology, Martian expeditions.

Проблема обеспечения жизнедеятельности человека за пределами земной атмосферы сопровождает космонавтику с момента первых полетов. Однако если на околоземной орбите этот вопрос решался за счет периодической доставки расходных материалов с поверхности планеты, то перспектива многомесячных и многолетних миссий к Марсу, астероидам или за пределы пояса астероидов ставит перед инженерами и учеными задачу принципиально иного уровня сложности. Удаленность от Земли делает традиционную логистику ресурсов физически невозможной: время задержки сигнала и ограничения ракетно-космической отрасли требуют перехода к автономным, высокозамкнутым и энергоэффективным системам.

Целью данной работы является комплексный анализ современного состояния и перспектив развития систем жизнеобеспечения (СЖО) космических кораблей, предназначенных для дальних пилотируемых экспедиций. В центре внимания – классификация СЖО, функциональная нагрузка отдельных подсистем, результаты ключевых

наземных экспериментов, нетрадиционные подходы к решению проблемы и принципы интеграции технологий в единый контур.

Системы жизнеобеспечения традиционно делятся на три поколения, каждое из которых характеризуется степенью замкнутости цикла веществ.

Первое поколение – системы одноразового использования. На первых космических кораблях («Восток», «Меркурий») запасы кислорода, воды и пищи брались на борт в полном объеме, а продукты жизнедеятельности утилизировались или сбрасывались. Такая архитектура подходит только для кратковременных миссий продолжительностью не более нескольких суток.

Второе поколение – физико-химические системы регенерации (ECLSS). На Международной космической станции (МКС) реализована система экологического контроля и жизнеобеспечения (Environmental Control and Life Support System, ECLSS), которая включает в себя три ключевых компонента: систему регенерации воды (WRS), систему восстановления атмосферы (ARS) и систему генерации кислорода (OGS). Вода регенерируется из конденсата атмосферной влаги и урины, при этом уровень возобновляемости достигает 98 %. Кислород получают путем электролиза воды, а углекислый газ удаляют с помощью твердых сорбентов. Однако пища по-прежнему доставляется с Земли, а степень замкнутости по массе не превышает 70–80 %. Главное ограничение физико-химических систем – накопление «тупиковых» продуктов (нерастворимых солей, неконденсируемых газов), требующих периодического сброса.

Третье поколение – биорегенеративные системы (CELSS / BLSS). Концепция контролируемой экологической системы жизнеобеспечения (Controlled Ecological Life Support System, CELSS), разрабатываемая NASA, предполагает использование фотосинтезирующих организмов для одновременной регенерации кислорода, воды и производства пищи. Китайский эксперимент «Лунный дворец 365» (2017–2018 гг.) продемонстрировал возможность поддержания жизнедеятельности человека в замкнутой биорегенеративной системе в течение года при степени замкнутости,

Этот показатель превышает 98 %. Однако достижение полной замкнутости сталкивается с фундаментальным ограничением: любая биологическая система неизбежно накапливает непереваривaемые отходы.

Вопрос о необходимости полной биорегенерации для первой марсианской экспедиции остается открытым. Некоторые исследователи предлагают использовать гибридную архитектуру: физико-химические методы для регенерации воздуха и воды и ограниченную биорегенерацию для производства пищи в качестве психологической поддержки экипажа.

СЖО представляет собой не просто совокупность независимых устройств, а сложную техническую систему с тесными перекрестными связями. МКС – уникальная испытательная площадка, на которой накоплен многолетний опыт эксплуатации интегрированных систем жизнеобеспечения.

Анализ системной сложности ECLSS показывает, что взаимозависимость подсистем часто определяет жизнеспособность миссии в большей степени, чем производительность отдельных компонентов. Например, изменение режима работы системы кондиционирования воздуха напрямую влияет на влажность в отсеке, что, в свою очередь, сказывается на эффективности системы регенерации воды. Отказ одного компонента может вызвать каскадный эффект.

Для дальних космических миссий требуется создание интегрированной системы жизнеобеспечения (ИСЖО), рассматриваемой как абиотическая часть эколого-технической системы межпланетного корабля. Ключевая проблема – синтез оптимальной технологической структуры ИСЖО, включающий в себя выбор технологий регенерации, степени дублирования, резервных запасов и алгоритмов управления.

В период с 2017 по 2025 год в наземном экспериментальном комплексе Института медико-биологических проблем РАН было проведено четыре изоляционных эксперимента продолжительностью 17, 120, 240 и 366 суток. В ходе 366-суточной изоляции SIRIUS-23 моделировал полный цикл межпланетной экспедиции с выходом за пределы околоземной орбиты, полётом к ближайшим планетам и имитацией высадки на поверхность.

Основные результаты: подтверждена принципиальная психологическая переносимость годичной изоляции смешанным экипажем; у 60 % участников к третьему меся-

цу выявлены циркадные нарушения сна; зафиксировано снижение иммунного статуса, требующее разработки профилактических мер.

В Космическом центре имени Джонсона в Хьюстоне в 2023–2024 годах проходил 378-дневный эксперимент CHAPEA-1. Четверо добровольцев жили в полностью изолированном модуле площадью 1700 квадратных футов (около 158 кв. м), имитирующем марсианскую базу. В отличие от SIRIUS, здесь моделировалась не только изоляция, но и 20-минутная задержка связи, имитация выходов на поверхность в скафандрах и работа в условиях ограниченных ресурсов. Эксперимент прошел без медицинских инцидентов и позволил NASA уточнить требования к жизнеобеспечению для миссий, запланированных на конец 2030-х – начало 2040-х годов.

Созданный в начале 1970-х годов комплекс «БИОС-3» представлял собой герметичный объем площадью 120 кв. м, в котором проводились эксперименты по замкнутому газообмену между человеком и высшими растениями. Самый продолжительный эксперимент длился 180 дней и показал, что растения могут поддерживать газовый состав воздуха, однако система не была полностью замкнутой: в ней присутствовали «тупиковые» вещества, которые не возвращались в круговорот.

Эксперимент 2017–2018 годов стал самым продолжительным непрерывным функционированием биорегенеративной системы жизнеобеспечения с участием человека. В системе «Лунный дворец 1», объединившей секцию растениеводства, секцию культивирования человека и секцию технического обслуживания, была достигнута степень замкнутости более 98 %. Особое внимание уделялось динамике бактериальной среды и биобезопасности: за год были собраны уникальные данные о микробных сообществах, колонизирующих замкнутый гермообъем.

Система MELiSSA, разработанная в 1989 году, представляет собой наиболее совершенную европейскую разработку в области замкнутых систем жизнеобеспечения. Система состоит из каскада биореакторов, в которых последовательно работают различные микроорганизмы и водоросли, перерабатывающие отходы жизнедеятельности экипажа (фекалии, мочу, углекислый газ) в кислород, воду и биомассу. На сегодняшний день создана пилотная установка, демонстрирующая возможность полной регенерации атмосферы и воды с одновременным производством пищи. Система MELiSSA признана международным сообществом наиболее совершенным проектом в области замкнутых систем жизнеобеспечения.

Концепция перевода экипажа в состояние пониженного метаболизма на время межпланетного перелёта обсуждается как Европейским космическим агентством, так и НАСА. Снижение скорости метаболизма позволяет сократить потребление воды и пищи до 75 %, что напрямую уменьшает стартовую массу корабля и, следовательно, стоимость миссии. В 2023 году учёным удалось ввести в состояние искусственного анабиоза грызунов, которые в природе никогда не впадают в спячку, что указывает на наличие у млекопитающих скрытых механизмов замедления метаболизма.

Однако существуют серьезные препятствия: физиология человека не приспособлена к длительной гибернации. Атрофия мышц, потеря костной массы, тромбообразование, угнетение иммунитета – все эти эффекты усугубляются в состоянии анабиоза. Кроме того, остается нерешенной проблема обеспечения жизнедеятельности экипажа в случае экстренного пробуждения.

Оценка реализуемости: концепция находится на ранней экспериментальной стадии. Для первой пилотируемой миссии на Марс (ориентировочно в 2030–2040-х годах) использование гибернации маловероятно. Однако для более дальних экспедиций (к поясу астероидов или спутникам Юпитера) разработка технологий управляемого анабиоза может стать критически важной.

В 2025 году группа исследователей из Нью-Йоркского университета в Абу-Даби опубликовала работу, демонстрирующую возможность использования высокоэнергетических космических лучей для выработки химической энергии под поверхностью планет и спутников. Процесс радиолиза, при котором частицы космического излучения выбивают электроны из молекул воды или льда, способен поддерживать микробные экосистемы в отсутствие солнечного света.

В контексте СЖО эта концепция могла бы быть использована для автономного питания биореакторов на поверхности Марса или Европы. Однако на сегодняшний

день эффективность преобразования космической радиации в полезную химическую энергию крайне мала (менее 0,1 %), а уровень радиационного фона, необходимый для устойчивой генерации, представляет серьёзную угрозу для человека.

Оценка реализуемости: теоретически обоснованная, но практически нереализуемая в обозримом будущем концепция. Может найти применение в роботизированных миссиях или на этапе колонизации после создания надёжной радиационной защиты.

Синтетическая биология предлагает создавать микроорганизмы с заданными свойствами для работы в составе систем жизнеобеспечения: переработка отходов, производство витаминов и лекарств, синтез строительных материалов из марсианского реголита. В отличие от традиционных биорегенеративных систем, использующих природные виды, синтетические организмы можно оптимизировать под конкретные условия – повышенную радиацию, пониженную гравитацию, экстремальные температуры.

Ключевое преимущество – возможность использовать местные ресурсы (марсианский грунт, атмосферный CO_2) для производства кислорода и пищи непосредственно на месте. Это радикально снижает массу груза, запускаемого с Земли. Однако существуют серьезные риски: генетически модифицированные организмы могут мутировать под воздействием космической радиации, поэтому вопрос биобезопасности требует особого внимания.

Оценка реализуемости: высокоперспективное направление, находящееся на стадии лабораторных исследований. Первые применения синтетической биологии в космических системах жизнеобеспечения возможны в течение 10–15 лет.

Каждый килограмм массы системы жизнеобеспечения увеличивает стартовую массу ракеты-носителя в 5–10 раз за счёт необходимого топлива. Поэтому минимизация массы при сохранении функциональности – одна из главных инженерных задач.

Снижение массы оборудования. Российские разработки сетчатых оболочек позволяют снизить массу герметичных конструкций без потери прочности. Накопители энергии, созданные в МФТИ, на 10 % превосходят зарубежные аналоги по удельной энергоемкости, и планируется увеличить это превосходство до 30 %.

Замена химических источников энергии ядерными. Компактные ядерные реакторы, разрабатываемые компаниями Rolls-Royce и Национальной лабораторией Айдахо, могут обеспечивать энергией как маршевые двигатели, так и системы жизнеобеспечения в течение многих лет. Чешский проект ядерного микрореактора рассматривается как ключевой элемент колонизации Солнечной системы. «Роскосмос» также объявил о начале моделирования замкнутой системы жизнеобеспечения с длительным источником энергии для исследования дальнего космоса.

Эксергетический подход к оптимизации. Предложенный российскими исследователями метод оценки эффективности систем жизнеобеспечения с помощью эксергетического инварианта позволяет сравнивать разнородные технологии (физико-химические и биологические) по единому показателю качества. Это дает возможность на этапе проектирования выбирать оптимальную конфигурацию системы для конкретных условий миссии.

Современные исследования показывают, что ключевой проблемой является не столько эффективность отдельных подсистем, сколько их устойчивое взаимодействие. На примере МКС видно, что отказ одной подсистемы может запустить цепную реакцию. Для дальних полётов, когда нет возможности отремонтировать или доставить запасные части, требуется многократное резервирование критически важных компонентов.

При этом избыточность вступает в противоречие с требованием минимизации массы. Оптимальное решение – создание гибкой архитектуры ИСЖО с возможностью переключения между физико-химическими и биологическими методами регенерации в зависимости от текущих ресурсов и состояния экипажа. Петербургская разработка гибридной системы, сочетающей физико-химические и биологические методы и обеспечивающей замкнутость цикла до 95 %, представляет собой практический шаг в этом направлении.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. Эволюция систем жизнеобеспечения направлена от одноразовых запасов к полностью замкнутым биорегенеративным экосистемам. Однако для первой марсианской экспедиции наиболее вероятной будет гибридная архитектура, сочетающая проверенные физико-химические методы регенерации воды и воздуха с ограниченной биорегенерацией пищи.

2. Наземные изоляционные эксперименты (SIRIUS, CHAPEA, BIOS-3, Lunar Palace 365, MELiSSA) подтвердили принципиальную возможность длительного автономного существования человека в замкнутых пространствах. Наиболее значительный прогресс был достигнут в рамках китайского эксперимента Lunar Palace 365, в ходе которого впервые была продемонстрирована степень замкнутости системы, превышающая 98 %.

3. Альтернативные концепции имеют разную степень реализуемости. Искусственная гибернация и синтетическая биология – весьма перспективные направления, которые могут быть внедрены в течение 10–20 лет. Использование космической радиации в качестве источника энергии, несмотря на теоретическую обоснованность, в ближайшей перспективе практически неосуществимо.

4. Ключевой задачей остается оптимизация массы и энергопотребления СЖО. Наиболее перспективными направлениями являются использование ядерных микрореакторов, разработка сверхлегких конструкционных материалов и материалов и накопителей энергии, а также внедрение эксергетических методов оптимизации.

5. Устойчивость интегрированной системы жизнеобеспечения в значительной степени зависит от качества межподсистемных связей. Для дальних полетов необходима разработка гибкой архитектуры ИСЖО с возможностью реконфигурации в зависимости от текущих условий и ресурсов.

Таким образом, создание надежной, легкой и полностью автономной системы жизнеобеспечения является одним из ключевых технологических препятствий на пути к пилотируемым полетам на Марс и другие объекты Солнечной системы. Комплексное решение этой проблемы требует объединения усилий специалистов в области физико-химических технологий, биологии, космической медицины и системного инжиниринга.

Список литературы:

1. NASA ECLSS официальная страница. – URL : https://www.nasa.gov/reference/international-space-station-environmental-control-and-life-support-system
2. NASA BLiSS обзор. – URL : https://www.nasa.gov/reference/bioregenerative-life-support-systems-bliss
3. ISS as a Testbed for ECLSS (JAXA/NASA). – URL : https://repository.exst.jaxa.jp/dspace/handle/a-is/889734
4. SIRIUS итоги изоляции (Прокосмос). – URL : https://prokosmos.ru/2025/12/sirius-mks-luna-mars-uchenye-podveli-itogi-izolyaczionnyh-eksperimentov
5. BIOS-3 моделирование экосистемы (КиберЛенинка). – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/bios-3-modelirovanie-zamknutoy-ekologicheskoy-sistemy
6. Lunar Palace 365 бактериальная динамика (PubMed, DOI: 10.1016/j.lssr.2024.01.002). – URL : https://doi.org/10.1016/j.lssr.2024.01.002
7. MELiSSA (ESA официальный сайт). – URL : https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_ Robotic_Exploration/MELiSSA
8. CELSS Program (NASA NTRS). – URL : https://ntrs.nasa.gov/citations/19900004372
9. «Управление жизнеобеспечением...» (КиберЛенинка) / Зарецкий [и др.]. – URL : https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-zhizneobespecheniem-ekipazhey-kosmicheskih-obektov-sistemnyy-podhod
10. Exergy approach (IAF Astrodynamics Directory). – URL : https://iafastro.directory/) (поиск по «exergy life support»).
11. Гибернация для космонавтов (Наука.рф). – URL : https://xn--80aegkb5b.xn--p1ai/news/gibernatsiya-dlya-kosmonavtov-realno-li-vvesti-cheloveka-v-anabioz
12. Синтетическая биология – ключ к космосу (STP Cosmos) – URL : https://stpcosmos.ru/news/sinteticheskaya-biologiya-klyuch-k-kosmosu
13. Compact nuclear reactors for space (ACS) – URL : https://www.acs.org/pressroom/presspacs/2026/acs-presspac-january-2026/nuclear-reactors-for-space.html

УДК 621.315.5/6, 621.78

РАДИОПОГЛОЩЕНИЕ В МНОГОСЛОЙНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ УГЛЕПЛАСТИКАХ

♦♦♦♦♦

RADIO ABSORPTION IN MULTILAYER CONSTRUCTIONAL CARBON PLASTICS

Букаткин Р.Н.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиацион
ное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Соловьев К.А.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Статкевич А.Н.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности многослойных конструкционных материалов и их использование в качестве радиопоглощающих материалов.

Ключевые слова: углеволокно, покрытие, среда, магнитная проницаемость, диэлектрическая проницаемость, коэффициент отражения.

Bukatkin R.N.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Soloviev K.A.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Statkevich A.N.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the features of multilayer structural materials and their use as radio-absorbing materials.

Keywords: carbon fiber, coating, medium, magnetic permeability, dielectric permeability, reflection coefficient.

Разработка многофункционального компактного сильного поглотителя СВЧ-излучения является очень важной задачей для многих практических применений. Многие исследователи во всем мире сосредоточены на разработке радиопоглощающих материалов (РПМ) для различных частотных диапазонов.

В настоящее время разработки существующих радиопоглощающих материалов (РПМ) базируются на следующих принципиальных подходах:

1. Увеличение поглощения электромагнитной энергии (точнее, перевод в тепловую энергию) в материале благодаря наличию омической проводимости и диэлектрических потерь материала (при больших значениях мнимой части диэлектрической проницаемости ε»);

2. Увеличение поглощения энергии за счёт увеличения магнитных потерь (при больших значениях мнимой части магнитной проницаемости μ»).

3. Уменьшение отражения от передней грани покрытия как результат интерференции отражений от разных слоёв (частей) покрытия (многослойные покрытия и покрытия специальной формы);

4. Уменьшение отражения от передней грани покрытия путём согласования волновых сопротивлений материала покрытия со средой распространения электромагнитной волны.

Известно, что в дециметровом и метровом диапазоне частот эффективное снижение коэффициента отражения можно достичь применением магнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью и потерями. Это могут быть как традиционные ферриты, так и композиционные материалы с наполнителями на основе нано структуированных магнитных сплавов. Низкочастотные РПМ на основе магнитных материалов требует значительной весовой доли магнитной фракции, что приводит к невозможности их применения в аэрокосмических системах. Кроме того, общим недостатком материа-

лов, имеющих высокую магнитную и диэлектрическую проницаемости, является сильная частотная дисперсия и температурная зависимость характеристик.

К наиболее интенсивно разрабатываемым радиопоглощающим материалам относятся углеродные волокна, пеки, высокодисперсный графит. Кристаллическая структура графита и условия его получения оказывают существенное влияние на поглощающие и отражающие свойства объемных структур. Модификация углеродного волокна осаждением различных веществ позволяет существенно влиять на электро и теплопроводность поглощающих материалов [1, 2, 3].

В тоже время все чаще при проектировании сложных деталей конструкции современных самолетов предпочтение отдается углеродному волокну в качестве прочного армированного материала [4]. Композиты из полимеров, армированных углеродным волокном, используются в конструкциях самолетов благодаря их малому весу, высокой прочности, хорошей термической стойкости, механическим, трибологическим и электрическим свойствам.

При изготовлении композиционного крыла самолетов используют роботизированную выкладки углеродных нитей на оснастку. Каждый из выкладываемых слоев нитей во время печати поворачивается относительно другого с точкой отсчета в заранее заданном ноле на минус 45, 45 и 90 градусов. Такое смещение направления нитей позволяет получить более прочную готовую конструкцию (рисунок 1).



Рисунок 1 – Роботизированная выкладка углеродных нитей крыла

Это позволяет создавать композиты с переменной схемой армирования, адаптированной к локальным полям напряжений. Использование методов топологической оптимизации и аддитивных технологий открывает новые возможности в создании конструкций с рациональным армированием.

Для снижения коэффициент отражения от композитных деталей планера используют радиопоглощающие покрытия и материалы. Изменяя свойства углеродных нитей можно на этапе проектирования заложить возможность радиопоглощения в углепластике конструкции проектируемого аппарата.

Среди возможных конструкций поглотителей наиболее эффективными и оптимальными с точки зрения массогабаритных характеристик являются многослойные системы. Перспективной является многослойная конструкция с градиентом электрических и магнитных свойств по толщине, каждый последующий слой которой имеет больший коэффициент отражения и более высокую эффективность поглощения ЭМИ. Обычно эффективность таких систем увеличивается с повышением частоты и особое внимание уделяется подавлению низких частот, которое обеспечивается за счет увеличения эффективной толщины покрытия и формирования рассеивающих ЭМВ геометрических неоднородностей на поверхности поглотителя, обращенной к источнику излучения.

Рассмотрим ситуацию, когда плоская волна падает на двухслойную радиопоглощающую структуру, как показано на рисунке 2(а). Ситуация аналогична ситуации с оборванной линией передачи, как схематично показано на рисунке 2(б), где Z0 = 376.7Ω является импедансом свободного пространства), Z c1(2) – характеристический импеданс подложки (c1) и поглощающего слоя (обозначается через c2), и Zin1(2)-входное сопротивление передней поверхности соответствующих слоев материала.

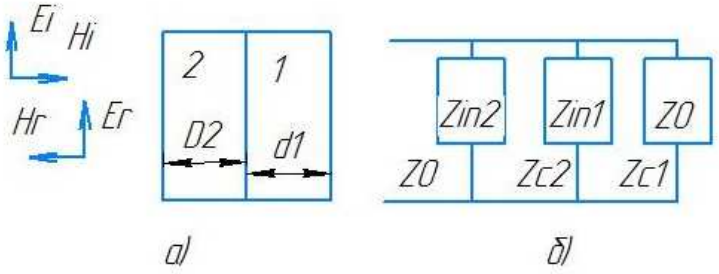


Рисунок 2 – Схематичное изображение двухслойного РПМ (а) и эквивалентной схемы (б)

В этом случае характеристический импеданс Z c1(2) и константа распространения v1(2) в двух средах определяются следующими выражениями

$$Z_{c1(2)} = Z_0\sqrt{\frac{\mu_{r1(2)}}{\varepsilon_{r1(2)}}},\ \nu_{1(2)} = j\left(\frac{2\pi f}{c}\right)\sqrt{\mu r_{1(2)}\varepsilon_{1(2)}}, \quad (1)$$

где f – частота падающей волны, c – скорость света, μr1(2) и εr1(2 магнитная и диэлектрическая проницаемости слоев толщиной d1 и d2 соотвественно. Тогда импеданс Zin1(2) можно записать как:

$$Z_{in1(2)} = Z_{c1(2)}\frac{Z_0 + Z_{c1(2)}\tanh\nu_{1(2)}d_{1(2)}}{Z_{c1(2)} + Z_0\tanh\nu_{1(2)}d_{1(2)}}. \quad (2)$$

Коэффициент отражения (RL), выраженный в децибелах, определяется как

$$RL = 20\log\left|\frac{Z_{in2} - Z_0}{Z_{in1} + Z_0}\right|. \quad (3)$$

Энергия падающей волны ослабляется из-за магнитных и электрических потерь в материале. Потери на поглощение (AL) в децибелах выражаются формулой:

$$AL = 8.66\alpha d\left[dB\right], \quad (4)$$

где α – константа затухания (действительная часть константы распространения), которая является возрастающей функцией тангенса потерь (tanδ) и определяется уравнением (5)

$$\alpha = \mathrm{Re}\left(\nu\right) = \frac{\pi f\sqrt{2\delta'}}{c}\left(\sqrt{1+tan^2}-1\right)^{1/2}\left[Np/m\right], \quad (5)$$

Когда композитный слой с низким собственным сопротивлением и высокими потерями, такой как композиты из углеродного волокна, освещается падающей плоской волной, на передней поверхности возникает микроволновое отражение из-за несовпадения импедансов , и проникающая волна ослабляется внутри из-за материальных потерь. Потери на отражение и поглощение можно спрогнозировать на основе параметров материала, используя уравнения (3) и (4).

На рисунке 3(а) показано значение константы затухания, определенное с помощью уравнения (5). Большое значение постоянной затухания, превышающее 400 Нп/ м,

достигается на частотах 4–12 ГГц, что связано с высокими диэлектрическими потерями композитов из углеродного волокна. Из-за такого большого затухания потери на поглощение также будут высокими, как показано на рисунке 3(б).

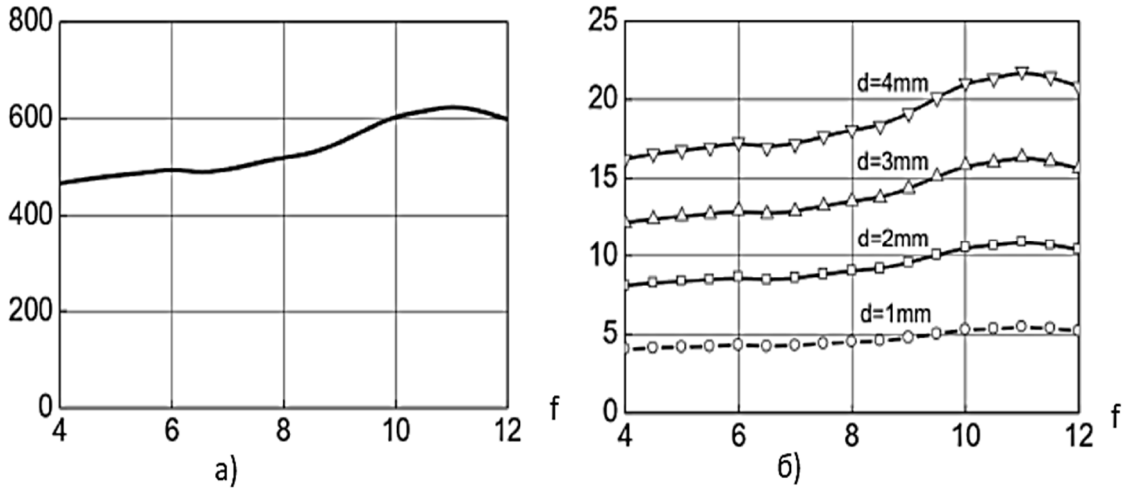


Рисунок 3 – а)постоянная затухания [Нп/м], б) потери на поглощение [Дб]

Карбоновые поверхности деталей планера можно условно представить как многослслойную полощающую структуру, изображенную на рисунке 4.

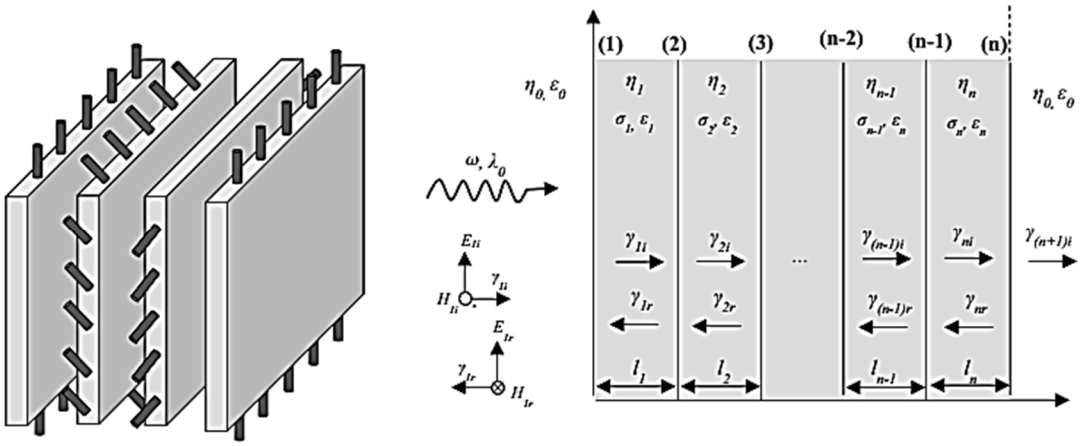


Рисунок 4 – Многослойная поглощающая конструкция

Пространственная ориентация углеволоконных нитей относительно поляризации падающей электромагнитной волны существенно влияет на экранирующие свойства конструкции . Это прямо следует из результатов, представленных в таблице 1 .

Таблица 1 – Коэффициент ослабления в зависимости от ориентации волокон относительно поляризации излучения (Дб)

Номер варианта	1	2	3	4	5
Количество слоев	2 слоя	4 слоя	6 слоев	4 слоя	24 слоя
Ослабление ЕМ ||	6	8	11	13	24
ЕМ⊥	38	43	48	9	27
Источник	[5]	[5]	[5]	[6]	[7]

В вариантах 1, 2 и 3 все нити слоев параллельны между собой, в варианте 4 нити в соседних слоях взамно перпендикулярны. В варианте 6 нити филамента расположены под углами 0, 15, 30, 45 и 90 градусов. Поглощение значительно улучшается, когда слои в ламинате ориентированы более чем в одном направлении. Вклад магнитного экранирования невелик по сравнению с вкладом электрического взаимодействия углеродных волокон. При необходимости повысить магнитные потери можно никелевым покрытием волокнистого жгута [8]. Было обнаружено, что никелевое покрытие усиливает взаимодействие с магнитным полем, что приводит к более высоким магнитным потерям.

Для проводящих немагнитных материалов, таких как углеродные волокна, предпочтительны линейные устройства, способствующие взаимодействию с радиальным электрическим полем, когда экранируются неполяризованные электромагнитные волны.

Углеродные конструкционные материалы содержат достаточно большое количество слоев углеволокна, чтобы обеспечит требуюемую прочность многослойного углерод-эпоксидного композита. Это не только увеличивает общую толщину материала и, следовательно, поглощающую способность, но также обеспечивает дополнительные границы раздела, которые при взаимодействии со встречным излучением могут ослаблять его интенсивность. Представленные результаты говорят о том, что для ламината, влияние последовательности укладки преобладает над количеством слоев. Использование при намотке нитей с заданными электрической и магнитной проницаемостью позволит получить значимое услучшение полощающих свойств конструкции.

Список литературы:

1. Казанцева Н.Е. Перспективные материалы для поглотителей электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона / Н.Е. Казанцева, Н.Г. Рывкина, И.А. Чмутин // Радиотехника и электроника. – 2003. – Т. 48. – № 2. – С. 196–209.
2. Формирование эффективно поглощающего СВЧ излучение материала на основе полимерной матрицы с добавлением углеродных нанотрубок / И.Д. Парфимович [и др.] // 12-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 19–22 сентября 2017 г. – Мн., 2017.
3. Структуры полей в граничащих средах В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского / В.П. Панков [и др.] // Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 55–64.
4. Гарин Б.М. Физические свойства резистивных нитей и структур на их основе в СВЧ диапазоне / Б.М.Гарин, О.А. Дьяконова, Ю.Н. Казанцев // Журнал технической физики. – 1999. – Т. 69. – Вып. 1. – С. 104–108.
5. Lightning direct effect and electromagnetic shielding analysis of conductive aircraft composite / R. Gao [et al.] // International Symposium on Electromagnetic Compatibility EMC Europe, Barcelona, Spain, 2–6 Sept 2019A.
6. Mehdipour, Advanced carbon fiber composite materials for shielding and antenna applications, PhD thesis, Concordia University, 2011 191. Q. Ni, M. Inoue, L. Zhang, Electromagnetic shielding property of CFRP composite laminates, 18th International Conference on Composite Materials, Jeju Islands, South Korea, August 2011.
7. R. Gao, H. Lee, Z. Yang, W. Thitsartarn, S. Gao, E. Liu, Lightning direct effect and electromagnetic shielding analysis of conductive aircraft composite. International Symposium on Electromagnetic Compatibility EMC Europe, Barcelona, Spain, 2–6 Sept 2019.
8. Improvements of the electrical conductivity and EMI shielding efficiency for the polycarbonate/ABS/carbon fiber composites prepared by pultrusion process / S. Ryu [et al.]. Macromol. Res. – 2020. – № 28(2). – P. 118–125.

УДК 623

РАСЧЕТ БОЕВОЙ ЖИВУЧЕСТИ ФРОНТОВОГО ИСТРЕБИТЕЛЯ

♦♦♦♦♦

CALCULATION OF THE FRONT-LINE FIGHTER'S COMBAT SURVIVABILITY

Божко С.В.
кандидат технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Петренко В.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кулабухов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Мазука Я.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье изложены вопросы применения методики расчета боевой живучести фронтового истребителя. Рассмотрены этапы расчета, используемые при оценке и анализе боевой живучести.

Ключевые слова: фронтовой истребитель, боевая живучесть.

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Petrenko V.N.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kulabukhov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Mazuka Ya.D.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses nays to improve the survivability of a front-line fighter aircraft.

Keywords: front-line fighter, combat survivability.

Авторы статьи понимая «важность» обеспечения высокой боевой эффективности фронтового истребителя продолжили исследования, изложенные в источнике [1], провели используя разработанную методику анализ вопросов выживаемости фронтового истребителя в воздушном маневренном бою при действии по нему соответствующего (ударного или дистанционного) средства поражения. На основе общих положений и критериев оценки эффективности мероприятий по повышению боевой живучести фронтового истребителя [1] авторами положено, что боевая живучесть как способ повышения выживаемости характеризует способность ЛА продолжать полёт в соответствии с боевым заданием после непосредственного воздействия по нему средств поражения противника.

Основные причины поражения ЛА достаточно хорошо известны [2] и наблюдались как при ведении боевых действий, так и при проведении экспериментальных исследований.

При оценке боевой живучести рассматривается многоуровневая структура ЛА, основанная на анализе конструкции и особенностей функционирования в условиях воздействия средств поражения. При расчетах ЛА подразделяется на системы, системы – на агрегаты, агрегаты – на элементы.

Боевая живучесть систем, агрегатов и элементов – это их свойство сохранять работоспособность, необходимую для выполнения боевого задания, несмотря на боевые повреждения. Авторами выделены наиболее жизненно важны системы и агрегаты, которые оказывают существенное влияние на боевую живучесть ЛА.

Боевая живучесть авторами оценивалась вероятностью непоражения ЛА $G_{бж}$ в воздушном маневренном бою при действии по нему соответствующего (ударного или дистанционного) средства поражения [1]:

$$G_{бж} = 1 - G,$$

где G – вероятность поражения ЛА тем или иным средством поражения, при условии, что оно оказало поражающее действие по ЛА.

Для дальнейшей оценки боевой живучести авторами сформулирована и представляется далее математическая постановка задачи для ударных средств поражения которая изложена в источнике [1].

Для проведения дальнейших расчетов и выработки рекомендаций рассматривается схема трёхмерной модели проектируемого фронтового истребителя, получаются его проекции.

На следующем этапе исследований разрабатывается математическая модель оценки и анализа боевой живучести перспективного фронтового истребителя на основании которой проводятся расчеты по исследованию воздействия типовых ударных средств поражения на боевую живучесть фронтового истребителя.

Математическая постановка задачи оценки боевой живучести для ударных средств поражения

При стрельбе очередью ударными снарядами (пули и снаряды авиационных и зенитных ствольных комплексов) вероятность поражения воздушной цели $W_{пор}$ определяется по формуле [4]:

$$W_{пор} = \Sigma P_{mn}G(m), \text{ (сумма по m от 1 до n)},$$

где P_{mn} – вероятность попадания в ЛА m снарядов из очереди, состоящей из n снарядов; G(m) – вероятность поражения цели при условии, что в неё попало m снарядов (условный закон поражения). Вероятность поражения цели при m попаданиях зависит от уязвимости ЛА, то есть его боевой живучести и характеристик поражающего воздействия снарядов.

Задача определения G(m), а, следовательно, и боевой живучести ЛА $G_{бж} = 1 - G(m)$, сводится к определению для каждой ЖВС и каждого ЖВА необходимого числа попаданий, приводящих к поражению ЛА, и фактического числа попаданий при обстреле очередью из n снарядов. Необходимое число попаданий или уязвимость ЖВС и ЖВА оценивается расчётным или экспериментальным путём.

Для количественного определения G(m) введём три допущения, которые существенно упрощают аналитический метод оценки.

Во-первых, будем считать, что «отсутствует накопление ущерба». Под накоплением ущерба понимается явление, состоящее в том, что ЛА может быть поражён совместным действием двух и более снарядов, ни один из которых, взятый в отдельности, ЛА не поразил. На практике накопление ущерба имеет место, но в ряде случаев в общем балансе уязвимости ЛА может играть сравнительно малую роль. Когда накопление ущерба отсутствует (или почти отсутствует), ЛА можно представить в виде совокупности уязвимых и практически неуязвимых ЖВС и ЖВА. Тогда ЛА поражается одним снарядом, удачно попавшим в уязвимые зоны, а не совокупным действием снарядов.

Во-вторых, принимаем, что снаряды в очереди независимы, то есть координаты точки попадания любого из них не зависит от того, куда попали остальные.

В-третьих, считаем, что попавшие в ЛА снаряды распределяются по проекции ЛА на картинную плоскость (перпендикулярную направлению стрельбы) по закону равной вероятности (равномерно). Данное допущение хорошо оправдывается для целей, размеры которых невелики по сравнению с размерами области рассеивания снарядов.

Первые два допущения (отсутствия накопления ущерба, независимость координат попадания снарядов) позволяют использовать показательный закон поражения, при котором вероятность поражения ЛА при m попаданиях равна вероятности того, что хотя бы один снаряд поразит цель:

$$G(m) = 1 - (1 - p')^m,$$

где p' – вероятность поражения ЛА одним удачно попавшим в него снарядом.

Используя третье допущение совместно с первым, определим p':

$$p' = S_{уяз} / S_{полн} = \bar{S}_{уяз},$$

где $S_{уяз}$ – суммарная площадь проекций всех уязвимых зон в картинной плоскости; $S_{полн}$ – полная проекция ЛА на эту же плоскость; $\bar{S}_{уяз}$ – относительная суммарная площадь всех уязвимых зон.

Таким образом, боевую живучесть ЛА по отношению к воздействию ударных снарядов при принятых допущениях с учётом того, что $G_{бж} = 1 – G$, оцениваем вероятностью непоражения:

$$G_{бж} = (1 – \bar{S}_{уяз})^m.$$

Из практического применения средств ударного действия в маневренном ближнем бою наиболее вероятным ракурсом, при котором ЛА будет подвергаться обстрелу, является ракурс одна четверть сбоку, сзади, сверху.

По построенной трёхмерной модели проектируемого ФИ получим его проекцию на картинную плоскость, перпендикулярную наиболее вероятному ракурсу обстрела. На проекцию нанесены уязвимые площади ЖВС и ЖВА при действии по ЛА снарядами 20 мм пушки типа «Вулкан».

В соответствии с указанными выше причинами поражения ЛА общую уязвимую площадь Syяз можно разделить на 8 составляющих:

$$S_{уяз} = S_э + S_{об} + S_{тс} + S_{уу} + S_{уп} + S_{су} + S_к + S_{сп},$$

где $S_э$ – относительная уязвимая площадь ЛА, при попадании в которую произойдёт поражение ЛА по причине тяжёлого ранения или гибели лётчика; $S_{об}$ – поражение ЛА по причине отказа поражённого оборудования ЛА; $S_{тс}$ – поражение ЛА по причине взрыва топливно-воздушной смеси или утечки топлива; $S_{уу}$ – поражение ЛА по причине ухудшения устойчивости и управляемости ЛА; $S_{уп}$ – поражение ЛА по причине выхода из строя основных элементов бустерных, механических и электрических систем управления, поражения гидросистемы; $S_{су}$ – поражение ЛА по причине падения располагаемой тяги, ниже требуемой при повреждениях двигателей; $S_к$ – поражение ЛА по причине снижения прочности и жёсткости конструкции планера, приводящие к его разрушениям, а также в результате возникновения флаттера и дивергенции; $S_{сп}$ – поражение ЛА по причине взрыва находящихся на борту собственных авиационных средств поражения.

Расчёты показывают, что если полную площадь проекции ЛА принять равной единице, то суммарная площадь всех уязвимых зон составит:

$$\bar{S}_{уяз} = S_{уяз} / S_{полн} = 0{,}532.$$

Следовательно, среднее число попаданий снарядов, необходимых для поражения, проектируемого ФИ, будет равно:

$$\omega = 1/p' = 1/\bar{S}_{уяз} = 1/0{,}532 = 1{,}88 \text{ попаданий.}$$

Для анализа «вклада» или «весомости» каждого из перечисленных факторов в уязвимость ЛА удобно перейти к относительным площадям $\bar{S}_i$:

$$\bar{S}_i = S_i / S_{уяз},\ \Sigma\, \bar{S}_i = 1 \text{ (i от 1 до 8)}.$$

При этом относительные площади ЖВС и ЖВА, объединённые по основным причинам поражения, принимают следующие значения:

$$\bar{S}э = 0{,}069,\ \bar{S}об = 0{,}132,\ \bar{S}тс = 0{,}425,\ \bar{S}уу = 0{,}243,$$

$$\bar{S}уп = 0{,}050,\ \bar{S}су = 0{,}036,\ \bar{S}к = 0{,}041,\ \bar{S}сп = 0{,}003.$$

Полученные расчётные данные целесообразно представлять в виде круговой диаграммы для их последующего анализа.

Анализ весомостей восьми основных причин поражения в уязвимость ФИ для ударных средств поражения показывает, что:

- топливная система составляет – 42 ... 43 %;
- устойчивость и управляемость – 24 ... 25 %;
- радиоэлектронное и прицельное оборудование – 13 ... 14 %;
- экипаж – 6 ... 7 %;
- система управления – 5 ... 6 %;

– конструктивно-силовая схема – 4 ... 5 %;
– силовая установка – 3 ... 4 %;
– бортовое вооружение – 3 ... 4 %.

Согласно массового расчёта мероприятия по обеспечению БЖ проводятся поэтапно, применяя сначала те мероприятия, которые при наименьших затратах массы дают наибольший прирост живучести ФИ.

Первый этап – повышение живучести топливной системы

На первом этапе выполняются мероприятия, направленные на повышение живучести топливной системы, ввиду её большой относительной площади и весомости.

Они включают в себя:

– заполнение 75 % объёма топливных баков пенополиуретаном;
– протектирование слоем вспенённого латекса (толщиной 2–3 см) внутренних стенок топливных баков, находящихся в непосредственной близости от воздухоподводящих каналов и нагретых частей двигателя, в которые возможны выбросы топлива, приводящие к поражению ФИ.

На современном уровне 1 м² поропласта имеет массу 17 кг, а протекторы 4 ... 6 кг/м. Общие затраты массы составили:

$$m_{тс} = 0{,}75 \cdot 12{,}0 \cdot 17 + 4{,}0 \cdot 6 + 3{,}2 \cdot 4 \approx 190 \text{ кг}.$$

Относительные площади ЖВС и ЖВА при воздействии по ФИ ударных средств поражения, объединённые по основным причинам поражения, после проведения первого этапа мероприятий имеют следующие значения:

$$\bar{S}э = 0{,}119,\ \bar{S}об = 0{,}228,\ \bar{S}тс = 0{,}010,\ \bar{S}уу = 0{,}419,$$

$$\bar{S}уп = 0{,}086,\ \bar{S}су = 0{,}062,\ \bar{S}к = 0{,}071,\ \bar{S}сп = 0{,}006.$$

При этом относительная суммарная площадь всех уязвимых зон составляет:

$$\bar{S}_{уяз} = S_{уяз} / S_{полн} = 0{,}390.$$

Среднее число попаданий снарядов, необходимых для поражения, проектируемого ФИ возросло и составило:

$$\omega = 1/\bar{S}_{уяз} = 1/0{,}390 = 2{,}56 \text{ попаданий}.$$

Проведение мероприятий по защите топливной системы позволило снизить уязвимость ФИ от ударных СП на 26,7 %.

Второй этап – повышение устойчивости и управляемости ЛА

В то же время известно, что наибольшую роль в степени уязвимости ФИ стали играть вопросы устойчивости и управляемости ЛА, а также живучесть элементов системы управления.

Поэтому на втором этапе необходимая часть массы затрачивается на мероприятия, которые включают:

– подвешивание органов управления на более, чем двух узлах;
– применение сотового заполнителя в конструкции органов управления;
– установку улучшенных гидроприводов и электроприводов;
– установку отсечённых клапанов в гидросистеме управления рулевыми поверхностями;
– установку дозаторов;
– частичное дублирование и разнесение проводки управления;
– установку дублированных гидроприводов от двух гидросистем.

Общие затраты массы составили:

$$m_{уу} = 24{,}0 + 47{,}0 + 73{,}0 = 144 \text{ кг}.$$

Относительные площади ЖВС и ЖВА при воздействии по ФИ ударных средств поражения, объединённые по основным причинам поражения, после проведения второго этапа мероприятий стали иметь следующие значения:

$$\bar{S}э = 0{,}148,\ \bar{S}об = 0{,}285,\ \bar{S}тс = 0{,}012,\ \bar{S}уу = 0{,}313,$$

$$\bar{S}_{уп} = 0{,}071,\ \bar{S}_{су} = 0{,}077,\ \bar{S}_{к} = 0{,}088,\ \bar{S}_{сп} = 0{,}007.$$

При этом относительная суммарная площадь всех уязвимых зон составляет:

$$\bar{S}_{уяз} = S_{уяз} / S_{полн} = 0{,}249$$

Среднее число попаданий снарядов, необходимых для поражения ФИ, возросло и составило:

$$\omega = 1/\bar{S}_{уяз} = 1/0{,}249 = 4{,}02 \text{ попаданий.}$$

Проведение мероприятий по повышению устойчивости и управляемости ЛА позволило снизить уязвимость проектируемого ФИ от ударных СП ещё на 26,5 % относительно начального уровня.

Третий этап – повышение степени защиты экипажа

На третьем этапе мероприятия направлены на защиту экипажа, доля которого в уязвимости ФИ составляет 14...15 %. Они включают в себя:

– экранирование лётчика оборудованием;

– покрытие негорючим композитом с высокой ударной вязкостью внутренних стенок кабины для уменьшения действия на лётчика первичных и вторичных осколков.

Данные мероприятия не только увеличивают боевую живучесть ФИ но и повышают моральный дух лётчика, его уверенность в успешном выполнении боевого задания.

Общие затраты массы составили:

$$m_э = 8{,}0 \cdot 7 = 56 \text{ кг.}$$

Относительные площади ЖВС и ЖВА при воздействии по ФИ ударных средств поражения, объединённые по основным причинам поражения, после проведения третьего этапа мероприятий стали иметь следующие значения:

$$\bar{S}_э = 0{,}106,\ \bar{S}_{об} = 0{,}297,\ \bar{S}_{тс} = 0{,}013,\ \bar{S}_{уу} = 0{,}329,$$

$$\bar{S}_{уп} = 0{,}074,\ \bar{S}_{су} = 0{,}081,\ \bar{S}_{к} = 0{,}093,\ \bar{S}_{сп} = 0{,}007.$$

При этом относительная суммарная площадь всех уязвимых зон составляет:

$$\bar{S}_{уяз} = S_{уяз} / S_{полн} = 0{,}237.$$

Среднее число попаданий снарядов, необходимых для поражения ФИ, возросло и составило:

$$\omega = 1/\bar{S}_{уяз} = 1/0{,}237 = 4{,}22 \text{ попаданий.}$$

Проведение мероприятий по повышению степени защиты экипажа позволило снизить уязвимость проектируемого ФИ от ударных СП ещё на 2,3 % относительно начального уровня.

Четвёртый этап – повышение живучести силовой установки

На этом этапе предполагается использовать предлагаемые мероприятий и направить их на повышение БЖ силовой установки.

Силовая установка по результатам анализа хотя и не является приоритетной, но её влияние на результат выполнения боевого задания в одном вылете, а также на возможность возвращения на аэродром базирования при повреждении одного из двух двигателей, весьма высоко. Исходя из этого факта, степень её важности может быть увеличена с коэффициентом 3 и составить 22 ... 25 %.

Поэтому четвёртый этап мероприятий направлен на повышение живучести силовой установки и смежных с ней отсеков. Он включает в себя:

– бронирование 5 мм стальной накладкой-обшивкой топливной обвязки в районе камеры сгорания;

– защиту трубопроводов топливной системы двигателя путём покрытия их вспененным латексом для уменьшения течи топлива в случае пробития труб и оборачивания тканью из композиционного материала с высокой ударной вязкостью;

– замену силовых перегородок между двигателями силовыми противопожарными перегородками из композита «алюминий-оксид алюминия», выдерживающими высокие температуры.

На данные мероприятия затрачивается вся оставшаяся масса, выделенная на повышение боевой живучести ФИ:

$$m_{су} = 1,6 \cdot 50 + 20,6 + 49,4 = 150 \text{ кг}.$$

Относительные площади ЖВС и ЖВА при воздействии по ФИ ударных средств поражения, объединённые по основным причинам поражения, после проведения четвёртого этапа мероприятий имеют следующие значения:

$$\bar{S}э = 0,112,\ \bar{S}об = 0,314,\ \bar{S}тс = 0,013,\ \bar{S}уу = 0,347,$$

$$\bar{S}уп = 0,079,\ \bar{S}су = 0,029,\ \bar{S}к = 0,098,\ \bar{S}сп = 0,008.$$

При этом относительная суммарная площадь всех уязвимых зон составляет:

$$\bar{S}_{уяз} = S_{уяз} / S_{полн} = 0,224.$$

Среднее число попаданий снарядов, необходимых для поражения ФИ, возросло и составило:

$$\omega = 1/\bar{S}_{уяз} = 1/0,224 = 4,46 \text{ попаданий}.$$

Проведение мероприятий по повышению живучести силовой установки позволило снизить уязвимость проектируемого ФИ от ударных СП ещё на 2,4 % относительно начального уровня. Таким образом, проведение четырёх этапов мероприятий по обеспечению боевой живучести позволило в итоге снизить уязвимость проектируемого фронтового истребителя от ударных средств поражения на 57,9 % относительно начального уровня:

$$26,7 + 26,5 + 2,3 + 2,4 = 57,9\ \%.$$

Достижение данного результата стало возможным благодаря рациональному распределению исходной располагаемой массы ($\Delta m_{бж}$ = 540 кг) по четырём этапам. Изменение среднего числа попаданий снарядов 20 мм пушки «Вулкан», необходимых для поражения ФИ, в зависимости от массы, затрачиваемой на каждом из этапов. Вероятность поражения фронтового истребителя пушкой «Вулкан» уменьшилась в 2,3 раза практически без изменения его тактико-технических и эксплуатационных характеристик.

Выводы

1. Разработана математическая модель оценки и анализа боевой живучести перспективного фронтового истребителя, на основании которой проведены расчёты по исследованию воздействия типовых ударных средств поражения на боевую живучесть ФИ.

2. Предложен комплекс мероприятий по повышению боевой живучести ФИ, который включает:

– заполнение топливной системы полиуретаном и использование протектирования топливных баков;

– применение статически неопределимых систем для органов управления, использование дозаторов, отсечённых клапанов в силовой гидросистеме, дублирование важных агрегатов;

– броневая защита экипажа и его экранирование элементами конструкции и оборудованием;

– бронирование коллекторов топливной системы двигателей, защиту латексом трубопроводов и применение топливопожарных перегородок.

3. Применение указанного комплекса мероприятий позволило по результатам расчетов в 2,3 раза снизить уязвимость перспективного фронтового истребителя от ударных средств поражения (типа АП «Вулкан»).

Список литературы:

1. Божко С.В. К вопросу оценки эффективности мероприятий по повышению живучести фронтового истребителя / С.В. Божко, В.Н. Петренко, А.А. Кулабухов; КВВАУЛ // Сборник мате-

риалов XXVI Всероссийской НПК «Инновационные технологии в образовательном процессе». – 2025. – С. 64–68.
2. Боевые авиационные комплексы и их эффективность : учебник. – М. : ВВИА, 1990.
3. Конструкция летательных аппаратов : учебник. – М. : ВВИА, 1985.
4. Болховитинов С.В. Об отимизации распределения масс на мероприятия по повышению боевой живучести ЛА. – М. : ВВИА, 1986.
5. Вентцель Е.С. Введение в исследование операций. – М. : Советское радио, 1964.
6. Боевая живучесть ЛА / С.И. Базазянц [и др.]. – М. : Военное издательство, 1983.

УДК 378.147

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ ДИАГРАММЫ ЖЕЛЕЗО-ЦЕМЕНТИТ

♦♦♦♦♦

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE IRON-CEMENTITE DIAGRAM

Юдин И.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Куликов М.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье описывается метод разработки интерактивного учебного пособия по материаловедению на основе связки Figma→SVG→HTML/CSS/JS. Предложенный подход переводит традиционные статические диаграммы состояния в динамические веб-модели, позволяющие студенту (курсанту) самостоятельно изменять параметры (процент углерода, температуру) и видеть мгновенную реакцию диаграммы. Проиллюстрированы примеры кода (HTML-разметки, CSS-позиционирования, JavaScript-алгоритмов) с пояснениями, а также архитектурная диаграмма процесса создания пособия. В заключении обсуждаются методические рекомендации по внедрению таких интерактивных материалов в образовательный процесс.

Ключевые слова: диаграмма железо цементит, интерактивное пособие, анимированная графика, web-технологии.

Yudin I.D.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kulikov M.V.
PhD in Sciences in Technology,
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
mvkulikov@list.ru

Abstract. This article describes a method for developing an interactive materials science tutorial using the Figma→SVG→HTML/CSS/JS integration. The proposed approach transforms traditional static state diagrams into dynamic web models, allowing students to independently change parameters (carbon percentage, temperature) and see the diagram's immediate response. Code examples (HTML markup, CSS positioning, JavaScript algorithms) are illustrated with explanations, as well as an architectural diagram of the tutorial creation process. Finally, methodological recommendations for integrating such interactive materials into the educational process are discussed.

Keywords: iron-cementite diagram, interactive tutorial, animated graphics, web technologies.

Введение

Классические лабораторные работы по материаловедению включают ручное построение фазовых диаграмм (например, железо–цементит). Статичные рисунки на бумаге с подписями «жидкость», «аустенит», «цементит первичный» наглядны лишь частично – они не демонстрируют, как изменение концентрации углерода влияет на положение точек. Курсанты часто видят результат, но не понимают алгоритм переходов. Новая цель – разработать цифровое интерактивное пособие, в котором диаграмма состояния реагирует на изменение входных параметров в реальном времени. Такой подход стимулирует активное обучение и улучшает усвоение материала.

В нашей реализации графика диаграммы мы используем Figma для рисования исходной схемы. Затем элементы экспортируются в формате SVG – векторном формате на основе XML, позволяющем применять CSS и JavaScript к элементам картинки [1]. Этот SVG встраивается в HTML-контейнер. CSS отвечает за точное позиционирование элементов в соответствии с макетом Figma, а JavaScript реализует логику взаимодействия. Например, при вводе значения процента углерода сразу вычисляется координата точки на диаграмме и визуализируется линия охлаждения.

Методы реализации

Архитектура решения (Figma→SVG→HTML→CSS→JS)

Концепция решения состоит в поэтапной передаче данных из дизайна в браузер. Схема показана на рисунке ниже (схема mermaid):

graph LR

Figma-- > |Экспорт SVG|SVG

SVG-- > HTML_контейнер HTML_контейнер-- > CSS_раскладка HTML_контейнер-- > JS_логика CSS_раскладка-- > Визуальное_позиционирование JS_логика-- > Интерактивность

Этапы: дизайнер рисует диаграмму в **Figma**, экспортирует отдельные SVG-элементы (линии, области, текст). Затем в **HTML** собирается контейнер, куда вставляются эти SVG (либо через < object > , либо как прямой < svg >). **CSS** задаёт точные координаты (left, top) элементов по макету. **JavaScript** связывает входные данные (процент С) с элементами диаграммы, добавляет анимацию или изменение атрибутов.

Работа с Figma и SVG

В Figma создаётся векторная схема диаграммы состояния. Каждый значимый элемент (например, контуры фазовых областей, оси, подписи) должен быть отдельным объектом. При экспорте в SVG для каждого объекта сохраняются id и class, что упрощает обращение к ним из скрипта. SVG – это XML-документ: у него есть свой DOM [1]. Мы можем сразу применять CSS-стили и JS-код к этим элементам, аналогично HTML-элементам [1].

Пример SVG-фрагмента (экспорт из Figma):

< svg xmlns = "http://www.w3.org/2000/svg" width = "422" height = "244" viewBox = "0 0 422 244" >

< path id = "liquidPhase" d = "..." fill = "#EFEFEF" stroke = "#000"/ >

< path id = "austenitePhase" d = "..." fill = "#F0F0FF" stroke = "#000"/ >

< text id = "labelLiquid" x = "100" y = "230" > Жидкость < /text >

< !-- Другие элементы диаграммы -- > < /svg >

Здесь важны id и class. В дальнейшем JavaScript может, например, менять цвет или координату элементов с этими идентификаторами.

HTML-контейнер и CSS-раскладка

Все SVG-фрагменты и интерактивные элементы собираются внутри одного HTML-контейнера. Например:

```
< !-- HTML: структура интерактивного пособия -- >
< div id = "diagram" class = "diagram-container" >
< input id = "carbonInput" type = "number" placeholder = " % углерода" >
< !-- Вставляем диаграмму фаз -- >
< object id = "phaseSVG" data = "phase_diagram.svg" type = "image/svg+xml"
width = "422" height = "244" > < /object >
< !-- Маркер текущей точки -- >
< div id = "point" class = "marker" > < /div >
< !-- Линия охлаждения -- >
< div id = "coolingLine" class = "line" > < /div >
< /div >
```

CSS для позиционирования по Figma:

```
diagram-container {
position: relative;
width: 422px;
height: 244px;
}
marker {
position: absolute;
width: 6px;
height: 6px;
border-radius: 50 %;
background-color: red;
}
line {
position: absolute;
width: 2px;
background-color: blue;
}
```

Контейнер .diagram-container имеет фиксированную ширину/высоту, совпадающие с размером диаграммы из Figma. Все вложенные элементы позиционируются абсолютно (position: absolute), чтобы точь-в-точь повторить макет. Например, если по дизайну точка должна находиться в (x = 50px, y = 200px), то CSS задаст left:50px; top:200px; для #point. Такой подход гарантирует точное соответствие макету, что ранее было проблемой с растровыми решениями.

JavaScript: логика интерактивности

Основной алгоритм связывает ввод процента углерода с перемещением маркера и построением линии. Рассмотрим ключевые шаги в коде (с пояснениями каждой строки):

```
const carbonInput = document.getElementById('carbonInput'); // Поле ввода %
const svgObject = document.getElementById('phaseSVG'); // < object > с диаграммой
const point = document.getElementById('point'); // Элемент-маркер
const line = document.getElementById('coolingLine'); // Элемент-линия
// Задаём физический диапазон: проценты C и пиксели
const minC = 0.0, maxC = 2.14; // допустимый диапазон %углерода
const minX = 50, maxX = 370; // пиксели по оси X от 0 % до 2.14 %
// Функция перемещения точки и линии на диаграмме
function updateDiagram(percent) {
// 1. Нормализуем введённое значение к [0,1]
let normalized = (percent - minC) / (maxC - minC);
// 2. Интерполируем координату X в пикселях
let x = minX + normalized * (maxX - minX);
// 3. Обновляем позицию HTML-маркера
point.style.left = x + 'px';
// 4. Строим вертикальную линию охлаждения из точки до линии температур
line.style.left = x + 'px';
line.style.height = '240px'; // фиксированная длина для примера
}
// Обработчик события: при вводе изменяется диаграмма
carbonInput.addEventListener('input', (e) = > {
let val = parseFloat(e.target.value);
if (isNaN(val)) return;
if (val < minC) val = minC;
if (val > maxC) val = maxC;
updateDiagram(val);
});
```

Пояснения к коду

– Мы получили элементы: поле ввода carbonInput, SVG-диаграмму phaseSVG, точку point и линию coolingLine;

– minC и maxC – физические границы %C (0–2.14 % для Fe–Fe_3C), а minX и maxX – пиксели по горизонтали на диаграмме, соответствующие этим границам;

– Функция updateDiagram переводит процент в долю ((percent-minC)/(maxC-minC)), затем масштабирует в пиксели. Такой приём распространён при проекции одной шкалы на другую;

– point.style.left = x + 'px' задаёт положение красного кружка (маркер точки) по оси X. Аналогично line.style.left задаёт вертикальную синюю линию на том же X. Длина линии здесь фиксирована для наглядности;

– Обработчик addEventListener('input', ...) срабатывает при любом изменении в поле ввода. Он читает число, нормирует по диапазону и вызывает обновление диаграммы.

Таким образом, при вводе нового значения %C маркер и линия автоматически перерисовываются. Эта простая механика переводит математическую задачу в интерактивный эксперимент.

(Альтернативный способ: вставлять SVG-файл через < object > и внутри использовать JS-доступ к SVG-DOM [8] [9]. Например, можно было бы сделать svgObject.contentDocument.getElementById('labelLiquid') и менять атрибуты прямо внутри SVG. Однако мы выбрали метод внешнего маркера с абсолютным позиционированием как достаточно наглядный).

Примеры использования и реализация

Интеграция SVG в HTML

Как показано в решении [SomeKittens на StackOverflow], существует два подхода: вставлять SVG как отдельный файл через тег < object > или встраивать код SVG прямо в HTML [2]. Мы использовали < object > для сохранения структуры и легкости обновления. Например:

< object id = "phaseSVG" data = "phase_diagram.svg" type = "image/svg+xml" width = "422" height = "244" > < /object >

Браузер загрузит phase_diagram.svg (при правильном Content-Type: image/svg+xml). После загрузки можно получить доступ к элементам SVG через svgObject.contentDocument [2]. В нашем упрощённом варианте вся логика обработки реализуется через внешние HTML-элементы (маркер и линия).

Совет: для масштабирования рекомендуется в самом SVG-файле убрать атрибуты width/height и установить viewBox, чтобы диаграмма адаптировалась к размеру контейнера [1].

Интерактивность и анимация

Дополнительно к простому перемещению можно добавить анимацию или подсветку областей. Например, в JavaScript можно после вычисления координаты x менять цвет подложки области «Жидкость»:

- const svgDoc = svgObject.contentDocument;
- let liquidArea = svgDoc.getElementById('liquidPhase');
- liquidArea.style.fill = '#CFECEC'; // подсветить голубым.

Такое изменение напрямую воздействует на SVG благодаря его DOM [9]. Визуализация реагирует мгновенно на ввод без перезагрузки, что демонстрирует принцип живого пособия.

Архитектура файлов

В реальном проекте файлы организуются так:

- index.html – основной файл, подключает все скрипты и стили;
- style.css – все стили (рисуем контейнер, маркеры, линии);
- script.js – логика ввода, вычислений и анимации;
- diagram/phase.svg – файл с основным контуром диаграммы (экспорт из Figma);
- diagram/annotations.svg – файл с подписями (опционально);
- img/ – другие изображения (при необходимости).

Например, в index.html может быть:

< !DOCTYPE html >
< html lang = "ru" >
< head >
< meta charset = "UTF-8" >
< title > Интерактивная диаграмма Fe-C < /title >
< link rel = "stylesheet" href = "style.css" >
< /head >
< body >
< h1 > Фазовая диаграмма Fe–Fe_3C < /h1 >
< div id = "diagram" class = "diagram-container" >
< input id = "carbonInput" type = "number" min = "0" max = "2.14" step = "0.01" placeholder = " % углерода" >
< object id = "phaseSVG" data = "diagram/phase.svg" type = "image/svg+xml" > < /object >
< div id = "point" class = "marker" > < /div >
< div id = "coolingLine" class = "line" > < /div >
< /div >
< script src = "script.js" > < /script >
< /body >
< /html >

Таким образом код остаётся модульным и понятным. Каждый блок (HTML, CSS, JS) решает свою задачу: HTML описывает структуру, CSS – стиль и позицию, JS – поведение.

Результаты и обсуждение

В результате создано прототипное пособие, в котором студент вводит процент С и сразу видит соответствующую точку на диаграмме и луч охлаждения. Эта интерактивность позволила убедиться в нескольких важных эффектов:

- **Наглядность.** Студенты видят зависимость напрямую: изменение числа мгновенно меняет картинку, вместо скучной «линейной» задачи;
- **Самостоятельность.** Учащиеся могут экспериментировать с разными значениями, решая задачи «Что будет, если...?» в реальном времени;
- **Повышение мотивации.** Пособие напоминает игру или лабораторный симулятор, что заметно интереснее статичной книжной схемы.

Например, если ввести «1.0» (1 % С), на диаграмме автоматически разместится точка Х и нарисуется линия до жидкой фазы. Это быстро демонстрирует, в каком состоянии окажется сплав при таком содержании углерода.

В аналогичных образовательных проектах было показано, что Web-технологии (HTML/SVG/JS) успешно применяются для создания учебных моделей. Так, один онлайн-тренажёр по математике использует чистый JavaScript и Canvas для интуитивной визуализации дробей [3]. Наше же решение строится на SVG: как указывалось на Хабре, это позволяет легко редактировать и анимировать графику «старым добрым JS» [1].

Методические рекомендации

Для преподавателей внедрение таких пособий может быть следующим:

- **Сценарий занятия**: Вместо отработки навыка черчения диаграммы вручную, студенты получают задание «Расчертите диаграмму интерактивно»: меняйте %С и делайте выводы. Преподаватель показывает демонстрацию, а потом курсанты сами вводят значения;
- **Оценивание**: Задаются контрольные вопросы: «При каком %С точка пересекает линию эвтектики?». Студент вводит число и наблюдает результат. Можно просить построить график зависимости переменных (например, положения линии vs %С) с помощью полученного инструмента;
- **Время разработки**: Использование Figma и простого JS позволяет подготовить подобное пособие в течение нескольких недель, в отличие от месячной верстки статичных схем. Это расширяет возможности кафедры выпускать новые пособия оперативно;
- **Распространение**: Полученное HTML/CSS/JS-пособие можно разместить на сайте училища, или упаковать в электронный учебник. Оно работает оффлайн (достаточно браузера), можно адаптировать под любое устройство.

Выводы

Развитие интерактивных веб-ресурсов в образовании открывает новые подходы к преподаванию технических дисциплин. Наш проект показал, что замена бумаги на браузер не только не усложняет, но и упрощает работу: диаграмма становится понятнее, учащиеся вовлечены, а инструментарий универсален (Figma, стандартные веб-технологии).

Следующим шагом можно расширить пособие, добавив динамическое изменение температуры или построение графиков дополнительных параметров. Главное – придерживаться стандартов оформления и качественной педагогики.

Список литературы:

1. HTML и SVG: создаём интерактивную карту / Хабр. – URL : https://habr.com/ru/articles/127994 (дата обращения 27.03.2026).
2. Interactive SVG in html, the right way / Stack Overflow. – URL : https://stackoverflow.com/questions/11690693/interactive-svg-in-html-the-right-way (дата обращения 27.03.2026).
3. Visualizing Fraction Subtraction with Animated Overlays Powered by Gemini 2.5 Pro – Open Educational Resources / Open Source Physics @ Singapore. – URL : https://sg.iwant2study.org/ospsg/index.php/1211 (дата обращения 27.03.2026).
4. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Лабораторные работы : практикум / А.Б. Фурсина [и др.]. – Краснодар : КВВАУЛ, 2020. – 216 с.
5. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие / А.Б. Фурсина [и др.]. – Краснодар : КВВАУЛ, 2022. – 308 с.

УДК 656

ЦЕЛЬ: БЕРЛИН-РИМ-ТОКИО ПРЕРВАННЫЙ ПОЛЕТ БОМБАРДИРОВЩИКА ДБ-4

♦♦♦♦♦

TARGET: BERLIN-ROME-TOKYO ABORTED FLIGHT OF THE DB-4 BOMBER

Пашков Г.Н.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Николаев А.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании в СССР дальнего высотного скоростного бомбардировщика, для рейдов в глубокий тыл противника.

Ключевые слова: бомбардировщик, Ильюшин, испытатель, дальний, модификация, вооружение.

Pashkov G.N.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Nikolaev A.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about the creation in the USSR of a long-range high-altitude high-speed bomber for raids deep behind enemy lines.

Keywords: bomber, Ilyushin, investigator, long-range, modification, armament.

«Все или ничего».

Проанализировав опыт Первой мировой войны и уверовав в могущество авиации все ведущие мировые державы, взялись за создание воздушной стратегии и авиационных армий. Советский Союз одним из первых в мире начал строить четырехмоторные цельнометаллические бомбардировщики. К началу 30-х годов А.Н. Туполевым был создан дальний бомбардировщик ТБ-3. Который мог взять на борт 3 тонны бомб с дальностью 1500 км. ВВС РККА была сформирована дальняя бомбардировочная авиация (ДБА). Бурный рост авиации и моторостроения, буквально за несколько лет сводил на нет старания авиационных инженеров и конструкторов. Дальние, высотные скоростные самолеты быстро превращались в рядовых середнячков.

Во второй половине 1930-х стандартным двухмоторным дальним бомбардировщиком ВВС РККА был ЦКБ-30 или ДБ-3, созданный в конструкторском бюро С. Ильюшина. Этот самолет строился большой серией в нескольких модификациях, а его улучшенный вариант ДБ-3Ф или Ил-4 прошел через всю войну. Кстати сказать, он значитель но превосходил свой однотипный аналог из Люфтваффе Не-111, особенно по показателям скорости и дальности полета.

Однако и на ДБ-3 в процессе эксплуатации выявилось немало недостатков. Их и попытались устранить, создав, по сути дела, новый самолет – ЦКБ-56, – ДБ-4 с расчетной дальностью полета 6 тысяч км и более.

В конце 1930-х годов С. Ильюшину стало ясно, что концепция ДБ-3 морально устарела и требуется анало гичный самолет с более высокими боевыми качествами: большей скоро стью, увеличенной бомбовой нагрузкой и усиленным оборонительным вооружением.

Победивший фашизм в Италии и Германии, а также японские милитаристы создали антикоминтерновский пакт – ось Берлин-Рим-Токио. Советскому Союзу грозила война на два фронта на западе и востоке. ВВС Красной Армии срочно требовался дальний бомбардировщик способный долететь до промышленных объектов стран-агрессоров.



Рисунок 1 – С.В. Ильюшин – в конце 30-х годов

В КБ С. Ильюшина в 1940-м был раз работан проект двухмоторного бомбардировщика ЦКБ-56. Он представлял собой среднеплан с двумя V-образными 12-цилиндровыми моторами водяного охлаждения М-120 конст рукции А. Микулина взлетной мощно стью по 1800 л.с. По расчетам, но вые двигатели позволили бы самолету лететь со скоростью порядка 570 км/ч на высоте 7000 м. Максимальный потолок для того времени предвиделся феноменальным – 11000–12000 м.

Главные возможности дает самолету мотор. Именно тогда, в 1940-м, моторостроение входило в новое качество. Работа над новым поколением авиационных двигателей началась еще в 1938-м, когда перед конструкторскими коллективами В. Климова и А. Микулина была поставлена задача создать моторы жидкостного охлаждения со взлетной мощностью 1800–2100 л.с. и, соответственно, с номинальной мощностью 1500–1700 л.с.

Эта суперзадача решалась довольно просто: к уже отработанным конструкциям 12-цилиндро вых двухблочных V-образных двигателей М-105 и АМ-35 добавляли третий блок из шести цилиндров, который располагался под двумя основными блоками, образуя так называе мую схему «игрек» «Y» Двигатель, который разрабатывался в КБ Климова, получил обозначение М-120, а со здававшийся в КБ Микулина – АМ-36.

Двигатели, сделанные по схеме «игрек», позволили достаточно быстро достичь заданной мощности, но, к сожалению, имели при этом и существенные недостатки: слишком большой мидель значительно увеличивал их массу и аэродинамическое сопротивление в полете. А потому, предвидя такие неприятности, параллель но с созданием АМ-36 в КБ Микули на проектировали еще и высотный 12-цилиндровый двигатель жидкостного охлаждения, обычной V-образной схемы номинальной мощностью в 1400 л.с. на расчетной высоте 5800 м. Это – двигатель АМ-37. По своей конструктивной схеме он был дальнейшим развитием мотора АМ-35.

Следует заметить, что 1939–1940 годы – время качественного роста нашей авиации. Под новые двигатели М-120 и АМ-37 началось проектирование целого ряда опытных дальних бомбардировщиков, которое проводилось в конструкторских коллективах В. Ермолаева (ДБ-240 – Ер-2), В. Мясищева (ДВБ-102), А. Туполева (103) и Ильюшина (ЦКБ-56).

Проектирование новых самолетов приобрело широкий размах. В специализированных КБ для самолетов нового поколения создавались более совершенные бомбардировочные прицелы, способные обеспечить вы сокую точность бомбометания с больших высот при скоростях полета до 700 км/ч, а также более совершенное пилотажно-навигационное и радиосвязное оборудование. Благодаря повышенной скорости, совершенному современному оборудованию и увеличенной массе бомб, загружаемых в закрытые внутренние бомбоотсеки, эти дальние бомбардировщики должны были обладать более высокой боевой эффективностью по сравнению с ДБ-3Ф.

В конце августа 1939-го НИИ ВВС за подписью начальника ВВС командарма 2-го ранга А. Локтионова направил С. Ильюшину перечень основных требований к но-

вому самолету ЦКБ-56 по вооружению, броневой защите экипажа, вспомогательной аппаратуре. Ильюшин пришел к выводу, что при их полном выполнении значительно бы усложнилась конструкция самолета, намного увеличился полетный вес.

Вместе с тем главный конструктор был вполне согласен с военными в поставленной задаче по летно-техническим данным самолета, идея которых выражена в самом назначении ДБ-4. К ним относятся: выполнение боевых полетов на объекты в глубоком тылу противника; действие на высотах, в основном 8000 м; полеты днем и ночью в любых метеоусловиях; вооружение должно обеспечить успешное ведение длительного воз душного оборонительного боя. Боеспособность и живучесть самолета гарантируется установкой бронесте кол типа К-4, протектированием бензиновых и масляных баков и заполнением их нейтральным газом.

С. Ильюшин особое внимание уделял оборонительному вооружению ДБ-4. В его состав предполагалось включить один пулемет ШКАС калибра 7,62 мм, укрепленный на полуподвижной установке в носу самолета с за пасом патронов 500 штук. Такой же пулемет разместили в нижней люко вой установке с углами обстрела в горизонтальной плоскости по 45 град, от оси самолета и в вертикальной плоскости назад. Боезапас – 500 патронов в верхней стрелковой башне должны были быть установлены два пулемета ШКАС, но их впоследствии заменили пушкой ШВАК калибра 20 мм, пулеметы ШКАС заменить на крупнокалиберный УБ, калибром 12,7.

Бомбардировочное вооружение позволяло располагать внутри фюзеляжа десять ФАБ-100 или снаружи – три ФАБ-250 либо одну ФАБ-1000. Для бомбометания использовались прицелы ОПБ-2. А в качестве стрелковых прицелов были установлены ПМП-4 или ОПТ-1. Экипаж ДБ-4 состоял из четырех человек: пилот, штурман, стрелок-радист и воздушный стрелок.

Самолет оборудовали новейшими по тому времени пилотажно-навигационными приборами: радиополу компас РПК-2, компас А-4, высотомер В-10, указатель скорости УС-600, вариометр ВР-10, автопилот АВП-12, эхолот БК-3, радиоответчик РО. В необходимости последних двух при боров коллегам удалось убедить С. Ильюшина.

Проект ЦКБ-56, как и проекты других боевых самолетов того времени, столкнулся с недоведенностью «сырых» моторов М-120. Тогда было при нято решение коллегии комиссариата авиапромышленности установить на новый самолет двигатели Микулина АМ-37 мощностью 1400 л.с. И хотя этот 12-цилиндровый двигатель водяного охлаждения по мощности уступал М-120, решили все-таки установить АМ-37 как более надеж ный и экономичный, к тому же с меньшим миделем.

Однако прототип ЦКБ-56 в конце 1940-го был все-таки собран с М-120. Но летные испытания начали с АМ- 37. Было построено два самолета. Первый из них имел двухки левое хвостовое оперение, второй – однокилевое по типу ДБ-3 с двумя моторами АМ-37. Он-то и поднялся в воздух первым в конце 1940-го.

В конструкции ДБ-4 обращали на себя внимание изящные аэродинамические формы и рациональность компоновки всех агрегатов. Необходимость оборудования в фюзеляже отсека для размещения большой массы бомб и стремление добиться высокого аэродинамического качества обусловили выбор для самоле та схемы высокоплана с крылом значительного удлинения. Максимальный полетный вес ДБ-4 достиг весьма большой величины – 13000 кг. Это обстоятельство потребовало установки крыла большей площади, чем у ДБ-ЗФ, при сохранении той же удельной нагрузки на крыло, равной 150 кг/кв.м.

Достаточно высокая крейсерская скорость полета и жесткие требования к взлетно-посадочным характеристикам определили сложную компоновку крыла у ДБ-4. Новое крыло у ДБ-4 и совокупность многочисленных улучшений по местной аэродинамике самолета по зволили достичь более высокого значения аэродинамического качества, которое достигло величины 17 единиц (сравним: у ДБ-ЗФ – лишь 15). Вместе с очень большим запасом топлива, размещавшегося в фюзеляжном, центропланных и консоль ных протестированных баках, все улучшения конструкции, в конечном итоге, дали возможность достигнуть на ДБ-4 заданных техническими тре бованиями дальности полета до 5000 км и нормальной боевой загрузки.

Двигатели АМ-37 были размещены под крылом в обжатых гондо лах с очень чистыми аэродинамическими формами. Это достигалось установкой водяных радиаторов

си стемы охлаждения двигателей в хвостовых частях гондол, сразу же за от секами основных опор самолета. Воздух для охлаждения радиаторов по ступал через боковые щели с обеих сторон гондолы двигателя Затем, просочившись через водорадиатор, воздух выходил наружу в самом конце гондолы через створки, которые регулировали температуру охлаждающей жидкости.

Воздух, поступающий из приводного центробежного нагнетателя и за тем направляемый в карбюратор АМ-37, охлаждался в небольшом компактном водорадиаторе, который был установлен на участке между бортом фюзеляжа и гондолой двига теля вдоль переднего лонжерона крыла.

Вертикальное оперение ДБ-4 было выполнено двухкилевым. Кили разнесены по концам стабилизатора, что по существующему в то время мнению, обеспечивало более благоприятные условия для гарантии надежной защиты самолета от огня вражеских истребителей со стороны задней полусферы. Кроме того, у конструкторов была надежда, что разнесенные кили повысят эффективность хвостового оперения. Установка же непосредственно самих шайб вертикального оперения в струе воздушных винтов будет способствовать улучшению характеристик путевой устойчивости самолета.

Однако результаты аэродинами ческих продувок показали, что в случае отказа одного из двигателей разнесенное вертикальное оперение как раз может оказаться очень неэффективным. Именно поэтому Ильюшин принял решение построить для под страховки второй вариант испытательного образца – однокилевой схемы.

15 октября 1940-го состоялся первый полет ДБ-4 под управлением лет чика Владимира Коккинаки. И сразу же выявились два основных конструктивных пробела: недостаточная путе вая устойчивость бомбардировщика, особенно на малых скоростях, и, что более важно – неудовлетворительную жесткость фюзеляжа типа монокок на кручение. Причина – слишком большой вырез люка под бомбоотсек.

Летчик-испытатель отметил: «В полете отбалансированный самолет проявляет тенденцию к неустойчивому режиму в горизонтальной плоскости, рысканию по курсу. После вос становления курсовой балансировки, а затем ослабления контроля за рулями процесс незначительного рыскания по курсу вновь возобновляется.

В пилотажной зоне при энергичном вводе самолета в глубокий вираж и выводе из него наблюдается неко торая деформация фюзеляжа на кручение ввиду недостаточной его жесткости, обусловленной в первую очередь значительным вырезом конст рукции в нижней части фюзеляжа под бомбоотсек. Деформация сопровож дается ощутимой вибрацией и приглушенным скрежетом стрингеров. Необходимо усилить соответствую щий участок конструкции».

И тот и другой недостатки были срочно устранены путем увеличе ния площади вертикального оперения и установкой на внутренней части обшивки фюзеляжа четырех (по два с каждого борта) мощных лонжеронов из прессованного профиля П-образного сечения. В конструкцию второго опытного ДБ-4 также внесли изменения. Его постройка завершилась в конце ноября 1940-го. Однако сразу же после первых полетов второго опытного экземпляра летные испытания ДБ-4 прекратили, так, к сожалению, и не выявив полностью его летно-технического потенциала.

Все это было тем досаднее, что ДБ-4 был на самой грани запуска в серийное производство. Летом 1941-го в КБ А. Швецова создали два новых типа двигателей воздушного охлаждения – 18-цилиндровый АШ-71 мощностью 1700 л.с. и 14-ти цилиндровый АШ-82-1630 л.с. И хотя АШ-71 должен был развивать более высокую взлетную мощ ность, выбор Ильюшина, на случай продолжения постройки ДБ-4, пал все-таки на АШ-82, который после модернизации стал иметь знакомое нам название – АШ-82ФН с макси мальной мощностью в 1850 л.с. Но это случится значительно позже – в середине войны. А тогда, в 1941-м, АШ-82 «демонстрировал» явный недобор мощности, хотя и был весьма экономичным двигателем.

Перед С. Ильюшиным, как уже было не раз в нашем авиастроении, возник ла сложная проблема: с одной стороны был создан оригинальный самолет, очень нужный нашим ВВС, но с другой – не было для него подходящих двигателей. Вскоре грянула война, и она внесла свои главные коррективы...

Все дальнейшие усилия авиапромышленности после нападения нацистской Германии были сосредоточены в первую очередь на выпуске новых типов самолетов. Заводы

эвакуировали подальше от фронта. Предприятие, ранее предназначенное для выпуска ЦКБ-56 с моторами АМ-37, было вывезено из Москвы и переориентировано на выпуск штурмовиков Ил-2, и хорошо знакомого нам дальнего бомбардировщика Ил-4, очень необходимого в тех условиях для фронта.

В последний момент на ДБ-4 пробовали установить дизельные двигатели АЧ-30Б мощностью в 1300 л.с. конструкции А. Чаромского. Но увы, судьба самолета уже была предрешена. ДБ-4 стал бы достойным преемником заслуженного ветерана Ил-4. Ведь ДБ-4 1940-го года имел вполне удовлетворительные ТТХ: нормальный взлетный вес 10806, а перегрузочный – 13006 кг; время набора 5000 м – 11,2 мин.; максимальная скорость у земли 415, а на высоте – 560 км/ч; дальность полета 5000 км, практический потолок – 11500 м... Но ДБ-4 так и не суждено было войти в серийное производство.

Следующим серийным бомбардировщиком С.В. Ильюшина стал реактивный Ил-28, который занял достойное место в боевом потенциале ВВС СССР и армий других стран. Он использовался в качестве носителя атомных бомб, разведчика, штурмовика, торпедоносца и учебного. Принял участие во многих вооруженных конфликтах в Азии и Африке. В аэрофлоте использовался для обучения командиров экипажей при переходе с поршневой авиации на реактивную, а также для скоростной доставки спецпочты и грузов. Рассказ об этом уникальном самолете тема уже другой статьи.

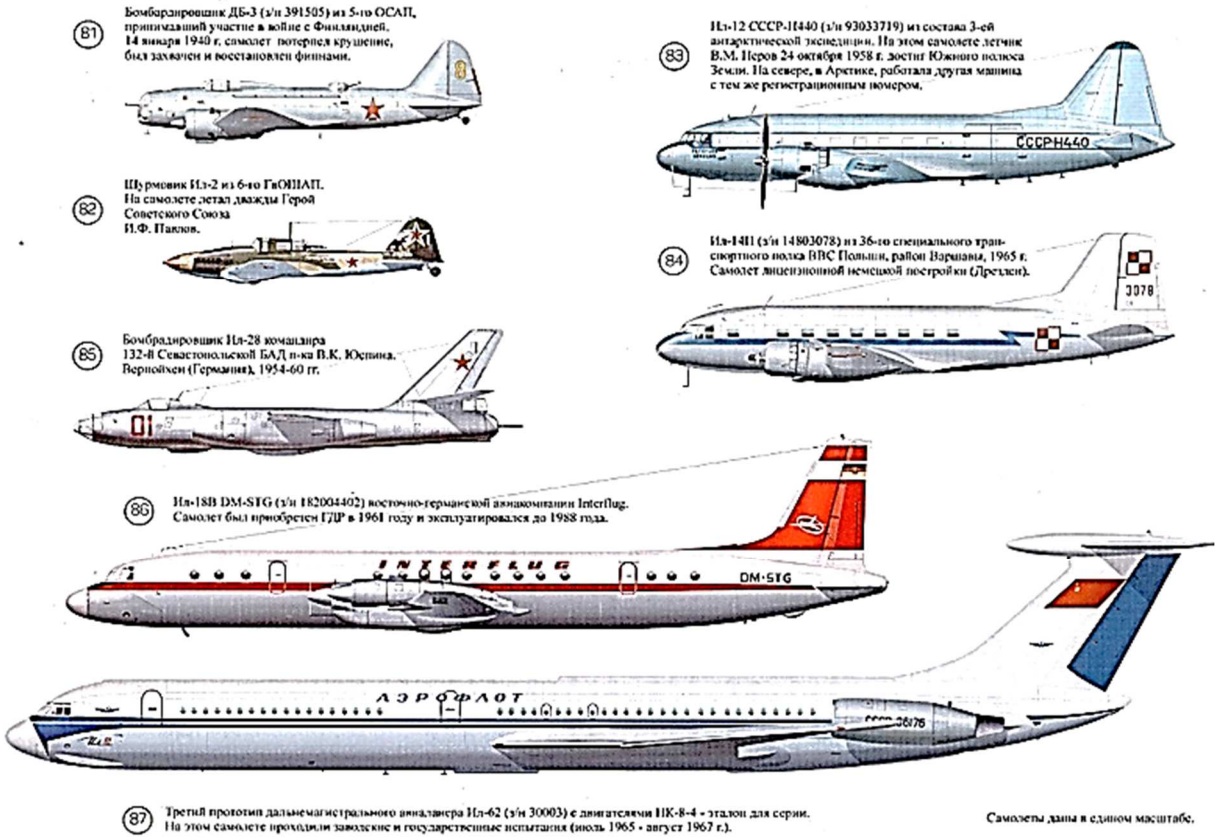


Рисунок 2 – Самолеты конструкции С.В. Ильюшин

Список литературы:

1. Крылья Родины // Научно-популярный журнал. – 1995. – № 7.
2. Новожилов Г.В. Самолеты ОКБ им. С.В. Ильюшина. – М. : Машиностроение, 1985. – 264 с.
3. Чуев Ф.И. Ильюшин. ЖЗЛ Сборник биографий № 755. – М. : Молодая гвардия, 1998. – 266 с.

УДК 656.71

В РЕЗЕРВЕ ВОЖДЯ. САМОЛЕТ Р-63 «КИНГКОБРА»

♦♦♦♦♦

IN THE RESERVE OF THE LEADER. AIRCRAFT P-63 «KINGCOBRA»

Анцупов И.С.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Тимофеев В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье дается информация об американском истребителе Р-63 «Кингкобра», поставленному в СССР из США по ленд-лизу.

Ключевые слова: истребитель, поршневой, вооружение, Белл, ПВО.

Antsupov I.S.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Timofeev V.A.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article provides information about the American fighter R-63 «Kingcobra» delivered by the air defense fighter before the jet era. In the USSR, under Lend-Lease and became the main.

Keywords: fighter, piston, weapons, Bell, air defense.

«Господство в воздухе…
Борьба за него велась на всем
советско-германском фронте
и характеризовалась небывалой
жестокостью и напряжённостью».

Е. Савицкий – маршал авиации,
дважды Герой СССР

Одними из самых известных истребителей периода Второй мировой войны, поступивших в нашу страну по ленд-лизу, были самолеты американской фирмы Белл – Р-39 «Аэрокобра» и Р-63 «Кингкобра».

Во время Великой Отечественной войны Англия и США поставили в СССР значительное число истребителей, бомбардировщиков, транспортных и учебных самолетов. Поставки иностранных самолетов в СССР начались во второй половине 1941 г. и продолжались всю войну. Поставки составили 14 % от отечественного выпуска советских самолетов и не оказали решающее влияние на ход борьбы в воздухе на советско-германском фронте, но определенную роль они, безусловно, сыграли. В нашей стране с благодарностью вспоминают помощь оказанную союзниками в борьбе с общим врагом. Ghghg – hghgh

Летчикам профессионалам и любителям авиации нашей страны, хорошо знаком американский истребитель Р-39 «Аэрокобра». Благодаря воспоминаниям летчиков-ветеранов ВОВ и прежде всего трижды Героя Советского Союза маршала авиации А.И. Покрышкина, этот самолет стал самым известным иностранным истребителем и вошел в число легендарных. «Аэрокобра» воевала на всех фронтах от Баренцева до Черного моря, в составе всех воздушных армий ВВС Красной армии и истребительных полков авиации Военно-Морского Флота.

Обладая мощным вооружением, современным пилотажно-навигационным оборудованием и отличной радиосвязью «аэрокобры» вместе с «яками» и «лавочкинами» в тяжелых воздушных боях с немецкими «мессершмиттами» и «фоккевульфами», завоевали господство в воздухе весной 1943 г. в сражении за Кубань. Честно заслужив боевую славу и любовь советских летчиков, получив ласковое прозвище «Беллочка». А вот истребитель Р-63 «Кингкобра» остался в тени.

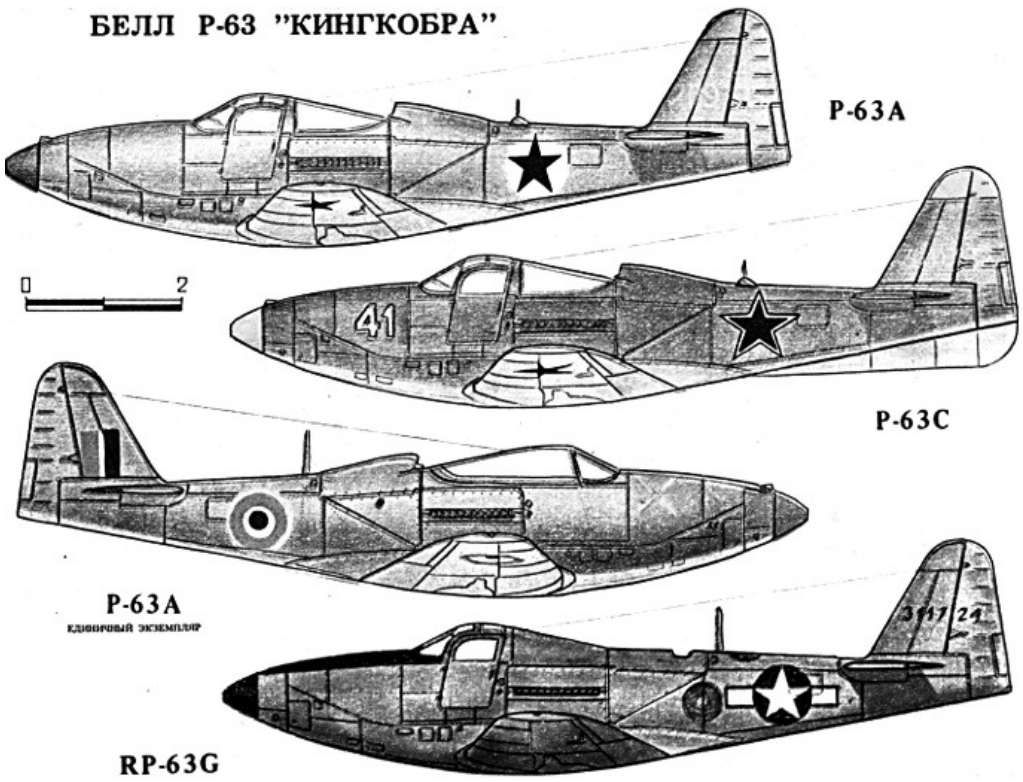


Рисунок 1 – P-63 «Кингкобра»

Работы над созданием истребителя P-63 американская фирма Белл начала еще в 1941 г. Конструкторы нового самолета по пытались, полностью использовав при нципиальную схему «Аэрокобры», которая хорошо зарекомендовала себя в массовом производстве и эксплуатации, устранить ряд ее недостатков и добиться существенного повышения летно-технических характеристик за счет увеличения мощности двигателя и качественного улучшения аэродинамики. При этом основной упор сделали на создание нового крыла большей площади с ламинизированными профилями, хорошо зарекомендова вшими себя на скоростном истребителе P-51 «Мустанг».

Первая опытная «Аэрокобра», получившая обозначение XP-39E, оснащенная но вым крылом и хвостовым оперением, поднялась в воздух в феврале 1942 г. Правда, предназначавшийся для нее усовершенствованный двигатель «Континенталь» V-1430 не был доведен и в качестве силовой установки использовался старый Аллисон V-1710 со старым трехлопастным винтом.

Испытания XP-39E показали, что фирма стоит на правильном пути. Так, даже без увеличения мощности двигателя, только за счет улучшения аэродинамики крыла, скорость полета заметно возросла. Но от XP-39E до «Кингкобры» было еще далеко. Простой модификацией самолета обойтись стало невозможно. Увеличенное крыло принципиально новой конструкции, более мощный двигатель, несколько иные системы потребовали полной перекомпоновки всей машины вплоть до создания совершенно иного фюзеляжа. В результате P-63, такое обозначение присвоили новому истребителю, уже не имел с «Аэрокоброй» ничего общего. Это был совершен но другой самолет, лишь внешне напоминающий собой P-39.

Общее у этих самолетов – разве что двери пилотской кабины. Все остальное – фюзеляж, крыло, оперение, шасси и т.п. – совершенно иное. К тому же «Кингкобра» оказалась несколько крупнее своей предшественницы, а ее внешние обводы достаточно сильно изменены. Что же касается конструкции планера, то даже беглого взгляда достаточно, чтобы убедиться – перед вами два разных самолета. И только общая идея компоновки агрегатов осталась прежней – двигатель размещался в центральной части фюзеляжа за кабиной пилота и приводил во вращение воздушный винт с помощью длинного вала, проходящего через всю носовую часть фюзеляжа.

Летно-технические данные истребителей Р-39 и Р-63[1]

Самолет	P-39D-2	P-39Q-15	P-63A-10
Год выпуска	1940	1943	1943
Год испытаний в СССР	1942	1944	1945
Мотор	V-1710-35	V-1710-85	V-1710-93
Взлетная мощность мотора, л.с.	1135	1215	1325
Взлетная масса, кг	3556	3445	3822
Площадь крыла, м^2	19,86	19,86	23,04
Максимальная скорость, км/ч:			
у земли	472 493*	482** 477[б]	522**
на высоте	557 (3950 м) 585* (4200 м)	600** (5150 м) 594[б] (5000 м)	634** (7500 м)
Время набора высоты 5000 м, мин	6,4	5,8...6,4[б]	7,7...5,8**
Время виража на высоте 1000 м, с	17,7...18,7	20	21
Практический потолок, м	9600	10 600	12 450
Максимальная дальность полета, км	1100	1300	1265
Вооружение:			
пулеметы	4x7,62 + 2x12,7	2x12,7	2x12,7
пушки	1x20	1x37	1x37

Двигатель V-1710-93 фирмы Аллисон, установленный на Р-63, отличался от аналогичных на истребителях Р-39 увеличен ной мощностью и повышенной высотностью. Это обеспечивалось установкой на него еще одного дополнительного центробежного нагнетателя, выделенного в отдельный агрегат и способного работать независимо от основного. Такая схема увеличения наддува исключала «провалы» мощности на определенных высотах, что было свойственно двигателям «мустангов», «спитфайров», «мессершмиттов» и всех других самолетов, имевших обычные двухступенчатые нагнетатели. Двигатель V-1710-93 мог в течение пяти минут работать на так называемом чрезвычайном боевом режиме, развивая максимальную мощность 1500 л.с. Правда, выходить на такие режимы летчику разрешалось толь ко в самой критической ситуации. При этом максимальная скорость самолета Р-63 могла достигать 657 км/ч.

В целях устойчивости и управляемости площадь вертикального и горизонтально го оперения была увеличена. Хвостовая часть самолета значительно упрочнена.

Площадь крыла «Кингкобры» увеличена на 3,2 м^2. В итоге удельная нагрузка на него значительно снизилась и составила при нормальном полетном весе 151 кг/м^2 почти столько же, как и у «Спитфайра». Поэтому, даже несмотря на крыло с ламинарными профилями (имеющими худшие несущие свойства), маневренность Р-63 оказалась довольно высокой. Радиус виража на высоте 1000 м составлял 272 м (у Bf 109G – 290 м, а у FW 190 A – 340 м), время выполнения виража не превышало 21 с, а скороподъемность выросла до 18–19 м/с (на чрезвычайном режиме).

«Кингкобра» отличалась отличной аэродинамикой. Несмотря на большие размеры, ее общее сопротивление оказалось на 11 % меньше, чем у «Аэрокобры» и даже на 6 % меньше, чем у лучшего американского истребителя Р-51 «Мустанг».

Вооружение самолета состояло из 37-мм пушки, стреляющей через полый вал редуктора воздушного винта и имеющей боезапас 30 снарядов, а также из двух синхронизированных 12,7-мм пулеметов с боекомплектом по 200 патронов. В пере грузочном варианте под крылом могли подвешиваться еще два крупнокалиберных пулемета с боезапасом по 300 пат ронов. На самолете предусматривалась подвеска 227 кг бомб или трех подвесных топливных баков – одного подфюзеляжного и двух подкрыльевых.

Уже в ходе эксплуатации и дополнительных летных испытаний было выяснено, что «Кингкобра», так же, как и предшественница, сохранила склонность к плоскому штопору. Для улучшения центровки в ходе серийного производства пришлось переместить пушку несколько впе ред. Она стала выступать за обтекатель воздушного винта. Также рекомендовалось не заливать полностью маслобак, расположенный в хвостовой части фю-

зеляжа (полная заправка осуществлялась то лько при полете на максимальную дальность). Полетный вес Р-63 почти не отличался от веса Р-39, несмотря на увеличение веса планера на 73 кг и винтомоторной установки на 163 кг. Это сделано за счет уменьшения полезной нагрузки, облегчения бронирования и отнесения двух подкрыльевых пулеметов к перегрузочному варианту. При этом нормальный запас топлива составлял 380 л, хотя крыльевые баки позволяли заливать до 515 л.

Броневая защита самолета состояла из плит толщиной 6,35 мм, расположенных перед редуктором винта, у нижнего края козырька кабины, за маслобаком, а также из бронеспинки с заголовником, заменявшим заднее бронестекло.

Переднее бронестекло устанавливалось не за лобовым остеклением, как на Р-39, а непосредственно вмонтировано в переплет фонаря. Это устранило опасность запоте вания межстекольного пространства в полете.

В работах над Р-63 принимали участие и советские специалисты. Ведь большая часть всех истребителей фирмы Белл шла по ленд-лизу в нашу страну. Естественно, американцы чутко прислушивались к мнению наших летчиков и техников. При этом бригады фирмы работали в нашей стране, а советские специалисты помогали доводить «Аэро-» и «Кингкобру» в Соединенных Штатах.

По своим летно-техническим характеристикам «Кингкобра» резко отличалась от всех других американских истребителей. Этот самолет наиболее полно соответствовал именно Восточно-европейскому театру военных действий, где шли в основном маневренные воздушные бои на малых и средних высотах, и высотные скоростные «мустанги» в силу своих особенностей так и не нашли никакого применения. «Кингкобра» же, наоборот, вышла в число лучших истребителей, находящихся на вооружении Красной Армии.

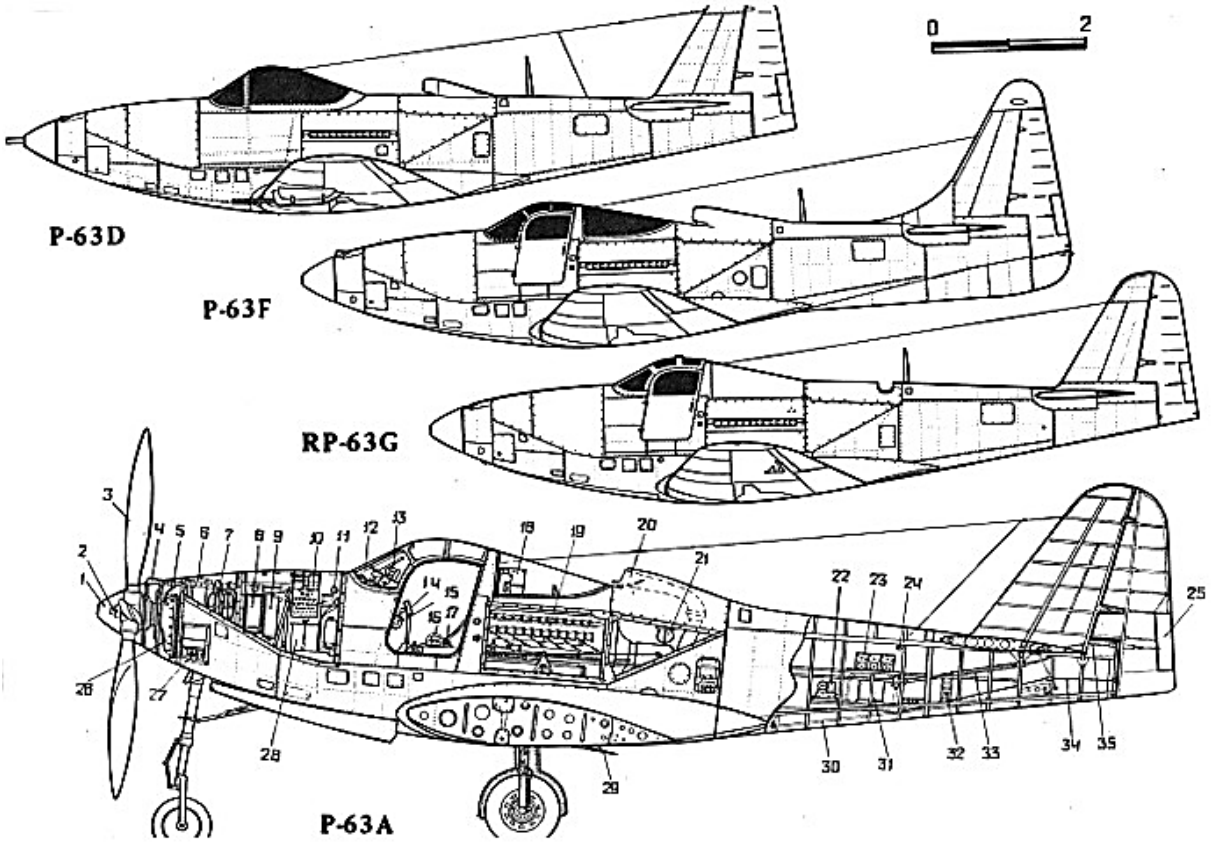


Рисунок 2 – Компоновочная схема истребителя Р-63

Серийный выпуск Р-63 начался в июле 1944 г. сразу же на трех заводах фирмы Белл в Уитфилде, Элмвуде и Буффало и продолжался вплоть до капитуляциими литаристской Японии. Самолеты сразу же с заводов отправлялись на Аляску в г. Бирбэнк, откуда своим ходом перегонялись в нашу страну по воздушной трассе АЛСИБ (Аляска-Сибирь).

Правда, сведения о боевом использовании «кингкобр» отсутствуют. Только 51 самолет находился на боевом дежурстве в ПВО. Судя по всему, Сталин берег эти машины для других дел. Война с Германи ей подходила к концу, и на фронте вполне хватало «яков», «лавочкиных» и «аэрокобр», которые с успехом вели воздушные бои с деморализованным противником. Те же самолеты, и даже более старые «лаг-ги», участвовали в боевых действиях против Японии.



Рисунок 3 – Истребитель Р-63С «Кинкобра» на испытаниях в НИИ ВВС

Авиационные полки, укомплектованные летчиками, имеющими боевой опыт и получившие на вооружение более современные «Кингкобры», должны были стать резервом вождя. Уже задул поземок «холодной войны и на случай непредсказуемого изменения военно-политической ситуации и начала войны с США, товарищ Сталин имел весомый аргумент.

Самолеты фирмы Белл были хорошо освоены летным и инженерно-техническим составом. Его цельнометаллическая конструкция позволяла использовать их как с бетонных, так и с полевых безангарных аэродромов в течении всего года.



Рисунок 4 – Истребитель Р-63А перед отправкой в СССР

Несмотря на то, что с начала 1947 г. в советские ВВС стали поступать новые реактивные самолеты, Р-63 не потеряли своего значения. В каждом новом реактивном полку имелась одна эскадрилья «кингкобр», «лавочкиных» и «яков», для поддержания летных навыков, т.к. первые реактивные двигатели имели еще очень малый ресурс эксплуатации.

Поршневые ветераны летали еще до конца 50-х годов, как напоминание о прошлой боевой славе. На некоторых аэродромах Заполярья и Дальнего Востока даже в

начале 60-х годов стояли «законсервированные» Р-63, как напоминание о совместной борьбе с фашизмом.

Находились Р-63 в послевоенные годы и на вооружении французских ВВС. Естест венно, что часть машин осталась в США. Фирма Белл широко использовала их для различных исследовательских работ. На пример, варианты с лыжным шасси, V-образным оперением и даже со стреловидным крылом.

Общее же число истребителей Р-63, вышедших с заводов фирмы Белл, – 3303 машины. Из них на вооружение Красной Армии поступило 2400 (831 – в 1944 г. и 1569 – в 1945). Кроме того, 272 самолета было направлено в другие ведомства. 300 самолетов предназначалось ВВС Франции и два – Великобритании.

Список литературы:

1. Мариинский Е.П. Я дрался на «Аэрокобре». – М. : Яуза, Эксмо, 2005. – 288 с.
2. Самолеты победы. – М. : Машиностроение, 2005. – 183 с.
3. Научно-популярный журнал «Крылья Родины». – 1992. – № 4.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ЧЕТВЕРТОГО И ШЕСТОГО ПОДСЕМЕЙСТВ ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOVING LINKS OF THE FOURTH AND SIXTH SUBFAMILIES OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH TYPE

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Выскубов Е.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сараев И.В.
кандидат технических наук,
доцент, Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого и шестого подсемейств первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого и шестого подсемейств первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи, равной шести и общем числе звеньев цепи равном десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Vyskubov E.V.
PhD in Sciences in Technology,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Saraev I.V.
PhD in Sciences in Technology,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the fourth and sixth subfamilies of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the fourth and sixth subfamilies of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение

В работе [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы для определения состава десятизвенных ЗКЦ четвертого и шестого подсемейств первого семейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности четвертого подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ четвертого подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(4)} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 = 6. \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ четвертого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5+3p_4)+6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 3p_4)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим:

$$p_5 + p_4 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_4 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_4 и n_i.

Для четвертого подсемейства: $p_5 \neq 0$, $p_4 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_5 + p_4 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 = 13, \\ 4p_5 + 3p_4 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 5,\ p_4 = 8; \quad \text{(I)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 = 14$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 = 14, \\ 4p_5 + 3p_4 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 2,\ p_4 = 12; \quad \text{(II)}$$

При других сочетаниях звеньев n_1, n_2, n_3, n_4 система (6) не имеет решений.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности шестого подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ шестого подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(6)} = 5n_ц - 4p_5 - 2p_3 = 6. \end{cases} \quad (9)$$

Система уравнений (9) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ шестого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5 + 2p_3) + 6}{5}. \quad (10)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 2p_3)$ согласно (10), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (9) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (11)$$

и подставив его в первое уравнение системы (9), получим:

$$p_5 + p_3 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (12)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (12):

$$p_5 + p_3 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (9) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44, \end{cases} \quad (13)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_3 и n_i.

Для шестого подсемейства: $p_5 \neq 0,\ p_3 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_5 + p_3 = 13$.

Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 13, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 9,\ p_3 = 4; \tag{III}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 = 14$.
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 14, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{15}$$

Система (15) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 8,\ p_3 = 6; \tag{IV}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 = 15$.
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 15, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{16}$$

Система (16) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 7,\ p_3 = 8; \tag{V}$$

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 = 15$.
Тогда система (13) примет вид (16) и имеет одно решение: (V).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 16$.
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 16, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{17}$$

Система (17) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 6,\ p_3 = 10; \tag{VI}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 = 16$.
Тогда система (13) примет вид (17) и имеет одно решение: (VI).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 = 16$.
Тогда система (13) примет вид (17) и имеет одно решение: (VI).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 17$.
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 17, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{18}$$

Система (18) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 5,\ p_3 = 12; \tag{VII}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 17$.
Тогда система (13) примет вид (18) и имеет одно решение: (VII).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 = 17$.
Тогда система (13) примет вид (18) и имеет одно решение: (VII).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 = 17$.
Тогда система (13) примет вид (18) и имеет одно решение: (VII).
Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 18$.
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 18, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{19}$$

Система (19) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 4,\ p_3 = 14; \tag{VIII}$$

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 18.$
Тогда система (13) примет вид (19) и имеет одно решение: (VIII).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 18.$
Тогда система (13) примет вид (19) и имеет одно решение: (VIII).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 18.$
Тогда система (13) примет вид (19) и имеет одно решение: (VIII).
Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 19, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{20}$$

Система (20) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 3,\ p_3 = 16; \tag{IX}$$

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (13) примет вид (20) и имеет одно решение: (IX).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (13) примет вид (20) и имеет одно решение: (IX).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (13) примет вид (20) и имеет одно решение: (IX).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (13) примет вид (20) и имеет одно решение: (IX).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 = 19.$
Тогда система (13) примет вид (20) и имеет одно решение: (IX).
Задаваясь $n_2 = 7,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 20, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \tag{21}$$

Система (21) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 2,\ p_3 = 18; \tag{X}$$

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 20.$
Тогда система (13) примет вид (21) и имеет одно решение: (X).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 = 21, \\ 4p_5 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (22)$$

Система (22) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 1,\ p_3 = 20; \quad (XI)$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 = 21$.

Тогда система (13) примет вид (22) и имеет одно решение: (XI).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого и шестого подсемейств первого семейства пятого вида и могут быть использованы для создания электронных каталогов структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. : НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.
2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов : учеб. пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.
3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.
4. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwanglaufigen ebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.
5. Дворников Л.Т. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften der zwanglaüfigen ebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпциге в 1883 г. / Л.Т. Дворников, Н.С. Жуковский // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 004.9

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ В ИНФОРМАТИКЕ

♦♦♦♦♦

INFORMATION MODELING USING THE EXAMPLE OF SOLVING APPLIED PROBLEMS IN COMPUTER SCIENCE

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Козак Л.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье излагается методика моделирования при решении некоторых задач информатики. Решение некоторой номенклатуры задач информатики требует применения особой методики – методики моделирования. Формулируя цель моделирования, следует четко понимать, какие характеристики исследуемого объекта считать существенными.

Ключевые слова: информационное моделирование, прикладные задачи, информационные модели.

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kozak L.G.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article presents a modeling methodology for solving certain computer science problems.Solving certain types of computer science problems requires the use of a specific methodology– modeling. When formulating the purpose of modeling, it is important to clearly understand which characteristics of the object being studied are essential.

Keywords: information modeling, applied problems, information models.

С точки зрения информатики, решение любой производственной или научной задачи описывается следующей технологической цепочкой: «реальный объект – модель – алгоритм – программа – результаты – реальный объект». В этой цепочке очень важную роль играет звено «модель», как необходимый, обязательный этап решения этой задачи [1, с. 89]. Под моделью при этом понимается некоторый мысленный образ реального объекта (системы), отражающий существенные свойства объекта и заменяющий его в процессе решения задачи.

Модель – очень широкое понятие, включающее в себя множество способов представления изучаемой реальности.

Различают модели материальные (натурные) и идеальные (абстрактные). Материальные модели основываются на чем-то объективном, существующем независимо от человеческого сознания (каких-либо телах или процессах). Материальные модели делят на физические (например, авто- и авиамодели) ианалоговые, основанные на процессах, аналогичных в каком-то отношении изучаемому (например, процессы в электрических цепях оказываются аналогичными многим механическим, химическим, биологическим и даже социальным процессам и могут быть использованы для их моделирования). Границу между физическими и аналоговыми моделями провести можно весьма приблизительно, и такая классификация моделей носит условный характер.

Еще более сложную картину представляют идеальные модели, неразрывным образом связанные с человеческим мышлением, воображением, восприятием. Среди идеальных моделей можно выделить интуитивные модели, к которым относятся, например, произведения искусства – живопись, скульптура, литература, театр и т.д., но единого подхода к классификации остальных видов идеальных моделей нет.

Иногда эти модели все разом относят к информационным. В основе такого подхода лежит расширительное толкование понятия «информация»: «информацией является почти все на свете, а может быть, даже вообще все». Такой подход является не вполне оправданным, так как он переносит информационную природу познания на суть используемых в процессе моделей – при этом любая модель является информационной [2, с. 26]. Более продуктивным представляется такой подход к классификации идеальных моделей, при котором различают следующие.

1. Вербальные (текстовые) модели. Эти модели используют последовательности предложений на формализованных диалектах естественного языка для описания той или иной области действительности (примерами такого рода моделей являются милицейский протокол, правила дорожного движения, настоящий учебник).

2. Математические модели – очень широкий класс знаковых моделей (основанных на формальных языках над конечными алфавитами), широко использующих те или иные математические методы. Например, можно рассмотреть математическую модель звезды. Эта модель будет представлять собой сложную систему уравнений, описывающих физические процессы, происходящие в недрах звезды. Математической моделью другого рода являются, например, математические соотношения, позволяющие рассчитать оптимальный (наилучший с экономической точки зрения) план работы какого-либо предприятия.

3. Информационные модели – класс знаковых моделей, описывающих информационные процессы (возникновение, передачу, преобразование и использование информации) в системах самой разнообразной природы.

Граница между вербальными, математическими и информационными моделями может быть проведена весьма условно; возможно, информационные модели следовало бы считать подклассом математических моделей. Однако, в рамках информатики как самостоятельной науки, отдельной от математики, физики, лингвистики и других наук, выделение класса информационных моделей является целесообразным.

Информатика имеет самое непосредственное отношение и к математическим моделям, поскольку они являются основой применения компьютера при решении задач различной природы: математическая модель исследуемого процесса или явления на определенной стадии исследования преобразуется в компьютерную (вычислительную) модель, которая затем превращается в алгоритм и компьютерную программу [4, с. 54].

Остановимся на информационных моделях, отражающих процессы возникновения, передачи, преобразования и использования информации в системах различной природы.

Начнем с определения простейших понятий информационного моделирования.

Экземпляром будем называть представление предмета реального мира с помощью некоторого набора его характеристик, существенных для решения данной информационной задачи (служащей контекстом построения информационной модели). Множество экземпляров, имеющих одни и те же характеристики и подчиняющиеся одним и тем же правилам, называется объектом.

Таким образом, объект есть абстракция предметов реального мира, объединяемых общими характеристиками и поведением.

Информационная модель какой-либо реальной системы состоит из объектов. Каждый объект в модели должен быть обеспечен уникальным и значимым именем (а также идентификатором, служащим ключом для указания этого объекта, связи его с другими объектами модели). Таким образом, обозначение, наименование объекта – это элементарная процедура, лежащая в основе информационного моделирования. Объект представляет собой один типичный (но неопределенный) экземпляр чего-то в реальном мире и является простейшей информационной моделью. Объекты представляют некие «сущности» предметов реального мира, связанные с решаемой задачей.

Еще одним классическим разделом кибернетики является распознавание образов, возникшее из задачи моделирования в технических системах восприятия человеком знаков, предметов и речи, а также формирования у человека понятий (обучение в простейшем, техническом смысле). Этот раздел в значительной мере возник из технических потребностей робототехники.

Например, требуется, чтобы робот-сборщик распознавал нужные детали. При автоматической сортировке (или отбраковке) деталей необходима способность распознавания. Вершиной кибернетики (и всей информатики в целом) является раздел, посвященный проблемам искусственного интеллекта. Большинство современных систем управления обладают свойством принятия решений – свойством интеллектуальности, т.е. в них смоделирована интеллектуальная деятельность человека при принятии решений [3, с. 78].

Рассмотрим формирование у студентов навыка выбора наиболее существенной информации и ее сложности в зависимости от целевой функции для решения задачи

моделирования осуществляется за счет соблюдения строгой последовательности действий алгоритма моделирования. Для построения информационной модели необходимо научиться выделять исходный объект моделирования, параметры и действия, его определяющие, выходные данные, комбинируя их по возможности в объекты вместе с результирующими процессами, промежуточные системные сервисы, приводящие к результирующим процессам (комбинируются в промежуточные объекты) и связи между каждым из объектов системы. При этом из предметной области берется только та информация, которая необходимо для решения задачи [5, с.33].

Итак, для получения информационной модели студентам необходимо сгруппировать исходные данные и действия над ними в исходные объекты, выходные данные и результирующие процессы в выходные объекты, внутрисистемные процессы и промежуточные данные во внутренние объекты, установить и однозначно описать связи между всеми объектами.

Обучение проходит «от простого к сложному». Начиная с простейших задач, традиционное решение которых известно еще с младших классов, начинаем показывать разницу в представлении информации между известным решением и моделированием. Это закладывает основы для дальнейшего освоения студентами многих научных дисциплин (численные методы, планирование эксперимента, математическая статистика, теория принятия решений и т.д.).

Комплекс навыков, получаемый студентами во время занятий по моделированию определяется номенклатурой решаемых задач и программных средств, которые используются при их решении. К подобным задачам относят задачу набора текста, моделирование движение автомобиля, задача расстановки мебели и др.

Переходя от информационной к компьютерной модели, студенты сталкиваются с проблемой инструментов моделирования. Данная проблема заключается в аппаратно-программном оснащении учебного заведения.

Особенности компьютерного моделирования полностью определяется инструментами моделирования и номенклатурой задач. Приступая непосредственно к компьютерному моделированию, студенты должны завершить заготовку отчета о моделировании и защитить его у преподавателя (получить оценку). Это вторая оценка за моделирование.

Выполняя компьютерный эксперимент, студенты обучаются новому способу получения знаний. Рассматривая эксперимент, как опыт над объектом или моделью, а компьютерный эксперимент – как эксперимент выполняемый виртуально, с использованием вычислительной техники, студенты обучаются важнейшему исследовательскому методу. Эксперимент проводят в две стадии (составление плана эксперимента и проведение эксперимента). Эксперимент начинают с проверки правильности построения модели. Одним из способов тестирования является использование контрольных примеров. За тестированием следует исследование [5, с. 36].

Исследование проводится в соответствии с планом эксперимента реализующему цель моделирования.

Завершается моделирование анализом результатов. Результатом данного этапа является принятие решения в соответствии с целью моделирования на основе детального разбора данных эксперимента.

Студенты учатся на основе разработанной информационной модели прогнозировать результаты и сопоставлять их с результатами компьютерной модели. Этот этап решающий. Его результатом может быть как решение поставленной задачи, так и новый план эксперимента или изменение начальных условий. Одним из возможных результатов могут быть выявленные в процессе моделирования ошибки. В этом случае требуется коррекция модели и повторение эксперимента до достижения запланированной цели.

Список литературы:

1. Белошапка В.К. Информационное моделирование в примерах и задачах. – М. : Знание, 2023. – 205 с.

2. Белошапка В.К. Основы информационного моделирования // ИНФО. – 2024. – № 3. – С. 25–29.
3. Информационные технологии и системы : учеб. пособие. М. : НИЦ Инфра-М, 2023. – 352 с.
4. Ожерельева Т.А. Информационные образовательные модели // Перспективы науки и образования. – 2024. – № 6. – С. 53–59.
5. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. – М. : Макс Пресс, 2023. – 104 с.
6. Голубкина М.В. Основные направления и перспективы использования информационно-коммуникационных технологий в образовательной деятельности вуза / М.В. Голубкина, Н.В. Илюшенко // XV международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: Сборник научных статей конференции, Краснодар, 15–16 апреля 2025 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2025. – С. 324–328.
7. Дейкун Д.Г. Обзор нормативной документации, используемой при разработке и документировании компьютерных моделей / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Информатика и вычислительная техника»: сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции, Анапа, 27–28 февраля 2020 года / Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис «ЭРА». – Анапа : Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис «ЭРА», 2020. – Т. 2. – Ч. 1. – С. 40–45.
8. Дейкун Д.Г. Совершенствование процесса обучения информатике на основе интеллект-карт / Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун, В.А. Турчин // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – № 81-4. – С. 127–130.
9. Козак Л.Г. Психолого-педагогические аспекты внедрения инновационных технологий в высшей школе / Л.Г. Козак, М. В. Голубкина // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференции, Краснодар, 14–15 ноября 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова, 2024. – С. 405–409.
10. Турчин В.А. Повышение мотивации изучения математики и информатики в рамках военно-научной работы обучающихся / В.А. Турчин, Г.И. Дейкун, Д.Г. Дейкун // Современные информационные технологии в управлении : Сборник публикаций по итогам III межвузовской научно-практической конференции, Москва, 22 мая 2024 года. – М. : Военный университет, 2024. – С. 110–117.

УДК 53.08

ИЗ ИСТОРИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ СИ

♦♦♦♦♦

FROM THE HISTORY OF THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS SI

Куликова Т.А.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
takulikova@list.ru

Куликов М.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
mvkulikov@list.ru

Куликова Н.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
nakulikova@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются предпосылки для появления и утверждения международной метрической системы СИ, этапы ее развития и принятия различными государствами. Авторы отмечают, что в настоящее время эта система мер (СИ) принята практически во всех странах мира, за исключением трех стран: США, Либерии и Мьянмы (Бирмы), хотя и там она используется в науке и промышленности, международной торговле. В статье анализируются, в том числе, исторические предпосылки стандартизации единиц физических величин, влияние на этот процесс развития науки и техники в разных странах. До появления метрической системы существовали и другие попытки систематизировать единицы физических величин. В заключение рассматривается формирование перечня основных, производных и внесистемных единиц СИ, которое проходило постепенно, с учетом развития науки, техники и производства.

Ключевые слова: метрическая система, Международное бюро мер и весов, Метрическая конвенция, Международный комитет мер и весов, обеспечение единства измерений, основная единица, производная единица, внесистемная единица.

Kulakova T.A.
PhD in Sciences in Chemistry,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
takulikova@list.ru

Kulakov M.V.
PhD in Sciences in Technology,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
mvkulikov@list.ru

Kulakova N.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
nakulikova@list.ru

Abstract. This article examines the preconditions for the emergence and adoption of the international metric system (SI), the stages of its development, and its adoption by various countries. The authors note that this system of measures (SI) is currently adopted by virtually all countries worldwide, with the exception of three: the United States, Liberia, and Myanmar (Burma), although it is still used in science, industry, and international trade. The article also analyzes the historical background to the standardization of units of physical quantities and the influence of scientific and technological developments in various countries on this process. Before the emergence of the metric system, there were other attempts to systematize units of physical quantities. The conclusion examines the development of the list of basic, derived, and non-SI units, which occurred gradually, taking into account the development of science, technology, and production.

Keywords: metric system, International Bureau of Weights and Measures, Metre Convention, International Committee of Weights and Measures, ensuring the uniformity of measurements, base unit, derived unit, non-systemic unit.

Вопрос о международной унификации и стандартизации единиц физических величин имеет принципиальное значение, так как в этих единицах выражаются характеристики физических явлений, свойств веществ и процессов и результаты всех выполняемых в науке, технике и практической жизни измерений.

Основные показатели, устанавливаемые техническими регламентами, международными и национальными стандартами для различных видов продукции, технические требования, заложенные в этих документах, методы испытаний и контроля имеют количественные характеристики, выраженные в соответствующих единицах физических величин.

Обеспечение единства измерений и единообразия применяемых единиц физических величин являются важными факторами, способствующими достижению целей стандартизации, унификации, взаимозаменяемости, повышению производительности и качества продукции.

Начальным мероприятием по стандартизации единиц физических величин еще в СССР следует считать издание декрета Советского правительства от 14 сентября 1918 г. о введении международной метрической системы мер в нашей стране.

15 сентября 1925 г. в Советском Союзе был создан первый центральный орган государственной стандартизации – Комитет по стандартизации при Совете Труда и Обороны. В течение 1927–1929 гг. Комитетом был утвержден ряд основных стандартов на единицы (ОСТ 169 «Абсолютная система механических единиц», ОСТ 515 «Международные электрические единицы», ОСТ 516 «Метрические меры»).

Развитие науки и техники в СССР в годы первой пятилетки потребовало более широкой стандартизации единиц физических величин в различных областях. В 1932–1934 гг. были введены в действие 11 стандартов на единицы физических величин в области механики, теплоты, акустики, оптики, электричества, рентгеновского излучения и радиоактивности. Недостаток этих стандартов, действовавших до 1955 г., заключался в том, что в некоторых из них была принята за основу система единиц МТС, в других – СГС, в-третьих (стандартах на единицы рентгеновского излучения и радиоактивности) преобладали внесистемные единицы.

В течение 1955–1958 гг. были пересмотрены стандарты на единицы физических величин в СССР и приняты новые государственные стандарты на единицы. За основу принимали систему МКС с основными единицами метр-килограмм-секунда и добавлением для различных отраслей дополнительной основной единицы: градуса – для тепловых величин, ампера – для электрических величин, свечи – для световых величин.

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам в целях международной унификации единиц физических величин приняла единую Международную систему единиц (СИ), основанную на шести единицах: метре, килограмме, секунде, ампере, градусе Кельвина, свече.

В 1961 г. Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР утвердил ГОСТ 9867-61 «Международная система единиц», которым устанавливалось предпочтительное применение этой системы во всех областях науки и техники и народном хозяйстве, а также при преподавании.

В целях устранения препятствий для научно-технического прогресса, создаваемых множественностью и несогласованностью применяемых единиц, Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР разработал план мероприятий по переходу к использованию на всей территории СССР правильно образованной и взаимосвязанной совокупности единиц, приведенной в соответствие с международными рекомендациями.

Одним из мероприятий явилась подготовка и опубликование в 1970 г. редакции проекта государственного стандарта «Единицы физических величин», где в основу совокупности единиц, устанавливаемой стандартом для обязательного применения, положены единицы Международной системы (СИ).

Метрическая система мер, имеющая мировое распространение, возникла во Франции в конце XVIII века в период Великой Французской революции. Создатели метрической системы рассматривали ее как систему мер «на все времена, для всех народов».

Метрическую систему мер создавали в то время, когда отдельные отрасли науки, такие как учение о теплоте, учение об электричестве и др., только начали развиваться. Поэтому метрическая система, исходя из потребностей практики, включала в себя лишь единицы длины, массы, площади, объема и вместимости.

Развитие науки и техники вызвало необходимость установления единиц для ряда других физических величин, в первую очередь электрических и магнитных.

В связи с этим в 1881 г. на I Международном конгрессе электриков была принята система единиц СГС, основанная на метрической системе. В системе СГС основными единицами являются сантиметр как единица длины, грамм как единица массы и секунда как единица времени. Производные единицы были установлены для измерения как механических, так и электрических и магнитных величин. Система СГС в дальнейшем

получила значительное развитие, связанное с ее широким применением в физике, где она и сегодня иногда используется, являясь более удобной для теоретических исследований.

В конце XIX века в технике сложилась система, основанная на метре, килограмм-силе и секунде. Благодаря удобству применения ее для технических расчетов, особенно в механике, сопротивлении материалов и других областях система единиц МКГСС получила широкое распространение.

В 1918 г. во Франции, а затем в 1927 г. в СССР и в некоторых других странах была принята система единиц МТС, основанная на трех единицах: метре, тонне, секунде.

В 1950 г. Международная электротехническая комиссия приняла систему единиц МКСА с основными единицами метр – килограмм – секунда – ампер.

Одновременно с установлением ряда систем единиц физических величин, в которых независимо выбираемыми являются только основные единицы, а единицы остальных величин выводятся из основных как производные, в ряде отраслей науки и техники появилось большое число внесистемных единиц, главным образом в силу удобства выражения в них тех или иных физических величин. Так, в области измерения длины для малых длин (длины световых волн в оптике, размеры и расстояния в атомной и ядерной физике) появились единицы ангстрем и икс-единица; для больших расстояний в астрономии – астрономическая единица длины, световой год, парсек. В тепловых измерениях широко применяют внесистемную единицу – калорию и единицы, на ней основанные. Для измерения ионизирующих излучений были установлены и широко используются в практике такие внесистемные единицы, как рентген, рад, кюри. Подобных внесистемных (иногда называемых специальными) единиц – значительное число в отдельных отраслях знания и в технике.

Таким образом, к середине XX века создалось положение, при котором физические величины выражают единицами ряда разных систем и большим числом внесистемных единиц.

Существенные неудобства на практике, а также при преподавании создавало наличие единиц разных систем и внесистемных для одной и той же величины (например: для силы существует свыше 10 разных единиц, для работы и энергии – свыше 30 и т.д.). Возникала потребность перевода единиц из одной системы в другую, введения переходных множителей, усложнялись расчеты и вычисления.

Непрерывно усиливающееся взаимодействие различных отраслей науки, техники, производства, расширение международных научных и экономических связей требовало единообразия в выражении результатов измерений физических величин, унификации единиц. Настоятельно возникла необходимость в установлении единой международной системы единиц, основанной на метрической системе мер, которая могла бы быть применена во всех отраслях науки, техники, производстве и в практическом обиходе, заменив различные системные и внесистемные единицы.

Вопрос о международной унификации единиц физических величин был подготовлен и решен межправительственной организацией, действующей на основе Метрической конвенции.

В 1875 г. семнадцать государств мира, в том числе и Россия, «для обеспечения международного единства и усовершенствования метрической системы» подписали Метрическую конвенцию, в соответствии с которой была создана международная организация мер и весов (не имеющая официально такого наименования) со своими органами: Генеральной конференцией по мерам и весам, Международным комитетом мер и весов, Международным бюро мер и весов.

В настоящее время к конвенции присоединились 64 государства в качестве полноправных членов и 36 государств и организаций на правах ассоциированных членов.

В 1948 г. на IX Генеральную конференцию по мерам и весам было представлено обращение Международного союза чистой и прикладной физики с просьбой принять для международных сношений практическую международную систему единиц. Генеральная конференция по мерам и весам поручила Международному комитету мер и весов провести необходимую работу, чтобы на основе опроса мнений научных, технических и педагогических кругов всех стран дать рекомендации, касающиеся установления единой практической системы единиц, которая могла бы быть принята всеми странами, подписавшими Метрическую конвенцию.

В 1954 г. X Генеральная конференция по мерам и весам решила принять в качестве основных единиц практической системы единиц для международных сношений следующие: длины – метр, массы – килограмм, времени – секунду, силы тока – ампер, температуры термодинамической – градус Кельвина, силы света – канделу (свечу).

В том же году Международный комитет мер и весов выделил из своего состава комиссию по системе единиц, в которую вошли семь членов Международного комитета и директор Международного бюро мер и весов. Комиссия существовала 10 лет (1954–1964 гг.) и выполнила следующую работу:

а) в 1956 г. разработала проект единой системы единиц, дав ей наименование «Международная система единиц»;

б) в 1958 г. решила ряд вопросов, относящихся к Международной системе единиц (сокращенное обозначение наименования системы двумя буквами SI, образование кратных и дольных единиц и др.);

в) в 1960 г. представила доклад на XI Генеральную конференцию по мерам и весам с проектом единой международной системы единиц, одобренный Международным комитетом мер и весов;

г) в 1964 г. представила на XII Генеральную конференцию ряд предложений по единицам: о приравнивании 1 литра 1 дм^3 (точно), о единице интервала температуры и др., принятых конференцией.

В октябре 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам утвердила представленный ей проект единой системы единиц с наименованием «Международная система единиц», сокращенным обозначением «SI» (от начальных букв Systeme International).

В 1964 г. Международный комитет мер и весов создал Консультативный комитет по единицам, заменивший комиссию по системе единиц.

Консультативный комитет по единицам на своих заседаниях в 1967, 1969, 1971 и 1974 гг. рассмотрел ряд вопросов, относящихся к Международной системе единиц, и подготовил предложения к решениям XII–XV Генеральных конференций по мерам и весам в области единиц физических величин.

На XIII Генеральной конференции по мерам и весам (1967–1968 гг.) были приняты наименования и обозначения единицы термодинамической температуры: кельвин, К (вместо «градус Кельвина», °К); это же наименование и обозначение следует применять для температурного интервала (вместо прежнего – градус, град); температурный интервал может быть выражен и в градусах Цельсия (°С). Было также принято уточненное определение кельвина.

Был дополнен перечень производных единиц СИ: для волнового числа, энтропии, удельной теплоемкости, энергетической силы света и активности радиоактивного источника. Кроме того, отменено наименование единицы «микрон» и символ μ, так как в связи с принятием СИ единица получила наименование «микрометр» и обозначение мкм (μm) (символ и стал приставкой).

Следует иметь в виду, что в связи с распространением в молекулярной физике, химии, химической технологии, термодинамике единицы количества вещества – моля и производных от него мольных единиц Международный комитет мер и весов вынес на Генеральную конференцию по мерам и весам 1971 г. предложение о включении моля в качестве седьмой основной единицы СИ, принятое конференцией.

XIV Генеральная конференция по мерам и весам (1971 г.) приняла собственные наименования для единицы давления и напряжения – паскаль (вместо ньютон на квадратный метр) и для единицы электропроводности – сименс (вместо ом в минус первой степени). Принято также важное решение о введении в СИ седьмой основной единицы – моль (единицы количества вещества) и ее определение: «моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг; при применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц».

XV Генеральная конференция по мерам и весам (1975 г.) приняла решение присвоить два собственных наименования производным единицам в области ионизирующих излучений: беккерель – единице активности нуклида вместо секунды в минус пер-

вой степени и грей – единице дозы излучения вместо джоуля на килограмм. Было также принято решение ввести две новые приставки СИ: пета (множитель 10^{15}) и экса (множитель 10^{18}).

В настоящее время система мер СИ принята практически во всех странах мира, за исключением трех стран: США, Либерии и Мьянмы (Бирмы), где используются традиционные меры (дюймы, фунты, мили и т.д.). Последней страной из уже завершивших переход к метрической системе стала Ирландия (2005 год). В Великобритании и Сент-Люсии процесс перехода к СИ до сих пор не закончен. В Антигуа и Гайане этот переход далек от завершения. Китай, завершивший переход, тем не менее использует для метрических единиц древнекитайские названия. В США для использования в науке и изготовления научных приборов принята система СИ, для всех остальных областей – американский вариант британской системы единиц.

Список литературы:

1. Ключевые аспекты развития системы обеспечения единства измерений в России / Т.А. Куликова [и др.] // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2023. – С. 218–222.
2. Куликова Т.А. Актуальные вопросы военной метрологии / Т.А. Куликова, М.В. Куликов, С.Е. Чабров // XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2022. – С. 99–102.
3. Куликова Т.А. Проблемы точности измерений физических параметров авиационными приборами / Т.А. Куликова, М.В. Куликов, С.Е. Чабров // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 268–272.
4. Поверка средств измерений ВВТ. Новый порядок поверки / Т.А. Куликова[и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VI Международной научно-практической конференции. Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. А.К. Серова, 2016. – С. 73–76.
5. Куликова Т.А. Реформа системы СИ – уже реальность / Т.А. Куликова, М.В. Куликов, Р.Э. Соколкин // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 157–161.
6. Куликова Т.А. К вопросу о методах испытаний программного обеспечения средств измерений / Т.А. Куликова, С.Е. Чабров // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2021. – С. 154–155.
7. Косимов Д.У. Реформа организации воздушного движения в России. Новые единицы измерения / Д.У. Косимов, Т.А. Куликова, М.В. Куликов // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 344–346.
8. Куликова Т.А. Подвижные лаборатории измерительной техники. Назначение, состав и современное состояние / Т.А. Куликова, М.В. Куликов, Н.М. Куликова // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2023. – С. 140–145.
9. Сытников И.А. Уникальность бортового оборудования и материалов истребителя СУ-57 / И.А. Сытников, Т.А. Куликова, М.В. Куликов // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 340–343.
10. Куликова Т.А. Стандартизация в Российской Федерации. Законы и порядок / Т.А. Куликова, М.В. Куликов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 128. – С. 186–195.

УДК 656.71

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЛЕТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ ВОЕННОГО КОНФЛИКТА НА ЮГО-ЗАПАДНЫХ РУБЕЖАХ РОССИИ

♦♦♦♦♦

PRINCIPLES OF ASSESSING THE LEVEL OF FLIGHT SAFETY IN THE CONDITIONS OF A MILITARY CONFLICT ON THE SOUTHWESTERN BORDERS OF RUSSIA

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кипреев С.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
komissar.1917@mil.ru

Аннотация. В статье дается характеристика принципов оценки уровня безопасности летного состава в условиях специальной военной операции и новых веяний научно-технического прогресса. Авторы дают обновленное представление науки о безопасности ключевых положений концепции профессиональной безопасности. Представлена практика совершенствования безопасности жизнедеятельности летчиков в современных условиях воинской среды.

Ключевые слова: теория профессиональной безопасности, лётный состав, безопасность жизнедеятельности, специальная военная операция, фундаментальные науки, безопасность полетов.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kipreev S.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
komissar.1917@mil.ru

Abstract. The article describes the principles of assessing the safety level of flight personnel in a special military operation and new trends in scientific and technological progress. The authors provide an updated understanding of the safety science of the key provisions of the occupational safety concept. The practice of improving the safety of pilots in modern conditions of military service is presented.

Keywords: professional safety theory, flight personnel, life safety, special military operation, fundamental sciences, flight safety.

Обеспечение безопасности полётов представляет собой комплекс правил и мер, направленных на повышение уровня безопасности полётов. Управление безопасностью полётов на всех уровнях основывается на полной и достоверной информации о функционировании авиационной системы и всестороннем анализе процессов, происходящих внутри неё [9].

Оценка уровня лётной безопасности включает принципы, связанные с нормативной базой, методами, показателями и контролем. Цель – определить, насколько риск причинения вреда лицам или нанесения ущерба имуществу снижен до приемлемого уровня, и поддерживать этот уровень посредством непрерывного процесса выявления источников опасности и контроля факторов риска [6].

Проблема определения принципов летной безопасности актуальна для научного поиска и фундаментальных и прикладных исследований. Так, основные организационные принципы врачебно-летной экспертизы гражданской авиации на современном этапе изучались А.Ю. Кузьминой [8]. А.С. Агеев охарактеризовал методологические принципы оценки соответствия функциональных систем воздушных судов требованиям норм летной годности [1]. Научные принципы контроля утомления летного состава детализированы К.Е. Сметаниной [12]. Э. Филипс описана совместная работа экспертов всего мира над повышением летной безопасности [14]. В.В. Горбунов рассмотрел эргономическую достоверность летчика-испытателя [4] и особое внимание уделил человеческому фактору «серийной» летной безопасности. Наконец, Н.П. Бездетновым и В.В. Алексеевым издан учебник «Философия летной безопасности» [3]. Проведенный обзор свидетельствует о перспективности изучения проблемы практического воплощения ключевых принципов обеспечения летной безопасности в современных условиях.

Принципы оценки уровня лётной безопасности в военных условиях могут включать:

1. Анализ статистических данных о происшествиях. Сбор и анализ данных о предыдущих инцидентах и авариях с участием военной авиации помогают выявить тенденции и определить наиболее уязвимые аспекты.

2. Моделирование сценариев боевых действий. Создание математических моделей и симуляций для прогнозирования возможных ситуаций в боевых условиях и оценки рисков для лётного состава.

3. Оценка технических характеристик и надёжности авиационной техники. Проверка соответствия военной авиационной техники требованиям по надёжности и безопасности, включая анализ материалов, конструкций и систем управления.

4. Исследование физиологических и психологических аспектов лётной деятельности. Оценка влияния физических и психологических нагрузок на способность лётчиков выполнять задачи, разработка систем поддержки принятия решений и методов психологической подготовки.

5. Анализ систем управления и навигации. Проверка эффективности систем управления и навигации в условиях ограниченной видимости, помех и других факторов, влияющих на ориентирование и навигацию.

6. Оценка систем защиты от поражающих факторов. Проверка работоспособности и эффективности систем защиты, включая системы оповещения о приближении угроз и другие меры.

7. Эргономический анализ кабин военных самолётов. Оценка соответствия кабин физиологическим и психологическим особенностям лётчиков, разработка оптимальных дизайнов кабин.

Руководящими документами, которые определяют принципы оценки уровня лётной безопасности:

Стандарты Международной организации гражданской авиации (ИКАО). Например, концепция приемлемого уровня безопасности полётов, которая предусматривает наличие нескольких показателей (индикаторов) и требований к безопасности полётов, необходимых для достижения соответствующего уровня [13].

Национальные стандарты. Например, ГОСТ Р 57240-2016 «Воздушный транспорт. Менеджмент безопасности авиационной деятельности в гражданской авиации. Основные положения» [5].

Для оценки уровня лётной безопасности используют:

Качественные критерии. Выявляют потенциально опасные группы неблагоприятных факторов, причины их возникновения и возможные последствия. В результате качественной оценки не определяется количественный уровень безопасности, а лишь высказывается суждение о степени потенциальной опасности последствий различных неблагоприятных факторов.

Количественные критерии. Основаны на методах математической статистики и теории вероятностей. Могут быть общими и частными, абсолютными и относительными [10].

Для количественной оценки уровня лётной безопасности используют такие показатели как:

Абсолютные статистические показатели. Например, число авиационных происшествий (инцидентов), число погибших в авиационных происшествиях за определённый промежуток времени.

Относительные показатели. Число событий с воздушными судами даётся на определённый объём наработки или выполненных работ (налёт, число перевезённых пассажиров и т.д.).

Вероятностные показатели. Вычисляются методами теории вероятностей, поэтому их используют не только для анализа состояния безопасности полётов, но и для прогнозирования и оптимизации уровня безопасности.

Для оценки уровня лётной безопасности также используют системы сбора, анализа и обмена информацией по безопасности авиационной деятельности. Например, государства – члены ИКАО разрабатывают и внедряют на государственном или межгосударственном уровнях системы, которые позволяют выявлять источники опасности, оценивать риски и принимать безотлагательные меры для их снижения до приемлемого уровня [11].

Примером частного случая является оценка безопасности при возникновении аварийного фактора с учётом действий пилота. Вероятность благополучного исхода полёта $P_i(t)$ при появлении i-го аварийного фактора с учётом возможности парирования пилотом этого фактора может быть определена из соотношения

$$P_i(t) = 1 - q_i(t)p_{\text{пар}\,i}(t)\,,$$

где $qi(t)$ – вероятность появления i-го аварийного фактора; $p_{\text{пар}}\ i(t)$ – условная вероятность парирования пилотом i-го аварийного фактора [7].

При этом суммарная вероятность благополучного исхода полёта для группы аварийных факторов может быть представлена выражением:

$$P(\overset{n}{t}) = \Pi\left[1 - q_i(t)\,p_{\text{пар}\,i}(t)\right].$$
$$i=1$$

Фундаментальными принципами оценки уровня лётной безопасности военных лётчиков являются:

1. Объективность. Необходимо объективно оценивать положение дел с безопасностью полётов. Здесь нельзя полагаться на «авось» или «закрывать глаза» на перспективные или уже имеющиеся проблемы в эксплуатации авиационной техники, в условиях боевых действий такой подход может привести к срыву выполнения боевой задачи или даже гибели летчика.

2. Конкретность, целенаправленность и обязательность выполнения принимаемых мер. Необходимо планомерно оценивать личностные риски и особенности эксплуатируемой техники, которые могут привести к поломкам или потере управления (усложнению) авиационной техники.

3. Полный охват личного состава и объектов. Мероприятия по предупреждению (пресечению) недостатков в сфере безопасности полетов следует проводить со всем личным составом, независимо от его текущего местонахождения, при невозможности усвоения и изучения требований безопасности или участия в практическом занятии, с отсутствующими должно проводиться индивидуальное занятие (тренировка).

4. Оперативность проведения профилактических мероприятий и их повторение. Следует руководствоваться принципом своевременности при обучении личного состава правилам безопасной эксплуатации техники. Инструктажи и практические занятия должны проводиться накануне, чтобы у авиационного персонала практические навыки были «свежими».

5. Полная законченность процесса. Здесь важна оценка эффективности проведённой работы. Целесообразно проводить мониторинг выполнения требований безопасности и своевременно докладывать даже о мелких недостатках в эксплуатации техники, которые при их игнорировании могут привести к серьезным поломкам.

6. Разработка специальных мер безопасности. Их создают с учётом уровня подготовки лётного состава, сложности задач на полёты, прогноза погоды, а также на основании проведённых расчётов, моделирования ситуаций, имеющихся рекомендаций и опыта работы.

7. Индивидуальный подход к планированию программы лётной подготовки с учётом психологических характеристик курсантов. Профессионализм лётчика связан с умением качественно распределять внимание для поддержания высокого уровня ситуационной осведомлённости [2]. Также важно своевременно определять возникновение особой ситуации в полёте и не позволять ей перерасти в аварийную, а в оптимальном варианте – вернуть систему в штатные параметры полёта [9].

Таким образом, рассмотрев основные принципы оценки уровня летной безопасности мы приходим к выводу, что совершенствование форм действий авиации и их содержания идёт путём повышения эффективности способов взаимодействия с формированиями войск (сил) других видов и родов вооруженных сил. Разработка способов действий авиации должна идти путём полной интеграции усилий военно-научного сообщества, органов военного управления и лётного состава частей и соединений.

Список литературы:

1. Агеев А.С. Методологические принципы оценки соответствия функциональных систем воздушных судов требованиям норм летной годности // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2014. – № 206. – С. 80–83. – EDN SJZZIJ.
2. Бажов Л.Б. Оценка состояния безопасности полетов в гражданской авиации // Современный педагог. – 2022. – С. 1–4.
3. Бездетнов Н.П. Философия летной безопасности / Н.П. Бездетнов, В.В. Алексеев. – М. : ОАО «Орехово-Зуевская типография», 2014. – 336 с.
4. Горбунов В.В. Эргономическая достоверность летчика-испытателя – человеческий фактор «серийной» летной безопасности // Проблемы безопасности полетов. – М. : ВИНИТИ, 2014. – Вып. 4. – С. 15–27.
5. ГОСТР 57240-2016. Воздушный транспорт. Менеджмент безопасности авиационной деятельности в гражданской авиации. – М. : Стандартинформ, 2016.
6. Золотых В.И. Оценка состояния безопасности полетов в авиационном формировании // Военная мысль. – 2022. – № 2. – С. 59–66. EDN YPUPJT
7. Зубков Б.В. Безопасность полётов : учебник / Б.В. Зубков, С.Е. Прозоров; Под ред. Б.В. Зубкова. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2012. – 451 с.
8. Кузьмина А.Ю. Основные организационные принципы врачебно-летной экспертизы гражданской авиации на современном этапе // Медицина и организация здравоохранения. – 2019. – Т. 4. – № 4. – С. 25–34. EDN NSZFSX
9. Мешанков Д.В. Создание современной системы обеспечения безопасности полетов на воздушном транспорте / Д.В. Мешанков, А.И. Тихонов // Московский экономический журнал. – 2022. – Т. 7. – № 1. DOI 10.55186/2413046X_2022_7_2_66 EDN ADCFCJ
10. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 30.09.2002 № 390 (ред. от 03.09.2018) «Об утверждении Руководства по предотвращению авиационных происшествий с государственными воздушными судами в Российской Федерации». – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41207 (дата обращения 23.09.2025).
11. Руководство по управлению безопасностью полетов. ИКАО. – Издание четвертое. – 2018. – 218 с. ISBN 978-92-9258-671-3
12. Сметанина К.Е. Научные принципы контроля утомления летного состава // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education: Collection of scientific articles LXXXV International correspondence scientific and practical conference, Boston, USA, 30–31 мая 2022 года. – Boston : PROBLEMS OF SCIENCE, 2022. – С. 26–28. EDN XBDHJQ
13. Федеральная система обеспечения авиационной безопасности. (Национальная программа авиационной безопасности) // Официальный сайт Министерства транспорта Российской Федерации. – URL : https://mintrans.gov.ru/documents/7/9958 (дата обращения 28.11.2025).
14. Филипс Э. Совместная работа экспертов всего мира над повышением летной безопасности. Авиатранспортное обозрение. – 2001. – № 36. – С. 43–46.

УДК 662.769.21

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРОДА В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ

♦♦♦♦♦

PROSPECTS FOR USING HYDROGEN IN MILITARY TECHNOLOGY

Пивень В.А.
кандидат физико-математических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шипалов В.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Строгий П.А.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гайнов Г.Ю.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Представлен краткий анализ применения водорода в различных видах военной техники: автотранспорта, танкостроении, авиации, беспилотных летательных аппаратов, неядерной водородной бомбы. Рассмотрены перспективы и проблемы использования водорода.

Ключевые слова: водород, топливный элемент, автомобиль, танк, авиация, беспилотный летательный аппарат, неядерная водородная бомба.

Piven V.A.
PhD in Physical
and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shipalov V.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Strogy P.A.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Gainov G.Y.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. A brief analysis of the use of hydrogen in various types of military equipment is presented: vehicles, tank construction, aviation, unmanned aerial vehicles, and a non-nuclear hydrogen bomb. The prospects and problems of using hydrogen are considered.

Keywords: hydrogen, fuel cell, car, tank, aircraft, unmanned aerial vehicle, non-nuclear hydrogen bomb.

Основные свойства и изотопы водорода

Водород – самый лёгкий и распространённый элемент в пределах изученной нами Вселенной – масса водорода составляет ~75 % всей барионной (состоящей из барионов (*нейтронов*, *протонов*) и электронов) массы материи и ~92 % всего вещества. Природными изотопами водорода являются протий, дейтерий и тритий.

Протий – самый распространённый и лёгкий изотоп водорода, ядро состоит из одного протона плюс на орбитали 1 электрон. Является кандидатом на роль главного элемента «водородной» энергетики.

Дейтерий – тяжёлый водород, ядро состоит из одного протона и одного нейтрона плюс на орбитали 1 электрон. Используется в атомной энергетике в качестве замедлителя нейтронов в тяжеловодных ядерных реакторах, работающих на природном необогащённом уране.

Тритий – радиоактивный изотоп водорода с периодом полураспада немногим более 12 лет, ядро состоит из одного протона и двух нейтронов плюс на орбитали 1 электрон. Используется в военной и научно-исследовательской сфере, является сырьём для запуска термоядерного реактора.

Природный водород состоит из 99,985 % протия и 0,015 % дейтерия. На Земле в чистом виде водорода практически нет, он встречается в связанном с другими атомами состояниях.

Водород – газ, состоящий из двухатомных молекул с молярной массой – 2 г/моль, без цвета, без запаха, малорастворим в воде, самый легкий из газов. Благо-

даря ничтожному размеру, молекулы водорода могут диффундировать через резину, стекло и в атомарном виде даже через металлы. Температура пламени смеси «водород-воздух» – 2300 К, в то время как смеси «бензин-воздух» – 1600–1700 К, «метан-воздух» – 1970 К, «пропан-бутан-воздух» – 2200 К. В смеси с одним объемом кислорода два объема водорода образует взрывчатую смесь – гремучий газ. Некоторые металлы, например, платина и палладий, способны поглощать значительные количества газообразного водорода. При взаимодействии с щелочными и щелочноземельными металлами он образует гидриды металлов. Существующие в настоящее время направления использования водорода представлены на рисунке 1. Как видно из рисунка 1, отдельное применение водорода в военной технике в настоящее время фактически не рассматривается.

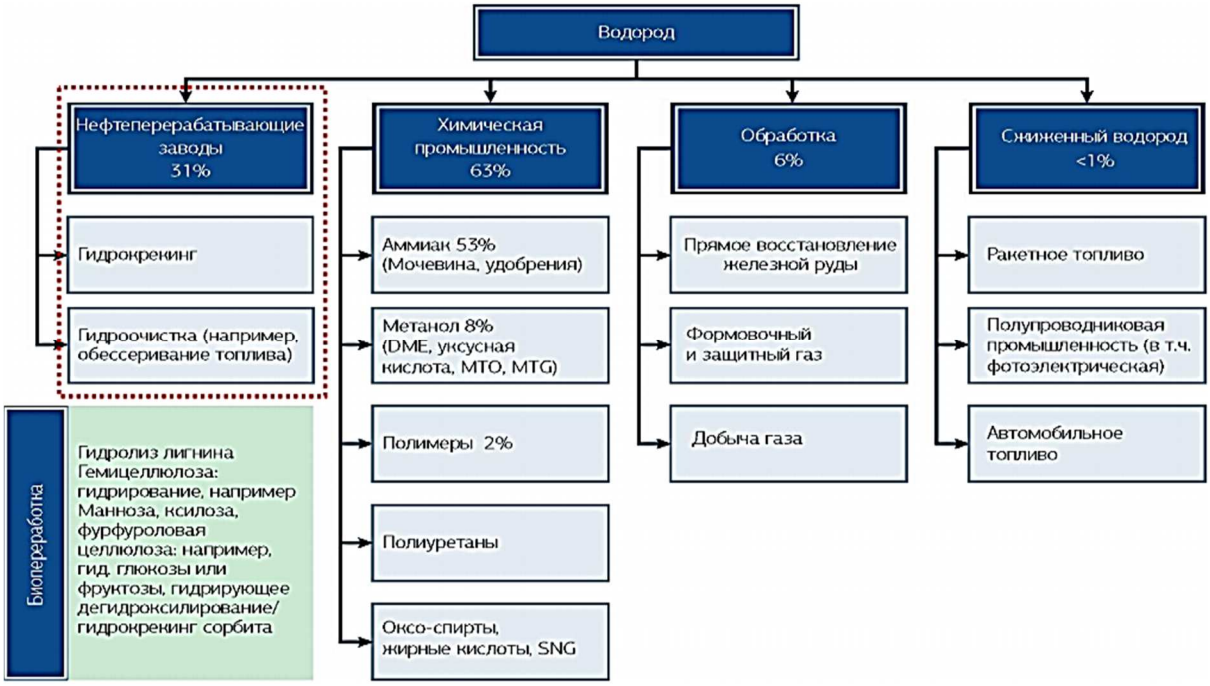


Рисунок 1 – Существующие направления использования водорода

Применение водорода в наземной военной технике и топливных элементах

Армии всего мира потребляют чрезвычайно много ископаемого горючего. Даже в мирное время на военную технику приходится до 5,5 процента выбросов углекислого газа в атмосферу. На гражданскую авиацию приходится всего 2 процента CO_2. В подавляющем большинстве армий экологические нормы двигателей технических устройств, использующих органическое топливо, не соблюдаются. Основных причин подобного, на наш взгляд, две. Первая – качество солярки и бензина нередко оставляет желать лучшего, а современные системы снижения токсичности очень чувствительны к чистоте топлива. Вторая причина – это громоздкие и сложные системы улавливания сажи и каталитической нейтрализации, которые боевой эффективности не прибавляют, а скорее – уменьшают ее.

Переход военной техники на водородную тягу, как считают многие специалисты мира, поможет значительно снизить количество выбросов в окружающую среду. Использование водорода в качестве топлива – это уже давно не инновация. Строго говоря, двигатели внутреннего сгорания, работающие на водороде, появились задолго до изобретения четырехтактного бензинового мотора. Так называемый «двигатель де Риваза» был запатентован в 1807 году и считается первым образцом ДВС в истории. Работал этот механизм на смеси водорода и кислорода, который достать в те времена было гораздо проще, чем бензин. Поэтому водородные двигатели – это настоящее возвращение к истокам, хотя и на совершенно ином техническом уровне.

Водород в качестве топлива на современных транспортных средствах можно использовать в двух вариантах. Самым примитивным является адаптация привычного

двигателя с шатунно-поршневой группой для работы на смеси водорода и кислорода. Смысл подобного заключается в снижении выбросов парниковых газов в атмосферу – из выхлопной трубы наружу выходит водяной пар.

Основные надежды в водородной энергетике связывают с *топливными элементами*, в которых проходит синтез парообразной воды из кислорода и водорода. В самом простом виде, в основе подобной конструкции лежит пара электродов (водородный и кислородный), разделенных между собой мембраной (рисунок 2).

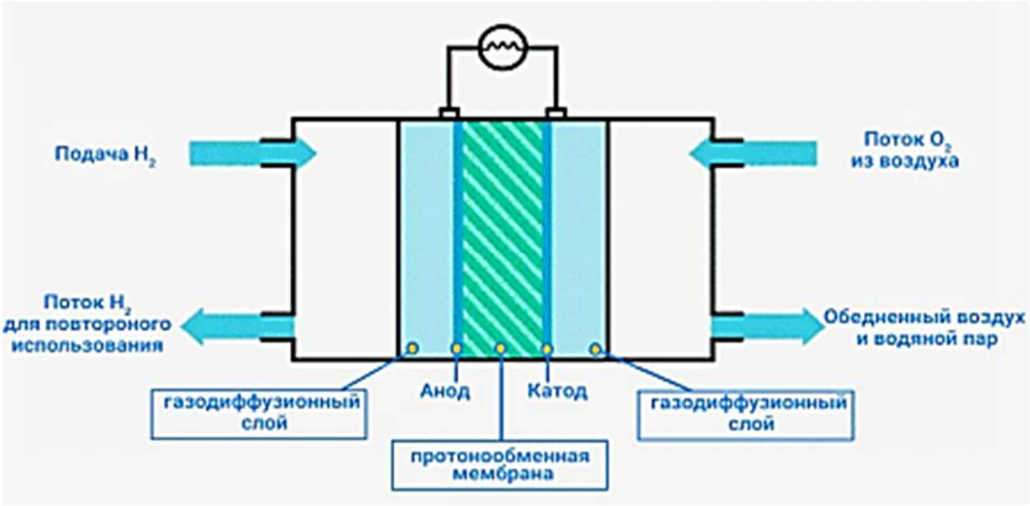


Рисунок 2 – Схема топливного элемента

На один электрод подается водород из топливного бака, а на второй – кислород из забортного воздуха. В ходе реакции образования молекулы воды высвобождаются электроны, которые притягиваются к положительно заряженному электроду (аноду) и превращаются в электрический ток. В этой схеме всё хорошо: нет движущихся частей, отсутствует эмиссия тепла, высокая надежность и высокий КПД, а силовая установка, при всех прочих равных условиях, гораздо компактнее бензиновой и дизельной. Однако водород до сих пор является дорогим видом топлива (1 кг водорода стоит порядка 10 долларов), что делает его очень экзотическим видом топлива. Дополнительными проблемами использования водорода как топлива является проблема его транспортировки до потребителей и хранение.

Военные испытывают растущую потребность в надежных, портативных и устойчивых источниках энергии. Водородные топливные элементы являются привлекательным решением для военного применения, поскольку они обеспечивают высокую плотность энергии, низкий уровень шума и минимальные тепловые характеристики. Кроме того, они могут работать в отдаленных местах без необходимости постоянной подачи топлива.

На рисунке 3 представлены для сравнения КПД и мощности топливных элементов и других двигателей и машин, используемых в технике [6]. Видно, что в настоящее время топливные элементы, в том числе водородные топливные элементы, являются наиболее перспективными по соотношению КПД – мощность.

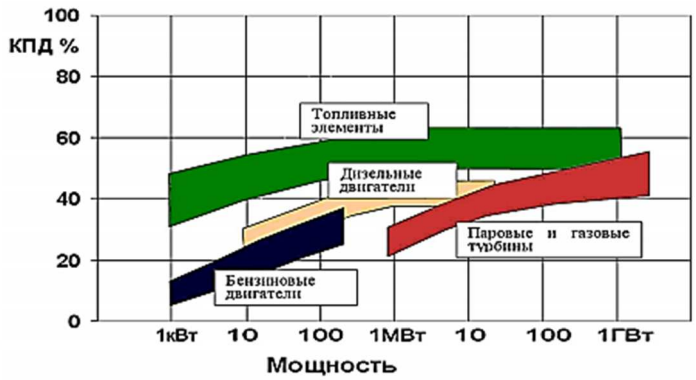


Рисунок 3 – Соотношение КПД и мощности двигателей

Водородные топливные элементы могут быть использованы для различных военных целей, включая:

1) Беспилотные летательные аппараты (БПЛА)

Беспилотные летательные аппараты широко используются в современной войне, и с годами их возможности возросли. Однако их долговечность и дальность действия по-прежнему ограничены аккумуляторной технологией, используемой для их питания. Водородные топливные элементы могли бы увеличить дальность полета и долговечность беспилотных летательных аппаратов, позволив им летать более длительное время и перевозить более тяжелые полезные грузы.

2) Наземные транспортные средства

Водородные топливные элементы являются потенциальной альтернативой традиционным бензиновым или дизельным генераторам, используемым для питания военных машин. Топливные элементы обладают потенциалом для снижения расхода топлива, выбросов и увеличения дальности полета военной техники. В настоящее время в разных странах проводятся испытания автомобилей, работающих на водороде, чтобы оценить их характеристики и потенциальные преимущества.

3) Портативное питание для оборудования

Солдатам требуются портативные источники питания для зарядки своих электронных устройств, средств связи и другого оборудования во время работы в полевых условиях. Водородные топливные элементы предлагают легкое и компактное решение для портативных источников питания, которые могут работать в течение длительного времени без необходимости дозаправки.

Именно в военной технике водородные топливные элементы обнаружили весомые бонусы. Во-первых, это заметное снижение шумности боевой техники. Нельзя сказать, что этот демаскирующий признак является ключевым на поле боя, но избавиться от него никогда не помешает. Во-вторых, топливные элементы практически не выделяют тепла, а значит, незаметны для тепловизоров. Конечно, полностью избавить танки или БТР от теплового излучения невозможно – всегда будут демаскировать нагретые в движении шины и гусеницы. Топливный элемент вместе с водородным баллоном занимает сравнительно немного места внутри боевой машины, высвобождая объем для экипажа, десанта и вооружения. В трансмиссии машины минимум движущихся частей. Ток от топливных элементов поступает на электромоторы ведущих колес. В схеме еще могут присутствовать литий-ионные аккумуляторы, призванные накапливать электроэнергию и отдавать ее в случае пиковых нагрузок.

В настоящее время в Южной Корее компании Kia, Hyundai и Doosan ведут совместную разработку целой серии водородных двигателей для бронетехники. В классе легких транспортеров выступает четырехосный NGWAV (Next-generation Wheeled Armoured Vehicle или БТР нового поколения), а в тяжелой категории – танк NGMBT (Next-generation Main Battle Tank или основной боевой танк нового поколения) [3]. Минусом в этих машинах является расположение баков с водородом вдоль боков машины. Боевая машина и без этого хорошо упакована взрывчатыми веществами, чтобы подвергаться риску от взрыва гремучего газа – смеси водорода и кислорода (фото 1).



Фото 1 – Макет южно-корейского бронетранспортера

Вариантом выхода могут быть металлогидридные аккумуляторы водорода. В них нет свободного и взрывоопасного водорода, а также отсутствует огромное внутреннее давление. Только плотность вырабатываемой в них энергии ниже, чем у бензина и солярки. То есть такие устройства, при всех прочих равных условиях, займут больше места, чем штатные топливные баки. Неизбежный для водородной силовой установки литий-ионный аккумулятор также ничего хорошего экипажу боевой машины не добавит. Любое повреждение, даже не боевое, вызовет пожар, который водой не потушить. Для этого не подходят ни углекислотные, ни порошковые огнетушители, ни даже обычный песок. Только специальные устройства, распыляющие графит, нитрид бора или карборунд.

После этого такие неудобства, как невозможность обогревать экипаж и десант от системы охлаждения водородной установки, кажутся незначительными. В холодное время года на отопление придется забирать немалую часть генерируемой на борту электроэнергии, заметно снижая эффективность топливных элементов.

Таким образом, можно заключить, что водородные баки в танке – это модный бизнес-проект, который получит свое воплощение только в случае создания очень эффективной защиты.

Применение водородной тяги в авиации и ракетостроении

Первый авиационный двигатель на водороде был успешно создан и испытан в Советском Союзе в 1988 г. Первоначально в качестве топлива использовался сжиженный водород (температура до −253 °С). В свой первый полёт самолет, который использовал криогенное топливо, отправился 15 апреля 1988 года. Для испытаний использовали самолет Ту-155, который стал летающей лабораторией, на котором испытывали двигатели, которые использовали криогенное топливо. Ту-155 был создан на базе самолета Ту-154. Для того, чтобы обслуживать самолет, был разработан и создан специальный авиационный криогенный комплекс. Самолет не отличался внешне от Ту-154, кроме как выступами дренажной системы на хвостовом оперении.

В Ту-155 (рисунок 4) использовался один двигатель НК-88, работающий на водороде (правый, красный цвет) и два обычных ТРДД НК-8-2 (желтый цвет) [1, 2].

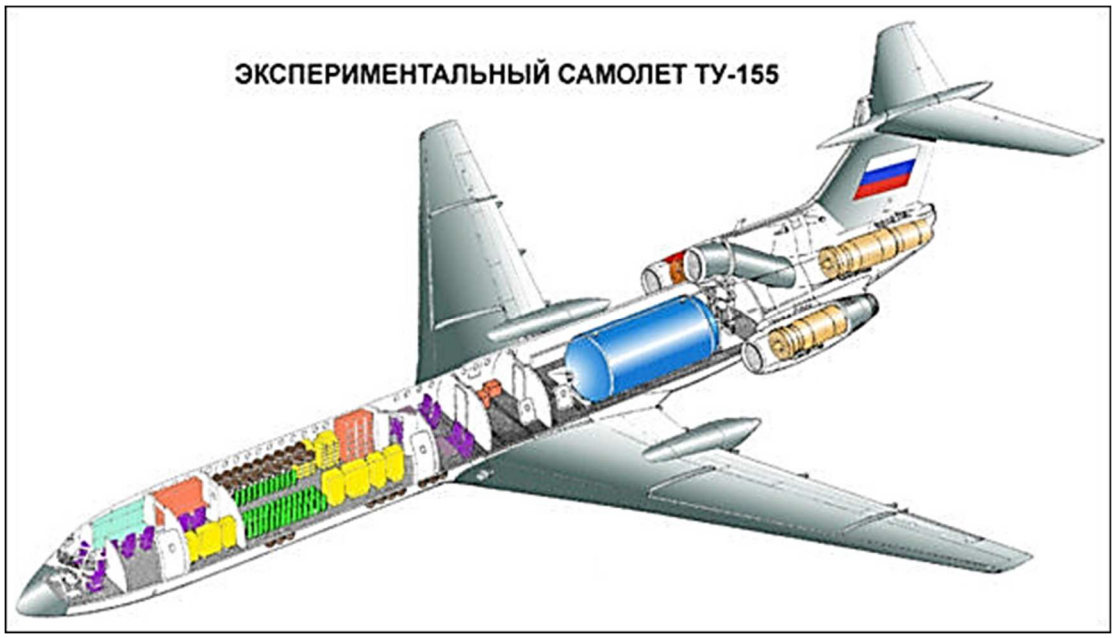


Рисунок 4 – Макет экспериментального самолета Ту-155

Топливный бак с экранированной теплоизоляцией, вмещающий 17,5 м³ сжиженного газа, вместе с системой подачи топлива и системой поддержания давления, был размещён в хвостовой части фюзеляжа (синий цвет), в постоянно продуваемом воздухом отсеке. Кроме того, в самолете оборудовали и другие системы, связанные с подачей топлива и поддержанием необходимого давления. Для того чтобы бак, трубопрово-

ды и вся топливная система имела необходимые температуры, они были помещены в экранно-вакуумную изоляцию. Необходимо отметить, что вся эта система занимала много места в фюзеляже самолета, а само использование такого вида топлива в гражданской авиации, безусловно, несло большие риски и опасность непредвиденных неисправностей и последствий от них. Все эти технические сложности, дороговизна использования (в том числе, пришлось бы переоборудовать аэропорты и аэродромы соответствующей инфраструктурой) и, конечно же, огромная опасность использования криогенного топлива в качестве основного для авиационных двигателей гражданской авиации, распад СССР – привели к тому, что проект был закрыт.

Но то что стало приговором для гражданской сферы, по сути никак не отразилось на возможном военном аспекте «водородного» проекта. Для истребительной авиации соотношение затрат и экономического КПД, исчисляемого в денежных единицах, играет только второстепенную роль. Поэтому в 1992 г., уже через 4 года после полета Ту-155, на полигоне был испытан ГПВРД – гиперзвуковой водородный двигатель, который стал принципиально новым словом для массового выхода истребительной (и не только) авиации из гравитационного «колодца» нашей планеты.

Предварительные стендовые испытания прототипа – Гиперзвуковой летающей лаборатории – были проведены в ЦИАМ. Работами в те годы руководили В.А. Сосунов, Р.И. Курзинер и Д.А. Огородников. До скоростей от 3 до 5 Махов двигатель работал как обычный прямоточный. При превышении этой пороговой величины автоматика меняла места подачи топлива в камеру сгорания, и агрегат превращался в гиперзвуковой. Всего в те годы было выполнено 7 полетов при достижении весьма обнадеживающего результата - устойчивой скорости перемещения объекта в 5,6 Маха.

В этой связи в 2005 году на МАКС на одном из российских стендов был представлен макет гиперзвукового летательного аппарата «Игла» (фото 2) [4].



Фото 2 – Макет гиперзвукового летательного аппарата «Игла»

Согласно заявленным характеристикам, такой аппарат с экипажем на борту или в режиме беспилотника достигает за 50 секунд скорости в 14 Махов, хотя специалисты пока считают более реалистичной цифру в 5–7 М. Такой аппарат вполне способен стать тем самым низкоорбитальным истребителем, способным функционировать в режиме «атмосфера-ближний космос». Таким образом, получается, что именно водородное топливо, на котором работает российский прототип двигателя, позволяет развивать запредельные скорости и вплотную подойти к созданию нового класса машин шестого поколения. В нашу эру беспилотников боевое применение машин, работающих в ближнем космосе, может заключаться в ведении «стаи» дронов, подчиняющихся роевому

искусственному интеллекту. Один из таких дронов фирмы «Hogreen Air» представлен на фото 3.



Фото 3 – Водородный дрон фирмы «Hogreen Air»

Неядерная водородная бомба

Китайские исследователи провели контролируемые полевые испытания неядерной бомбы на основе водорода. Взрывное устройство весом 2 кг при детонации создало огненный шар температурой более тысячи градусов по Цельсию – такой нагрев приводит к плавлению латуни и алюминиевых сплавов. Бомба разработана Научно-исследовательским институтом 705 Китайской государственной судостроительной корпорации(CSSC) – одним из крупнейших военных подрядчиков Китая, производителем подводных оружейных систем [5].

Новое взрывное устройство использует твердотельный накопитель на основе гидрида магния. В этом материале содержится больше водорода, чем в баллоне под давлением, а именно благодаря водороду обеспечивается мощность взрыва: при активации бомбы гидрид магния разлагается под действием тепла и высвобождает газ, который вспыхивает и может гореть продолжительное время. В ходе испытаний водород горел дольше 2 секунд, при том что эквивалентный заряд тротила дает вспышку продолжительностью 0,12 секунды.

Использование гидрида магния позволяет контролировать мощность взрыва. В серии экспериментов оценивалось и направленное действие оружия. Его сила взрыва составила всего 40 % от сопоставимого взрыва тротила, но выделяемое тепло намного превосходит эффект тротилового взрыва и действует как цепная тепловая реакция, которая может продолжаться до исчерпания топлива. Жар может покрывать большую территорию, уничтожая рассеянные силы противника, военную технику и беспилотники, в то время как энергия взрыва будет сконцентрирована в одной точке, например на повреждении крупного объекта инфраструктуры.

Технически новое китайское оружие нельзя назвать водородной бомбой, потому что вместо термоядерной реакции механизмом действия является химическое горение. Оружию требуется минимум энергии для воспламенения, но при этом оно обеспечивает широкий радиус поражения и быстрое распространение пламени. Такая бомба не попадает под ограничения ядерных договоров, что позволяет Китаю продолжать разработки.

Изначально гидрид магния был разработан для мирных целей. Он предназначен для обеспечения экологически чистой электроэнергией и теплом удаленных жилых районов, не подключенных к электросети. Производство гидрида магния считалось сложным и опасным, но Китай нашел способ удешевить и обезопасить производство и теперь может производить на до 150 т вещества в год.

Пока неизвестно, планирует ли Китай применять новое оружие на поле боя и когда оно поступит на вооружение армии Китая. Но сам факт испытаний говорит о том,

что Китай опередил конкурентов и разрабатывает принципиально новый класс термического оружия. По сути это вспышка водорода, но испытания продемонстрировали большую мощность взрывного устройства, поэтому перспектива применения таких боеприпасов возможна.

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что использование водорода в установках Вооруженных Силах Российской Федерации сможет способствовать развитию принципиально новых технологий. Развивая, модифицируя, открывая новые горизонты использования водорода, российская армия делает большой шаг в будущее, в котором, возможно, военнослужащие не будут задумываться о транспортных расходах, вреде экологии и т.п., потому что двигатели будут водородные, а значит экологичные.

Список литературы:

1. Федоров Е. Водород в авиации: теперь и для гиперзвука // Электронный журнал «Военное обозрение». – 2022.
2. Артамонов А. Военный гиперзвук на водородной тяге - истребители шестого поколения // Электронный журнал «Военное обозрение». – 2019.
3. URL : https://topwar.ru/252203-vodorod-i-litij-idealnoe-toplivo-dlja-tanka-buduschego.html
4. Фаткин Д.С. Использование водорода в истории и на современном этапе развития вооруженных сил Российской Федерации» / Д.С. Фаткин, Д.В. Стулов // Материально-техническое обеспечение Вооруженных сил Российской Федерации. – 2025. – № 7.
5. URL : https://iz.ru/мир/252204-vodorod-bomba.html
6. URL : https://portal.tpu.ru/htf/proceedings

УДК 629

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗАРЯДКИ БПЛА ОТ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

♦♦♦♦♦

THE CONCEPT OF A DYNAMIC CHARGING SYSTEM FOR UAVS FROM A CONTACT NETWORK TO ENSURE CONTINUOUS OPERATION

Короткевич А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
aleksei_korotkevich@mail.ru

Замараев С.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Швецов Д.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена перспективная архитектура системы динамического электропитания беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) от стационарной низковольтной контактной сети для преодоления ограничений автономности. Описаны конструктивные решения бортового комплекса и инфраструктуры. Приведен энергокинетический расчет, показывающий возможность восстановления 55 % емкости АКБ за 30 минут зависания. Проанализированы ключевые инженерные задачи: обеспечение надежного контакта, подавление электромагнитных помех и терморегулирование аккумулятора. Определены приоритетные сферы применения системы – охрана статичных рубежей и мониторинг протяженных объектов.

Ключевые слова: динамическая зарядка, БПЛА, контактная сеть, электропитание, ЭМС, терморегулирование.

Korotkevich A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
aleksei_korotkevich@mail.ru

Zamaraev S.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mail.ru

Shvetsov D.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mail.ru

Abstract. This article examines the promising architecture of a dynamic power supply system for unmanned aerial vehicles (UAVs) powered by a stationary low-voltage overhead line to overcome autonomy limitations. Design solutions for the onboard system and infrastructure are described. An energy-kinetic calculation is presented demonstrating the feasibility of restoring 55 % of battery capacity within 30 minutes of hovering. Key engineering challenges are analyzed: ensuring reliable contact, suppressing electromagnetic interference, and battery thermal management. Priority applications for the system are identified: protecting static boundaries and monitoring extended facilities.

Keywords: dynamic charging, UAVs, overhead line, power supply, electromagnetic interference, thermal management.

Ограниченная автономность современных тактических БПЛА (30–50 минут полета) является ключевым фактором, снижающим их эффективность при длительном мониторинге и охране объектов. Традиционные подходы к увеличению времени работы – наращивание емкости аккумуляторов или организация сети точек подзарядки – не обеспечивают истинной непрерывности функционирования. Для стационарных маршрутов (линии обороны, инфраструктурные объекты) перспективным представляется переход к принципиально иной модели – организации поточного питания БПЛА от контактной сети, аналогичной системам электротранспорта. Такое решение позволяет совмещать выполнение задачи с подзарядкой, теоретически устраняя временные ограничения. В данной статье рассмотрена комплексная концепция подобной системы, включающая техническое обоснование, расчет основных параметров и анализ инженерных аспектов реализации. Особое внимание уделено вопросам надежности, электромагнитной совместимости и адаптации к полевым условиям эксплуатации.

Ядром данной концепции является стационарная низковольтная контактная сеть, выполняющая функцию распределенной силовой магистрали вдоль заданного маршрута.

Стационарная инфраструктура. Сеть строится на базе проводников постоянного тока с номинальным напряжением 48 В, что соответствует классу сверхнизкого безопасного напряжения в соответствии с требованиями ПУЭ и международных стандартов. Выбор постоянного тока обусловлен упрощением схемы бортового преобразователя и отсутствием потерь на реактивную составляющую. Контактный провод (например, омедненный стальной трос) прокладывается с использованием изолирующих подвесов на существующих опорах контролируемого объекта (столбы ЛЭП, элементы фортификационных сооружений). Питание секций сети длиной 1–3 км осуществляется от секционных зарядных пунктов (СЗП), в состав которых входят: первичный источник (подключение к сетям 0.4 кВ, дизель-генератор или комплекс на основе возобновляемых источников энергии), стабилизированный преобразователь AC/DC или DC/DC, а также модуль защиты, содержащий устройство защитного отключения (УЗО) и аппараты защиты от токов короткого замыкания.

Для взаимодействия с сетью БПЛА оснащается специализированным комплексом, включающим: активный токоприемник с двумя степенями свободы. Конструкция содержит токосъемный полозок из износостойкого композита (графит-медь), кинематически связанный через пружинный механизм с сервоприводом. Это позволяет компенсировать угловые и линейные отклонения аппарата относительно провода в процессе контакта. Блок интегрированного управления и преобразования энергии (БИУП). Данный блок является центральным управляющим элементом. Система автономной стыковки, функционирующая по трехуровневому алгоритму: грубый выход в зону СЗП по спутниковым координатам (ГЛОНАСС), точное визуальное наведение на контактный провод с помощью бортовой камеры и машинного зрения, финальная механическая стыковка с подтверждением контакта.

Для количественной оценки эффективности системы предложена методика расчета, основанная на уравнении баланса мощностей в установившемся режиме. Исходные данные для типового сценария:БПЛА: масса 2.5 кг, мощность силовой установки в режиме зависания $P_{полет}$ = 220 Вт.АКБ: литий-полимерная, конфигурация 6S1P, номинальная емкость C = 10 А·ч, максимально допустимый ток заряда 2C.Контактная сеть: напряжение $U_{сети}$ = 48 В, максимальная выходная мощность секции $P_{ист}$ = 500 Вт.КПД бортового преобразователя η = 0.92.

Расчет выполняется в следующей последовательности: определение мощности, доступной для подзарядки АКБ:$P_{зар.дост} = P_{ист} – P_{полет}$ = 500 – 220 = 280 Вт.Расчет мощности, поступающей на клеммы АКБ с учетом потерь:$P_{зар.АКБ} = P_{зар.дост} \cdot \eta$ = 280 · 0.92 ≈ 258 Вт.Оценка среднего тока заряда $I_{зар}$ на этапе постоянного тока (CC). Принимая среднее напряжение АКБ в процессе заряда $U_{АКБ.ср}$ ≈ 24 В, получаем:$I_{зар} = P_{зар.АКБ} / U_{АКБ.ср}$ ≈ 258 / 24 ≈ 10.75 А.Значение тока соответствует коэффициенту заряда C-rate = 1.08, что находится в безопасном диапазоне для современных тяговых LiPo-аккумуляторов.Расчет времени t_{cc} восстановления частичной емкости (например, от 30 % до 85 % состояния заряда). Восполняемая емкость $\Delta C = C \cdot (0.85 – 0.30) = 10 \cdot 0.55$ = 5.5 А·ч.$t_{cc} = \Delta C / I_{зар}$ = 5.5 / 10.75 ≈ 0.512 ч ≈ 31 мин.Полученный результат (≈30 мин) демонстрирует, что время подзарядки сопоставимо с типичной продолжительностью обследования участка между двумя соседними опорами. Это позволяет организовать циклический режим работы: 15–20 минут активного полета на АКБ, затем 30 минут дежурного зависания с одновременной подзарядкой, что теоретически снимает ограничение на общую длительность миссии.

Обеспечение электромагнитной совместимости (ЭМС). Импульсный характер работы бортового преобразователя генерирует широкополосные кондуктивные и излучаемые помехи. Для их подавления предложена трехуровневая стратегия:Уровень 1 (источник): применение многофазной топологии преобразователя с интерливингом (сдвигом фаз) ключей, что снижает амплитуду пульсаций входного тока и гармонический состав.Уровень 2 (фильтрация): установка на входе БИУП синфазного LC-фильтра второго порядка. Конструкция фильтра включает: тороидальный дроссель на ферритовом сердечнике с индуктивностью 20–50 мкГн, рассчитанный на номинальный ток не менее 15А.Параллельно включенные керамические (для ВЧ-составляющих) и электролитические (для НЧ-пульсаций) конденсаторы общей емкостью сотни мкФ.Y-конденсаторы (емкостью 2.2–4.7 нФ), подключенные между силовыми линиями и корпусом для шунтирования синфазных помех.Резонансная частота фильтра f_рез = 1 /

($2\pi\sqrt{(L \cdot C)}$) выбирается на порядок ниже частоты переключения преобразователя для обеспечения эффективного подавления.Уровень 3 (конструктивный): полное экранирование силовых модулей БИУП, применение витых пар для силовых линий и организация единой точки заземления («звезда») для разделения силовых и сигнальных цепей.

Циклическая зарядка токами порядка 1С является термически напряженным процессом, ускоряющим деградацию активных материалов Li-ion аккумуляторов. Для обеспечения безопасности и долговечности предложена система адаптивного терморегулирования, реализуемая в алгоритме БИУП: мониторинг: Использование АКБ со встроенным датчиком температуры или установка минимум двух NTC-термисторов на корпусе батареи.Интеллектуальный алгоритм заряда: Вместо фиксированного профиля CC-CV реализуется температура-зависимая характеристика. При температуре АКБ $T < +10$ °C заряд током 1С блокируется. В оптимальном диапазоне $+15$ °C $< T < +40$ °C разрешен максимальный расчетный ток (10.75 А). При $T > +40$ °C ток заряда линейно снижается, а при достижении порога $T_{макс} = +50$°C заряд прекращается аварийно.Теплоотвод: конструктивное размещение отсека АКБ вблизи алюминиевой рамы БПЛА, выполняющей роль теплораспределителя. В режиме стоянки на СЗП может активироваться маломощный вентилятор для принудительного обдува.

Рассматриваемая система является целевым решением для специфических условий, где преимущества в непрерывности действия перевешивают недостатки, связанные со сложностью развертывания.Приоритетные сценарии использования данной системы:Охрана периметров стратегических объектов: Развертывание сети по внешнему контуру для обеспечения круглосуточного патрулирования силами дежурных БПЛА, интегрированных в единый контур охраны.Сопровождение и мониторинг логистических колонн: Монтаж контактных проводов на опорах вдоль критически важных автодорог. БПЛА может сопровождать колонну, непрерывно ведя разведку маршрута, при этом подзаряжаясь от сети на участках с низкой скоростью движения или во время остановок.Мониторинг протяженных инфраструктурных объектов: Применение на трассах ЛЭП и трубопроводов для выполнения плановых инспекционных облетов без привлечения мобильных команд для замены АКБ.

Вместе с тем существует ряд критические требования для полевой эксплуатации. Живучесть: конструкция сети (провода, изоляторы, СЗП) должна обладать стойкостью к механическим воздействиям, колебаниям температуры и влажности. Необходима модульность для оперативного восстановления поврежденных секций. Помехозащищенность: в условиях активного радиоэлектронного противодействия система автостыковки должна иметь резервный контур наведения, например, на основе инерциальной навигации, корректируемой по визуальным меткам.Энергоэффективность СЗП: для удаленных участков критически важно использование автономных источников питания на основе гибридных систем (солнечные панели + буферные АКБ).

В статье на основе проведеного всестороннего анализа системы адаптивного поточного электропитания БПЛА от низковольтной контактной сети, рассмотренна архитектура и технические решения демонстрируют принципиальную возможность создания энергетически эффективной (КПД силовой цепи > 90 %) инфраструктуры для обеспечения сверхдлительной автономности беспилотных аппаратов на статичных маршрутах.

Основные результаты исследований в этой области: формализация принципа действия и структурной схемы гибридной системы питания.Разработка методики энергокинетического расчета, подтверждающего возможность восстановления 50–60 % емкости АКБ за время порядка 30 минут.Предложение конкретных инженерных решений по обеспечению ЭМС (LC-фильтр специальной топологии) и управлению тепловым режимом АКБ (адаптивный алгоритм с термокомпенсацией).

Система позиционируется как высокоэффективное нишевое решение для задач непрерывного контроля, охраны и мониторинга на заранее оборудованных статичных рубежах. Ее внедрение способно обеспечить качественный скачок в эффективности применения тактических БПЛА в сценариях позиционной обороны и обслуживания критической инфраструктуры.Перспективные направления дальнейших исследований связаны с созданием опытно-экспериментального образца мехатронного токоприемника, разработкой цифрового двойника системы для моделирования работы в условиях интенсивных помех и проведением экономического анализа целесообразности развертывания на конкретных типах объектов.

Список литературы:

1. Петров А.И. Энергетические ограничения тактических БПЛА и пути их преодоления // Известия высших учебных заведений. Электротехника. – 2023. – Т. 28. – № 4. – С. 45–56.
2. Семенов В.К., Алексеев Д.М. Логистика обслуживания парков БПЛА при длительном мониторинге: проблемы и модели // Транспортные системы и технологии. – 2022. – № 3(15). – С. 78–89.
3. Громов Н.П. Принципы построения систем централизованного электропитания мобильной робототехники // Автоматизация и IT в энергетике. – 2021. – № 12(45). – С. 32–40.
4. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – Гл. 1.7. – 7-е издание. – М. : НЦ ЭНАС, 2020. – 280 с.
5. Волков Е.Д. Деградационные процессы в литий-ионных аккумуляторах при интенсивных режимах заряда-разряда // Химические источники тока. – 2022. – Т. 19. – № 2. – С. 112–125.
6. Кириллов М.В. Проектирование фильтров электромагнитных помех для бортовых импульсных источников питания // Энергоэффективность и силовая электроника. – 2023. – № 1(18). – С. 22–30.
7. ГОСТ Р 58875-2020. Беспилотные авиационные системы. Термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2020. – 24 с.

УДК

ЗАБЫТЫЕ ПОБЕДЫ ВОЕННО-КОСМИЧЕСКОГО ПРОЕКТА СССР: СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВОЗВРАЩЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «БУРАНА»

♦♦♦♦♦

FORGOTTEN VICTORIES OF THE USSR SPACE PROGRAM: STRATEGIC SIGNIFICANCE AND PROSPECTS FOR REVIVING THE BURAN CONCEPT

Патоков Б.Б.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ордин В.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Павлов Ф.Ю.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ермаков Н.О.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу советского проекта «Буран» как элемента военно-космической стратегии, ориентированной на активное управление околоземным пространством. Рассматривается его роль в концепции орбитального доминирования и причины сворачивания программы, обусловленные изменением политического заказа, а не утратой технологической актуальности. Проводится сравнительный анализ с американским аппаратом X-37B, показанным как функционально эквивалентная реализация заложенных в СССР принципов. Обосновывается вывод о том, что «Буран» представляет собой концептуальный задел, значимый для формирования перспективных многоразовых орбитальных систем двойного назначения.

Ключевые слова: Буран; военно-космические системы; орбитальное доминирование; многоразовые космические аппараты; стратегическое сдерживание.

Patokov B.B.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Ordin V.V.
Ph. in Technology,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Pavlov F.Yu.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Ermakov N.O.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article analyzes the Soviet Buran project as an element of a military space strategy aimed at active management of near Earth space. It examines the vehicle's role within the concept of orbital dominance and the reasons for the program's termination, which stemmed from shifts in political priorities rather than from a loss of technological relevance. A comparative analysis is conducted with the U.S. X 37B vehicle, presented as a functionally equivalent implementation of the principles originally developed in the USSR. The study concludes that Buran constitutes a conceptual foundation that remains significant for the development of future reusable dual use orbital systems.

Keywords: Buran; military space systems; orbital dominance; reusable spacecraft; strategic deterrence.

Введение

Проект многоразового орбитального корабля «Буран» – кульминация научно-технических возможностей СССР в завершающий период холодной войны. Несмотря на распространённое восприятие «Бурана» как дорогостоящего и нереализованного проекта, его подлинное значение глубже: он создавался не как гражданский аналог американского шаттла, а как элемент системы стратегического сдерживания.

Ключевые возможности «Бурана» – автономный орбитальный полёт, возврат крупногабаритных объектов, манёвры на разных орбитах и работа без экипажа – превращали его в универсальную орбитальную платформу двойного назначения. Программа была свёрнута не из-за утраты технологической актуальности, а вследствие политических и экономических изменений начала 1990 х годов.

Возрождение схожих решений в США (в частности, аппарата X 37B) подтверждает востребованность идей, заложенных в «Буране». Анализ этого проекта позволяет по-новому оценить эволюцию военно космических систем и увидеть потенциал крылатых орбитальных аппаратов для обеспечения национальной безопасности.

Цель статьи – проанализировать стратегическое значение «Бурана» в контексте военно космического противоборства конца XX века и рассмотреть перспективы возвращения этой концепции в современных условиях.

Актуальность переосмысления данного проекта существенно возросла в условиях современной милитаризации околоземного космического пространства. Возвращение к концепции многоразовых крылатых орбитальных аппаратов в США, воплощённое в программе беспилотного космоплана X-37B, наглядно демонстрирует востребованность идей, заложенных в советском проекте ещё в 1970–1980-е годы. Это обстоятельство позволяет рассматривать «Буран» не как исторический тупик, а как преждевременно реализованную модель будущих военно-космических систем, потенциал которой не был исчерпан вследствие политических и экономических трансформаций начала 1990-х годов.

Проект «Буран» в системе военно-космического противоборства: от транспортной функции к орбитальной платформе

Проект многоразового орбитального корабля «Буран» разрабатывался в условиях нарастающего военно-космического противостояния между СССР и США и не может быть корректно интерпретирован вне этого контекста. Его создание совпало по времени с переходом космоса из сферы преимущественно разведывательного и коммуникационного использования в пространство потенциального вооружённого конфликта. В этих условиях ключевым фактором становилось не само присутствие на орбите, а способность контролировать её, воздействовать на орбитальные объекты противника и ограничивать их функционирование.

Распространённое представление о «Буране» как о транспортном или вспомогательном средстве во многом искажает его реальное назначение. Анализ заложенных в проект возможностей – крупный грузовой отсек, многоразовость, широкий диапазон орбитального маневрирования, автономность полёта и возвращения – позволяет рассматривать корабль прежде всего как универсальную орбитальную платформу военного назначения. Его функции выходили далеко за рамки доставки экипажей и грузов и включали потенциальную инспекцию, обслуживание, перехват и возврат космических аппаратов, в том числе принадлежащих противнику.

Особое значение в этом контексте приобретает информация о разработке в СССР специализированных боевых комплексов, предназначенных для размещения в грузовом отсеке «Бурана». Лазерный комплекс «Скиф» и ракетный комплекс «Каскад» рассматривались как элементы орбитальных систем поражения, способных воздействовать как на космические, так и на наземные цели. Сам факт проектирования подобных систем свидетельствует о том, что «Буран» изначально воспринимался как носитель средств активного противодействия, а не пассивный элемент космической инфраструктуры.

К концу 1970-х годов космическое пространство окончательно перестало рассматриваться исключительно как среда для научных исследований и связи. Формирование разветвлённых орбитальных группировок разведывательных, навигационных и коммуникационных спутников превратило околоземную орбиту в критически важный элемент военной инфраструктуры. В этих условиях возникла концепция орбитального доминирования (orbital dominance), под которой понимается способность государства обеспечивать беспрепятственное функционирование собственных космических систем при одновременном ограничении или нейтрализации возможностей противника в космосе.

В отличие от традиционного подхода, основанного на наращивании численности спутников, орбитальное доминирование предполагает наличие активных средств воздействия: инспекции, перехвата, подавления или физического устранения космических аппаратов противника. Именно в этой логике следует рассматривать проект «Буран». Его уникальные характеристики – крупный грузовой отсек, многоразовость, высокая

манёвренность и возможность автономного полёта – делали его не просто средством доставки, а инструментом активного контроля над орбитальной обстановкой.

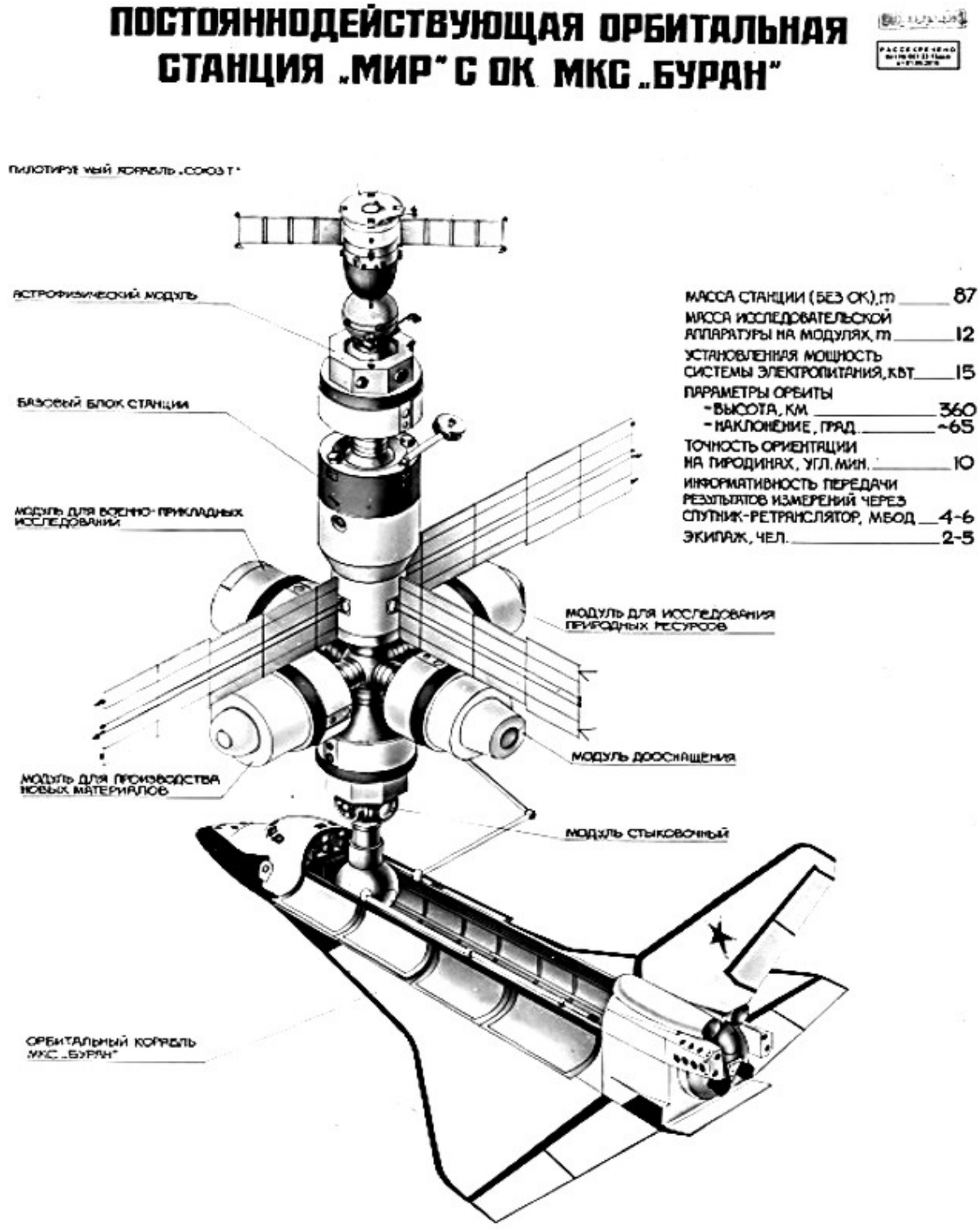


Рисунок 1 – Система «Буран-Мир»

Особую тревогу у США вызывала способность «Бурана» возвращать объекты с орбиты. В отличие от кинетических или взрывных средств противоспутниковой борьбы, такой подход позволял не уничтожать космический аппарат, а физически изымать его из орбитальной группировки. Это означало не только потерю конкретного спутника, но и утрату технологий, бортовой аппаратуры и зашифрованной информации. Для амери-

канской военной доктрины, опиравшейся на технологическое превосходство и защиту ноу-хау, подобная перспектива представляла стратегическую угрозу.

Дополнительным фактором неопределённости являлась универсальность «Бурана». В отличие от специализированных противоспутниковых средств, его миссии могли маскироваться под испытательные, транспортные или научные полёты. Возможность скрытого маневрирования и выполнения задач инспекционного характера резко снижала предсказуемость обстановки на орбите и усложняла принятие решений в кризисной ситуации. Фактически речь шла о создании инструмента асимметричного воздействия, подрывающего саму логику устойчивого функционирования американской спутниковой инфраструктуры.

На этом фоне следует рассматривать влияние проекта «Буран» на судьбу Стратегической оборонной инициативы (СОИ) США. СОИ предполагала создание многоуровневой системы противоракетной обороны с ключевыми элементами в космосе – орбитальными датчиками, перехватчиками и боевыми платформами. Однако эффективность такой системы напрямую зависела от неуязвимости её орбитального сегмента. Появление у СССР средства, способного инспектировать, выводить из строя или изымать эти элементы, ставило под сомнение саму реализуемость СОИ.

Важно подчеркнуть, что отказ США от активной фазы СОИ был обусловлен совокупностью факторов – экономических, политических и технологических. Тем не менее наличие у Советского Союза проекта «Буран» и сопутствующих боевых орбитальных комплексов существенно снижало стратегическую ценность программы. В условиях, когда противник обладал потенциальной возможностью нейтрализации орбитальных компонентов, инвестиции в масштабную космическую систему обороны теряли рациональное обоснование. Таким образом, «Буран» выступил не только техническим, но и психологическим фактором сдерживания.

С этой точки зрения проект «Буран» можно рассматривать как один из ранних примеров реализации концепции орбитального доминирования, опередивший своё время. Он не был доведён до стадии серийной эксплуатации, однако сам факт его существования и продемонстрированных возможностей оказал заметное влияние на стратегические расчёты противника. Современные тенденции, включая возвращение США к многоразовым беспилотным орбитальным аппаратам, подтверждают, что логика орбитального доминирования не утратила актуальности, а идеи, заложенные в советском проекте, продолжают определять развитие военно-космических систем.

Таким образом, проект «Буран» следует рассматривать не как транспортный космический корабль, а как многофункциональную орбитальную платформу военного назначения, предназначенную для обеспечения контроля над околоземным космическим пространством. Его создание стало одной из ключевых, но впоследствии недооценённых побед СССР в сфере военно-космического противоборства, заложившей основы концепций, к которым ведущие державы мира вернулись лишь десятилетия спустя.

«Забытые победы» проекта «Буран» как опережающая системная технология

Одной из ключевых причин недооценки проекта «Буран» стало фрагментарное восприятие его технических достижений. В постсоветской интерпретации они часто рассматривались как отдельные инженерные успехи, не объединённые общей логикой. Между тем «Буран» представлял собой целостную систему, в которой каждое технологическое решение было подчинено задаче автономного, многоразового и управляемого функционирования в условиях космического противоборства. Именно эта системность позволяет говорить о проекте как о совокупности «забытых побед», существенно опередивших мировой уровень развития космической техники.

Наиболее показательным примером является автоматическая посадка корабля, выполненная в 1988 году. «Буран» осуществил полностью автономный орбитальный полёт и посадку без экипажа, включая вход в атмосферу, маневрирование в плотных слоях воздуха и точный заход на взлётно-посадочную полосу **Магомеду Омаровичу Толбоеву** выпала честь встречать «Буран» из полёта. 15 ноября 1988 года пилотировал самолёт МиГ-25 с аппаратурой оптико-телевизионного наблюдения, предназначенной для передачи в ЦУП информации о состоянии «Бурана» во время посадки. Он планировался в качестве второго пилота экипажа «Бурана» для первого пилотируемого полёта.



Рисунок 2 – Магомед Омарович Толбоев



Рисунок 3 – Посадка «Бурана» в 1988 г.

На момент реализации данного полёта в мире не существовало аналогичных систем, способных обеспечить подобный уровень автономности для орбитального аппарата самолётного типа. Американские космические шаттлы, несмотря на высокий уровень технологической оснащённости, требовали обязательного участия экипажа на этапе посадки, что принципиально ограничивало возможности их применения в беспилотном режиме.

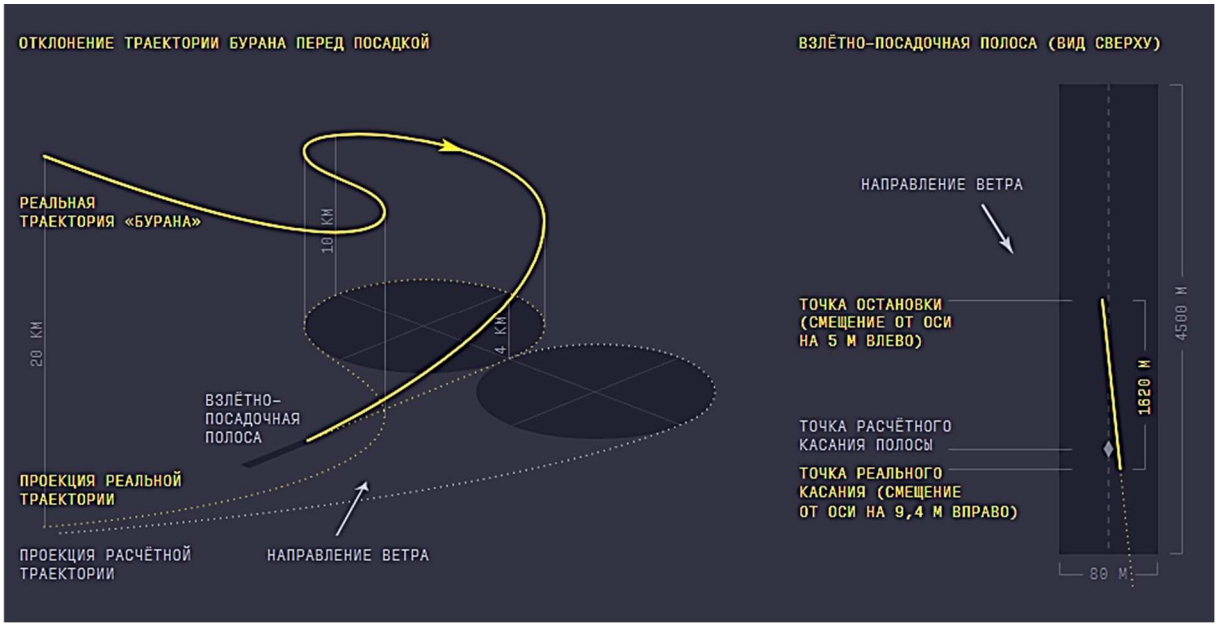


Рисунок 4 – Траектория посадка «Бурана»

Это различие отражает более глубокое расхождение философий проектирования. Американская программа шаттлов исходила из приоритета пилотируемых миссий, тогда как «Буран» изначально разрабатывался как платформа, способная эффективно функционировать как с экипажем, так и без него. В результате в СССР была создана система управления, включающая элементы автоматического принятия решений, адаптивного наведения и коррекции траектории, которые по своей логике близки к тем, что сегодня используются в современных беспилотных летательных аппаратах и космопланах.

В этом контексте «Буран» может рассматриваться как прообраз беспилотных аэрокосмических систем XXI века. Принципы его автоматического управления – интеграция навигации, управления движением и диагностики состояния аппарата в единую замкнутую систему – впоследствии нашли отражение в развитии высокоавтономных БПЛА, а также в беспилотных орбитальных аппаратах, включая современные американские космопланы. Фактически СССР ещё в 1980-е годы реализовал концепцию орбитального аппарата, способного выполнять сложные миссии без постоянного участия человека, что стало стандартом лишь десятилетия спустя.

Не менее значимым достижением являлась многоразовость «Бурана», а именно 100 вылетов и посадок, реализованная не как частное техническое решение, а как системный принцип. Конструкция корабля, теплозащита, силовые элементы и системы посадки проектировались с расчётом на многократное использование, что резко отличало его от традиционных одноразовых космических аппаратов. При этом многоразовость сочеталась с возможностью возвращения крупногабаритных и тяжёлых объектов с орбиты (до 30 тонн), что не имело прямых аналогов и расширяло спектр потенциальных задач – от обслуживания спутников до доставки орбитальных аппаратов и их элементов на Землю.

Особого внимания заслуживает универсальность платформы «Буран». Он мог рассматриваться как транспортное средство, инспекционный аппарат, носитель специализированных орбитальных комплексов и элемент более крупной системы космического базирования. Такая многофункциональность была результатом сознательного отказа от узкоспециализированных решений в пользу создания гибкого инструмента, способного адаптироваться под изменяющиеся военно-стратегические задачи. В этом смысле «Буран» не был «космическим самолётом» в классическом понимании, а представлял собой орбитальный аналог многоцелевого боевого комплекса.

Совокупность указанных характеристик позволяет сформулировать принципиально важный вывод: Советский Союз в рамках проекта «Буран» фактически создал первый в истории беспилотный орбитальный самолёт, обладавший признаками автономности, многоразовости и универсальности. То, что в конце XX века воспринималось как чрезмерно сложное и избыточное решение, в XXI веке стало основой для развития перспективных военно-космических систем. Таким образом, «забытые победы» проекта «Буран» заключаются не только в отдельных технологических достижениях, но и в самой логике его создания, которая значительно опередила своё время и предвосхитила современные тенденции развития аэрокосмической техники.

Критика устоявшихся мифов о проекте «Буран»: экономика, целесообразность и утрата стратегического запроса

В постсоветской научной и общественной дискуссии вокруг проекта «Буран» сформировался устойчивый набор интерпретаций, сводящих его сворачивание к экономической неэффективности и утрате практической необходимости после завершения холодной войны. Эти тезисы, несмотря на их распространённость, представляют собой упрощённое объяснение, не учитывающее специфику военно-космического планирования и логики стратегических программ. Критический анализ показывает, что данные мифы возникли в результате ретроспективной оценки проекта вне того контекста, в котором он создавался и должен был развиваться.

Тезис об экономической несостоятельности проекта «Буран» стал одним из наиболее устойчивых аргументов, используемых для обоснования его сворачивания. В публичном и научном дискурсе он, как правило, опирается на прямое сопоставление затрат на разработку и отсутствие серийной эксплуатации корабля. Однако подобная логика анализа применима лишь к коммерческим или гражданским программам и не

отражает специфику стратегических военно-космических проектов, для которых экономическая эффективность не является первичным критерием оценки.

В условиях холодной войны масштабные космические программы рассматривались как элементы системы национальной безопасности, а их финансирование оправдывалось не финансовой отдачей, а обеспечением стратегического паритета. «Буран» создавался именно в этой логике – как средство воздействия на баланс сил в космосе, а не как проект, рассчитанный на прямую окупаемость. Его ценность заключалась в способности формировать неопределённость для противника, ограничивать свободу действий в орбитальном пространстве и тем самым снижать эффективность вражеских программ, включая элементы Стратегической оборонной инициативы.

Важно подчеркнуть, что значительная часть затрат на «Буран» была направлена на формирование технологического задела, а не на создание единичного летательного аппарата. Разработка новых композитных материалов, теплозащитных покрытий, автоматизированных систем управления и многоразовых конструкций формировала основу для дальнейшего развития целого класса аэрокосмических систем. Такими примерами являются самая мощная на тот момент ракета-носитель и сверхтяжелый самолет Ан-225. В этом смысле инвестиции в проект носили долгосрочный характер и не могли быть адекватно оценены через призму одного полёта или ограниченного числа запусков.

Исчезновение экономической целесообразности «Бурана» в начале 1990-х годов было следствием не утраты его технологической актуальности, а радикального изменения политических приоритетов. С распадом Советского Союза была разрушена система централизованного военно-стратегического планирования, в рамках которой подобные проекты имели институциональную поддержку и чётко определённое место в оборонной доктрине. Космос перестал рассматриваться как самостоятельный театр противоборства, а долгосрочные программы уступили место краткосрочным мерам адаптации к экономическому кризису.

Отсутствие политического заказа привело к тому, что даже существующие технологические возможности оказались невостребованными. В результате возникла иллюзия «избыточности» и «ненужности» проекта, которая на деле отражала кризис управленческих и стратегических решений, а не объективные ограничения самой технологии.



Рисунок 5 – Незаконченная модель проекта «Буран»

Показательно, что в последующие десятилетия государства, не отказавшиеся от долгосрочного военно-космического планирования, вернулись к идеям, заложенным в проекте «Буран». Возобновление интереса к многоразовым орбитальным аппаратам и автономным системам управления подтверждает, что технологическая потребность в подобных решениях не исчезла, а была временно вытеснена изменением политиче-

ской конъюнктуры. Это позволяет рассматривать экономическую критику «Бурана» как постфактум рационализацию решений, принятых в условиях стратегической неопределённости начала 1990-х годов.

Таким образом, миф о «ненужности» проектов типа «Буран» после холодной войны отражает не объективную утрату военной значимости космоса, а разрушение институциональной и доктринальной основы стратегического планирования. Исчезла не потребность в сложных космических системах, а способность государства формулировать и поддерживать долгосрочные военно-космические цели.

Анализ проекта «Буран» как элемента системы орбитального доминирования и последующее развенчание мифов о его экономической и стратегической несостоятельности позволяют перейти к рассмотрению современного этапа развития отечественных пилотируемых и многоразовых космических систем. Прекращение программы «Буран» стало не изолированным событием, а рубежом, после которого изменилась сама логика государственного присутствия в космосе – от долгосрочных комплексных проектов к более узким и функционально ограниченным решениям.

Современные российские космические программы формировались в условиях иного военно-политического и экономического контекста, что неизбежно отразилось на их архитектуре и целевых установках. Приоритет был смещён в сторону обеспечения гарантированного доступа в космос и поддержания пилотируемых полётов, тогда как задачи активного контроля орбитального пространства и создания универсальных многоразовых платформ были отодвинуты на второй план. В результате произошёл разрыв преемственности между советской концепцией орбитального противоборства и практикой постсоветского периода.

Вооружение.

Х-37В как доказательство жизнеспособности советской концепции орбитального доминирования

Появление и длительная эксплуатация американского орбитального аппарата Х-37В представляют собой ключевой эмпирический аргумент в пользу состоятельности концепции, реализованной в программе «Буран». Принципиально важно подчеркнуть: Х-37В не является технологическим аналогом «Бурана» в прямом инженерном смысле. Его значение заключается в функциональной и доктринальной эквивалентности – в возвращении США к тем же задачам и сценариям применения, которые ранее были сформулированы и проработаны в советском военно-космическом планировании.



Рисунок 6 – Американский шаттл Boeing X-37 (X-37B Orbital Test Vehicle (OTV)

В отличие от «Спейс шаттлов», официально позиционировавшихся как транспортные системы, Х-37В изначально создавался вне логики пилотируемой космонавти-

ки. Его архитектура, режимы эксплуатации и закрытый характер программных целей указывают на то, что перед нами не средство доставки, а автономная орбитальная платформа военного назначения. В этом смысле Х-37В концептуально ближе не к шаттлам, а именно к «Бурану» – проекту, который также рассматривался прежде всего, как элемент системы орбитального противоборства.

Одним из ключевых индикаторов функциональной эквивалентности является длительность миссий. Если «Буран» в своём единственном полёте продемонстрировал возможность автономного орбитального функционирования и управляемого возвращения, то Х-37В довёл этот принцип до логического предела. Миссии аппарата продолжаются сотни и даже тысячи суток, что свидетельствует о его предназначении для долговременного присутствия в космосе. Такая продолжительность не имеет смысла в рамках транспортных или экспериментальных задач, но полностью соответствует сценариям инспекции, ожидания, скрытого дежурства и потенциального вмешательства в орбитальную обстановку.

Не менее показателен и характер закрытости программ Х-37В. Официальные формулировки задач остаются предельно общими, а конкретные полезные нагрузки и режимы работы не раскрываются. Подобная непрозрачность типична именно для военных систем, предназначенных для выполнения чувствительных операций: наблюдения за спутниками противника, проверки их функционального состояния, а в перспективе – активного воздействия. Аналогичная логика лежала в основе советского подхода к «Бурану», который никогда не рассматривался как публичный или коммерческий проект.

Особое значение имеет концепция инспекции и перехвата орбитальных объектов. Современные аналитические оценки сходятся в том, что Х-37В способен выполнять маневры сближения, изменять орбиту и взаимодействовать с другими аппаратами. Эти функции напрямую соотносятся с задачами контроля орбитального пространства – тем самым «орбитальным доминированием», которое в советской доктрине рассматривалось как критически важное условие стратегической устойчивости. Фактически Х-37В реализует в редуцированном виде ту же самую идею: не просто присутствовать в космосе, а активно управлять ситуацией в нём.

Редуцированность Х-37В по сравнению с «Бураном» носит количественный, но не качественный характер. Американский аппарат меньше по массе, не рассчитан на экипаж и не обладает универсальностью советского проекта. Однако именно отказ от избыточных возможностей позволил США адаптировать исходную концепцию к условиям XXI века, сохранив её ядро – автономность, многоразовость, маневренность и военную неопределённость. В этом смысле Х-37В является не альтернативой, а эволюционным продолжением той линии, которую СССР наметил ещё в 1970–1980-х годах.

Таким образом, Х-37В следует рассматривать как редуцированную, но концептуально тождественную версию «Бурана». Его существование опровергает тезисы о «тупиковости» советского военно-космического проекта и демонстрирует, что США, отвергнув советскую модель на уровне риторики, в итоге вернулись к ней на уровне практики. Это делает программу «Буран» не историческим курьёзом, а опережающим проектом, значение которого было осознано лишь спустя десятилетия.

Перспективы возвращения многоразовых орбитальных систем: сценарный анализ

Обсуждение возможного возвращения к концепции многоразовых орбитальных аппаратов требует отказа от футурологических спекуляций в пользу сценарного подхода. Речь идёт не о восстановлении проекта «Буран» в его исходном виде, а ореинтерпретации заложенных в нём принципов с учётом современных технологических, военно-стратегических и политических условий. В этом контексте можно выделить три базовых сценария, различающихся по масштабу, функционалу и уровню стратегических последствий.

Таким образом, возвращение к многоразовым орбитальным системам не является вопросом фантазии или ностальгии по проекту «Буран». Речь идёт о наборе реализуемых сценариев, каждый из которых сочетает научную целесообразность, военную функциональность и политический эффект. В совокупности они подтверждают, что логика, заложенная в советской военно-космической программе, сохраняет актуальность и в условиях XXI века, требуя не воспроизведения прошлого, а его концептуального развития.

Заключение

Рассмотрение военно-космического проекта «Буран» в историческом и стратегическом контексте позволяет сделать вывод, что речь идёт не о закрытой странице советской космонавтики, а о концептуальном заделе, значение которого в полной мере начинает проявляться лишь в условиях современной трансформации космического пространства. «Буран» был не конечным изделием, а элементом более широкой архитектуры, ориентированной на долгосрочное присутствие, управление и контроль орбитальной среды.

Анализ показывает, что ключевая ценность программы заключалась не в самом летательном аппарате, а в сформированной системе взглядов на космос как на активный театр стратегического взаимодействия. В рамках этой логики многоразовый орбитальный корабль выступал универсальной платформой, способной адаптироваться под широкий спектр задач – от научных и транспортных до инспекционных и оборонных. Именно эта универсальность, а не отдельные технические характеристики, делает концепцию «Бурана» актуальной и сегодня.

Современные тенденции – рост роли беспилотных орбитальных аппаратов, развитие средств инспекции и обслуживания спутников, возвращение интереса к многоразовым системам и скрытым миссиям – указывают на фактическое возвращение к тем принципам, которые были заложены в советской программе ещё в 1970–1980-е годы. В этом смысле «Буран» можно рассматривать как опережающую модель, чьё практическое применение было отложено не по технологическим, а по политико-экономическим причинам.

Дальнейшее развитие отечественных космических программ, включая проекты пилотируемых кораблей нового поколения, орбитальных станций и перспективных беспилотных систем, объективно сталкивается с теми же вопросами, которые решались в рамках программы «Энергия-Буран»: многоразовость, автономность, управляемое возвращение, интеграция военных и гражданских задач. Это создаёт основания рассматривать «Буран» не как альтернативу современным проектам, а как их концептуального предшественника и методологическую основу.

Таким образом, роль «Бурана» в перспективе заключается не в буквальном возрождении проекта, а в использовании накопленного опыта для формирования новой стратегии присутствия в космосе. Осмысление этой программы позволяет перейти от фрагментарных решений к системному подходу, в котором космос рассматривается не только как среда исследований и эксплуатации, но и как пространство долгосрочного стратегического баланса. В этом контексте «Буран» остаётся не символом утраченных возможностей, а ориентиром для будущего развития военно-космических систем.

Список литературы:

1. Многоразовый орбитальный корабль «Буран» / Под ред. Ю.П. Семенова [и др.]. – М. : Машиностроение, 1995.
2. В. Лукашевич. «Буран»: факты и мифы. Новости космонавтики. – 2008. – № 11. – Т. 18.
3. Первый полёт. – М. : Авиация и космонавтика, 1990.
4. Когут М. «Бураны» второй серии «Новости космонавтики». – 2018. – № 12. – С. 64–72.
5. Лукашевич Вадим. Буран: факты и мифы. К 20-летию полёта МТКК «Буран» // Космические исследования и технологии: журнал. – Алма-Ата, 2019. – № 1(18).
6. «Буран» и другие многоразовые транспортные космические системы 16 ноября 2007 на buran.ru – история, документы, характеристики, редкие фотографии.
7. Основные понятия и история развития орбитального комплекса «Буран» БГТУ «Военмех» имени Д.Ф. Устинова, отчёт по работе УНИРС.
8. «Буран». Созвездие Волка д/ф о команде пилотов Бурана 22 января 2010.
9. Буран: разбор полёта Архивная копия от 16 ноября 2018 спецпроект ТАСС, 2018.
10. Губанов Б. «Энергия»- «Буран» – шаг в будущее // Наука и жизнь. – 1989. – № 4. – 2 с.
11. Выступление Ген. конст. НПО «Молния» Г.Е. Лозино-Лозинского 04 ноября 2007 на конференции «Буран» – прорыв к сверхтехнологиям»,
12. Применение Бурана Архивная копия от 28 апреля 2010. – URL : //buran.ru

УДК 656

«РОЖДЕННЫЙ ДЛЯ БОЯ» (ДВУХМОТОРНЫЙ ИСТРЕБИТЕЛЬ ТА-3)

♦♦♦♦♦

«BURN FOR COMBAT» (TWIN-ENGINE TA-3 FIGHTER)

Швецов В.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Новицкая М.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании и боевом применении самолета СССР, двухмоторных истребителей по плану подготовки страны к мировой войне.

Ключевые слова: самолет, разведчик, мотор, Таиров, пушки, бомбы, экипаж, испытатель, летчик, бомбардировщик, атака, бронированный, полет, винт.

Shvetsov V.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Novitskaya M.G.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about the creation and combat use of USSR aircraft, twin-engine fighters according to the plan for preparing the country for world war.

Keywords: aircraft, scout, motor, Tairov, machine guns, bombs, crew, test pilot, pilot, bomber, attack, armored, flight, propeller.

Применение тяжелых бомбардировщиков в ходе Первой мировой войны и появление теории итальянского генерала Джулио Дуэ «Господство в воздухе» привело к развитию во всех европейских странах дальней, тяжелой бомбардировочной авиации.

Был созданы целые флоты двухмоторных и четырехмоторных самолетов. Они должны были засыпать бомбами города и тыловые коммуникации противника, сломить боевой дух и способность к сопротивлению населения.

Воздушные бои Великой войны показали, что даже хорошо вооруженный бомбардировщик не может устоять от атак многочисленной стаи истребителей. Поэтому для прикрытия воздушных армад тяжелых бомберов, нужны истребители сопровождения.

Главным элементом истребителя является мотор. От его мощности зависела высота, скорость, дальность полета и количество стволов и запас патронов любого самолета, особенно истребителя.

Да и наличие в составе экипажа еще одного члена, летчика или штурмана, облегчит выполнение дальнего полета и ведение воздушного боя над территорией противника. Так родилась идея создания двухмоторного истребителя.

Новая мировая война, которую готовили в Европе против СССР, заставила от слов перейти к делу.

Ведущие авиационные державы стали создавать двухмоторные истребители для своих воздушных сил.

Все эти самолеты объединяла одна общая черта – многофункциональность. Они могли выполнять задачи истребителей сопровождения, разведчиков, легких бомбардировщиков, штурмовиков и ночных перехватчиков.

Да и наличие в составе экипажа еще одного члена, летчика или штурмана, облегчает выполнение дальнего полёта и ведение воздушного боя над территорией противника. Так родилась идея создания двухмоторного истребителя. Новая мировая война, которую готовили в Европе против СССР, заставила от слов перейти к делу. Ведущие авиационные державы экстренно стали создавать двухмоторные истребители для своих воздушных сил. Все эти самолеты объединяла одна общая черта – многофункциональность. Они могли выполнять задачи истребителей сопровождения, разведчиков, легких бомбардировщиков, штурмовиков и ночных перехватчиков.

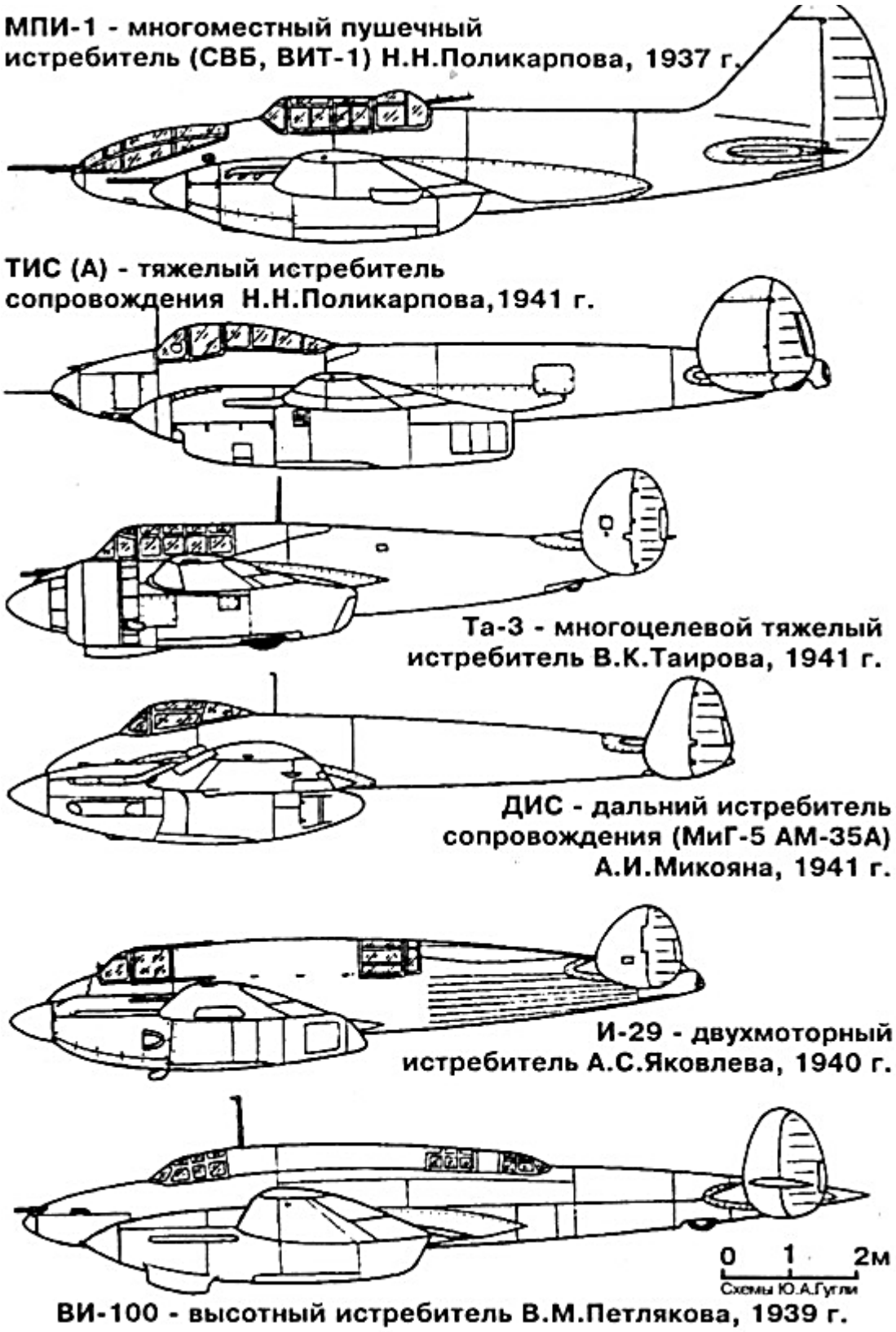


Рисунок 1 – Советские двухмоторные истребители

В Англии это Бофайтер, Блейдхийм, Москито. Во Франции Потез-630, Потез 633. В Италии Во-88 Линче. В Германии Ме-110, Ю-88, Fw-187 Фальк. В США Р-38, Р-61. В Японии Ki-46 Дани, Ki-45 Торю. В Голландии G-1.

В Советском Союзе двухмоторными истребителями занимались: Н.Н. Поликарпов, В.К. Таирв, А.С. Яковлев, В.М. Пепляков, А.И. Микоян. Все эти самолеты были ис-

пытаны и доведены до серийного производства, но начавшаяся война внесла коррективы в изготовление их и принятие на вооружение.

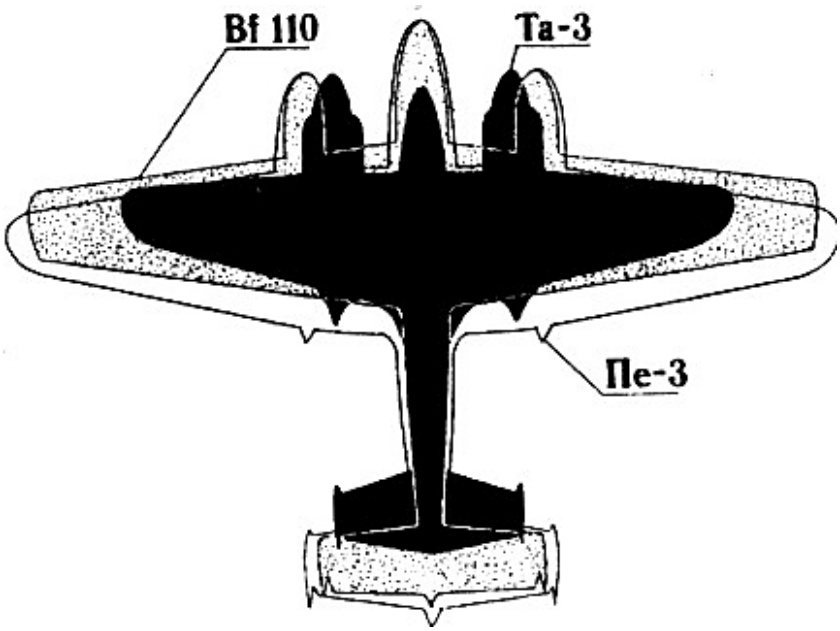


Рисунок 2 – Сравнение плановых проекций двухмоторных истребителей

В то же время развивалась и менее впечатляющая, но зато гораздо более реалистичная ветвь двухмоторных истребителей, по назначению практически не отличавшихся от одномоторных собратьев. Конструкторы стремились обеспечить им минимально возможную нагрузку на мощность (отношение полетной массы машины к суммарной мощности моторов) и примерно одинаковую с одномоторными истребителями на грузку на крыло (отношение полетной массы к площади крыла). Поэтому такие самолеты получались предельно «ужатыми» по размерам. Появление в середине 30-х годов авиационных моторов мощностью порядка 1000 лошадиных сил и массой всего 500–600 кг теоретически давало возможность создать двухмоторный истребитель, по своим характеристикам превосходящий одномоторные. Наиболее ярким примером серийной машины этого класса являлся Р-38 «Лайтнинг», который в 1941 г. нес более мощное вооружение и летал быстрее и дальше любого американского истребителя. Разрабатывались двухмоторные истребители и в СССР. Один из проектов принадлежит В.К. Таирову.

Всеволод Константинович Таиров, прежде работавший у Н.Н. Поликарпова, обладал большим опытом конструктора и руководителя. В 1935 г. он возглавил опытно-конструкторский отдел (ОКО), организованный на киевском авиазаводе № 43. Первый самолет Таирова – пассажирский шестиместный ОКО-1, моноплан очень чистых аэродинамических форм – к лету 1938 г. успешно прошел испытания, но в серийное производство не передавался. Строился, но не был закончен истребитель-штурмовик ОКО-4 – полутораплан с мотором М-88, вооруженный двумя пулеметами БС и 100 кг бомб. «Зеленую улицу» получила другая машина ОКО.

В соответствии с постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) № 256 от 29.10.1938 г. Таирову (по его инициативе) поручили создание одноместного двухмоторного бронированного истребителя.

Назначение самолета, получившего обозначение ОКО-6, было двойным: истребитель сопровождения и штурмовик для борьбы с бронированными целями. В нем все было направлено на достижение высокой скорости полета: установка двигателей М-88 мощностью по 1000 лошадиных сил (на высоте 7550 м – второй границе высотности), предельно малые размеры, минимальный мидель фюзеляжа и весьма обтекаемые формы. Достаточно сказать, что длина самолета, площадь и размах крыла были практически равны аналогичным параметрам одномо торного «Харрикейна».

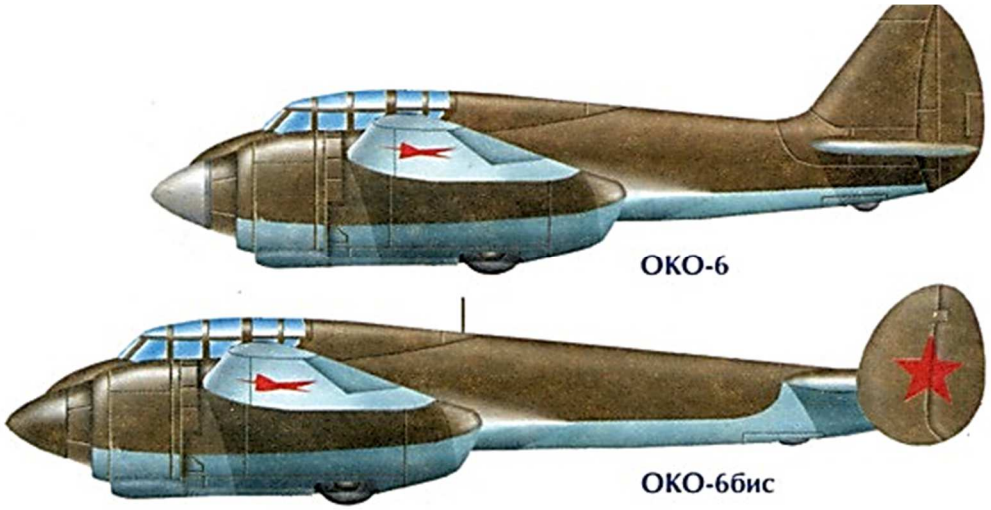


Рисунок 3

Другой важнейшей особенностью ОКО-6 стало мощное наступательное вооружение из двух 7,62-мм пулеметов ШКАС (по 400 патронов на ствол) под носовым обтекателем и четырех 20-мм пушек ШВАК (по 200 патронов на каждую), смонтированных под центропланом и кабиной пилота. Пушки имели систему автоматической пневмоперезарядки, а для их обслуживания трехметровая нижняя секция фюзеляжа крепи лась на шомполах и быстро снималась. Вес секундного залпа ОКО-6 (113 пуль и снарядов) достигал 6 кг*.

Фюзеляж самолета состоял из трех частей. В передней находились кабина пилота и пулеметный отсек. Боковые стенки кабины были выполнены из листового дюраля. Спереди и сзади она закрывалась 8-мм бронеперегородками (за головой и спиной летчика – 13 мм), а снизу зашивалась стальным листом, предохранявшим конструкцию от повреж дения дульными газами пушек. Фонарь кабины откидывался назад, а за неподвижным козырьком устанавливалось лобовое бронестекло. Передний обтекатель с фарой при обслуживании пулеметов целиком снимался, а лафет с оружием отводился вправо, обеспечивая отличный доступ к ШКАСам, патронным коробкам и приборам. Средняя часть фюзеляжа выполнялась вместе с центропланом. К ней болтами крепились передняя и хвостовая (деревянный монокок с люками для осмотра тяг управления) части.



Рисунок 4 – Первый экземпляр истребителя Таирова Та-3

Центроплан и консоли крыла – двухлонжеронные (полки – из хромансилевой стали, стенки – из дюраля). Остальной набор и обшивка – дюралевые, мотогондолы – из электрона. Элероны – типа Фрайз, щитки – Шренка (два на центроплане и по одному

на консолях, выпуск и уборка – пневматические). Стабилизатор – дюралевый, киль – из электрона. Этот же материал применялся для каркаса элеронов, обшивки носка и законцовок крыла. Рули и элероны обтягивались полотном. При изготовлении самолета использовался плазово-шаблонный метод.

Силовая установка состояла из двух двигателей воздушного охлаждения М-88 с противоположным направлением вращения винтов. Такое решение обеспечивало компенсацию их реактивного момента, «заваливавшего» короткокрылый самолет на разбеге. Оригинальной особенностью мотогондол было наличие регулируемых входных «юбок» капотов, из-за которых коки винтов казались непропорционально большими, а гондолы приобретали форму, близкую к идеальной каплевидной. Горючее размещалось в 467-литровом фюзеляжном и двух центропланных баках по 365 л.

Шасси самолета – трехстоечное с хвостовым колесом. Основные опоры имели значительный вынос вперед для обеспечения безопасного противокапотажного угла и убирались в мотогондолы, а хвостовое колесо – в фюзеляж. Привод уборки и выпуска шасси – пневматический. Летные испытания ОКО-6 начались 31 декабря 1939 г. – раньше других новых истребителей. При полетной массе 5250 кг самолет показал максимальную скорость у земли 488 км/ч, а на высоте 7550 м – 567 км/ч. Высоту 5000 м истребитель набирал за 5,5 мин. Продольная и путевая устойчивость однокилевой короткохвостой машины оказались недостаточными, поэтому потребовались радикальные изменения конструкции оперения.

В июне 1940 г. вскоре после окончания первого этапа заводских испытаний на совместном совещании руководства НКАП и ВВС было принято решение: «...Считать целесообразным для постановки в серийное производство бронированного истребителя ОКО-6 2М-88 определить завод № 43. Всю необходимую подготовку для производства закончить в 1940 г. К концу года построить 10 экземпляров самолета с измененным двух килевым вертикальным оперением и безредукторными моторами М-88 различного направления вращения. Предложить Таирову к 01 августа 1940 г. выпустить на заводские испытания модернизированный ОКО-6 с редукторными моторами М-88Р одинакового вращения...»

Испытания в ЦАГИ второго экземпляра ОКО-6бис, которые проводил заводской летчик А.И. Емельянов, завершились только 05.01.1941 г. Максимальная скорость у земли получилась равной 477 км/ч, а на высоте 7050 м – 590 км/ч. По этим характеристикам самолет не уступал одномоторным истребителям Як-1 и ЛаГГ-3. Время набора высоты 5000 м увеличилось до 6,33 минуты. В декабре 1940 г. самолету было присвоено новое наименование Та-1 по фамилии главного конструктора, и все говорило о близком в начале серийного производства. Однако 14.01.1941 г. при выполнении контрольного полета на взлете произошла поломка одного из двигателей, и самолет был разбит.

Спустя несколько дней после аварии Таиров обратился с письмом к председателю СНК В.М. Молотову, в котором отмечал, что два экземпляра ОКО-6 выполнили 120 полетов и продемонстрировали незаурядные летные качества. По оценке пилотов ЦАГИ, самолет был простым, доступным строевым летчикам. Он был способен выполнять все фигуры высшего пилотажа и лететь на одном моторе вплоть до высоты 4100 м. Таиров особо подчеркивал, что «...самолет ОКО-6бис как по своим летным данным, так и по вооружению значительно превосходит аналогичные характеристики лучших иностранных серийных истребителей (как одномоторных, так и двухмоторных)». Более того, по его мнению, полученные показатели являлись минимальными и могли быть еще до конца 1941 г. значительно улучшены за счет установки более мощных моторов и увеличения запаса топлива. Таиров жаловался, что «практически ничего не делается для внедрения самолета в серийное производство». Он предлагал срочно построить небольшую партию машин (15–20 экземпляров) для проведения срочных государственных и войсковых испытаний.

Реакция на письмо была молниеносной. Уже 25 января вышло постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) № 197-96, в котором Таирову поручалось построить и предъявить на госу дарственные испытания два варианта Та-3: первый, с моторами М-89, к 1 мая и второй, с моторами М-90, к 01 октября 1941 г. Для ускорения испытаний предлагалось переделать в Та-3 первый экземпляр ОКО-6. Требования к летным характеристикам совпадали с предложенными Таировым, а варианты вооружения определялись

так: на первом экземпляре – два ШКАСа и четыре пушки ШВАК либо взамен последних – четыре 12,7-мм пулемета Я.Г. Таубина; на втором экземпляре – два ШКАСа, две 23-мм пушки МП-6 конструкции Таубина и одна 37-мм пушка Б.Г. Шпитального (позднее названная ШФК-37).

В феврале приказом Наркома авиапромышленности Шахурина завод № 43 был реорганизован с выделением из его состава нового завода № 483 – бывшей опытной производ ственной базы Таирова. Одновременно было принято решение о прекращении проектирования двухмоторного истребителя ОКО-8 с двигателями АМ-37 и о сосредоточении всех усилий ОКБ на Та-3. Таирову выдавался карт-бланш «настоящего» главного конструктора, на него теперь были обязаны работать мотористы, вооруженцы, специалисты по другим самолетным узлам и агрегатам.

К маю удалось переделать первый экземпляр ОКО-6, оснастив его двухкилевым оперением и удлиненной хвостовой частью. Учитывая опыт аварий, изменили створки основных стоек шасси – в убранном положении колеса стали выступать наружу. Кроме того, вместо досаждавших отказами двигателей М-88Р были установлены моторы М-89 левого вращения со взлетной мощностью 1300 лошадиных сил (1150 лошадиных сил на высоте 6000 м). К сожалению, их надежность также оказалась невысокой.

На испытаниях Та-3, которые с мая проводил летчик Ю.К. Станкевич, летные данные самолета были оценены весьма высоко. Отмечалось, что в пилотировании он проще, чем одномоторный МиГ-3. За боевой разворот с высоты 1000 м истребитель набирал более 700 м. Самолет практически не входил в штопор, при потере скорости опускал нос. Посадочная скорость, пожалуй, была несколько великовата – 140–150 км/ч, но она стала неизбежной платой за возросшую нагрузку на крыло (полетная масса увеличилась до 6000 кг).

«Ложкой дегтя» оказались многочисленные неприятности с моторами М-89. Тряска силовых установок, стружка в масле и другие дефекты постоянно задерживали ход испытаний. В качестве недостатков отмечались так же большие усилия на ручке управления при посадке, неудовлетворительный обзор, особенно вниз – в стороны из-за больших мотогондол. Приболев мощных двигателях максимальная скорость как у земли, так и на высоте 7100 м оказалась меньше, чем у ОКО-6бис – соответственно 460 и 580 км/ч (расчетная на высоте 7000 м – 607 км/ч).

Главным образом это объяснялось худшим производственным исполнением самолета Та-3, возросшей полетной массой, увеличением площади вертикального оперения и наличием антенной мачты.

Для облегчения машины с пушек сняли систему автоматической перезарядки. В качестве альтернативной схемы вооружения рассматривался вариант с двумя пулеметами ШКАС, двумя пушками ШВАК и одной 37-мм пушкой ШФК.

Заключение полетным испытаниям Та-3 в ЛИИ НКАП было положительным: «Рекомендовать Та-3 к серийному выпуску... с основным назначением – истребитель самолетов и танков».

В самый разгар испытаний началась война. Уже через месяц требования ВВС к двухмоторному истребителю изменились. Дальность полета Та-3, составлявшая 1060 км при скорости 442 км/ч, считалась уже недостаточной, и ее рекомендовали увеличить примерно вдвое. Серийное производство самолета вновь отложили.

В качестве двухмоторного истребителя в ВВС РККА применялся Пе-3. Многое в судьбе Та-3 предопределила гибель В.К. Таирова в авиационной катастрофе при перелете из Москвы в Куйбышев в декабре 1941 г. Это трагическое происшествие и перебазирование авиапромышленности на восток резко затормозили подготовку Та-3 к серии.

Только в мае 1942 г. на испытания в ЛИИ поступил очередной и последний вариант этого самолета – Та-3 бис. Машина была переделана из своей предшественницы Та-3. Наиболее существенным изменением в конструкции стала установка новых консолей, выполненных целиком из электрона. Их размах и площадь увеличили, благодаря чему удалось разместить дополнительные бензобаки емкостью 730 л и довести дальность полета до 2060 км.

С целью улучшения маневренности самолета уменьшили вдвое поперечное «V» консолей, а для сохранения центровки придали им небольшую отрицательную стреловидность. Однако дальнейший рост взлетной массы до 6626 кг отрицательно сказался

на длине разбега, скороподъемности, максимальной скорости полета. Новый вариант истребителя оказался практически нейтральным в продольном отношении. Самолет «висел на ручке», что приводило к сильной утомляемости летчиков в длительных полетах.

К августу 1942 г. испытания Та-3 бис были закончены. Крупных претензий к планеру и системам не было, но хронические неприятности с моторами М-89 не позволили реко мендовать самолет в серию. Решением, по-видимому, была бы замена двигателей на уже вполне доведенные М-82. Однако нужда в двухмоторном одноместном истребителе почти перестала ощущаться. Советская Дальняя Авиация практически всегда летала ночью, в условиях, когда истребители сопровождения мало чем могли помочь бомбардировщикам. Летом 1942 г. был снят с производства Пе-3 бис, и лишь ВВС Военно-Морского Флота выразили сожаление в связи с этим. Позднее, в 1943 г., потребность в двухмоторном истребителе вновь признали. Он был необходим для ночного перехвата, блокирования вражеских аэродромов при налетах Дальней Авиации, а также в качестве истребителя-бомбардировщика. Пе-3 бис уже не соответствовал требованиям времени, а имевший великолепные потенциальные возможности поликарповский ТИС был абсолютно новой машиной, для которой не оказалось подходящих серийных моторов.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный авиационный журнал. – 1995. – № 1, 4.
2. Маслов М.А. Утраченные победы советской авиации – М. : Яуза. Эксмо. 2009. – 416 с.
3. О.В. Растренин. Штурмовики Великой Отечественной войны – М. : Яуза. Эксмо. 2008. – 592 с.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ СЕДЬМОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOVING LINKS OF THE SEVENTH SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH TYPE

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев седьмого подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев седьмого подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the seventh subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the seventh subfamily of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение

В работе [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы для определения состава десятизвенных ЗКЦ седьмого подсемейства первого семейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности седьмого подсе-

мейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ седьмого подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(7)} = 5n_ц - 4p_5 - p_2 = 6. \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ седьмого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5 + p_2) + 6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + p_2)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим:

$$p_5 + p_2 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + p_2 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_2 и n_i.

Для седьмого подсемейства: $p_5 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_5 + p_2 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_2 = 13, \\ 4p_5 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) не имеет целочисленных решений.

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_2 = 14$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_2 = 14, \\ 4p_5 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 10,\ p_2 = 4; \quad (I)$$

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_2 = 15$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_2 = 15, \\ 4p_5 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) не имеет целочисленных решений.

Задаваясь $n_2=3,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=5$, а $p_5+p_2\ =\ 16.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 16, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) не имеет целочисленных решений:
Задаваясь $n_2=4,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 17.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 17, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5=9,\ p_2=8; \quad \text{(II)}$$

Задаваясь $n_2=2,\ n_3=1,\ n_4=0$ получим $n_1=5$, а $p_5+p_2\ =\ 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет одно решение: (II).
Задаваясь $n_2=0,\ n_3=2,\ n_4=0$ получим $n_1=6$, а $p_5+p_2\ =\ 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет одно решение: (II).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=1$ получим $n_1=6$, а $p_5+p_2\ =\ 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет одно решение: (II).
Задаваясь $n_2=5,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 18.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 18, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) не имеет целочисленных решений.
Задаваясь $n_2=6,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_2\ =\ 19.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 19, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) не имеет целочисленных решений.
Задаваясь $n_2=7,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 20, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5=8,\ p_2=12; \quad \text{(III)}$$

Задаваясь $n_2=5,\ n_3=1,\ n_4=0$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=4,\ n_3=0,\ n_4=1$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=3,\ n_3=2,\ n_4=0$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=2,\ n_3=1,\ n_4=1$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=3,\ n_4=0$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=2$ получим $n_1=5$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).

Задаваясь $n_2=0,\ n_3=2,\ n_4=1$ получим $n_1=5$, а $p_5+p_2\ =\ 20.$
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (III).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=2,\ n_4=1$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 21.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 21, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (15)$$

Система (15) не имеет целочисленных решений:
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=4,\ n_4=0$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 22.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 22, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (16)$$

Система (16) не имеет целочисленных решений:
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=3$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5+p_2\ =\ 23, \\ 4p_5+p_2\ =\ 44. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5=7,\ p_2=16; \quad (IV)$$

Задаваясь $n_2=1,\ n_3=3,\ n_4=1$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=2,\ n_3=4,\ n_4=0$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=2,\ n_3=1,\ n_4=2$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=3,\ n_3=2,\ n_4=1$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=4,\ n_3=0,\ n_4=2$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=4,\ n_3=3,\ n_4=0$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=5,\ n_3=1,\ n_4=1$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=0,\ n_3=5,\ n_4=0$ получим $n_1=3$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).
Задаваясь $n_2=0,\ n_3=2,\ n_4=2$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_2\ =\ 23.$
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет одно решение: (IV).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев седьмого подсемейства первого семейства пятого вида и могут быть использованы для создания электронного каталога структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. : НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.

2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов : учеб. пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.
3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.
4. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwanglaufigen ebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.
5. Дворников Л.Т. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften der zwanglaüfigen ebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпциге в 1883 г. / Л.Т. Дворников, Н.С. Жуковский // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 621.52

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ВОДОРОДА В СПЛАВАХ ВАНАДИЯ

♦♦♦♦♦

HYDROGEN PERMEABILITY IN VANADIUM ALLOYS

Пивень В.А.
кандидат физико-математических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шипалов В.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ерлагаев В.Ш.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Головко В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Piven V.A.
PhD in Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shipalov V.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Erlagaev V.Sh.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Gainov G.Y.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В обзоре представлены методика экспериментов и результаты исследований водородопроницаемости сплавов на основе ванадия. Показана перспектива применения сплавов ванадия для получения особо чистого водорода из газообразующих смесей, содержащих водород.

Ключевые слова: водород, поток проницаемости, плотность потока, удельная водородопроницаемость, растворимость, коэффициент диффузии, энергия активации диффузии и проницаемости.

Abstract. This review presents the experimental methodology and results of studies on the hydrogen permeability of vanadium-based alloys. The potential for using vanadium alloys to produce ultra-pure hydrogen from hydrogen-containing gas-forming mixtures is demonstrated.

Keywords: hydrogen, permeability flux, flux density, specific hydrogen permeability, solubility, diffusion coefficient, activation energy of diffusion and permeability.

Введение

Водород как экологически чистый источник энергии становится всё более популярным в последние несколько десятилетий. Мембранное разделение – один из наиболее перспективных методов получения чистого водорода. Этот способ позволяет выделить водород из газовых смесей, где помимо водорода содержатся CO_2, CO и другие газы. Мембранные технологии экономически выгодны, так как снижают затраты, уменьшают количество операций и потребление энергии. Это делает их привлекательными в условиях растущего современного спроса на водород.

В качестве эффективных материалов для мембран, разделяющих водород, были разработаны различные металлические мембраны из сплавов металлов 5-ой группы, в том числе палладия и ванадия, эффективно отделяющих сверхчистый водород от других газов при температуре от 400 °C до 600 °C [1, 2]. Проникновение водорода сквозь металлические мембраны происходит в результате последовательной адсорбции и диссоциации водорода на атомы водорода, растворения в металле, диффузии, рекомбинации атомов водорода в молекулу водорода и десорбции.

В этом обзоре мы кратко рассмотрим свойства мембран, созданных на основе металла 5-ой группы – ванадия. Экспериментальные исследования проводились на установке ИМЕТ (г. Екатеринбург, Институт металлургии Уральского отделения Академии Наук РФ) в рамках договора о творческом сотрудничестве между Институтом металлургии Уральского отделения Академии Наук РФ и КВВАУЛ.

1. Экспериментальная установка и методика экспериментов

В основу наших экспериментов был положен метод водородопроницаемости в режиме «сообщающихся сосудов» при постоянной температуре мембраны [3]. Перед каждым измерением проводилась двухсторонняя откачка образца (мембраны) до остаточного давления $1{,}33 \times 10^{-4}$ Па с последующей дегазацией образца. Температура дегазации мембраны была выше температуры предыдущего измерения не менее чем на 50 °С. Вакуумная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

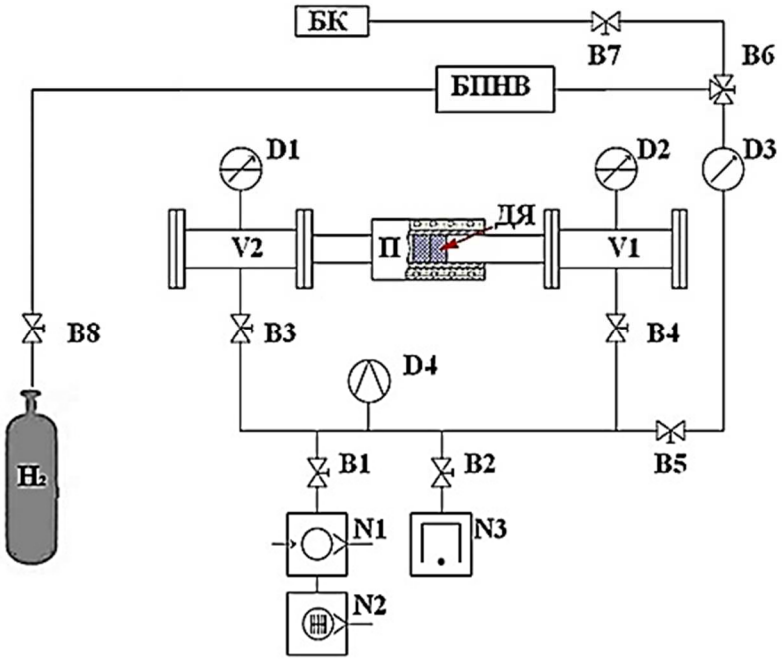


Рисунок 1 – Вакуумная схема установки: B1-B7 – вентили,
БПНВ – баллон предварительного напуска водорода,
(N1+N2) – безмасляный вакуумный пост, N3 – магниторазрядный насос,
D1-D4 – датчики давления, П – печь сопротивления, ДЯ – диффузионная ячейка

Система откачки включает в себя безмасляный вакуумный пост компании Pfeiffer Vacuum HiCube 80 и магниторазрядный насос. В состав откачного поста входят мембранный и турбомолекулярный насосы, позволяющие получить предварительный вакуум до 10^{-7} Торр. Для улучшения вакуумных условий проведения экспериментов используется магниторазрядный насос, позволяющий получить разрежение до 10-9 Торр на обеих сторонах мембраны. Измерение давления в системе в режиме подготовки образца к экспериментам осуществлялось датчиком откачного поста и датчиком D4 WRG-S компании Edwards (от атмосферы до 10^{-9} Торр). Калибровочный баллон (БК) известного объёма (1000 $см^3$) используется для измерений замкнутых объёмов V1 и V2 на входной и выходной сторонах мембраны. В наших экспериментах объёмы на обеих сторонах мембраны были практически одинаковы и равны, соответственно, 1510 $см^3$ и 1520 $см^3$.

Баллон предварительного напуска водорода (БПНВ), содержащий особо чистый водород, (марки А, высокой чистоты 99,9999 %) позволял осуществить его напуск в предварительный объем между вентилями B5 и B6, давление при этом измеряется датчиком D3 (диапазон 0 – 760 Торр). Вентиль B5 является поворотным на 90^0 и позволяет осуществить скачок давления на правой или левой сторонах мембраны соответственно через вентили B4 или B3. Все вакуумпроводы, часть из которых являются гибкими гофрированными трубами, изготовлены из нержавеющей стали.

Две части диффузионной ячейки, содержащей исследуемую мембрану, скреплялись между собой четырьмя болтами. На концах держателя ячейки находятся два фланца, с помощью которых ячейка крепится к установке. Внешний диаметр мембраны 15 мм, внутренний диаметр трубок ячейки 10 мм. Эффективная площадь мембраны, используемая в расчётах проницаемости, варьируется от 78 до 58 $мм^2$, в зависимости от внутреннего диаметра медных прокладок ячейки.

Конструкция установки позволяет осуществлять обратимость потока водорода сквозь мембрану с помощью вентилей В3 и В4. Это даёт возможность, не изменяя вакуумных условий в ячейке и граничных условий на различных сторонах исследуемой мембраны, проводить сравнительные эксперименты по нестационарному проникновению водорода при его напуске на разные стороны мембраны. Регулятор давления компании MKS Instruments 640 с контроллером обеспечивает поддержку давления во входной камере в диапазоне до 1000 Торр с погрешностью 0,1 Торр.

Нагрев ячейки производится внешним нагревателем, рабочий диапазон температур – от комнатной до 700 ^{0}C. Регулировка и стабилизация температуры осуществляется устройством управления температурой ТС4L компании Autonics. Датчиком температуры служит хромель – алюмелевая термопара ТХА, прижатая к стыку двух частей ячейки.

Давление во входном и выходном объемах V1 и V2 диффузионной ячейки измеряется автоматически датчиками D1 и D2 посредством компьютерной программы Edwards – TIC PC Monitor, диапазон измеряемых давлений 0-1000 Торр, погрешность измерений 0,1 Торр. Частота регистрации данных зависит от конкретного эксперимента и может варьироваться от 1 секунды до нескольких минут.

Сплавы готовили следующим образом. Навески компонентов, соответствующие составу образца массой 16 г, плавили в дуговой печи в атмосфере аргона. Предварительный вакуум в системе при получении сплавов был не ниже 10^{-3} Па. Использовали аргон с содержанием примесей не более 10^{-4}. Печь имела водоохлаждаемый медный поддон, плавку вели при помощи не расходуемого вольфрамого электрода при постоянном токе силой 270 А. Образец плавили не менее 5 раз с каждой стороны. Из полученных слитков на прецизионном отрезном станке получали мембраны диаметром 15 мм и толщинами 0,2÷0,3 мм. Полученные диски из сплава полировали, затем прокатывали до готового размера. Для снятия напряжений в образцах применяли вакуумный отжиг в течение 15 минут при 1000 °С. По вышеизложенной методике были приготовлены все исследуемые сплавы.

После дегазации образца и установления заданной температуры, меньшей на 25 °С температуры дегазации, на стороне высокого давления в камеру с известным объёмом V_{in} резко подаётся рабочее давление водорода и включается измерительная аппаратура аналитической части установки. Эксперимент переходит в стадию «сообщающихся сосудов». Измеряется уменьшающееся давление водорода на входной стороне мембраны P_{in} и увеличивающееся давление P_{out} на выходной стороне с известным объёмом V_{out}. Зависимость от времени $P_{in}(t)$ и $P_{out}(t)$ и представляет собой информацию, предназначенную для дальнейшей обработки (рисунок 2).

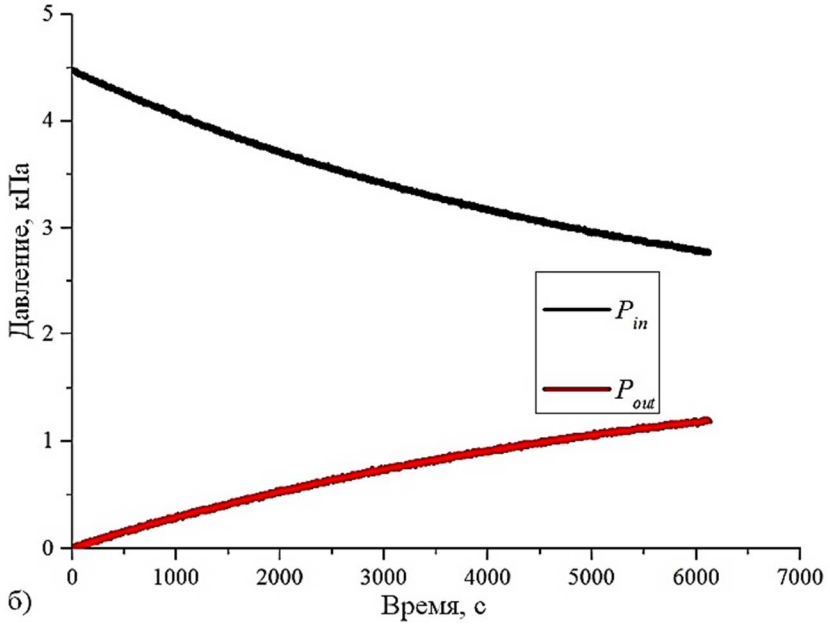


Рисунок 2 – Зависимости давлений водорода на входе P_{in} и выходе P_{out} из мембраны от времени

По полученным зависимостям $P_{in}(t)$ и $P_{out}(t)$ можно достаточно точно определить параметры проницаемости и диффузии водорода в исследуемой мембране. Обработка полученных зависимостей показала, что для завершения эксперимента нет необходимости ждать выравнивания давлений во входной и выходной камерах, т.к. скорость переноса замедляется и выравнивание становится асимптотическим.

Эффективность металлической мембраны определяется плотностью стационарного потока водорода, проходящего через мембрану:

$$J_R = \Gamma D \frac{\sqrt{P_{in}} - \sqrt{P_{out}}}{l}. \quad (1)$$

Уравнение (1) для потока J_R известно, как формула Ричардсона в диапазоне промежуточных давлений (высоких, но не сверхвысоких). Коэффициент проницаемости водорода определяется как ΓD, где Γ – растворимость водорода, D – коэффициент диффузии, l – толщина мембраны. Проницаемость водорода для разных металлов варьируется в пределах нескольких порядков и является ключевой характеристикой для оценки возможности использования материала для очистки водорода.

Плотность потоков водорода сквозь мембрану, разделяющую два замкнутых объёма V_{in} (на входе) и V_{out} (на выходе), была рассчитана по зависимостям $P_{in}(t)$ и $P_{out}(t)$. Уравнение газового баланса, связывающее плотность потока водорода, проходящего через мембрану, и давление газа P в камере объемом V, имеет вид:

$$J = \frac{V}{RTS}\frac{\partial P}{\partial t}, \quad (2)$$

где T – температура, R – универсальная газовая постоянная, S – площадь мембраны.

Следовательно, плотность потока водорода $J_{out}(t)$, пропорциональная скорости увеличения давления на выходной стороне, и плотность потока $J_{in}(t)$, пропорциональная скорости уменьшения давления на входной стороне, описываются соотношениями:

$$J_{out} = \frac{V_{out}}{RTS}\frac{\partial P_{out}}{\partial t}, \quad J_{in} = -\frac{V_{in}}{RTS}\frac{\partial P_{in}}{\partial t}. \quad (3)$$

Если количество водорода, оставшегося в мембране после дегазации, пренебрежимо мало по сравнению с количеством проникающего водорода, то плотности потоков $J_{in}(t)$ и $J_{out}(t)$ можно рассчитать по формулам (3). В диффузионном режиме проникновения водорода сквозь мембрану плотности потоков должны быть одинаковыми. Для обработки и визуализации результатов измерений эксперимента использовали пакет программ *Origin*. Характерные зависимости плотностей потоков $J_{out}(t)$ и $J_{in}(t)$ для исследованных сплавов представлены на рисунке 3.

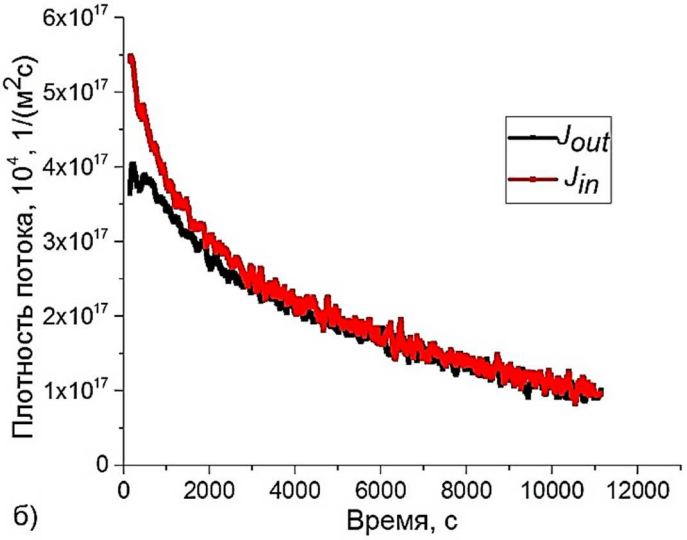


Рисунок 3 – Зависимости плотности потоков водорода на входной стороне J_{in} и выходной стороне J_{out} мембраны от времени

Удельная водородопроницаемость может быть получена как результат деления экспериментальных зависимостей, определяемых по формулам (3), на разницу $\sqrt{P_{in}} - \sqrt{P_{out}}$. В диффузионном режиме проникновения удельная водородопроницаемость не зависит от времени. На рисунке 4 представлены значения удельной водородопроницаемости одного из исследуемых сплавов ванадия (V-10Ti, ат. %), указывающие на диффузионный режим проникновения водорода. Некоторое отклонение от постоянного значения (с точностью до погрешности) связано процедурой численного дифференцирования кривых $P_{out}(t)$ и $P_{in}(t)$ [4].

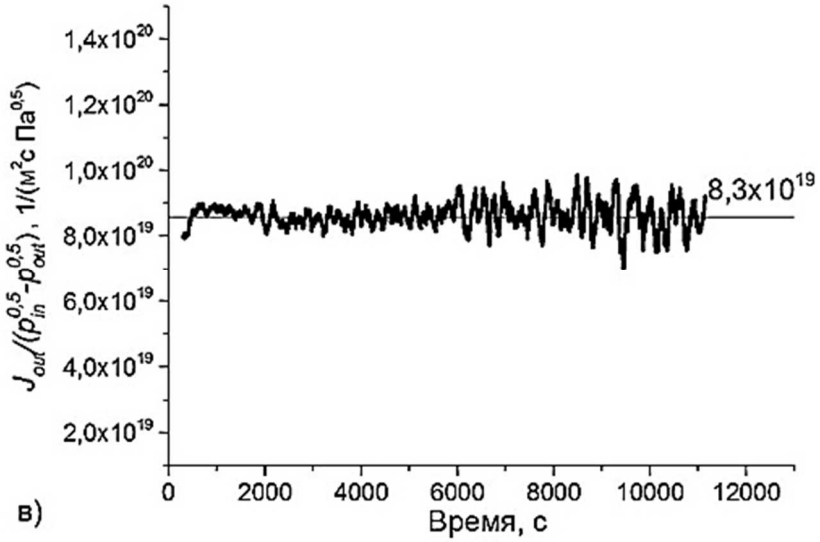


Рисунок 4 – Удельная водородопроницаемость при диффузионном режиме проникновения

2. Структура сплавов металлов 5-ой группы

Металлы 5-ой группы, ниобий, ванадий и тантал, имеющие ОЦК структуру, достаточно трудно вступают в реакцию с газообразным водородом. Это особенно удивительно, поскольку диффузия водорода в металлах с ОЦК-структурой на порядки выше, чем в других металлах [5]. Медленная реакция (или отсутствие реакции при комнатной температуре) обычно объясняется наличием оксидных слоев на поверхности металла [6], которые ингибируют как каталитическую диссоциацию водорода, так и блокируют его проникновение в металл. Было показано, что даже при отсутствии оксидного слоя, по-видимому, сохраняется внутренний барьер для поглощения водорода [7].

В работе [8] обнаружено, что металлы ниобий, ванадий и тантал могут быстро реагировать с водородом при комнатной температуре без каких-либо воздействий путем легирования небольшими количествами второго металла. Металлический радиус легирующего металла должен быть как минимум на 5 % меньше, чем у основного металла 5-ой группы. Впервые этот эффект был обнаружен в Nb-V сплавах, которые чрезвычайно быстро вступают в реакцию с водородом при комнатной температуре и даже при температуре до –50 °С. Металлический радиус ванадия, равный 1,328 ангстрем, на 8 % меньше, чем у ниобия (1,43 ангстрем). Десять атомных процентов ванадия в ниобии привели к тому, что сплав массой 4 г образовал гидрид менее чем за 80 секунд при давлении водорода около 0,1 МПа. Аналогичная скорость реакции была получена для сплавов, содержащих до 60 атомных процентов ванадия. При превышении этой концентрации сплав больше не реагировал с водородом при комнатной температуре, поскольку ванадий теперь был основным металлом, а ниобий имел больший металлический радиус.

Тот же эффект наблюдался при использовании Ta в качестве основного металла. Поскольку металлический радиус Ta такой же, как у Nb, легирование любым из пе-

речисленных выше металлов, у которых металлический радиус меньше, приводило к тому же эффекту, т.е. к быстрой реакции Ta с водородом при комнатной температуре.

В случае ванадия как основного металла (металлический радиус 1,328 ангстрем) только металлы с металлическим радиусом около 1,25 или 1,3 ангстрем (например, кобальт, хром, железо, никель и марганец) вступали в реакцию с водородом при комнатной температуре и давлении водорода значительно выше 0,1 МПа.

Металлы 5-й группы обладают уникальной способностью растворять водород вплоть до критического значения соотношения концентраций H/M ≈0,2 , при котором металл становится хрупким. Это охрупчивание в первую очередь является результатом внедрения примесей, таких как кислород, азот и углерод. Кислород – обычная примесь (до 0,01 ат. %) в сплавах на основе металлов пятой группы, которая снижает растворимость водорода в металле или сплаве [8]. С другой стороны, в работе [5] было показано, что растворенный кислород увеличивает предел растворимости водорода в Nb и V, что можно объяснить кластеризацией водорода вокруг примеси внедрения, однако эффект захвата кислорода может привести к снижению коэффициента диффузии и проницаемости водорода [9], особенно при более низких температурах. Азот также может увеличивать растворимость водорода и снижать коэффициент диффузии при захвате водорода в матрице V и Nb [10].

Для создания мембранных материалов металлы 5-ой группы, в том числе ванадия, необходимо легировать таким образом, чтобы оптимально снизить растворимость, сохранив при этом, насколько возможно, высокий коэффициент диффузии водорода. Таким образом, представляет интерес следующий вопрос, как легирование основного металла влияет на диффузию водорода, неизбежно ли легирование приводит к снижению подвижности абсорбированных атомов водорода или легирование способно увеличивать диффузию водорода.

3. Экспериментальные результаты водородопроницаемости сплавов ванадия

3.1 Сплав ванадий – никель V-15Ni, ат. %

Бинарные сплавы V–Ni сохраняют структуру ОЦК вплоть до состава V-15Ni, ат. %, и эти сплавы привлекают внимание исследователей за их свойства извлечения водорода из газовых смесей с высокой проницаемостью и значительно улучшенной долговечностью и стойкостью к охрупчиванию. Сплавы V – Ni имеют самую низкую растворимость водорода. Помимо сплава V-15Ni, существует широкий диапазон возможных составов для применения по очистке водорода на основе бинарных, тройных или даже четверных сплавов V, а также Nb, Ti и Ta. Влияние легирования ванадия никелем на диффузию водорода исследовалось в работах [11–13]. В работе [11] установлено, что при 673 K коэффициент диффузии водорода в сплавах V-Ni лишь в 2 раза ниже, чем в чистом ванадии, но с уменьшением температуры коэффициент диффузии в сплаве V-Ni значительно уменьшается, и в результате при более низких температурах эта разница становится более существенной.

На рисунке 5 представлены зависимости давления во входной P_{in} и выходной P_{out} камерах от времени для сплава V-15Ni при различных температурах [13]. Зависимости давления в камере входа являются линейными на протяжении длительного периода времени, а снижение давления составляет менее 10 % от первоначального значения.

На рисунке 6 представлено сравнение данных по удельной проницаемости водорода для мембраны V-15Ni, иследованной в работе [13], с палладием [14] и мембранами V-15Ni с палладиевым покрытием [9]. Очевидно, что при 773 K проницаемость водорода для мембраны V-15Ni одного порядка с проницаемостью палладия и снижается с уменьшением температуры.

Мы предполагаем, что такая температурная зависимость потока проникающего водорода сквозь мембрану V-15Ni является результатом существенного влияния скорости поверхностной диссоциации водорода или наличия большого количества дислокаций и границ зёрен в объеме мембраны – границы мелких частиц фазы V_3Ni способны задерживать водород.

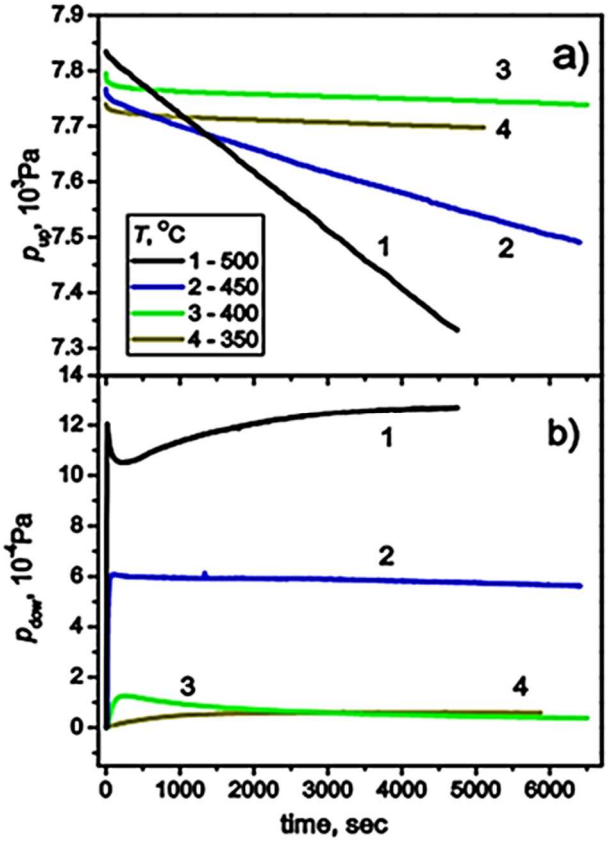


Рисунок 5 – Зависимости давления водорода со стороны входа Pin (а) и выхода Pout (б) от времени в сплаве V-15Ni при различных температурах [13]

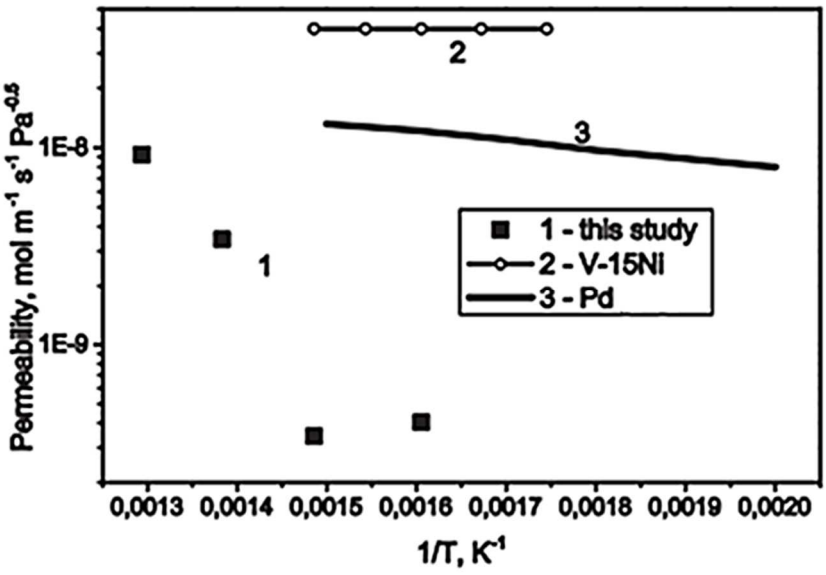


Рисунок 6 – Удельная проницаемость водорода в сплаве V-15Ni, исследованного в работе [13] (1), палладии [14] (2) и сплаве V-15Ni с покрытием из палладия [9] (3)

Однако количество ловушек, создаваемых этими границами, невелико, а также более низкие значения зарегистрированных потоков проникновения водорода привели нас к преобладающей версии о влиянии поверхностной диссоциации. Следует обратить внимание на то, что результаты работы [13] были получены при температуре 617–769 К, что позволяет свести к минимуму структурные изменения материала во время

экспериментальных процедур. Однако только влияние скорости поверхностной диссоциации водорода не может полностью объяснить все аспекты проникновения водорода сквозь данный сплав.

Нами было установлено, что параметры проницаемости водорода в сплаве V-15Ni варьируются в зависимости от концентрации водорода в микрообластях с разным содержанием никеля. Таким образом, при высокой концентрации водорода в сплаве процедура экстраполяции, основанная на классической модели проницаемости для водорода, может стать неадекватной и бесполезной для прогнозирования потока.

3.2. Сплав ванадий – титан V-10Ti, at. %

В работе [15] измерялись коэффициенты диффузии водорода и дейтерия в ванадий-титановых сплавах, содержащих до 30 ат. % Ti. Диффузионная способность водорода и дейтерия быстро уменьшалась с увеличением концентрации титана. Коэффициенты диффузии показали аррениусовскую температурную зависимость в каждом сплаве между 230 и 473 К с энергиями активации, которые увеличивались с концентрацией титана. Коэффициент диффузии линейно уменьшался с увеличением концентрации водорода во всех сплавах. Растворимость водорода заметно увеличивалась с концентрацией титана.

На рисунке 7 представлены наши экспериментальные результаты исследования сплава V-10Ti методом «сообщающихся сосудов». Согласно нашим экспериментальным данным следует, что сплав V-10Ti по величине удельной водородопроницаемости сопоставим с палладием [10] – среднее значение удельной проницаемости указано на полях графика.

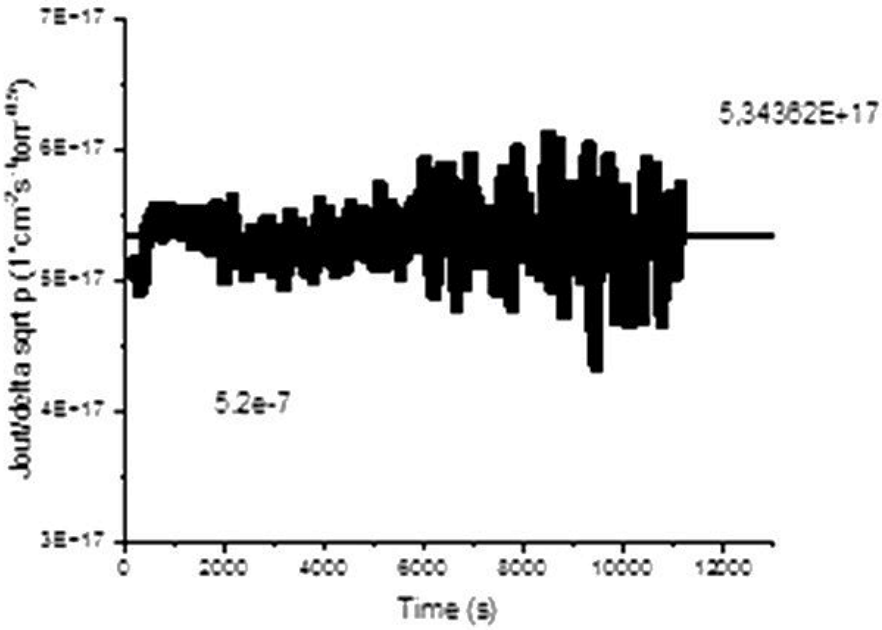


Рисунок 7 – Удельная водородопроницаемость сплава V-10Ti при температуре 873 К

3.3 Сплав ванадий – кобальт V-10Co, at. %

В наших экспериментах было установлено, что мембрана из сплава V-10Co толщиной 0,3 мм, не содержащая на поверхности каталитического Pd-слоя, демонстрирует удовлетворительную удельную водородопроницаемость ($1{,}35 \times 10^{-8}$ моль $м^{-2}$ $с^{-1}$ $Па^{-0{,}5}$) при относительно низкой температуре около 623 К. Считаем, что это связано с уменьшением растворимости и увеличением диффузии водорода в сплаве. В работе [16] также установлено, что металлы в правой верхней части периодической таблицы Менделеева, такие как Fe и Co (группа VIII- B), демонстрируют больший эффект снижения растворимости водорода по сравнению с металлами в левой части периодической таблицы, такими как Cr и Mo (группа VI-B).

Результаты РФЭС исследования сплавов V-Me, (Me = Ni, Co, Ti) [11] показали наличие стабильных оксидов на металлах Ni и Ti, кроме Co. Данная особенность ко-

бальта, по-видимому, связана с его электронными свойствами, которые приводят к возможности образования оксида кобальта (CoO) лишь при нагревании на воздухе до 573 К. А восстановление данного оксида кобальта происходит при его нагреве до 663–973 К в атмосфере водорода [17], т.е. в условиях испытаний мембран. Карбидов на поверхности сплавов V-10Ti и V-10Co не было обнаружено, а в сплаве V-15Ni их доля мала. Совместное присутствие в спектрах энергетических состояний металлов в окисленном и в металлическом состояниях говорит о том, что образцы окислены лишь на поверхности [18]. По данным об интенсивности пиков катионов металлов, объемной плотности атомов металла в структурных составляющих (металле и оксиде) и длинах свободного пробега электронов, была произведена оценка толщины оксидного слоя в соответствии с методикой, представленной в [18]. Наши расчеты показали, что толщина оксидного слоя в изученных сплавах составляла не менее 7 нм. Толщину этого слоя, по-видимому, можно снизить путем ионного либо электрохимического травления поверхности. Однако, даже в случае такой очистки поверхности остается возможность формирования тонкого барьерного слоя на поверхности за счет сегрегации кислорода, присутствующего в объеме сплава, даже в случае нанесения защитно-каталитического покрытия из благородных металлов, например палладия.

На рисунке 8 приведены результаты наших экспериментов по проницаемости водорода сквозь сплав V-10Co при температуре 873 К и давлении 13,7 кПа методом «сообщающихся сосудов». По данным о водородопроницаемости был произведен расчет величин энергий активации в соответствии с законом Аррениуса. Значения энергии активации водородопроницаемости для чистого ванадия хорошо известны и лежат в пределах 24–39 кДж·моль$^{-1}$ [19]. Полученная величина энергии активации E_p = 36,2 кДж·моль$^{-1}$ водородопроницаемости для сплава V-10Co близка к значению энергии активации проницаемости для ванадия.

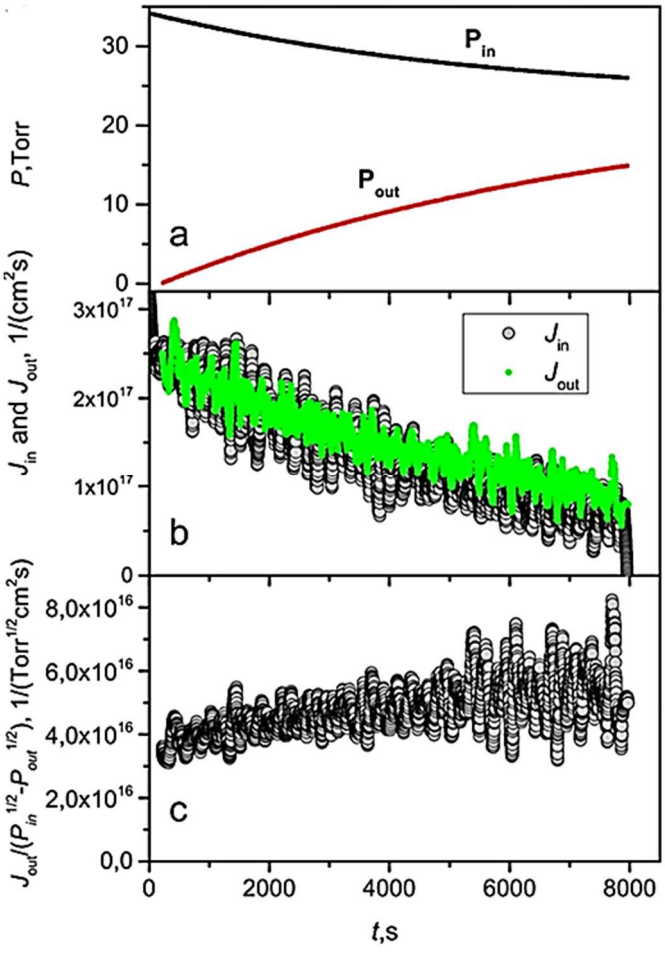


Рисунок 8 – Зависимость давления во входной и выходной камерах (a), плотности потока (b) и удельной проницаемости (c) водорода от времени в сплаве V-10Co

Заключение

Проведенные исследования водородопроницаемости сплавов на основе ванадия показали, что мембраны из сплавов V-10Ti, V-10Co и V-15Ni по величине удельной водородопроницаемости превосходят значение 1×10^{-9} моль $м^{-2}$ $с^{-1}$ $Па^{-0,5}$, однако данный параметр у сплава V-15Ni в ~2 раза выше, чем у сплава V-10Co и ~3 раза выше, чем у сплава V-10Ti. Из всех рассматриваемых сплавов наиболее сильную зависимость водородопроницаемости от температуры наблюдали у сплава V-10Ti.

В целом следует отметить, что поглощение водорода увеличивает межатомные пространства в металлической решетке сплава, что приводит к изменению зонной структуры металла-носителя. Кроме того, при достаточно высоком давлении может возникнуть затруднение диффузии водорода из-за отсутствия доступных свободных участков, так как предельная растворимость водорода в ОЦК-металлах очень высока (отношение H/M до 0,8).

Изученные сплавы V-15Ni, V-10Ti и V-10Co являются перспективными сплавами для получения особо чистого водорода из газовых смесей, содержащих водород.

Список литературы:

1. Tosti S. Supported and laminated Pd-based metallic membranes, Int. J. Hydrogen Energy 28. – 2003. – P. 1445–1454.
2. Santucci A. 4 – Alternatives to palladium in membranes for hydrogen separation: nickel, niobium and vanadium alloys, ceramic supports for metal alloys and porous glass membranes / A. Santucci, S. Tosti, A. Basile // Handbook Membrane Reactors. – 2013. – № 1. –P. 183–217.
3. Alloys based on Group 5 metals for hydrogen purification membranes / S. Kozhakhmetov [et al.] // J of Alloys and Compounds 645. – 2015. – P. s36–s40.
4. Заика Ю.В. Моделирование быстрой водородопроницаемости сплавов для мембранного газоразделения / Ю.В. Заика, Н.И. Родченкова // Журнал технической физики. – 2017. – Т. 87. – Вып. 5. – P. 651–658.
5. Dolan M.D. Non-Pd BCC alloy membranes for industrial hydrogen separation, J. Membr. Sci. 362. – 2010. – P. 12–28.
6. Pick M.A. Kinetics of hydrogen absorption-desorption by niobium // Phys. Rev. B 24, 4287 (1981).
7. Hydride formation rates of B.C.C. group V metals / A.J. Maeland [et al.] // Journal of the Less Common Metals. – 1984. – № 104(1). – P. 133–139. DOI:10.1016/0022-5088(84) 90449-1.
8. Influence of oxygen on permeation of hydrogen isotopes through group 5 metals / Y. Hatano [et al.] // Fusion Science and Technology. – 2008. – № 54. – 526 p.
9. V-Ni alloy membranes for hydrogen purification / C. Nishimura [et al.] // J Alloy Comp. – 2002. – P. 330–332:902-6. https://doi.org/10.1016/S0925-8388(01)01648-6
10. Alefeld G. Hydrogen in Metals, Basic Properties, & Vol. II. Application-Oriented Properties, Springer-Verlag / G. Alefeld, J. Volkl. – New-York, 1978, Vol. I. 21.
11. Phair J.W. Developments and design of novel (non-palladium-based) metal membranes for hydrogen separation. Industrial and Engineering Chem Res. – 2006. 45: 5657–74.
12. Hydrogen transport through V85Ni10M5 alloy membranes / M. Dolan [et al.] // Journal of Membrane Science. – 2011. – Vol. 373. № 1–2. – P. 14–19.
13. Structure and hydrogen permeability of V-15Ni alloy / A. Baraban [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. – 2019. – Vol. 44. – № 50. – P. 27492–27498.
14. Gahr S. Hydrogen embrittlement of niobium--iii. high temperature behavior / S. Gahr, H.K. Birnbaum // Acta Metall. – 1978. – Vol. 26. – P. 1781–1788.
15. Peterson D.T. Hydrogen and deuterium diffusion in vanadium-titanium alloys / D.T. Peterson, H.M. Herro. // Metallurgical and Materials Transactions. – 1987. – Vol. 18. – P. 249–254
16. The permeability of hydrogen in bulk palladium at elevated temperatures and pressures / B.D. Morreale [et al.] // Journal of Membrane Science. – 2003. – Vol. 212.
17. Лидин Р.А. Химические свойства неорганических веществ / Р.А. Лидин, В.А. Молочко, Л.Л. Андреева. – 3-е изд., испр. – М. : Химия, 2000. – 480 с.
18. X-ray photoelectron spectroscopic chemical state quantification of mixed nickel metal, oxide and hydroxide systems / M.C. Biesinger [et al.] // Surface and Interface Analysis. – 2009. – Vol. 41. – P. 324–337.
19. Preparation of palladium-coated V and V-15Ni membranes for hydrogen purification by electroless plating technique / T. Ozaki [et al.] // International Journal of Hydrogen Energy. – 2003. – Vol. 28. – № 3. – P. 297–302.

УДК 656

РЕАКТИВНЫЕ ИСТРЕБИТЕЛИ КОНСТРУКТОРА АЛЕКСЕЕВА

♦♦♦♦♦

JET FIGHTERS DESIGNED BY ALEKSEEV

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Новик А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о проектах и летающих образцах реактивных истребителей С.М. Алексеева, о его вкладе в развитие авиации и космонавтики.

Ключевые слова: самолет, двигатель, реактивный, истребитель-перехватчик, скорость, высота, компоновка, испытатель, катапультное кресло, космонавтика.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Novik A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describes the projects and flying samples of jet fighters S.M. Alekseev, about his contribution to the development of aviation and astronautics.

Keywords airplane, engine, jet, fighter-interceptor, speed, altitude, layout, tester, ejection seat, astronautics.

До конца 30-х годов все советские самолеты, созданные гением и руками отечественных конструкторов, инженеров и рабочих, несли на себе буквенные и цифровые индексы. Истребители (И), бомбардировщики (Б), ближние (ББ), дальние (ДБ), Скоростные (СБ), разведчики (Р), морской (МР), ближний (БР), дальний морской (ДМР), высотный истребитель-перехватчик (ВИП) и так далее. Цифра показывала порядковый в строю крылатых собратьев по предназначению. К началу 40-х решением Совета Народных Комиссаров, по личному указанию И.В. Сталина всем самолетам стали приписывать буквенное обозначение из фамилий главных конструкторов.

Так в небе нашей родины появились самолеты Ту (Туполева), Як (Яковлева), Ил (Ильюшина), Ла (Лавочкина), Су (сухого), МиГ (Микояна и Гуревича), Пе (Петлякова), К (Калинина), СК (Сергея Королева) и другие.

Такой чести удостаивались только самолеты, идущие в серию и принятые на вооружение армии или вошедшие в состав гражданского воздушного флота. К сожалению, за этой линейкой прекрасных машин, осталось много уникальных самолетов и фамилий их создателей.

По ряду причин экономических, технических, политических эти воздушные суда, так и не встали в крылатый строй, а фамилии их создателей известны лишь узкому кругу историков и любителей авиации. Хотя их технические характеристики часто превышали данные серийных машин, а некоторые экземпляры на много лет опережали свое время. Об одном из таких авиаконструкторов и его самолетах наш рассказ.

Семен Михайлович Алексеев родился 24 декабря 1909 года, его родители умерли, и мальчик остался сиротой. Из детского дома его забрала и воспитала простая рабочая семья, дальние родственники Алексеевы. После окончания 7-летней школы, парень пошел работать на завод «Пролетарский труд».

В середине 20-х годов наша страна активно строила свой воздушный флот, все юноши и девушки бредили авиацией. Стремились летать, строить самолеты, прыгать с парашютом, покорять стратосферу. Мечта о профессии авиаконструктора захватила и Семена Алексеева. В начале 30-х годов он без отрыва от производства, заканчивает вечернее отделение Московского авиационного института. Дополнительно посещая конструкторские курсы А.Н. Туполева и С.В. Ильюшина.



С.М. Алексеев во время поездки на фронт



С.М. Алексеев руководитель работ по космическим скафандрам

Рисунок 1

Участвует в разработке гермокабины стратостата «СССР-1» и стратосферного самолета БОК-1. Профессиональный рост молодого авиационного инженера проходит во многих конструкторских бюро: В.А. Чижевского, А.А. Дубровина, В.П. Горбунова, где он показал отличные способности как инженера, так и организатора коллективной работы единомышленников.

С 1941 года и до окончания Великой Отечественной войны Алексеев работает в КБ Семена Алексеевича Лавочкина участвует в разработке всех фронтовых истребителей его конструкции.

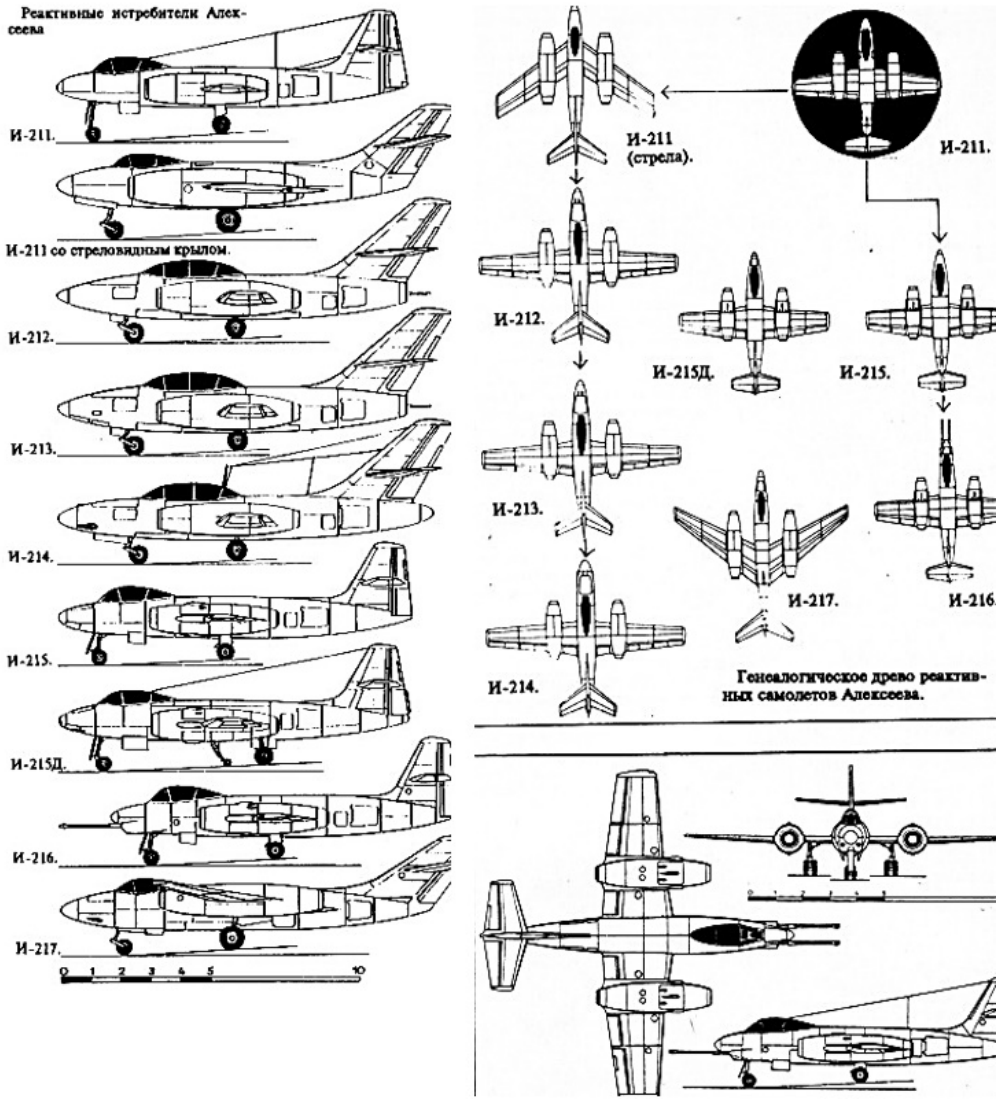


Рисунок 2

С одобрения Лавочкина, Алексеев возглавил работу по переоборудованию серийного самолета ЛаГГ-3, под мощный мотор А.Д. Шевцова М-82, что стало основой замечательных технических и летных характеристик самолета Ла-5 и его последующих собратьев Ла-5фн, Ла-7, Ла-9, Ла-11. Семен Михайлович постоянно работал над улучшением скоростных характеристик истребителей.

Он спланировал установку на самолет Ла-7 разгонный реактивный двигатель. Добился встречи с разработчиками реактивного ускорителя в «шарашке» в городе Казани где познакомился, тогда еще заключенным Сергеем Павловичем Королевым и Уманским Наумом Львовичем, с которыми потом много сотрудничал по вопросам ракетной и космической техники. Их сотрудничество переросло в крепкую дружбу.

После освобождения Королев и Уманский и ряд других специалистов были командированы в Германию для ознакомления с немецкими разработками реактивных и ракетных двигателей.

В самом конце войны у немцев появились самолеты с турбореактивными двигателями (ТРД) фирм Юнкере – ЮМО-004 и БМВ – БМВ-003. Ни у союзников, ни у нас таких машин не было. Конечно, спецслужбы наступающих войск Советской армии получили задачу: найти эти самолеты, а главное, их двигатели, техническую документацию к ним. В мае 194S года для этих же целей также сформировали бригады из авиаспециалистов. Переодели их в военную форму и отправили в Германию. И вот уже осенью 1945 года мне довелось познакомиться с полными комплектами конструкторской, тех нологической и испытательной документации по упомянутым двигателям. Немцы занимались созданием авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) еще в 1940 году и успели сделать очень много. В отличие от англичан и их талантливого конструктора Уитла они использовали не центробежные компрессоры, а осевые, которые в принципе по своим характе ристикам были более перспективными. Сейчас практически все ГТД оснащены осевыми компрессорами.

Сразу же было принято решение скопировать двигатели. Продукцией фирмы Юнкере занялось моторное КБ на Уфимском заводе, а двигателями БМВ – КБ завода в Казани. Дело пошло довольно быстро, и уже к концу 1946 года появились ГТД советского производства. Двигатель, в основе которого лежала конструкция фирмы ЮМО, на звали РД-10 (тяга 900 кге), а БМВ – РД-20 (тяга 800 юс).

Советские инженеры быстро освоили основные конструктивные особенности ГТД, а главное, принципиально новые технологические процессы в производстве, и к концу 1948 г. достигнут показатель тяги – более 3000.

Именно на базе скопированных двига телей и были созданы реактивные самолеты МиГ-9, Як-15, Ла-150 (над послед ним поработал и Алексеев). Они имели большие скорости, но малые дальность и продолжительность полета.

ОКБ Лавочкина с основными силами перебазировали в Москву. Алексеева же в июне 1946 года назначили главным конструктором ОКБ-21 при Горьковском авиационном заводе. До 1948 г. он строил 4 типа опытных самолетов оригинальных конструктивных схем. Заводское произ водство к тому времени освободилось от огромных военных заказов, и возможности открывались блестящие.

Эти самолеты – среднепланной схемы, цельнометаллические. Они имели снача ла прямые, трапециевидные крылья тонкого сечения. Характерно располагались двигатели – «вписывались» в крыло, полки лонжеронов полукругами обходили их габарит. Первый из серии – одномест ный, дальний истребитель-перехватчик получил наименование И-211. Для него Алексеев применил один из первых отечественных газотурбинных двигателей изделие КБ А.М. Люлька ТР-1. Хотя его тяга оказалась меньшей, чем у Микулинского АМТКРД-01, он удачно подходил по размерам, массе и простоте эксплуатации.

Самолет имел 3 бензобака в фюзеляже, общей емкостью 2000 кг, дополнительно – 2 – по 250 кг. Они могли быть сброшены в полете. Оба ТР-1 (тяга по 13 кН) размещались в крыле.

Несущее крыло И-211 имело ламинарный профиль ЦАГИ. На передней кром ке сделали предкрылки. Они выдвигались при старте и заходе на посадку. Хвостовое оперение выполнили крестообразным. Фюзеляж – круглого сечения. В носок встроили мощный прожектор. Он освещал цели в ночном бою и ВПП при посадке. Предусматривалась установка радара. Планировалось 2 варианта вооружения. Первый: между по-

лом гермокабины и нишей переднего шасси устанавливали 3 пушки Н-37, каждая с 30 снаряда ми, или 4 – 6 23-мм. Второй: две пушки 57 мм или даже 75. Все варианты рассчитывались на одинаковый вес, чтобы при нормальной нагрузке не смещался центр тяжести. Замена пушек с зарядным ящиком могла проводиться прямо на аэродроме.

Были предусмотрены дополнительные узлы подвески для бомб, разведыватель ной аппаратуры и другого оборудования, общим весом до 1000 кг.

С обеих сторон фюзеляжа находились прямоугольные аэродинамические (воздушные) тормоза. Они предназначались для снижения скорости при пикировании, чтобы не выйти на сверхзвук. Соеди нялись с приемником полного давления и автоматически открывались при дости жении критических режимов. При необходимости совершить маневр в воздухе или уменьшить посадочную скорость, можно было ими управлять вручную.

Осенью 1947 г. летчик-испытатель А.А. Попов приступил к летным испытаниям И-211, позже на нем летали А.А. Ефимов и М.Л. Галлай. Машина оказалась простой в управлении и пилотировании. Вблизи земли скорость составляла 950 км/ч, на высоте 4000 м – 910 км/ч. Время подъема на 5000 м – 3 мин. Словом, И-211 стал одним из самых многоцелевых самолетов своего времени и послужил образцом для многих современных. Правда, оказалось, что двигатели ТР-1 по тяге малы (к тому же они не строились серийно). Но удачная компоновка сило вой установки позволяла оснастить И-211 более мощным ГТД без существенных изменений конструкции.

Чтобы повысить максимальную скорость в варианте истребигеля-перехватчика, Алексеев предложил использовать двигатели типов ТР-1А (14,7 kN) или РД-500 (15,6 kN). Прорабатывалась возможность установки двух РД-45 по 21,8 kN, при этом возросли бы одновременно скорость (хотя и немного) и дальность полета. На этапе доделок и усовершенствований работы над И-211 решили прекратить.

Алексеев начал конструировать двух местный истребитель-перехватчик с боль шой дальностью и продолжительностью полета. Он использовал результаты летных испытаний однотипных Су-9, Су-11, И-211 и дополнительных продувок в аэро динамической трубе. Машина получила наименование И-212. С 3 т керосина в баках рассчитывалась на дальность 2300 км, а с двумя подвесными по 550 кг – до 3100 км. Оснащалась двумя двигателями РД-45 с тягой 21,9 kN. Потом их заменили на серийные ВК-1А. На крыле установили, как и на И-211, разделенные пред крылки. Эго улучшило стартовые и посадочные характеристики. Воздушные тормоза разместили в хвостовой части фюзеляжа. В его носке впервые поставили радар «Торий-1».

Вооружение состояло из 5 пушек. В носке фюзеляжа сверху радара встроили батарею из трех неподвижных: одна НС-37 калибра 37 мм (боезапас 75 снарядов) и две НС-23 23-мм пушки (200 снарядов). В хвостовой части находились 2 пушки Г-20 (по 150 снарядов). Они уп равлялись дистанционно стрелком-радистом, размешенным за пилотом, спиной к нему. Пушки могли отклоняться вниз на 70°. Экипаж надежно защищала броня.

Летом 1948 года самолет был построен и прошел наземные испытания. Их начал шеф-пилот АЛ. Попов. Он выполнил не сколько пробежек, проверил управление.

Одновременно с И-212 проектировались его варианты: легкий бомбардиров щик И-213 и разведчик И-214.

В серию «212» не пошел, но именно он стал предшественником «микояновского» И-320, «лавочкинского» – Jla-200 и наиболее близкого своего «родственника» – Як-25 констукции А.С. Яковлева.

В конце 1947 г. был построен одномес тный истребитель-перехватчик, по фор мам и размерам повторяющий И-211, но с двигателями РД-500 с тягой 15,6 kN. Ему присвоили наименование И-215. Машина имела ряд важных особенностей. Передняя стойка шасси само лета убиралась в небольшую нишу впереди от центрального бака. Задние аморти зационные имели две пары колес увеличенного диаметра. В передней части фюзеляжа в носке размещался радиолокатор. Кабина летчика создавалась герметичной. Фонарь был сбрасываемым, сиденье катапультируемым. Аэродина мические тормозные щитки открывались вручную или автоматически при достижении критической скорости.

Вооружение состояло из трех пушек Н-37 (по 30 мм) или двух НС-57 (35 мм), или двух 113П-57 (35 мм).

Строилась и вторая машина – дублер. Ее поставили на велосипедное шасси.

Первый полет на И-215 выполнил тот же Попов. Затем в испытаниях приняли участие такие знаменитые асы, как С.Н. Анохин, М.Л. Галлай, И.Т. Иващенко, А.Н. Ефимов и И.Е. Федоров.

Вначале 1948 г. было подготовлено серийное производство И-215. Однако работы снова прекратили. Все силы тогда бросили на увеличение выпуска уже хорошо зарекомендовавшего себя истреби теля МиГ-15. Отложили также строительство И-216 с двумя крупнокалиберными пушками.

Алексеев продолжал работать. Он изучал исследования ЦАГИ, частично известные к тому времени материалы конструктора фирмы Юнкере Б. Бааде. Постепенно у него вырисовался проект машины с крылом отрицательной стрело видности. Оно обеспечило бы хорошие летные характеристики на скоростях, близких к звуковой. Но Алексееву отказали в строительстве новаторской машины И-217. На память остались только фотографии ее моделей.

Следующий самолет конструктора – это И-218, двухместный штурмовик. Он был выполнен по довольно консервативной схеме. Алексеев будто вернулся к идеям своего дипломного проекта.

И-218 имел двухбалочную схему. Кры ло сделали со стреловидностью в 16 °С по передней кромке, задняя являлась прямой. Передняя кабина обеспечивала летчику отличный обзор. Двигатель поршневый ВД-251, Х-образной схемы и мощностью около 2000 лошадиных сил, с толкающим винтом АВ-28 диаметром 3,6 м. В состав вооружения входили ракеты и бомбы.

Пушки находились в носке фюзеляжа под днищем кабины и могли наклоняться вниз до 25 °С. Планировались либо 4 НР-23 (с магазином по 150 снарядов на пушку).

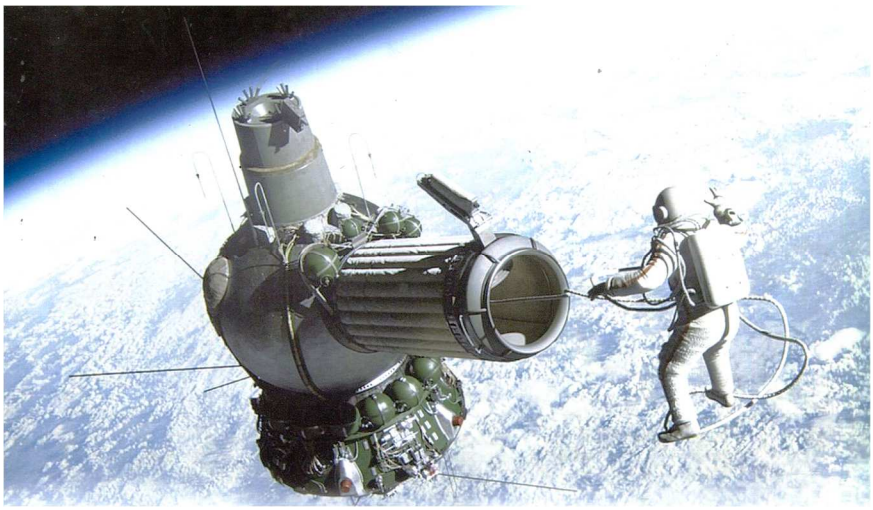


Рисунок 3 – Космонавт Алексей Леонов первым вышел в открытый космос в скафандре конструкции С.М. Алексеева

Для обороны сзади в хвосте по наружным бортам балок применялись две турельные огневые установки с дистанционным управлением с 20-мм пушками (боезапас 120 снарядов).

В носовой части фюзеляжных балок располагались автоматические наружные ракетные установки. В бомбовых отсеках можно было подвесить 6 стокилограммовых бомб или более мелких в соответствующем количестве.

Под фюзеляжем также размещались бомбы или торпеды весом до 1500 кг.

Управление рулями и элеронами осуществлялось посредством обособленных систем, правой и левой, так что при повреждении одной половины самолет сохранял управляемость.

Машину не построили, она также «осталась в модели». Две последующие мо дификации – И-218-II и И-218-Ш – также не смогли убедить командование ВВС в новых

возможностях самолетов. Та же участь постигла реактивный истребитель с подвижной пушкой в носу фюзеляжа.

Осенью 1948 г. ОКБ-21 и некоторые другие закрыли. Алексеев получил специ альное задание возглавить два особых КБ. В них работали немецкие специалисты, вывезенные главным образом с фирмы Юнкерса. Под руководством Брунольфа Бааде они занимались модификацией ЮЕФ-131 – развитием Ю-287.

ЮЕФ-131 испытывался в ЛИИ до 1947 г. Полученные результаты не убедили наших специалистов в существенных преимуществах отрицательной стреловиднос ти крыла перед положительной. В это же время Бааде спроектировал бомбарди ровщик «150». Чтобы уменьшить его вес, он предусмотрел тандемное (велосипедное) шасси. Эго шасси Алексеев устано вил на И-215Д для испытаний.

ОКБ-2 занималось доводкой и испытаниями Г-346, изготовленного на макете еще в Германии. Его назвали «самолет 346». Сначала его опробовали в качестве планера, потом снабдили ракетным двигателем. Однако попытка достичь свер хзвуковой скорости кончилась аварией. Летчик спасся в спускаемой на парашюте кабине.

В 1950 году С.А. Алексеева перевели на должность начальника конструкторского отдела в ЛИИ им. М.М. Громова. В течении двух лет он занимался разработкой летающих лабораторий, необходимых для отработки экспериментальных изделий новых моделей турбореактивных и турбовинтовых двигателей, а также тематикой дозаправки самолетов в воздухе. Известно, что под руководством С.А. Алексеева создана летающая лаборатория Ту-4 ПЛ.

В октябре 1952 года его назначили на должность главного конструктора завода № 918 с собственным опытно-конструкторским и исследовательским отделом.

Это предприятие в последствии стала называться НПП «Звезда».

Основным направлением его деятельности являлась разработка различных функциональных систем и специального оборудования. Это топливные, противопожарные системы, катапультные кресла, различные скафандры, герметические и защитные шлемы.

Постепенно предприятие перешло на космическую тематику. Были разработаны скафандры и катапультные кресла для первых советских пилотируемых космических кораблей в том числе для первого в мире космонавта Ю.А. Гагарина и первой в мире женщины космонавта В.В. Терешковой. Звездным часом конструктора С.М. Алексеева в области космонавтики стал первый в мире скафандр для работы в открытом космосе испытанный на орбите А.А. Леоновым.

Потом были работы с кораблями «Союз», под его руководством была создана система щлюзования, а так же ряд катапультных кресел для космических кораблей.

С 1987 года Семен Михайлович на пенсии. Жил в городе-герое Москве. Скончался 4 февраля 1993 года. Похоронен на Ваганьковском кладбище г. Москвы.

За выдающийся вклад в развитие отечественной авиации и космонавтики С.М.Алексеев удостоен высоких государственных наград в том числе: Герой Социалистического труда, орденом Ленина. Двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденом Красной Звезды, многими медалями. Его трудовой путь от рядового чертежника, до руководителя авиационных и космических ОКБ, должен быть примером для молодых авиационных инженеров и курсантов авиационных училищ.

Список литературы:

1. Крылья Родины. Научно-популярный журнал. – 1993. – № 6.
2. Подрепный Е.И. Реактивный прорыв Сталина. – М. : Яуза. Эксмо, 2008. – 576 с.

УДК 620.22

ДИСКРЕТНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

♦♦♦♦♦

DISCRETE FILLERS OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Куликов М.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
mvkulikov@list.ru

Куликова Т.А.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
takulikova@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются наполнители полимерных композиционных материалов (ПКМ), их классификация, требования, предъявляемые к ним. Приведены примеры наиболее распространенных дискретных наполнителей – дисперсных (порошкообразных), пластинчатых, зернистых, рубленых волокон – их характеристика, типичные области использования.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, композиты, наполнители, дискретные наполнители, армирующие элементы.

Kulikov M.V.
PhD in Sciences in Technology,
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
mvkulikov@list.ru

Kulikova T.A.
PhD in Sciences in Chemistry,
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
takulikova@list.ru

Abstract. This article discusses fillers in polymer composite materials (PCMs), their classification, and the requirements placed on them. Examples of the most common discrete fillers – powdered, lamellar, granular, and chopped fiber – are provided, along with their characteristics and typical applications.

Keywords: polymer composite materials, composites, fillers, discrete fillers, reinforcing elements.

Наряду со связующими важнейшими компонентами композиционных материалов являются наполнители. Для наполнения композитов используются самые разнообразные материалы в различном структурном состоянии. Они выполняют самые разные функции – от формирования комплекса механических свойств композита до придания материалу специальных свойств (электрических, магнитных, фрикционных или антифрикционных и т.д.). Имеет смысл разделить наполнители на две группы по основным функциям, которые они выполняют в конкретном материале:

1) собственно наполнители, обычно в виде частиц ограниченных размеров. Они определяют общий комплекс свойств полимерных композиционных материалов (ПКМ), способствуют снижению усадки, остаточных напряжений и склонности к растрескиванию;

2) армирующие элементы, которые оказывают определяющее влияние на формирование прочностных характеристик материала. Чаще всего – это волокнистые материалы, воспринимающие основную нагрузку, действующую на ПКМ.

Из множества предлагаемых классификаций наполнителей достаточно удобной и распространенной является классификация по форме частиц, согласно которой наполнители подразделяют на дисперсные, зернистые, волокнистые и слоистые.

Дисперсные наполнители – самый распространенный вид наполнителей ПКМ. Это вещества различной природы, имеющие размер частиц от единиц до сотен микрометров (чаще всего до 40 мкм, однако для изготовления нанокомпозитов используются частицы размером менее 1 мкм). Композиты с такими наполнителями обычно изотропны, содержание наполнителя колеблется от нескольких до 70–80 %

Важнейшими требованиями, предъявляемыми к дисперсным наполнителям, являются: способность совмещаться с полимером (диспергироваться в нем), хорошая смачиваемость полимерным материалом, химическая и термическая стабильность, устойчивость к агломерации, однородность размеров частиц и др. В зависимости от решаемых задач (улучшение технологических свойств, повышение теплопроводности,

создание электропроводных или негорючих материалов и др.) к наполнителям могут предъявляться и другие специальные требования.

Рассмотрим некоторые распространенные виды дисперсных наполнителей.

Мел (карбонат кальция $CaCO_3$). Обладает белым цветом, низкой твердостью, стабильностью свойств в широком температурном интервале. Дешевый и распространенный наполнитель для материалов на основе поливинилхлорида, полипропилена, полистирола, полиэфиров.

Каолин (гидратированный силикат алюминия $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). Характеризуется высокой степенью белизны, плохо диспергируется в полимерах, при введении значительно увеличивает вязкость. Применяется для повышения модуля упругости при растяжении и улучшения диэлектрических свойств композитов на основе термопластов.

Тальк (гидратированный силикат магния $3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$). Белый порошок с размером частиц 10–70 мкм. Придает наполненным пластмассам высокую жесткость. Широко применяется для наполнения термопластов.

Кварц (диоксид кремния SiO_2). Используются различные модификации диоксида кремния аморфной и кристаллической структуры, отличающиеся составом, размером частиц и областями применения.

Кварцевая мука (измельченный кварцевый песок) – для наполнения термопластов и реактопластов конструкционного назначения с улучшенным комплексом механических и электрических свойств.

Плавленый кварц (аморфный диоксид кремния, полученный из переплавленного кварцевого песка) – для материалов с высокой прочностью и стойкостью к тепловым ударам.

Микрокристаллический кварц – для клеев, компаундов, герметиков на основе термореактивных смол, а также пластмасс на основе термопластов.

Аэросил – аморфный диоксид кремния с частицами сферической формы коллоидных размеров (до 10 нм). Характеризуется высоким значением удельной поверхности, сильным загущающим и тиксотропным эффектом, имеет высокую стоимость. Применяется для регулирования реологических свойств материалов на основе термореактивных смол, в композициях на основе эластомеров.

Осажденный диоксид кремния (аморфный) – для изготовления наполненных прозрачных термопластов.

Большое распространение в качестве наполнителей ПКМ имеют углеродсодержащие материалы (сажа, графит, кокс).

Среди *саж* (технического углерода) чаще всего применяется *печная сажа*; для материалов, контактирующих с пищевыми продуктами, – только *канальная сажа*. Другие разновидности саж используются значительно реже. При производстве наполненных пластмасс для получения систем с приемлемой вязкостью применяют крупнозернистые сажи с низкой структурностью (способностью образовывать цепочные структуры). Технический углерод способен защищать полимер от УФ-излучения, замедляя его старение, и придавать композиту электропроводность, достаточную для стекания статического заряда. Большие объемы технического углерода потребляют промышленность шин и РТИ, где он является одним из важнейших компонентов резиновых смесей (активный наполнитель).

Одним из самых распространенных, дешевых и доступных органических наполнителей является *древесная мука*. Наиболее часто она используется в производстве пресс-материалов общеконструкционного назначения на основе фенольных и мочевино-формальдегидных смол.

В последнее время все чаще в качестве наполнителей применяются порошки *металлов* с целью изменения, главным образом не механических, а специальных свойств (тепловых, электрических, магнитных), а также придания материалу специфических свойств, таких как негорючесть, защита от проникающего излучения и др. Такими металлами являются медь, алюминий, железо, цинк, свинец, олово, бронза. В большинстве случаев перед применением металлических порошков требуется проведение предварительных подготовительных операций (сушка, аппретирование, создание защитных пленок и т.п.). Области применения композитов, наполненных такими порошками очень разнообразны.

Для получения полимерных материалов с определенными магнитными свойствами используются в качестве наполнителей оксидные ферриты бария и стронция ($BaO{\cdot}6Fe_2O_3$, $SrO{\cdot}Fe_2O_3$), сплавы редкоземельных металлов с железом и бором (например $Nd_2Fe_{14}B$), сплавы самария и кобальта ($CmCo_5$, $CmCo_{17}$). Последние обладают хорошими магнитными свойствами, но очень дороги. Необходимые характеристики достигаются при достаточно высокой степени наполнения композита (на уровне 90 %).

С целью улучшения химстойкости и ряда других свойств в качестве наполнителей примененяются *порошкообразные полимеры* (политетрафторэтилен, поливинилхлорид, полиэтилен, полиформальдегид и др.). В сочетании с другими наполнителями (как дисперсными, так и волокнистыми) они могут оказывать положительное влияние на диэлектрические и трибологические характеристики.

Дисульфид молибдена (MoS_2) характеризуется низкой твердостью, имеет пластинчатую структуру (подобно графиту и тальку) и вводится в полимеры для снижения коэффициента трения и улучшения износостойкости. Кроме того он повышает теплопроводность и термостойкость материала.

Графитоподобная α-модификация *нитрида бора* (BN_3) позволяет наполненным материалам работать без смазки, значительно увеличивает их теплопроводность.

Такие порошкообразные вещества, как оксиды сурьмы (Sb_2O_3) и молибдена (MoO_3), некоторые соли (карбонаты, бораты фосфаты, силикаты и др.), комплексные соединения ($Co(NH_3)_6Cl_{13}$ и др.) используются как антипирены, снижая горючесть полимерных материалов.

К нульмерным можно отнести и так называемые *зернистые наполнители* сферической или пластинчатой формы. Самые распространенные – стеклянные и полимерные сферические частицы, называемые *микросферами*.

Наполнение как термопластичных, так и термореактивных полимеров стеклянными микросферами позволяет повысить прочность при сжатии, ударную вязкость, снизить усадку. Наилучший эффект достигается при одновременном введении в полимер стеклянных микросфер и волокон.

Применение полых микросфер – полимерных, из стекла, углерода – позволяет снизить плотность материала. Так получают особый вид пенопластов, называемых синтаксическими (или синтактическими).

Введение в ПКМ пластинчатых наполнителей (слюда, стеклянные и металлические чешуйки и т.п.) позволяет достигать степеней наполнения до 75 %. Такие материалы характеризуются высокой ориентацией частиц, что способствует достижению высокой прочности, низкой газо- и водопроницаемости. Благодаря высоким диэлектрическим характеристикам слюды композиты на фенольных матрицах очень широко распространены в качестве электроизоляционных материалов.

К числу таких наполнителей относятся и чешуйки из оксида (Al_2O_3) и диборида алюминия (AlB_2), карбида кремния (SiC), стали. Наивысшие значения прочности, жесткости, модуля при изгибе достигаются при использовании чешуек AlB_2.

Для наполнения ПКМ используются и частицы полимеров различной формы. При этом целью является не повышение прочностных, а придание каких-либо особых свойств (декоративных, сцепление с различными поверхностями). Частицы каучуков применяют для снижения хрупкости и повышения ударопрочности композитов.

К дискретным наполнителям иногда относят и короткие (рубленые, штапельные, дискретные) волокна, длина которых не превышает критическую $l_{кр}$, которую можно рассчитать по формуле Келли:

$$l_{кр}/d_{вол} = \sigma_{вол}/2\tau_{мат},$$

где $d_{вол}$ и $\sigma_{вол}$ – диаметр и предел прочности волокна соответственно, $\tau_{мат}$ – предел текучести матрицы.

При наполнении полимеров такими волокнами матрица не может передать наполнителю напряжение, достаточное для его разрушения. Следовательно, повышение прочностных характеристик весьма незначительно. Преимуществом таких материалов является возможность их высокоскоростной переработки в изделия. Кроме того наполнение полимеров дискретными волокнами используется для придания некоторых специальных свойств. Например, композиты с рублеными углеродными волокнами об-

ладают радиопоглащающими свойствами и применяются при изготовлении изделий с пониженной радиолокационной заметностью.

Таким образом, сегодня имеется очень большое разнообразие дискретных наполнителей, позволяющих создавать ПКМ с пониженной усадкой, стабильностью формы изделий, способных формировать необходимый комплекс механических и специальных свойств.

Список литературы:

1. Батаев А.А. Композиционные материалы: строение, получение, применение : учеб. пособие / А.А. Батаев, В.А. Батаев. – М. : Университетская книга; Логос, 2006. – 400 с.
2. Бабаян А.Л. Оценка эксплуатационных свойств карбамидных пенопластов, модифицированных углеродным волокном / А.Л. Бабаян, М.В. Куликов, Т.А. Куликова // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2020. – № 3(105). – С. 32–36.
3. Бобович Б.Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение). – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 400 с.
4. Бондаренко М.С. Использование полимерных композиционных материалов в конструкции вертолета / М.С. Бондаренко, М.В. Куликов, Т.А. Куликова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2019. – С. 469–473.
5. Зотов А.А. Композиционные материалы. Классификация, состав и структура, свойства / А.А. Зотов, В.И. Резниченко. – М. Факториал, 2023. – 132 с.
6. Кепков В.Д. Применение полимерных композиционных материалов в современном авиастроении / В.Д. Кепков, М.В. Куликов, Т.А. Куликова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей VIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2018. – С. 186–190.
7. Куликов М.В. Стеклопластики в авиации / М.В. Куликов, Т.А. Куликова // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 337–339.
8. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М.Л. Кербер [и др.]; Под ред. А.А. Берлина. – СПб. : Профессия, 2008. – 560 с.
9. Сытников И.А. Уникальность бортового оборудования и материалов истребителя СУ–57 / И.А. Сытников, Т.А. Куликова, М.В. Куликов // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021. – С. 340–343.
10. Хайруллин А.П. Применение углепластиков в аэрокосмической отрасли / А.П. Хайруллин, М.В. Куликов, Т.А. Куликова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2022. – С. 107–110.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ДЕВЯТОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOBILE LINKAGES OF THE NINTH SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH KIND

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чабров С.Е.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев девятого подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев девятого подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Chabrov S.E.
PhD in Sciences in Technology,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kohany A.F.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the ninth subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the ninth subfamily of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение

В работе [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства для определения состава десятизвенных ЗКЦ девятого подсемейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности девятого подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ девятого подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(9)} = 5n_ц - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ девятого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(3p_4 + 2p_3 + p_2) + 6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(3p_4 + 2p_3 + p_2)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим:

$$p_4 + p_3 + p_2 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_4 + p_3 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_4, p_3, p_2 и n_i.

Для девятого подсемейства: $p_4 \neq 0$, $p_3 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 13, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) не имеет решений.

Задаваясь $n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=7$, а $p_4+p_3+p_2 = 14.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4+p_3+p_2 = 14, \\ 3p_4+2p_3+p_2 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) не имеет решений.
Задаваясь $n_2=2,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=6$, а $p_4+p_3+p_2 = 15.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4+p_3+p_2 = 15, \\ 3p_4+2p_3+p_2 = 44. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) не имеет решений.

Задаваясь $n_2=3,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=5$, а $p_5+p_4+p_2 = 16.$

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4+p_3+p_2 = 16, \\ 3p_4+2p_3+p_2 = 44. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет одно целочисленное решение:

$$p_4=13,\ p_3=2,\ p_2=1; \quad (I)$$

Задаваясь $n_2=4,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=4$, а $p_5+p_4+p_2 = 17.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4+p_3+p_2 = 17, \\ 3p_4+2p_3+p_2 = 44. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет три целочисленных решения:

$$p_4=13,\ p_3=1,\ p_2=3; \quad (II)$$

$$p_4=12,\ p_3=3,\ p_2=2; \quad (III)$$

$$p_5=11,\ p_4=5,\ p_2=1. \quad (IV)$$

Задаваясь $n_2=2,\ n_3=1,\ n_4=0$ получим $n_1=5$, а $p_4+p_3+p_2 = 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (II), (III), (IV).
Задаваясь $n_2=0,\ n_3=2,\ n_4=0$ получим $n_1=6$, а $p_4+p_3+p_2 = 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (II), (III), (IV).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=1$ получим $n_1=6$, а $p_4+p_3+p_2 = 17.$
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (II), (III), (IV).
Задаваясь $n_2=5,\ n_3=0,\ n_4=0$ получим $n_1=3$, а $p_4+p_3+p_2 = 18.$
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4+p_3+p_2 = 18, \\ 3p_4+2p_3+p_2 = 44. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_4=12,\ p_3=2,\ p_2=4; \quad (V)$$

$$p_4=11,\ p_3=4,\ p_2=3; \quad (VI)$$

$$p_4=10,\ p_3=6,\ p_2=2; \quad (VII)$$

$$p_4=9,\ p_3=8,\ p_2=1. \quad (VIII)$$

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (V), (VI), (VII), (VIII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (V), (VI), (VII), (VIII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (V), (VI), (VII), (VIII).

Задаваясь $n_2 = 6$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 19, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) имеет шесть целочисленных решений:

$$p_4 = 7,\ p_3 = 11,\ p_2 = 1; \quad (IX)$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 9,\ p_2 = 2; \quad (X)$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 7,\ p_2 = 3; \quad (XI)$$

$$p_4 = 10,\ p_3 = 5,\ p_2 = 4; \quad (XII)$$

$$p_4 = 11,\ p_3 = 3,\ p_2 = 5; \quad (XIII)$$

$$p_4 = 12,\ p_3 = 1,\ p_2 = 6. \quad (XIV)$$

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI) (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI) (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI) (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 1$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI) (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 6$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI) (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 7$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 20, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет семь целочисленных решений:

$$p_4 = 5,\ p_3 = 14,\ p_2 = 1; \quad (XV)$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 12,\ p_2 = 2; \quad (XVI)$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 10,\ p_2 = 3; \quad (XVII)$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 8,\ p_2 = 4; \quad (XVIII)$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 6,\ p_2 = 5; \quad \text{(XIX)}$$

$$p_4 = 10,\ p_3 = 4,\ p_2 = 6. \quad \text{(XX)}$$

$$p_4 = 11,\ p_3 = 2,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXI)}$$

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет семь решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX), (XX), (XXI).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 21, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (15)$$

Система (15) имеет девять целочисленных решений:

$$p_4 = 3,\ p_3 = 17,\ p_2 = 1; \quad \text{(XXII)}$$

$$p_4 = 4,\ p_3 = 15,\ p_2 = 2; \quad \text{(XXIII)}$$

$$p_4 = 5,\ p_3 = 13,\ p_2 = 3; \quad \text{(XXIV)}$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 11,\ p_2 = 4; \quad \text{(XXV)}$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 9,\ p_2 = 5; \quad \text{(XXVI)}$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 7,\ p_2 = 6. \quad \text{(XXV)}$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 5,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXVI)}$$

$$p_4 = 10,\ p_3 = 3,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXVII)}$$

$$p_4 = 11,\ p_3 = 1,\ p_2 = 9. \quad \text{(XXVIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV),

(XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 1$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 5$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 6$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 1$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 4$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет девять решений: (XXII), (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 4$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 22, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (16)$$

Система (16) имеет десять целочисленных решений:

$$p_4 = 1,\ p_3 = 20,\ p_2 = 1; \quad (XXIX)$$

$$p_4 = 2,\ p_3 = 18,\ p_2 = 2; \quad (XXX)$$

$$p_4 = 3,\ p_3 = 16,\ p_2 = 3; \quad (XXXI)$$

$$p_4 = 4,\ p_3 = 14,\ p_2 = 4; \quad (XXXII)$$

$$p_4 = 5,\ p_3 = 12,\ p_2 = 5; \quad (XXXIII)$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 10,\ p_2 = 6. \quad (XXXIV)$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 8,\ p_2 = 7; \quad (XXXV)$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 6,\ p_2 = 8; \quad (XXXVI)$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 4,\ p_2 = 9; \quad (XXXVII)$$

$$p_4 = 10,\ p_3 = 2,\ p_2 = 10. \quad (XXXVIII)$$

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 2$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 3$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 1$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 5$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 6$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 3$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 5$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет десять решений: (XXIX), (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII), (XXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 0$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 23, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет десять целочисленных решения:

$$p_4 = 1,\ p_3 = 19,\ p_2 = 3; \quad \text{(XXXIX)}$$

$$p_4 = 2,\ p_3 = 17,\ p_2 = 4; \quad \text{(XXXX)}$$

$$p_4 = 3,\ p_3 = 15,\ p_2 = 5; \quad \text{(XXXXI)}$$

$$p_4 = 4,\ p_3 = 13,\ p_2 = 6; \quad \text{(XXXXII)}$$

$$p_4 = 5,\ p_3 = 11,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXXXIII)}$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 9,\ p_2 = 8. \quad \text{(XXXXIV)}$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 7,\ p_2 = 9; \quad \text{(XXXXV)}$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 5,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXXVI)}$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 3,\ p_2 = 11; \quad \text{(XXXXVII)}$$

$$p_4 = 10,\ p_3 = 1,\ p_2 = 12. \quad \text{(XXXXVIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 3$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 4$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 1$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 2$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 0$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 3$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 5$, $n_3 = 1$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 5$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 2$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет десять решений: (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 5$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 24, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет девять целочисленных решений:

$$p_4 = 1,\ p_3 = 18,\ p_2 = 5; \quad \text{(XXXXIX)}$$

$$p_4 = 2,\ p_3 = 16,\ p_2 = 6; \quad \text{(XXXXX)}$$

$$p_4 = 3,\ p_3 = 14,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXXXXI)}$$

$$p_4 = 4,\ p_3 = 12,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXXXII)}$$

$$p_4 = 5,\ p_3 = 10,\ p_2 = 9; \quad \text{(XXXXXIII)}$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 8,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXXXIV)}$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 6,\ p_2 = 11; \quad \text{(XXXXXV)}$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 4,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXXXVI)}$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 2,\ p_2 = 13. \quad \text{(XXXXXVII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 2$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 3$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 1$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 4$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 2$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 5$, $n_3 = 0$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 1$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 1$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 4$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет девять решений: (XXXXIX), (XXXXX), (XXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV), (XXXXXVI), (XXXXXVII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 1$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 25, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет девять целочисленных решений:

$$p_4 = 1,\ p_3 = 17,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXXXXVIII)}$$

$$p_4 = 2,\ p_3 = 15,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXXXIX)}$$

$$p_4 = 3,\ p_3 = 13,\ p_2 = 9; \quad \text{(XXXXXX)}$$

$$p_4 = 4,\ p_3 = 11,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXXXXI)}$$

$$p_4 = 5,\ p_3 = 9,\ p_2 = 11; \quad \text{(XXXXXXII)}$$

$$p_4 = 6,\ p_3 = 7,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXXXXIII)}$$

$$p_4 = 7,\ p_3 = 5,\ p_2 = 13; \quad \text{(XXXXXXIV)}$$

$$p_4 = 8,\ p_3 = 3,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXXXXV)}$$

$$p_4 = 9,\ p_3 = 1,\ p_2 = 15. \quad \text{(XXXXXXVI)}$$

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 4$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 2$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_4 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=2,\ n_3=5,\ n_4=0$ получим $n_1=1$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=3,\ n_3=0,\ n_4=3$ получим $n_1=2$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=3,\ n_3=3,\ n_4=1$ получим $n_1=1$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=4,\ n_3=1,\ n_4=2$ получим $n_1=1$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=4$ получим $n_1=4$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=0,\ n_3=3,\ n_4=2$ получим $n_1=3$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Задаваясь $n_2=0,\ n_3=6,\ n_4=0$ получим $n_1=2$, а $p_4+p_3+p_2=25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет девять решений: (XXXXXVIII), (XXXXXIX), (XXXXXX), (XXXXXXI), (XXXXXXII), (XXXXXXIII), (XXXXXXIV), (XXXXXXV), (XXXXXXVI).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев девятого подсемейства первого семейства пятого вида, и могут быть использованы для создания электронного каталога структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. : НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.
2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов : учеб. пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.
3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.
4. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwanglaufigen ebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.
5. Дворников Л.Т. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften der zwanglaüfigen ebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпциге в 1883 г. / Л.Т. Дворников, Н.С. Жуковский // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 004:001.891

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

♦♦♦♦♦

POSSIBILITIES OF USING COMPUTER TECHNOLOGIES IN SCIENTIFIC ACTIVITIES

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Илюшенко Н.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассматривается влияние компьютерных технологий на научную деятельность и их роль в современной науке. Описаны преимущества использования компьютерных технологий в научной деятельности, такие как увеличение скорости и эффективности работы, улучшение качества и точности научных исследований, а также возможность совместной работы и обмена научной информацией между исследователями. В статье приведены конкретные примеры проектов, использующих компьютерные технологии в научной деятельности, а также приведены типы компьютерных технологий в научной деятельности.

Ключевые слова: компьютерных технологии, наука, научная деятельность, КТ, цифровые технологии.

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Ilyushenko N.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the impact of computer technology on scientific activity and its role in modern science.It describes the advantages of using computer technology in scientific activity, such as increased speed and efficiency, improved quality and accuracy of scientific research, and the possibility of collaboration and exchange of scientific information between researchers.The article provides specific examples of projects using computer technology in scientific activity, as well as the types of computer technology used in scientific activity.

Keywords: computer technology, science, scientific activity, CT, digital technology.

Современная наука невозможна без компьютерных технологий, которые существенно изменили научную деятельность за последние несколько десятилетий. Новые технологии позволяют исследователям собирать, хранить, анализировать и обрабатывать большие объемы данных.

Актуальность развития компьютерных технологий связана со стратегическими государственными задачами. Так, «в рамках реализации информационного пространства ставится задача интеллектуализации общества как формы развития и продвижения экономики знаний на разных уровнях» [5, с. 166].

Компьютерные технологии (далее – КТ) играют важную роль в научной деятельности в наше время. Например, стремительно развивается современная медицина, в которой применяются новые технологии для проведения диагностики пациента.

Одна из основных ролей КТ в научной деятельности – улучшение способов обработки данных. Современные технологии позволяют учёным быстро, точно собирать и обрабатывать огромные массивы данных с помощью компьютерных программ, и анализировать с использованием статистических методов, что делает научные исследования более точными, эффективными и надежными.

КТ также упрощают процесс обмена информацией между учеными. Благодаря стремительному развитию социальных сетей и различных программных решений ученые могут обмениваться научными данными, работать над проектами удаленно и сотрудничать с коллегами из других стран. Это позволяет ускорить процесс научных исследований и повысить качество результатов.

КТ также играют важную роль в процессе публикации и распространения научных работ. С помощью специальных программ ученые могут создавать, редактировать и публиковать научные статьи и документы в различных электронных журналах и базах данных. Благодаря этому исследования становятся более доступными для широкой аудитории.

Кроме того, КТ позволяют создавать модели и симуляции, которые помогают понимать сложные научные процессы и предсказывать их результаты. Например, компьютерные модели могут помочь понять, как работает человеческий мозг, как развиваются заболевания и как можно разработать новые лекарства [2, с. 71].

Наш анализ показал, что компьютерные технологии значительно повлияли на научную деятельность. Они позволяют исследователям быстро и эффективно обрабатывать большие объемы данных, а также сотрудничать с коллегами по всему миру. Новые технологии также помогают исследователям создавать и использовать более точные и сложные модели и инструменты для анализа данных.

Одним из наиболее значимых преимуществ компьютерных технологий является возможность обеспечения открытого доступа к научной информации и различным научным ресурсам.

Это позволяет исследователям сотрудничать и обмениваться знаниями, ускоряя научный прогресс и содействуя развитию науки.

В рамках исследования проведен анализ учебника «Компьютерные технологии в учебном процессе» [1, с. 201], предназначенный для преподавателей высшей школы и педагогов, которые хотят использовать современные цифровые технологии для обучения студентов. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны этого учебника.

К плюсам данного учебника можно отнести следующее:

– авторы книги ясно и доступно описывают, какие технологии можно использовать для повышения эффективности обучения и как это поможет преподавателям и студентам;

– в книге представлены примеры использования компьютерных технологий в различных областях знаний, что делает ее полезной для преподавателей разных специальностей [1, с. 205];

– описаны конкретные программы и сервисы, которые можно использовать в учебном процессе;

– книга содержит множество практических рекомендаций и советов для преподавателей.

Минусы:

– некоторые разделы книги могут быть недостаточно подробными, что требует дополнительного изучения технологий и программ, которые предлагаются в книге;

– авторы концентрируется на технологиях, но не уделяют достаточного внимания методикам преподавания, что также важно для эффективного использования компьютерных технологий в обучении.

В целом учебник «Компьютерные технологии в учебном процессе» может быть полезным для преподавателей, которые хотят использовать современные цифровые технологии для повышения эффективности обучения [1, с. 56].

Согласно отчету ВЦИОМ от 2024 года «Компьютерные технологии в жизни российских граждан», 93 % россиян имеют доступ в Интернет, и почти половина (47 %) использует Интернет для работы и учебы. Однако среди исследователей использование компьютерных технологий может быть более распространенным, так как они часто работают с большими объемами данных и используют специализированное программное обеспечение для их анализа.

В России существует множество проектов, использующих компьютерные технологии в научной деятельности. Например:

1. Проект «Цифровая экономика» – это государственная программа Российской Федерации, которая направлена на развитие цифровой экономики в стране. В рамках этого проекта предусмотрены меры по развитию информационных технологий в научной деятельности, включая создание цифровых платформ и облачных сервисов для хранения и обработки научных данных, развитие вычислительных мощностей, использование искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа научной информации.

2. Проект «Открытые данные» – это инициатива правительства Российской Федерации, направленная на обеспечение свободного доступа к государственным данным. В рамках этого проекта создана единая платформа для хранения и распространения данных, включая научные данные.

3. Проект «Умный город» – это концепция развития городов, основанная на использовании современных технологий и инновационных решений для улучшения качества жизни горожан и оптимизации управления городской инфраструктурой. В рамках проекта внедряются различные системы и сервисы, такие как умное освещение, управление транспортом, мониторинг экологической обстановки, системы безопасности и др.

4. Проект «Российский научный фонд» является одним из крупнейших финансовых и организационных инструментов поддержки научных исследований в России. Данный проект финансирует проекты в различных областях науки, включая физику, математику, биологию, медицину, экономику и другие.

В целом, в России существует множество инициатив и программ, которые направлены на развитие компьютерных технологий и их использование в научных исследованиях, такие как создание высокотехнологичных лабораторий и центров исследований, развитие облачных вычислений и больших данных, использование искусственного интеллекта и машинного обучения в научных исследованиях и другие.

Например, в рамках Национальной технологической инициативы в России проводятся конкурсы на финансирование проектов, организуются научно-технические конференции и форумы, создаются инновационные центры и лаборатории.

Целью проекта является создание условий для развития высокотехнологичных отраслей экономики России и повышения ее конкурентоспособности на мировом рынке. Также существуют региональные программы, направленные на поддержку научных исследований с использованием информационных технологий, например, в Москве реализован проект «Цифровой двойник Москвы», который включает в себя меры по развитию цифровой инфраструктуры и использованию информационных технологий.

Отметим основные типы компьютерных технологий, которые используются в научной деятельности в России:

1. Системы управления базами данных (далее – СУБД) позволяют хранить, управлять и анализировать большие объемы данных, которые используются в научных исследованиях. В России используются различные СУБД, такие как Oracle, MySQL, PostgreSQL и другие.

2. Средства анализа данных. Для анализа данных, полученных в ходе научных исследований, используются различные программные средства, такие как R, MATLAB, SPSS, SAS, Stata и другие.

3. Системы управления проектами. В научной деятельности важно эффективно управлять проектами. Для этого используются различные системы управления ими, такие как JIRA, Trello, Asana и другие.

4. Системы управления научной библиографией. Для организации литературных источников и цитирования используются различные системы управления научной библиографией, такие как Mendeley, Zotero, EndNote и другие.

5. Системы визуализации данных, позволяющие лучше понимать результаты научных исследований. Для этого используются различные программные средства, такие как Tableau, QlikView, Plotly и другие.

Конкретный выбор инструментов зависит от конкретных потребностей исследования.

Таким образом, использование компьютерных технологий в научной деятельности имеет большой потенциал для улучшения научных исследований, а также качества полученных в ходе исследования данных, и повышения эффективности научных процессов. Поэтому в России, активно разрабатываются и внедряются различные проекты и программы, направленные на развитие компьютерных технологий в научной деятельности.

В заключении можно сделать вывод, что компьютерные технологии играют важную роль в современной науке и значительно изменили научную деятельность. Их использование помогает исследователям обрабатывать большие объемы данных, сотрудничать и обмениваться знаниями, что ускоряет научный прогресс. Вместе с тем необходимо продолжать работу над улучшением качества научной информации и ресурсов, доступных онлайн, а также над разработкой более надежных систем хранения и обработки данных [3, с. 126].

Список литературы:

1. Компьютерные технологии в учебном процессе : учебник (с электронными приложениями) / С.В. Алексахин [и др.]. – М. : РИОР: ИНФРА-М, 2023. – 311 с.
2. Арапова Е.А. Возможности искусственного интеллекта в совершенствовании информационного образовательного пространства регионов России : монография / Е.А. Арапова, А.А. Бочаров, И.Е. Вострокнутов. – М. : РИОР, 2023. – 140 с.
3. Компьютерные технологии в образовании : учебник / Е.В. Баранова [и др.]. СПб. : Лань, 2024. – 296 с.
4. Майстренко А.В. Компьютерные технологии в науке, образовании и инженерной практике : учеб. пособие / А.В. Майстренко, Н.В. Майстренко. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2024. – 97 с.
5. Голубкина М.В. Особенности использования инновационных технологий на практических занятиях в вузе / М.В. Голубкина, Л.Г. Козак // XV международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей конференции, Краснодар, 15–16 апреля 2025 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2025. – С. 329–332.
6. Дейкун Д.Г. Основные аспекты обучения военных специалистов в современных образовательных условиях / Д.Г. Дейкун, Г.А. Наурусова, В.А. Турчин // Наука и военная безопасность. – 2022. – № 2(29). – С. 123–126.
7. Козак Л.Г. Психолого-педагогические аспекты внедрения инновационных технологий в высшей школе / Л.Г. Козак, М.В. Голубкина // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференции, Краснодар, 14–15 ноября 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова, 2024. – С. 405–409.
8. Турчин, В.А. К вопросу о побуждении курсантов военного авиационного вуза к углубленному изучению математики / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, И.А. Жучков // Математика и математическое образование в эпоху цифровизации: материалы XIII Всероссийской с Международным участием научно-методической конференции, Красноярск, 14–15 ноября 2024 года. – Красноярск : Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, 2024. – С. 205–211.
9. Турчин В.А. К вопросу о привлечении курсантов военного авиационного вуза к научно-исследовательской и изобретательской работе при изучении информатики / В.А. Турчин, Д.Г.Дейкун, Р.С. Курбонов; Редколлегия: Р.М. Чудинский (науч. ред.), В.В. Малев, А.А. Малева (отв. ред.), М.В. Дюжакова, С.О. Башарина // Информационные технологии в образовательном процессе вуза и школы: Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 29 марта 2023 года. – Воронеж : Воронежский государственный педагогический университет, 2023. – С. 386–392.

УДК 355.4

ЛЕТАЮЩИЕ ЛОДКИ
♦♦♦♦♦
FLYING BOATS

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чёрный Р.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье авторы проводят исследование и исторические этапы развития гидросамолетов уникальных летательных аппаратов, способных взлетать с водной поверхности и садиться на неё.

Ключевые слова: гидросамолет, гидроплан, самолет-амфибия, летающая лодка, скорость, дальность полета, тяга двигателя, ледовая разведка, корректировка огня, спасательные операции, пожаротушение.

Kohany A.F.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Cherniy R.R.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In the article, the authors conduct a study and historical stages in the development of seaplanes, unique aircraft capable of taking off from the water surface and landing on it.

Keywords: seaplane, seaplane, amphibious aircraft, flying boat, speed, flight range, engine thrust, speed and range, ice reconnaissance, fire adjustment, rescue operations, firefighting.

Гидросамолёт – самолёт, способный взлетать с водной поверхности и садиться на неё. В зависимости от конструктивного исполнения различают следующие варианты гидросамолётов (гидропланов) [1]:

1. Летающая лодка – самолёт, нижняя часть фюзеляжа которого выполнена в виде лодки, приспособленной для быстрого перемещения по поверхности воды. Например: Hughes H-4 Hercules, Short Sunderland.

2. Поплавковый гидросамолёт – обычный сухопутный или специально построенный самолёт, на котором закреплены один, два или больше поплавков для стоянки и передвижения по поверхности воды; пример: Heinkel He.114.

3. Амфибия – гидросамолет, на котором установлено сухопутное шасси для посадки на твёрдую поверхность или имеющий шасси, способное удерживать самолёт на любой поверхности, например воздушная подушка. Например: Бе-200, Consolidated PBY-5A.

4. Гидросамолёт на подводных крыльях (Бе-8).



Рисунок 1 – Летающая лодка Short Sunderland



Рисунок 2 – Поплавковый гидросамолёт de Havilland Turbo Otter



Рисунок 3 –Самолёт-амфибия Бе-12

История гидросамолётов началась ещё до первого полёта самолёта – только в России известно два проекта аппаратов тяжелее воздуха, способных взлетать с водной поверхности и садиться на воду. Фюзеляж самолёта Можайского напоминал фюзеляж летающей лодки.

Первые экспериментальные образцы самолётов, взлетающих с воды, создали в 1911 году практически одновременно Я.М. Гаккель в России [2], А. Фабр во Франции и Г. Х. Кёртисс в США, однако эти гидропланы представляли собой сухопутные аэропланы, поставленные на поплавки.

Первый целевой гидросамолёт специальной конструкции (летающая лодка) был создан Д.П. Григоровичем в 1912–1913 годах [3]. Примерно в те же годы (1912–1913) аналогичный аппарат был создан во Франции фирмой Доннэ-Левек. Первоначально летающая лодка Григоровича носила флотское обозначение Щ-1 (свойственное самолётам, выполненным на заводе С.С. Щетинина), далее называлась М-1. В 1914 году Д.П. Григорович создал три промежуточные экспериментальные модели гидросамолёта – М-2, М-3 и М-4, которые в 1915 году послужили основой для первой серийно выпускавшейся летающей лодки М-5 [4]. Это был двухместный биплан деревянной конструкции, имевший следующие характеристики: размах крыльев 11,5 м; площадь крыла 30 м²; общая масса 660 кг, полезная нагрузка 300 кг. Гидросамолёт развивал скорость 130 км/ч. Он поступил на вооружение российского флота в качестве разведчика и корректировщика артиллерийского огня. Первый боевой вылет совершил 12 апреля 1915 года. Серийная постройка М-5 продолжалась до 1923 года на авиационном заводе Щетинина (с 1918 года переименованном после национализации в завод «Красный лётчик»).

Советский лёгкий гидросамолёт Ш-2 эксплуатировался около 30 лет как связной, санитарный, самолёт ледовой разведки и пр.



Рисунок 4 – Гидросамолёт Ш-2

Незадолго до Первой мировой войны во всех развитых странах гидропланы стали развиваться как отдельный вид авиационной техники и достигли своего золотого века в 1930-е – 1940-е годы. С развитием реактивной авиации гидросамолёты были вытеснены в свою экологическую нишу в связи с более низкими экономическими показателями и ограничениями по скорости. В Первую мировую войну Россия использовала гидроавианосец «Орлица» с эскадрильей летающих лодок М-5 и М-9, созданных конструктором Дмитрием Григоровичем. Гидросамолёт М-5 имел скорость 128 км/ч, потолок высоты 4000 м, продолжительность полёта 5 часов. Он не имел вооружения – использовался для воздушной разведки, корректировки огня тяжёлой артиллерии с линейных кораблей. В 1916 году на авиаматку «Орлица» поступили М-9, вооружённые пулемётом. Самолёт мог брать на борт и бомбы. Воздушный стрелок располагался с пулемётом в носовой части. В основной кабине лётчик пилотировал машину, а бортмеханик, сидя рядом с ним, сбрасывал бомбы, которые подвешивались под плоскостями (крыльями) на зажимах, соединённых с кабиной приводом-тросом. Во время Гражданской войны в России гидросамолёты речного базирования активно использовались противоборствующими сторонами.

Во время Второй мировой боевые гидросамолёты нередко вооружались торпедами для поражения кораблей и подводных лодок противника, их обычно называли торпедоносцами.

До появления реактивной авиации крупные подводные лодки иногда оснащались небольшими складными гидросамолётами, обычно в разведывательных целях. Исключением являлся японский проект «Seiran», в рамках которого было построено несколько подводных авианосцев, несущих на борту несколько боевых гидросамолётов (в бой они так и не вступили в связи с окончанием Второй мировой войны).

После широкого распространения гидросамолётов (в первую очередь – крупных летающих лодок) на регулярных дальних линиях в 1930–1940-х годах они были вытеснены с этих маршрутов самолётами наземного базирования – сначала винтовыми, а затем и реактивными. Причиной тому стало несколько факторов: появление новых самолётов большой дальности, послевоенное развитие мировой аэродромной сети, а вскоре – и выход на дальние авиалинии реактивных пассажирских машин, радикально превосходящих летающие лодки по скорости и высоте полёта. Гидросамолёты заняли свою нишу в авиации общего назначения и продолжают широко эксплуатироваться на местных авиалиниях – в первую очередь в труднодоступных местах, где строительство аэродромов невозможно или нецелесообразно, но при этом имеются водоёмы, пригодные для эксплуатации гидросамолётов. К таким местностям относятся, в частности, северные территории ряда стран – Канады и США (Аляска), расположенные в тайге и тундре, где весьма велико число рек и озёр; островные государства (Мальдивы, Сейшелы и пр.), где постройка аэродромов на небольших островах невозможна, и т. д. По этой причине на современном рынке представлено большое число моделей гидросамолётов: абсолютное большинство из них – поплавковые модификации сухопутных моделей.

Лётная эксплуатация гидросамолётов (и амфибий) имеет ряд характерных особенностей (в навыках пилотирования, выполнения взлёта и посадки на воду, руления по водной поверхности) и требует необходимой квалификации лётчика. Гидросамолёты выделены в отдельную категорию пилотского свидетельства. Таким же образом от-

дельно выделены летающие лодки и поплавковые гидросамолёты (что вызвано различиями в эксплуатации – летающие лодки более устойчивы на воде и могут эксплуатироваться при большем волнении, а для поплавковых гидросамолётов эксплуатация даже при среднем волнении небезопасна и может быть запрещена).

Техническая эксплуатация гидросамолётов (и в особенности амфибий) также значительно сложнее и дороже, особенно на морских гидроаэродромах, так как требует постоянных мер по защите самолётов от коррозии, тщательной помывки и выполнения перечня обязательных операций после каждой посадки на море. Аэродромы для амфибий требуют сугубо морского оборудования типа швартовочных бочек, катеров для буксировки самолётов и перевозки людей и т.д., должны быть оборудованы съездами с суши на море, транспортировочным оборудованием для вытягивания самолёта на берег. В результате эксплуатация гидросамолёта часто обходится дороже, чем обыкновенного «сухопутного» при значительно большем техническом ресурсе последнего.

Советском Союзе а затем в Российской Федерации созданием и развитием гидросамолетов занималось КБ Бериева, развитие авиационных технологий позволило создать удачный реактивный гидросамолёт А-40 «Альбатрос» или Бе-42 и его гражданскую модификацию Бе-200, сопоставимые по характеристикам с сухопутными машинами. Что позволяет прогнозировать рост интереса к самолётам такого класса и расширение жизненного пространства гидросамолётов, особенно в районах планеты со слабо развитой инфраструктурой.



Рисунок 5 – Крупнейший самолет-амфибия в мире – Бе-42

А-40, совершивший свой первый полет 08 декабря 1986 года, до сих пор является самым большим самолетом-амфибией в мире. Кроме того, на нем установлено 148 мировых рекордов. Его максимальная скорость составляет 800 км/ч. Машина способна нести 6,5 тонн вооружения на борту. Проект был заморожен в связи с распадом СССР, а затем и вовсе остановлен.



Рисунок 6 – Многоцелевой гражданский гидросамолет БЕ-200ЧС

Гражданский самолет-амфибия Бе-200ЧС ("мирный" преемник Бе-42), эксплуатирующийся с 2003 года, до сих пор не имеет аналогов во всем мире. Многоцелевая машина используется, в основном, в проведении спасательных операций, пожаротушении и транспортировке. Он способен развивать скорость до 700 км/ч, нести 8 тонн груза и 12 кубометров воды.

Список литературы:

1. Александров А.О. Воздушные суда Российского императорского флота 1894–1917. – СПб. : Б.С.К., 1998. – Т. 1: Аппараты Щетинина и Григоровича. – 111 с. ISBN 5-88925-038-8
2. Куприков М.Ю. Летающая лодка / М.Ю. Куприков; Гл. ред. Ю.С. Осипов // Лас-Тунас – Ломонос. – М. : Большая российская энциклопедия, 2010. – 345 с. (Большая российская энциклопедия : в 35 т. – 2004–2017. – Т. 17. ISBN 978-5-85270-350-7
3. Григорьев А.Б. Альбатросы: Из истории гидроавиации. – М. : Машиностроение, 1989. ISBN 5-217-00604-8

УДК 656

ВЕРТОЛЕТНЫЙ ТРАМПЛИН СОВЕТСКОЙ АВИАЦИИ

♦♦♦♦♦

HELICOPTER SPRINGBOARD SOVIET AVIATION

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о пионерии Советского вертолетостроения И.П. Братухине, о первых отечественных вертолетах, их конструкции и испытаниях.

Ключевые слова: Братухин, Юрьев, вертолет, авторотация, геликоптер, винт, двигатель, конструктор.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describes about pioneer of Soviet helicopter industry I.P. Bratukhin, about the first domestic helicopters, their design and testing.

Keywords: Bratukhin, Yuriev, helicopter, autorotation, propeller, engine, constructor.

«Информация – мать интуиции».

М. Галай – заслуженный летчик-испытатель, Герой СССР

Фамилия этого авиационного инженера-конструктора сейчас незаслуженно забыта. Хотя он стоял у истоков советского вертолетостроения. Его вертолеты поднимались в воздух и даже были приняты на вооружение светских военно-воздушных сил, образовав первое вертолетное авиационное подразделение в советских ВВС. Многие его идеи так и остались нереализованными в виду технической невозможности промышленности тех послевоенных лет.

Минуло более семи десятилетий, с тех пор как его машины поднимались в небо. Вертолетов его конструкции уже нет. Но забыть их – значит забыть тот трамплин, с которого сделала свой первый прыжок отечественная винтокрылая авиация.



Рисунок 1 – Иван Павлович Братухин

Иван Павлович Братухин родился в 1903 году в деревне Ящеры, Суховского района Кировской волости. Родители – крестьяне. В 12 лет окончил сельскую школу. До 1918 года жил и работал в деревне. В 1918–1919 гг. работал в Воскресенской волости. Переехал с родителями на Урал, учился в рабфаке в г. Екатеринбурге. А через три года крестьянский парень из Вятской губернии стал обладателем права на поступление в одно из общих, либо технических высших учебных заведений вне очереди. Из Екатеринбурга – в Москву, с рабочего факультета в МВТУ.

Занимался лишь учебой, правда, при шлось недолго. Начиная с третьего курса, Иван Братухин уже на постоянной работе в ЦАГИ.

В ЦАГИ Братухин поступил в экспе риментально-аэродинамический отдел (ЗАО), который возглавлял один из учеников Н.Е. Жуковского профессор Б.Н. Юрьев, предложивший и построивший в 1909–1912 годах геликоптер, или, как его позднее стали называть, вертолет одновинтовой схемы с рулевым винтом. С этого времени началось их творческое содружество, продлившееся долгие годы. В ЦАГИ Юрьев создал специальную геликоптерную группу, в которую вошли молодые инженеры – пионеры отечественного вертолетостроения.

Молодой стажер попал в атмосферу творческой обстановки, поиска новых решений. Он стремился овладеть необходимыми знаниями, слушал ведущих ученых ЦАГИ и сам выступал в печати со статьями о ЦАГИ.

В 1928 году в составе группы студентов МВТУ Братухин от правился в трехмесячную зарубежную командировку на преддипломную практику для ознакомления с конструкцией автожиров, методами их расчетов и результатами летных испытаний.



Рисунок 2 – Геликоптерная группа ЦАГИ

А главное – активно включился в работу геликоптерной группы, преобразованной в 1928 году в отдел особых кон струкций (ООК). Именно там начинается проектирование, а затем и постройка первого отечественного вертолета ЦАГИ-1-ЭА (экспериментальный аппарат), выполненного по одновинтовой схеме с четырехлопастным несущим винтом, приводимым от двух ротативных двигателей.

Реактивный крутящий момент несущего винта уравновешивался с помощью четырех рулевых винтов, установленных попарно в носовой и хвостовой частях ферменного фюзеляжа. На этом вертолете, постройкой которого руководил и на котором летал Черемухин, в 1932 году были достигнуты высокие летные характеристики, в том числе высота 605 м. Эти результаты в течение многих лет оставались недостижимыми для зарубежных вертолетов.

Окончив вуз, молодой инженер-аэромеханик в том же году поступил в аспирантуру Московского авиационного института, только что отпочковавшегося от МВТУ. И вновь продолжил учебу без отрыва от производства, то есть участия в создании первого отечественного геликоптера ЦАГИ-1-ЭА.

Как всякое новое дело, отечественное вертолетостроение давалось очень не легко). ЦАГИ-1-ЭА начал летать, но нередко ломался при посадке, а однажды, достигнув высоты в 605 м (при офици альном мировом рекорде 18 м), перешел в неуправляемое падение, подобно кленовому листу. Для пилота это едва не закончите трагедией. Лишь перед самой землей ему удалось вновь овладеть машиной.



Рисунок 3 – Вертолет Г-3



Рисунок 4 – Вертолет Г-4

Одно из проблем нового летательного аппарата был несущий винт «жесткой» конструкции. Машина не обладала необходимой устойчивостью. Главный конструктор пока еще трудно управляемого создания и его бессменный летчик-испытатель Алексей Михайлович Черемухин (интереснейший человек и специалист, полный Георгиевский кавалер, впоследствии профессор, заместитель генерального конструктора А.Н. Туполева) замечал, что в полете он, как на острие иголки. И вот тут предстояло сказать свое слово молодому конструктору. Несущий винт по предложению Братухина стал комбинированным: три шарнирноподвешенных лопасти большого диаметр создавали необходимую подъемную силу, а три лопасти меньшего диаметра, которые жестко крепились к валу винта, обеспечивали управление вертолетом.

Испытания показали значительное повышение устойчивости модернизированной конструкции, получившей на звание ЦАГИ-5-ЭА. Признанием творческого вклада конструктора стало назначение его руководителем бригады «Б» отдела особых конструкций (ООК ЦАГИ), которой было поручено проектирование вертолетов. Чтобы понять значимость этого выдвижения, напомним, что в бригаде «А» проектированием автожиров занимались такие известные конструкторы, как Н.И. Камов, В.А. Кузнецови Н.К. Стрижинский. В ООК действовала бригада аэродинамики, которую возглавлял МЛ. Миль.

Трехлетие испытания модернизиро ванной конструкции – ЦАГИ-5-ЭА – дали бесценную информацию об основных режимах работы нового летательного аппарата, обобщение которой стало важнейшим вкладом в теорию и практику вертолетостроения.



Рисунок 5 – Омега-2

А в бригаде «Б» по идеям ее руководителя уже шла разработка проекта двухместного вертолета ЦАГИ-11-ЭА принципиально новой схемы. Винтокрылами назвал подобные аппараты Николай Ильич Камов. В конструкции был реализован принцип рационального сочетания несущего винт и крыла. Несущий винт обеспечивал вертикальный взлет и посадку, а также полеты на малых скоростях. Крыло, имеющее гораздо более высокое, чем несущий винт аэродинамическое качество, должно было создавать большую часть подъемной силы на режимах поступательного полета.

Для создания тяги при поступательном полете использовались два винта на концах крыла (схема, предложенная ра нее академиком Б.Н. Юрьевым). Но принципиально новым в данном случае явилось сочетание этой схемы с крылом. Во время висения эти винты, создавая на правленные вперед и назад силы, парировали реактивный крутящий момент несущего винта, а при поступательном – создавали необходимую силу тяги.

Машина оснащалась импортным двигателем высокой мощности. Почти все в этом проекте было ново и необычно. Специалисты и ныне утверждают, что проект ЦАГИ-11-ЭА намного опередил свое время.

Однако судьба нового всегда сложна и порой драматична. По ряду причин доводка аппарата не состоялась. Позже машина под руководством Юрьева была переделана в вертолет. Но и эта модернизация не спасла ее, теперь уже с началом Великой Отечественной войны.

В начале 1940 года по инициативе и под руководством Юрьева опытное вертолетное конструкторское бюро собирается в Московском авиационном институте. Его основное ядро составили сотрудники ООКЦАГИ. Вскоре ОКБ МАИ возглавил Братухин. В короткие сроки там был разработан проект двухвинтового вертолета поперечной схемы «Омега». Его рассмотрели и утвердили в июле 1940 года. Это двухместный вертолет с двумя двигателями, располагавшимися на концах ферм, к которым крепились шарнирно подвешенные винты с металлическими лопастями. Созданный в условиях войны, когда институт и ОКБ были вынуждены эвакуироваться в Алма-Ату, затем вновь возвратиться в Москву, вертолет вполне удовлетворительно заявил о себе на за водских испытаниях. Модифицированная конструкция «Омега-II» вобрала в себя ряд новых решений. Вертолет принял участие в Тушинском авиационном параде 1946 года. Это был первый советский самолет, пролетевший на воздушном параде.



Рисунок 6 – Вертолет Б-5

Встал вопрос о практическом применении новых машин. ОКБ, которое возглавлял Братухин, было поручено создать на базе «Омеги-11» вертолеты для корректировки артиллерийского огня. Новый летательный аппарат, оснащенный двумя поршневыми двигателями Пратт-Уитни Р-98S, получил обозначение Г-3 и стал первым отечественным вертолетом, запущенным в серийное производство и поступившим в армию. (Построено 13 экземпляров для ознакомления пилотов).

За эти работы в 1945 году Братухин и Юрьев были удостоены Государственной премии, а группа сотрудников ОКБ награждена орденами.

Вначале лета 1947 года была сформирована первая советская вертолетная учебная эскадрилья ВВС. Командиром эскадрильи был назначен Герой Советского Союза полковник Иван Васильевич Маслов.

Эскадрилья базировалась вблизи г. Серпухов недалеко от Москвы. В Серпуховскую эскадрилью было передано несколько вертолетов Г-3. На первых порах летали на высоте не более 10 м и скорости не более 30 км/ч. Отрабатывали в основном вертикальный взлет и посадку, развороты на месте, переход на поступательный полет, зависания.

В начале 50-х годов эскадрилья была перебазирована в «Теплый стан» недалеко от Москвы. В ВВС было принято решение создать первый в Советском Союзе Центр по переучиванию летчиков полетам на вертолетах. Командиром этого центра был назначен полковник Ф.Ф. Прокопенко.

Выход новой машины на серийное производство со всей остротой поставил вопрос о разработке отечественного двигателя специально для вертолета. Под руководством Александра Георгиевича Ивченко он был создан. На его базе конструкция модернизируется и получает обозначение Г-4. Она также выпускалась небольшой серией, в четыре машины. На Г-4 была впервые в нашей стране продемонстрирована возможность горизонтального полета вертолета при отказе одного двигателя и проведены всесторонние испытания с посадками на режиме авторотации с выключением обоих двигателей.

По разработкам ОКБ Братухина были построены также опытные экземпляры шестиместного пассажирского вертоле та Б-5, его санитарной модификации Б-9 и вертолет – артиллерийский корректировщик Б-10.

Последней модификацией этой ма шины стал вертолет связи Б-11. Цифра оказалась печально символической, ибо ОКБ МАИ, преобразованного в 1948 г. в ОКБ-3 Министерства авиационной промышленности во главе с теперь уже главным конструктором Братухиным. К сожалению, катастрофа из-за грубого производственного дефекта лишила «одиннадцатый» будущего. И хотя машину заявили на конкурс, судьба ОКБ-3 была предрешена: в 1951 г. оно прекратило свое существование.

Итоги работы Братухина просто необъятны: перспективное проектирование новых типов ЛА, вертолетов-самолетов, вертолетов с реактивным компрессорным приводом (Юрьев оценил результаты исследований как исключительные), раскрытие перспектив маши нам большими скоростями и грузоподъемностью; различным схемам вер толетов самолетов с двумя, четырьмя и даже шестью соосными винтами на поворотном крыле, а также схемам с двумя поворотными крыльями, расположенными тандемом с установленными на них винтами (намного позже подобное схемы исследовались в США и ФРГ)... Известную книгу Братухина «Проектирование конструкций вертолетов» Ка мов назвал первой в мировой литературе, где систематизирована и научнообоснована методика выбора основных параметров и элементов конструкции вертолетов.

Некоторые эскизные проекты, разрабатывавшиеся в ОКБ И.П. Братухина

Эскизные проекты опытных вертолетов разного назначения и разных принципиальных схем, разрабатывавшиеся в Опытно-конструкторском бюро И.П. Братухина, представляют значительный интерес, несмотря на то, что вертолеты по ним построены не были.

В 1947 г. был разработан эскизный проект тяжелого десантного вертолета той же принципиальной схемы, что и предыдущие аппараты, т.е. двухвинтовой с поперечным расположением винтов.

Вертолет намечалось снабдить двумя двигателями М-82ФН воздушного охлаждения. Диаметр несущих винтов должен был быть равен 16 м, полетная масса намечалась порядка 10000 кг. Вертолет предназначался для перевозки тридцати солдат и военной техники (автомобили, пушки и проч.).

На протяжении 1948–1950 гг. в ОКБ производилась эскизная разработка нескольких вариантов многоцелевого и учебного вертолета (марка Б-12).

При разработке проектов этого вертолета была принята одновинтовая схема с рулевым винтом в отличие от обычной для ОКБ двухвинтовой схемы.

Разрабатывавшиеся варианты различались в основном при менявшимися двигателями, количеством мест и конструкцией некоторых элементов. В соответствии с этим несколько варьировались и ожидаемые летные данные.

На концах лопастей должны были быть установлены прямоточные двигатели. Несущий винт вертолета намечался цельнометаллическим. Он должен был состоять из сплошной носовой балки (сплав АК6), набора диафрагм и хвостовой обшивки (листовой дуралюмин). На концах лопастей при помощи специальных узлов должны были крепиться двигатели.

Управление несущим винтом должно было осуществляться при помощи автомата перекоса, воздействующего на стабилизи рующий стержень с демпфером. Этот тип

управления казался более выгодным, чем непосредственное управление при помощи наклона головки, как это имело место у автожиров.

Реактивный вертолет намечалось снабдить хвостовым оперением, состоящим из стабилизатора с изменяемым в полете углом установки, киля и комбинированного руля поворота. Верхняя часть его должна была обеспечивать (совместно с нижней) путе вое управление на режимах горизонтального перемещения; нижняя часть руля, отклоняясь вокруг продольной горизонтальной оси, – путевое управление на режимах висения и вертикального подъема.

Питание двигателей топливом должно было осуществляться при помощи насоса, качающего бензин из бака через систему бензопроводки, идущей по фюзеляжу до специального распределительного устройства на валу винта, оттуда – по бензопроводам, проложенным внутри лопастей, до двигателей.

Предварительная раскрутка несущего винта при запуске двигателей должна была производиться при помощи пиропатронов или от специального наземного стартера.



Рисунок 7 – Первые полеты вертолета Братухина

Диаметр несущего винта намечался 8 м, частота вращения 597 об/мин, заполнение 0,0385. Полная полетная масса вертолета предполагалась равной 650 кг при массе конструкции 260 кг и массе горючего 300 кг. Выбор прямоточных двигателей был сделан исходя из следующих соображений: простота конструкции двигателей; высокая надежность их работы; максимальные возможности форсажа.

В процессе стендовых исследований были отработаны система питания двигателей, системы управления двигателями и несущим винтом и система зажигания. Самым сложным вопросом оказался вопрос доводки двигателей в условиях вращательного движения.

В 1951 г. ОКБ-3 было ликвидировано, просуществовав около 11 лет.

Несмотря на ряд трудностей, связанных с войной, эвакуацией, недостатком конструкторских кадров, работа ОКБ-3 была плодотворной и его деятельность оказала большое влияние на дальнейшее развитие советского вертолетостроения.

В чем же заслуга конструкторского коллектива ОКБ-3 и его главного конструктора И.П. Братухина в области развития и совершенствования советских вертолетов?

Вертолеты, созданные Опытно-конструкторским бюро И.П. Братухина, были первыми советскими вертолетами, показавшими достаточно высокие летные данные, эксплуатация которых не была связана только со своим аэродромом, и пригодными для практического применения.

Здесь впервые в практике советского вертолетостроения стали применять на вертолете двигатель, специально созданный по техническим условиям ОКБ для аппа-

ратов этого типа, т.е. в комплекте со специальным редуктором и муфтами включения и сво бодного хода.

Не менее важное значение имел тот факт, что в ОКБ-3 впервые в СССР было проведено исследование вертолета Г-4 (а затем и Б-11) на режиме безмоторного планирования и посадки. С этого момента важнейший фактор безопасности полета вертолета получил не только теоретическое обоснование, но и практическое подтверждение, что имело величайшее значение для широкого внедрения вертолетов в различные области хозяйства.

Здесь впервые в СССР была установлена и отработана практика длительных ресурсных испытаний вертолета в целом и отдельных его агрегатов, что благоприятным образом повлияло на повышение надежности конструкции вертолета.

Необходимо отметить еще одну сторону деятельности конструкторской организации, неразрывно связанной с созданием опытных образцов.

Ввиду почти полного отсутствия в тот период соответствующих подразделений в ведущих научных организациях ОКБ-3 вынуж дено было вести у себя теоретическую и экспериментально-исследовательскую работу, без чего немыслимо было создание новых опытных аппаратов.

Прежде всего, следует отметить большую теоретическую работу, проведенную ОКБ по дальнейшему уточнению методики аэродинамического расчета вертолета и расчета балансировки, по изучению вопросов сходимости с результатами летных испытаний.

Большое внимание уделялось также разработке методики из расчета отдельных агрегатов вертолета на прочность, дальнейшему уточнению норм прочности. Эти изыскания были тесно связаны с работой по расширению статических и динамических испытаний элементов вертолетов на прочность.

Впервые в практике СССР здесь была разработана методика комплексных статических испытаний на прочность каркаса вертолета в собранном виде.

Испытания построенных вертолетов и их всесторонняя доводка потребовали более глубокого изучения некоторых основных элементов конструкции: лопастей несущего вина, сочленений, подшипников в специфических условиях работы и демпферов. Для этого пришлось создать целый ряд стендов и испытательных установок, разработать специальную методику таких испытаний, использовать новую совершенную аппаратуру.

Следует указать, что выбор направления вращения несущих винтов, что имело особо важное значение для двухвинтовых вертолетов поперечной схемы, был произведен на основе глубокого теоретического анализа с учетом всех возможных режимов полета вертолета и обеспечения эффективного управления им.

На основе анализа параметров созданных ОКБ-3 опытных вертолетов следует отметить технически интересные и наиболее важные их особенности.

Все вертолеты, ранее созданные во всем мире, имели коэффициент нагрузки на 1 м^2 ометаемого диска 10–15 кг/м^2, превышение этой величины считалось опасным. В вертолетах, построенных ОКБ-3, этот коэффициент достигал 23–26 кг/м. После 1959 г. подобное значение удельной нагрузки стало обычным для всех современных вертолетов.

В вертолетах ОКБ-3 значение окружной скорости концов лопастей несущих винтов доходило до 200 м/с.

Немаловажной заслугой ОКБ-3 была разработка и практическое освоение нового типа целиком металлических лопастей, которые в значительной степени предвосхитили конструкцию лопастей, нашедшую применение в вертолетах за последние 5–10 лет.

Опытно-конструкторскому бюро И.П. Братухина принадлежит также оригинальное решение ряда конструктивных вопросов: суммарно-дифференциальный механизм в системе управления, автомат перекоса своеобразной оригинальной схемы, автомат аварийного сброса шага несущего винта и перевода его на режим авторотации.

В ОКБ-3 была проделана значительная работа по уточнению и дальнейшей разработке норм прочности, исследованию вопросов вибрации, вождения ручки управления, усилий в системе управ ления, методики летных исследований, использования совер шенной испытательной аппаратуры и т.п.

В Опытно-конструкторском бюро И.П. Братухина были подготовлены квалифицированные кадры конструкторов, летчиков и инженеров.

В 1945 г. за создание советских вертолетов группа конструкторов ОКБ-3 была награждена орденами Советского Союза.

В 1946 г. И.П. Братухину была присуждена Государственная премия.

Бесценный опыт, накопленный инженерами ОКБ-3, при проектировании вертолетов. Успешные результаты летных испытаний вертолетов конструктора И.П. Братухина свидетельствовали о том, что новые летательные аппараты доведены до состояния пригодности к эксплуатации как в военной, так и в гражданской авиации.

Благодаря творческой деятельности ОКБ-3 интерес к вертолетам в СССР заметно увеличился.

В начале 1945 г. ОКБ А.С. Яковлева начинает работы по вертолетной тематике. В этом же 1945 г. начинает свою работу по созданию вертолетов Н.И. Камов.

А в 1947 г. в Советском Союзе создается новое специальное вертолетное ОКБ под руководством главного конструктора М.Л. Миля. Советская авиация вступала в новую эпоху – эпоху вертолетов.

Список литературы:

1. Изаксон А.М. Советское вертолетостроение. – Второе изд. – М. : Машиностроение, 1981. – 295 с.
2. Загордан А.М. Военные испытатели вертолетов МФПА. – М., 1996. – 352 с.
3. Крылья родины. Научно-популярный журнал. – 1995. – № 4.

УДК 621.3

ЧАСТОТНАЯ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ВЕЩЕСТВ

♦♦♦♦♦

FREQUENCY AND TEMPERATURE DEPENDENCE OF THE DIELECTRIC PERMITTIVITY OF SUBSTANCES

Пивень В.А.
кандидат физико-математических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шипалов В.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ерлагаев В.Ш.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Головко В.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассмотрено влияние частоты переменного электрического поля и температуры веществ на их диэлектрические свойства. Показано и объяснено изменение диэлектрической проницаемости полярных и неполярных диэлектрических веществ, сегнетоэлектриков, пьезоэлектриков, сложных смесей диэлектриков от частоты электрического поля и температуры. Предложены способы исследования таких зависимостей.

Ключевые слова: диэлектрик, электрический момент, напряженность электрического поля, поляризация, поляризованность, диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость, сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики.

Piven V.A.
PhD in Physical
and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shipalov V.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Erlagaev V.Sh.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Gainov G.Y.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The influence of the frequency of an alternating electric field and the temperature of substances on their dielectric properties is examined. Changes in the permittivity of polar and non-polar dielectrics, ferroelectrics, piezoelectrics, and complex dielectric mixtures as a function of electric field frequency and temperature are demonstrated and explained. Methods for studying these dependencies are proposed.

Keywords: dielectric, electric moment, electric field strength, polarization, polarization, permittivity, permittivity, ferroelectrics, piezoelectrics.

Введение

Исследование диэлектрических свойств жидких и твердых диэлектриков – одна из наиболее фундаментальных и сложных проблем науки, имеющая большое как теоретическое, так и практическое значение. Центральное место в работах, посвященных изучению межмолекулярных взаимодействий в жидких и твердых диэлектрических веществах, занимают исследования молекулярной структуры веществ и динамики ее перестройки в ходе теплового движения [1, 2]. Изменение теплового движения молекул веществ происходит в результате действия внешнего переменного электрического поля и температуры, приводящее к характерным изменениям диэлектрической проницаемости веществ. Диэлектрическая проницаемость вещества показывает во сколько раз электрическое поле в веществе меньше электрического поля в вакууме и дает возможность оценить процессы поляризации в диэлектрике. Поляризация диэлектрика определяется суммарным действием различных механизмов поляризации. Частотная и температурная зависимости диэлектрической проницаемости несут информацию о механизмах поляризации и их относительном вкладе в саму поляризацию вещества.

1. Поляризация диэлектриков

Рассматривая процессы поляризации, следует выделить две группы поляризации:

– первая группа – ***упругая поляризация***, протекающая практически мгновенно под действием внешнего электрического поля, не сопровождающаяся рассеянием (т.е. потерями) энергии в диэлектрике;

– вторая группа – ***релаксационная поляризация***, возрастающая и уменьшающаяся в течение некоторого промежутка времени и сопровождающаяся рассеянием энергии в диэлектрике, т.е. его нагреванием.

В первой группе различают следующие виды поляризации [3–5].

1) ***Электронная поляризация***

При подаче напряжения в диэлектрике создается электрическое поле, и электроны в атомах смещаются относительно ядра. Смещенные электроны с положительным ядром атомов образуют пары связанных друг с другом электрических зарядов, которые называются ***упругими диполями***. Образование диполей происходит практически мгновенно (за время порядка $\tau \approx 10^{-15}$ с), поэтому такая поляризация не зависит от частоты приложенного напряжения к диэлектрику. Эти диполи исчезают, если с диэлектрика снято напряжение. Этот процесс образования упругих диполей называется *электронной поляризацией.* Величина диэлектрической проницаемости ε зависит от концентрации n атомов (молекул) в диэлектрике и их структуры, определяющей поляризуемость α атома (молекулы) вещества и описывается для неполярных и полярных диэлектриков при электронной поляризации уравнением Клаузиуса-Мосотти:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{n\alpha}{3\varepsilon_0}. \qquad (1)$$

Уравнение Клаузиуса-Мосотти можно представить в виде:

$$\varepsilon = 1 + \frac{3n\alpha}{3\varepsilon_0 - n\alpha}, \qquad (2)$$

где ε_0 – электрическая постоянная.

Это уравнение позволяет устанавливать связь между макроскопическим параметром, характеризующим диэлектрик как непрерывное тело, т.е. его диэлектрической проницаемостью ε и его микроскопическими параметрами – концентрацией молекул n – поляризуемостью молекул α.

2) Ионная (дипольно-упругая) поляризация

Поляризация обусловлена смещением упруго связанных ионов вещества. Такая поляризация характерна для твердых тел с ионным строением, т.е. для кристаллических диэлектриков. Всякий ионный кристалл состоит из положительных и отрицательных ионов, расположенных в узлах кристаллической решетки. При наложении напряжения в нем начинают действовать электрические силы, и ионы смещаются: положительные в одну сторону, отрицательные – в противоположную. Каждая пара ионов образует упругий диполь. Время поляризации очень мало – порядка $\tau \approx 10^{-13}$ с, поэтому такая поляризация также практически не зависит от частоты приложенного напряжения к диэлектрику. Наряду с процессом поляризационного смещения ионов протекает электронная поляризация. Интенсивность этих процессов у кристаллических диэлектриков велика, поэтому диэлектрическая проницаемость принимает значения $\varepsilon = 10$ и больше.

Во второй группе различают следующие основные виды поляризации [3–5].

1) Дипольная (ориентационная) релаксационная поляризация

Поляризация определяется поворотом и ориентацией диполей в направлении поля и связана с тепловым движением атомов (молекул) вещества. Если диэлектрик состоит из полярных молекул, то модуль ее дипольного электрического момента равен:

$$p = ql\,. \qquad (3)$$

Дипольные молекулы, находящиеся в хаотическом тепловом движении, частично ориентируются под действием поля, что и является причиной поляризации. Поворот диполей в направлении поля протекает в вязкой среде и связан с совершением работы по преодолению сил вязкого сопротивления среды, поэтому дипольная поляризация связана с потерями энергии. Под действием электрического поля ориентируются и радикалы (группы атомов) – это *дипольно-радикальная поляризация.* С увеличением температуры вязкость среды уменьшается, и дипольная поляризация возрастает, пока вязкость среды достаточно велика. Но по мере возрастания температуры нарастает хаотичность теплового движения, и она становится преобладающей над ориентацией диполей, т.е. дипольная ориентация с ростом температуры начинает падать, и это приводит к соответствующему уменьшению диэлектрической проницаемости.

Эта поляризация свойственна газам, жидкостям, а также твердым полярным органическим веществам, имеющим в составе радикалы. Время такой поляризации порядка $\tau \approx 10^{-2}$ с. После выключения электрического поля такая ориентация ослабевает и происходит релаксация.

2) Электронно-релаксационная поляризация

Поляризация возникает за счет возбужденных тепловой энергией избыточных электронов, появившихся в диэлектрике за счет наличия дефектов в кристалле или дырок, т.е дефекта, обусловленного отсутствием атома вещества в узле решетки. Такая поляризация характерна для твердых диэлектриков с высоким показателем преломления света и достаточно высокой электронной электропроводностью.

3) Спонтанная поляризация

Особое место занимают кристаллические диэлектрики, которые называют сегнетоэлектриками. Сегнетоэлектрики отличаются от полярных диэлектриков тем, что в определенном интервале температур характеризуются *спонтанной поляризацией*, существенно изменяющейся под влиянием внешних воздействий. Характерной чертой строения сегнетоэлектриков является наличие в них самопроизвольно поляризованных областей (***доменов***), существующих в отсутствие внешнего электрического поля. Направление спонтанной поляризации в сегнетоэлектриках может быть изменено на противоположное направление даже слабым электрическим полем.

Сегнетоэлектрики не являются однородно поляризованными, т.к. состоят из доменов – областей с различными направлениями спонтанной поляризации, поэтому при отсутствии внешних воздействий (электрическое поле, механическое напряжение, изменение температуры и др.) суммарный электрический дипольный момент $\vec{P}$ всего диэлектрика практически равен нулю.

Механизм возникновения доменов.

Возникновение доменов с произвольной ориентацией дипольных моментов обусловлено стремлением любой системы перейти в состояние с минимальной энергией. Представим сегнетоэлектрик в виде одного домена (рисунок 1а), тогда вокруг него возникнет электрическое поле с запасенной этим полем энергией. Чтобы уменьшить объем этого поля, а, следовательно, и энергию, необходимо создать в сегнетоэлектрике вместо одного домена – два (рисунок 1б), лучше три и более. Например, у сегнетоэлектрика, состоящего из четырех доменов (рисунок 1в), поле отсутствует, но существует энергия взаимодействия между доменами, которую можно определить по формуле:

$$W_{Д} = -\vec{P}_{Д} \cdot \vec{E}\,, \tag{4}$$

где $\vec{P}_{Д}$ – дипольный момент домена; $\vec{E}$ – напряженность электрического поля, созданного остальными диполями в образце.

Эта энергия является отрицательной величиной и будет меньше в том случае, если в сегнетоэлектрике возникает бесконечное множество небольших по размеру доменов. Качественная картина доменной структуры сегнетоэлектрика представлена на рисунке 2.

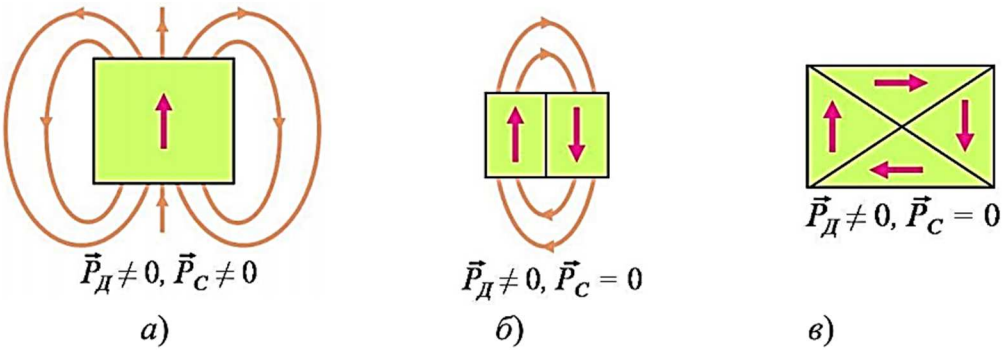


Рисунок 1 – Механизм возникновения доменов:
а) один домен; б) два домена; в) четыре домена.
$\vec{P}_Д$ – дипольный момент домена; $\vec{P}_C$ – дипольный момент системы доменов

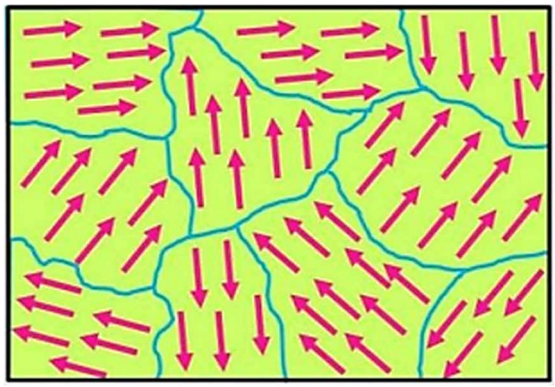


Рисунок 2 – Доменная структура сегнетоэлектрика

При температуре выше T_C, называемой *температурой Кюри* (*точкой Кюри*), спонтанная поляризация исчезает, и как следствие, происходит разрушение доменов. Сегнетоэлектрик превращается в полярный диэлектрик. Таким образом, температура Кюри – это температура фазового перехода.

Равновесная доменная структура сегнетоэлектриков определяется балансом между уменьшением энергии электростатического взаимодействия доменов при разбиении кристалла на домены и увеличением энергии от образования новых доменных границ. Конфигурация доменов зависит от размеров и формы образца сегнетоэлектрика, на нее влияет характер распределения по образцу дефектов в кристалле, внутренних механических напряжений и других неоднородностей, которые неизбежно присутствуют в реальных кристаллах. Наличие доменов обуславливает аномалии многих упругих, электрических, электро-оптических, магнито-оптических свойств сегнетоэлектриков, и особенно это проявляется в области температуры фазового перехода – точки Кюри T_C.

Основные свойства сегнетоэлектриков.

1) Диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков достигает нескольких тысяч единиц (у обычных диэлектриков не превышает нескольких десятков).

2) Зависимость поляризации от напряженности электрического поля является нелинейной.

3) Поляризованность $\vec{P}$ отстает от напряженности $\vec{E}$ внешнего электрического поля, т.е. зависит от первоначального состояния диэлектрика. Это явление называется *диэлектрическим гистерезисом*. В сильном поле происходит полная переполяризация исходного образца сегнетоэлектрика.

Благодаря своим уникальным свойствам, сегнетоэлектрики широко используются в технике и промышленности, в частности, при производстве электрических конденсаторов, нелинейных элементов в радиотехнике (стабилизаторы тока и напряжения), элементов логических схем, элементов памяти, излучателей и

приемников звука, модуляторов света в устройствах оптико-волоконной связи. Типичным примером сегнетоэлектрика является титанат бария $BaTiO_3$.

2. Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты поля

Диэлектрическая проницаемость полярного диэлектрика, в котором наблюдаются практически все выше перечисленные виды поляризации, за исключением спонтанной поляризации, может быть рассчитана для фиксированной циклической частоты ω по формуле [3]:

$$\varepsilon = \varepsilon_\infty + \frac{\varepsilon_c - \varepsilon_\infty}{1+(\omega\tau)^2}, \quad (5)$$

где ε_c – статическая диэлектрическая проницаемость, которую имеет диэлектрик в постоянном электрическом поле; ε_∞ – диэлектрическая проницаемость, которую имеет диэлектрик в области частот 10^{-12} – 10^{-15} $с^{-1}$ переменного электрического поля, эта проницаемость обусловлена практически безинерционными видами поляризации – электронной и ионной (дипольно-упругой) поляризацией.

Из формулы (5) следует, что при постоянном напряжении на диэлектрике ($\omega = 0$) величина диэлектрической проницаемости максимальна и равна $\varepsilon = \varepsilon_c$, и она обусловлена как упругими, так и неупругими видами поляризации.

График зависимости диэлектрической проницаемости от частоты при различных темепратурах T_1 и T_2 диэлектрика представлен на рисунке 3.

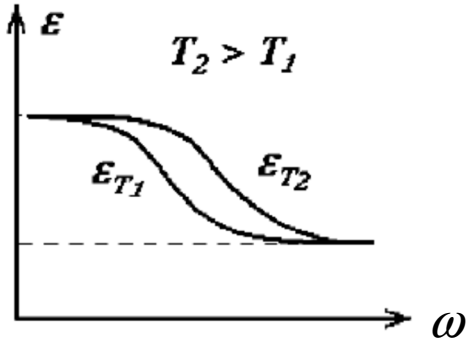


Рисунок 3 – Зависимость диэлектрической проницаемости от частоты для полярных диэлектриков при различных температурах

Из рисунка 3 следует, что диэлектрическая проницаемость полярного диэлектрика в области низких частот, где выполняется условие $\omega\tau < 1$, остается практически постоянной и имеет наибольшее значение, приближаясь к значению статической диэлектрической проницаемости ε_c.

При дальнейшем повышении частоты электрического поля полярные молекулы начинают отставать от поля, т.к. частота электрического поля становится больше частоты тепловых колебаний молекул, и диполи не успевают ориентироваться при смене полярности проложенного поля, т.е. напряжения. Угол поворота диполей будет постоянно уменьшаться с ростом частоты, следовательно, будет уменьшаться и значение диэлектрической проницаемости.

На высоких частотах скорость ориентации диполей уменьшается настолько, что вклад дипольно-релаксационной поляризации на этих частотах становится близким к нулю и диэлектрическая проницаемость на этих частотах уменьшается до значений, обусловленных только электронной и дипольно-упругой поляризацией. В области высоких частот $\omega \to \infty$ значение $\varepsilon \to \varepsilon_\infty$.

С повышением температуры диэлектрика время релаксации τ уменьшается, поэтому отставание поляризации от частоты приложенного поля будет происходить при

более высокой частоте ω и, следовательно, область снижения диэлектрической проницаемости будет смещаться в сторону более высоких частот (рисунок 3).

3. Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости проходит через максимум. При низких температурах она определяется электронной и дипольно-упругой поляризацией, т.к. слабосвязанные полярные молекулы при этом имеют столь малую энергию и частоту тепловых колебаний, что в течение действия полупериода приложенного напряжения, т.е. переменного электрического поля, не успевают сориентироваться по направлению поля. Время релаксации велико и в области низких температур выполняется условие $\omega\tau >> 1$. Подставив это условие в уравнение (5) получим, что при низких температурах, когда слабосвязанные полярные молекулы имеют очень малую энергию теплового движения, диэлектрическая проницаемость обусловлена только упругими видами поляризации и имеет минимальное значение $\varepsilon = \varepsilon_\infty$ (рисунок 4).

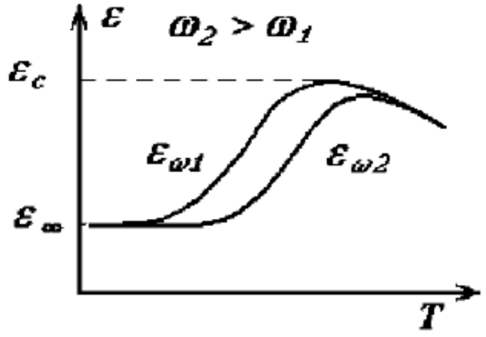


Рисунок 4 – Зависимость диэлектрической проницаемости от температуры для полярных диэлектриков при различных частотах

С повышением температуры увеличивается частота и амплитуда колебаний диполей диэлектрика и повышается вероятность перехода их из одного положения равновесия в другое. Количество переходов за один полупериод колебаний приложенного напряжения возрастает с ростом температуры по экспоненциальному закону и достигает максимума, когда все полярные молекулы успевают сориентироваться вслед за изменением направления приложенного напряжения, т.е. направления электрического поля.

При этой температуре выполняется условие $\omega\tau < 1$ и диэлектрическая проницаемость стремится к своему максимальному значению $\varepsilon = \varepsilon_c$. С ростом частоты максимум диэлектрической проницаемости смещается в сторону более высоких температур (рисунок 4).

Действительно, чтобы полярные молекулы успевали ориентироваться в электрическом поле при более высокой частоте, необходимо, чтобы увеличилась частота их переходов, а это условие выполняется только при более высокой температуре, когда время релаксации τ уменьшается настолько, чтобы оно стало соизмеримым с длительностью периода приложенного напряжения и выполнялось условие $\omega\tau \approx 1$.

Список литературы:

1. Гайдук В.И. Теория диэлектрической дисперсии полярных сред : учеб. пособие. – М. : Изд-во МИФИ, 1980. – 91 с.
2. Потапов А.А. Диэлектрическая поляризация / А.А. Потапов, М.С. Мецик. – Иркутск : Изд-во Иркутский гос. ун-т, 1986. – 264 с.
3. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов : учеб. пособие для вузов. – М. : Энергоиздат, 1982. – 320 с.
4. Гусев Ю.А. Основы диэлектрической спектроскопии : учеб. пособие. – Казань : Казанский гос. ун-т, 2008. – 112 с.
5. Позняк А.А. Электрофизические характеристики диэлектриков : практикум / А.А. Позняк, В.А. Полубок. – Мн. : Белорусский гос. ун-т информатики и радиоэлектроники, 2007. – 51 с.

УДК 656.71

СОВЕТСКИЙ ДУГЛАСЕНОК АВИАКОНСТРУКТОРА А.С. ЯКОВЛЕВА

♦♦♦♦♦

SOVIET DOUGLAS AIRCRAFT DESIGNER A.S. YAKOVLEV

Паленый А.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Новицкая О.С.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании и боевом применении легкого многоцелевого самолета Як-6 в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: фанерный, мотор, крыло, испытание, ночной, транспортный, бомбы, авиаполк, аэродром.

Paleniy A.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mail.ru

Novitskaya O.S.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mail.ru

Abstract. The article describes the creation and combat use of the high multipurpose aircraft Yak-6 during the Great Patriotic War.

Keywords: plywood, engine, wing, wing, test, night, transport, bombs, air, regiment, airfield.

На Советско-Германском фронте нашлось немало работы для легких многоцелевых самолетов. Их применяли для выпол нения целого ряда задач, включая доставку грузов, ведение разведки, ночные бомбардировки. Подобную работу выполняли соответствующие модификации У-2, Р-5 и Р-Z. Однако возможности их были достаточно ограничены. Кроме того, выпуск двух последних машин давно прекратили, а парк их в боевых услови ях неуклонно сокращался. На повестку дня встал вопрос о со здании самолета для восполнения этих потерь.

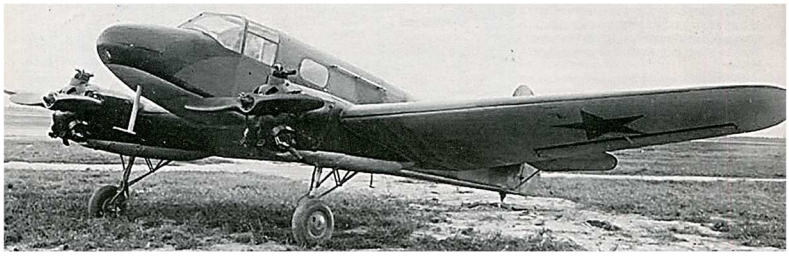


Рисунок 1 – Первый прототип самолета Як-6

Весной 1942 г., А.С. Яковлев в беседе со И.В. Сталиным предложил создать простой, *«как фанерный ящик»,* легкий транспортно-связной самолет и ночной ближний бомбардировщик (НББ) и быстро организовать его массовый выпуск. Вождь поддержал конструктора, и 26 апреля вышло соответствующее постановление ГКО.

Коллектив ОКБ Яковлева уже имел опыт работы над подобными машинами, создав перед войной опытный пассажирский Я-19/АИР-19 (ведущий конструктор О.К. Антонов). Ряд наработок по нему, такие как форма фюзеляжа, хвостовое оперение и некоторые другие, были применены при создании нового самолета, получившего обозначение Як-6.

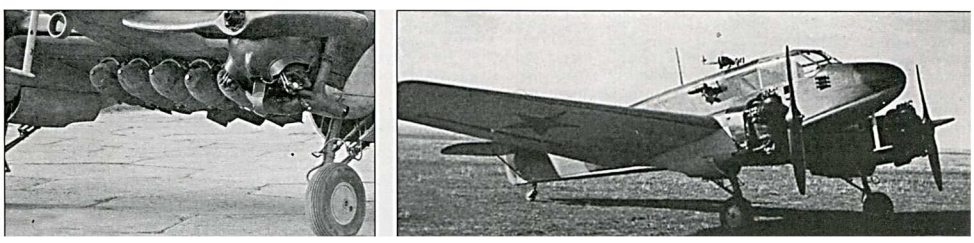


Рисунок 2 – Самолеты Як-6 НББ (ближний бомбардировщик)

Работы по обоим прототипам, как транспортника, так и бомбардировщика, велись на предприятии, предназначенном для выпуска серии на заводе № 47, эвакуированном из Ленинграда (ныне Санкт-Петербург) в г. Чкалов (ныне Оренбург), где шло производство УТ-2 и освоение Як-1. Представителем Яковлева там был его заместитель А.А. Синицын, ведущим инженером по тематике назначили Е.Г. Адлера, а ведущим конструктором Як-6 – М. Леонова.

Работы шли в высоком темпе, и уже через 10 дней чертежи начали поступать на производство. К началу мая были собраны и переданы на статиспытания первые агрегаты, а на производстве шла работа по постройке двухлетных экземпляров: первого – упрощенного «транспортника» с неубираемым шасси и второго – «бомбера» с убираемым шасси.

В июне взлетела первая машина. За штурвалом был летчик-испытатель Ф.Е. Болотов, в свое время участник перелета Москва-Нью-Йорк на самолете АНТ-4 «Страна Советов».

Як-6 был свободнонесущим цельнодеревянным низкопланом с двумя двигателями М-11Ф. Фюзеляж состоял из носовой, средней и хвостовой частей, стыковавшихся друг с другом при помощи стальных узлов. Стыковочные щели заклеивались специальной лентой. Носовая и средняя части представляли собой полумонокок. Их каркас состоял из сосновых рам-шпангоутов, лонжеронов и стрингеров. Обшивка – фанерная. Внутри средней части находилась грузовая кабина. Хвостовая часть – деревянная ферменная, обшитая полотном. Экипаж (летчик и штурман) мог попасть в свою кабину по-истребительному, откинув вверх крышки фонаря, пассажиры в свою – через вход по левому борту, закрываемый дверцей.

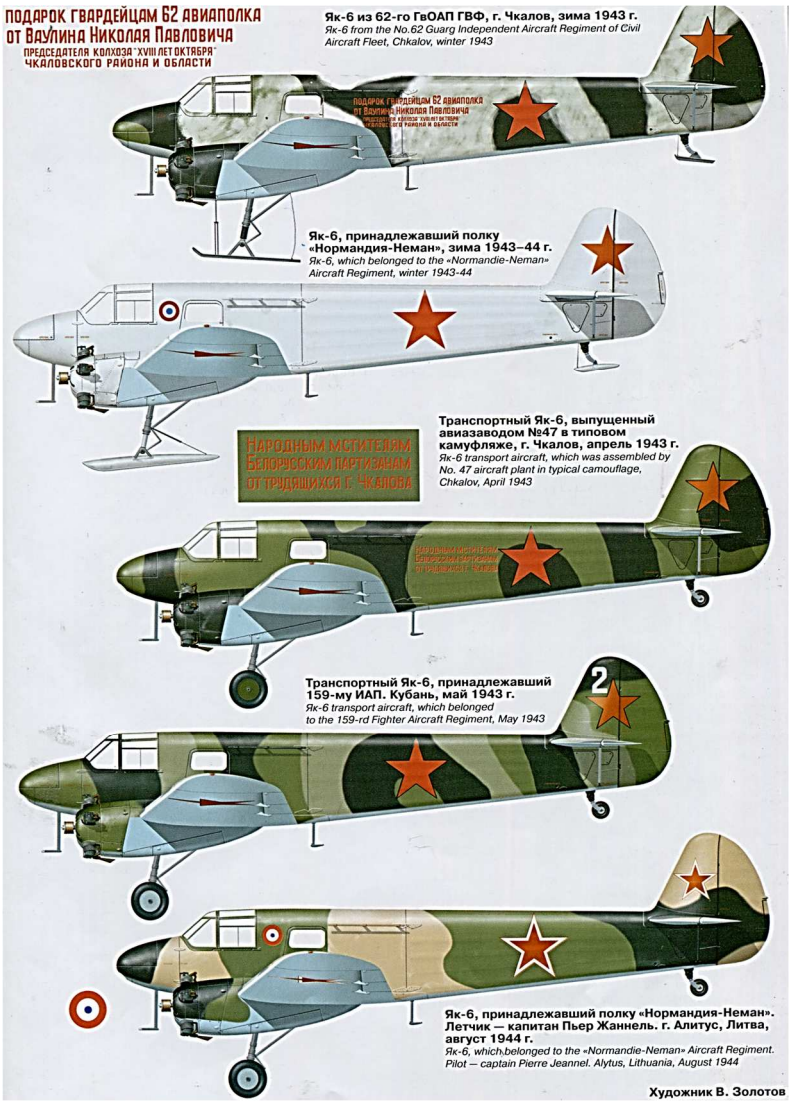


Рисунок 3

Крыло – двухлонжеронное неразъемное с профилем Clark-YH увеличенной относительной толщины, что позволяло обеспечить высокие несущие свойства и упростить технику пилотирования. Обшивка консолей – полотняная, центроплана – фанерная. В центроплане между лонжеронами располагались фанерные бензобаки емкостью по 195 л, покрытые для герметичности клеем ВИАМ-Б-3. Элероны – щелевые с полотняной обшивкой. На центроплане располагался фанерный посадочный щиток.

Хвостовое оперение – подкосное с полотняной обшивкой. Рули снабжены триммерами.

Шасси – трехопорное с хвостовым колесом. На втором экземпляре оно было убираемым, на остальных самолетах – неубираемым, что упрощало эксплуатацию машины. Потерей скорости в несколько км/ч можно было пренебречь.

Установленные на самолете форсированные двигатели М-11Ф имели мощность по 140 л.с. Вместе с ними использовались деревянные винты фиксированного шага ВВФ. Для снижения затрат при серийном выпуске на Як-6 применили мотораму, капоты двигателей и ряд других узлов мотоустановки учебно-тренировочного УТ-2.

С 19 августа по 1 сентября прошли заводские испытания. По их результатам был составлен пе речень необходимых доработок.

В первых числах сентября 1942 г. самолет был готов для перелета в Москву, однако из-за неполадки, обнаруженной в одной из стоек шасси, мероприятие перенесли на день.

На следующий день Як-6 полетел в столицу. За штурвалом находился Болотов. С одной промежуточной посадкой добрались до Центрального аэродрома, где их у «фирменного» ангара ожидала целая депутация, включая самого главного конструктора, наркома авиапрома А.И. Шахурина, С.В. Ильюшина, летчиков-испытателей и др. После приземления и доклада Болотова наркому Яковлев организовал ознакомительные полеты. Поочередно, с помощью Болотова, летчики-испытатели знакомились с Як-6 в небе.

С 8 по 16 сентября Як-6 испытывали в НИИ ВВС, совершив 34 полета. Ведущим летчиком был м-р Лисицын, ведущим инженером-испытателем – м-р А.В. Синельников. Наряду с поло жительными сторонами был отмечен и ряд недостатков. Так, оставляли желать лучшего продольная и поперечная устойчивость, крайне малая нагрузка на ручку управления не позволяла оценивать реальную ситуацию в полете. В темное время при полете приборная доска отражалась в лобовом стекле, что полностью исключало применение Як-6 ночью, т.к. различить что-либо за бортом было невозможно. Затрудняло эксплуатацию и неразъемное крыло.

Вскоре завершили постройку и Як-6НББ с убираемым шасси. Его оснастили пятью подкрыльевыми замками МД-3-40 для 500 кг авиабомб (5 × 100 кг либо 2 × 250 кг). По пра вому борту установили бомбовый прицел НКПБ-3. Для защиты от истребителей за кабиной экипажа размещался на опускаемой шкворневой установки пулемет 7,62 мм ШКАС с боезапасом 500 патронов.

Приказом НКАП N2.707с от 16 сентября 1942 г., не дожидаясь завершения Госиспытаний, Як-6 был запущен в серию на за водах № 47 (головной, г. Чкалов), № 471 – (г. Шумерля) и № 464 (Тушино, затем Долгопрудный).

47-й параллельно выпускал УТ-2. До конца 1942 г. здесь построили 25 Як-6. В 1943 г. казалось, что дела стали налаживаться. Заёод построил 249 Як-6. Однако 25 сентября вышел приказ НКАП о сворачивании выпуска самолетов Яковлева и переводе завода на производство транспортника Ще-2.

471-й завод был организован в 1941 г. на базе деревообрабатывающего комбината. К концу 1942 г. здесь не было готово ни одного Як-6, а сдача продукции пошла уже в 1943 г. Всего в Шумерле построили 82 единицы. 27 августа, согласно приказу НКАП, выпуск «Яков» прекратили. Их сменили У-2.

464-й завод, ранее выпускавший планеры, также не сдал в 1942 г. ни одного Як-6, а первые пять таких машин покинули предприятие лишь в феврале 1943 г. Уже в августе здесь перешли на выпуск У-2, успев построить 50 «Яков», последние из которых сдали в сентябре.

Всего на трех предприятиях выпустили 381 Як-6. По ходу серийного производства на заводах вносились изме нения в конструкцию. Был усилен пол грузовой кабины, установлены откидные сиденья для четырех пассажиров, авиагоризонт, козы рек

над приборной доской для устранения бликов на фонаре в ночном полете, фанерные баки заменили металлическими, кроме того, сделали съемной дверь грузовой кабины.

Наиболее основательную модернизацию Як-6 провели специалисты ведущего завода № 47. На самолете зав. № 14347 сделали разъемным крыло, для улучшения устойчивости увеличили стреловидность консолей по передней кромке. Изменили также угол установки стабилизатора, в правом борту сделали грузовой люк 850 × 1100 мм с дверью, открываемой вовнутрь, в консолях разместили два дополнительных бензобака по 90 л, двигатели оснастили выхлопными коллекторами, а также капотами с индивидуальными обтекателями каждого цилиндра. Машина получила обозначение Як-6М. В серию она не пошла, но позже стала своеобразным прототипом для пассажирского самолета Як-8.

За внешнее подобие американский DC-3 новый «Як» получил прозвища *«Дугласенок»* и *«Иван-Дуглас»*. В связи с острой нехваткой транспортных самолетов, поначалу Як-6 шли нарасхват. Подкупали его практичная конструкция, продуманность которой позволяла самолету не загнивать и не раскисать на открытых стоянках.

Первые Як-6 поступили в войска 08 марта 1943 г. Их получил 396-й отдельный авиаполк особого назначения (ОАПОН), занимавшийся перевозками в интересах Главкомата ВВС и не только его. В ряде публикаций безосновательно указывается, что Як-6 приняли участие в заключительном этапе Сталинградской битвы. О поставках машин может дать представление следующая статистика. Из выпущенных на 25 июня 1943 г. 232 Як-6 171 при няли ВВС, 3 ГВФ, 21 самолет использовался на предприятиях НКАП. Еще 37 ожидали приемки, из них одна машина предназначалась для авиации Наркомата лесного хозяйства, еще одна – для авиации ГУЛАГа.

Главным эксплуатантом Як-6 в ВВС стала 4-я авиадивизия особого назначения (АДОН), где наибольшее число машин получил 600-й транспортный авиаполк (ТАП). Другие, входившие в нее части (например, 1009-й транспортно-санитарный АП, также использовали «Яки».

Многие машины после эксплуатации в этой дивизии передавались в другие полки, эскадрильи, организации. Среди них был самолет с двигателями М-11Д, 04 февраля 1944 г. совершивший вынужденную посадку, а 26-го переданный в авиаполк «Нормандия».

ГВФ получил от промышленности относительно немного Як-6, основное их количество поступало из ВВС. Надо отметить, что в оперативном отношении части ГВФ на фронте подчиня лись командованию воздушных армий. Из этих частей можно отметить 9-ю Гвардейскую отдельную смешанную эскадрилью, четыре Як-6 которой в феврале 1945 г. с аэродрома Саки обслуживали работу Крымской конференции.

Некоторое количество Як-6 получил и 62-й ГвОАП ГВФ, среди них был и «самолет-подарок». На его борту красовалась надпись: «Подарок гвардейцам 62 авиаполка от Ваулина Николая Павловича председателя колхоза «XVIII лет Октября» Чкаловского района и области».

Три Як-6 находились в распоряжении Бело русского штаба партизанского движения.

Имевшиеся в распоряжении летных отрядов НКАП «Яки» применялись для различных грузоассажирских перевозок. Наиболее известной акцией с их участием стала переброска на фронт летом 1943 г. ремонтных бригад для устранения заводских дефектов истребителей «Як», которые приводили к срыву обшивки. Когда Сталин узнал, что несколько сот истребителей выведены из строя, он вызвал «на ковер» А.С. Яковлева и замнаркома П.В. Дементьева, которых обвинил в саботаже и пособничестве врагу. Последствия были очевидны, и Дементьев в отчаянии пообещал за (две недели устранить дефекты. Яковлев вспоминал, что когда они вышли из кабинета Сталина, *«я облегченно вздохнул, но вместе с тем не мог не сказать Дементьеву: Слушай, как за две недели можно выполнить такую работу? А ты хочешь, чтобы нас расстреляли сегодня? Пусть лучше расстреляют через две недели...»*.

04 июня вышел приказ НКАП № 339с об организации на базе завода № 464 временной летной группы для срочной переброски на фронтрембригад с необходимым материалом и инструментом. Директору завода было приказано выделить самолеты и персонал для их обслуживания, а командиром группы назначили временно освобож-

денного от обязанностей начальника летно-испытательной станции предприятия В.А. Гинце.

В состав группы вошли шесть машин долго прудненской постройки. С их помощью бригады доставили на каждый фронтовой аэродром, где находились истребители с дефектами. Работу выполнили, хотя в обещанные две недели не уложились. Однако «гроза» уже пронеслась, и никого не расстреляли. 24 июля авиагруппу расформировали.

Полеты этих машин на фронт не были легкой прогулкой. Так, 07 августа 1943 г. в районе с. Горчешниково, в ходе выполнения другого задания, Як-6 летного отряда завода № 9464, который пилотировал полковник Д.И. Буткин, был дважды атакован неприятельским самолетом, опознанным как Ju 88. Умело пилотируя машину, Буткин сумел избежать вражеских попаданий и привести невредимым «Як» на свой аэродром.

Везло не всегда. В июле того же года без вести пропал при перелете из Волово в Старый Оскол борт летного отряда 6-го главка НКАП, который пилотировал летчик Кри волапое. На борту находились еще два человека. Считается, что из-за действия Курской магнитной аномалии «Як» мог отклониться от курса в сторону фронта, где его сбили вражеские истребители. Ни обломки, ни тела погибших не были найдены.

Куда большими были эксплуатационные потери. У строевых Як-6 проявились серьезные проблемы с устойчивостью и управляемостью. При полной загрузке или ее превышении это было чревато срывом в штопор, что нередко и происходило. Не стоит забывать и об отказах двигателей. Например, 16 июня 1943 г. самолет зав. № 04647 с М-11Ф, которым управлял подполковник Глыбин, совершил вынужденную посадку из-за отказа двигателя в воздухе в результате срыва крепежа шестерни газораспределения. На борту находился начальник Управления по формированию и комплектации ВВС РККА генерал-майор Волков. Самолет восстановили, но 16 октября он разбился на взлете.

Проводимые расследования аварий и катастроф давали достаточно типичную картину: «Обычно за штурвалом оказывался желторотый младший лейтенант, не способный отстоять правила загрузки самолета от наседавших на него полковников и генералов, которые битком набивались в кабину, еще загромождая ее личными вещами. Стараясь быстрее отойти от земли, пилот не замечал потери скорости и неожиданно оказывался в штопоре, из которого ... не мог правильно выбраться».

В 1944 г. ОКБ, в преддверии завершения войны и начала мирной жизни, приступило к созданию легкого пассажирского самолета для местных авиалиний. За основу был взят, как уже упоминалось, Як-6М, от которого к новой машине перешли крыло, шасси и несколько измененное оперение. Центральная часть фюзеляжа – цельнодеревянный полумонокок с рамны ми шпангоутами и фанерной обшивкой, носовая и хвостовая – по типу Як-6. Внутри были установлены 6 мягких пассажирских кресел. Як-8 оснащался двумя двигателями М-11ФМ в 145 лошадиных сил с винтами изменяемого шага ВИШ-327. В дальнейшем планировалась установка М-12. Шасси сделали убираемым.

Были построены два прототипа, которые летом-осенью 1944 г. успешно прошли летные испытания. Летал П.Я. Федрови. Прототип Як-8-ll избрали в качестве образца для серийного производства.

Оно началось в июле 1945 г. на заводе № 135 в Харькове. Предприятие только возрождалось после оккупации. Здесь смогли восстановить часть цехов, в том числе деревообрабатывающих, но в большинстве из них температура в зимнее время не поднималась выше нуля.

К весне 1946 г. удалось построить первые четыре Як-8. За тем производство временно приостановили. А в июне МАП приняло решение вообще прекратить работы по Як-8 ввиду «многочисленных конструктивных недостатков самолета». На этом история самолетов данного семейства и завершилась.

Список литературы:

1. Авиация и время. Популярный авиационный журнал. – 2018. – № 6.
2. Виноградов Р.И. Развитие самолетов мира / Р.И. Виноградов, А.Н. Пономарев. – М. : Военные самолеты. Машиностроение, 1991. – 384 с.

УДК 621.78

ВОЗДУШНЫЕ ОХОТНИКИ ЗА КАРАВАНАМИ (ПРИМЕНЕНИЕ САМОЛЕТОВ АН-30 В АФГАНСКОЙ ВОНЕ)

♦♦♦♦♦

AERIAL CARAVAN HUNTERS (USE OF AN-30 IN THE AFGHAN WAR)

Шерстюк Р.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чернов Д.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о применении самолета Ан-30 в боевых действиях в республике Афганистан.

Ключевые слова: самолет, фоторазведчик, караван, аэродром, экипаж, боевой вылет, фотографирование, «Стингер», маневр.

Sherstyuk R.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Chernov D.N.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describes the use of the An-30 aircraft in combat operations in the Republic of Afghanistan.

Keywords: airplane, photographic reconnaissance aircraft, caravan, airfield, crew, combat sortie, photography, «Stinger», maneuver.

Начало применения Ан-30 в боевых действиях ОКСВ в Афганистане было положено в ноябре 1981 г. Один самолет ввели в состав 1-й эскадрильи 50-го ОСАП, включавшей в себя также Ан-12 и Ан-26. Осенью 1984 г. число Ан-30 в 40-й армии возросло до трех и оставалось таковым до середины 1987 г. Оставшиеся в 50-м ОСАП два Ан-30 вошли в образованную в 1986 г. 2-ю АЭ специальных самолетов (Ан-26РТ, Ан-26М, Ан-26РР, Ан-30). В ее составе «тридцатки» находились до конца афганской эпопеи.



Рисунок 1 – Аэропорт Кабул стоянка 50-го ОСАП

Взятые на войну Ан-30 почти никогда не использовались по своему прямому предназначению, которое определено в руководстве полетной эксплуатации как «фотографирование земной поверхности в картографических целях». С первых дней они стали «отнимать хлеб» у разведывательных самолетов фронтовой авиации. Единственным случаем, когда «тридцатки» выступили в своем основном амплуа, была аэрофотосъёмка части территории Афганистана, которую провели в апреле-июне 1982 г.

из Черновцов. Один из них направили в Кабул, откуда «залетывали» юго-восточную часть ДРА. Второй, работавший над юго-западной частью страны, базировался в Шинданде. По граничные с СССР районы фотографировали, летая с аэродрома Гиссар под Душанбе, где развернули базу радионавигационной службы и производили обработку аэрофильмов, поступавших от всех трех Ан-30. Задание было крайне важным, так как отсутствие достоверных карт существенно за трудняло ведение боевых действий (БД).

При выполнении этого задания средний налет на экипаж составил 90 ч при 30 боевых вылетах. Эта работа получила высокую оценку Военно-топографического управления МО СССР. Специфика боевых действий ОКСВ, особенности применения противником средств противодействия авиации, нетипичный характер объектов воздушной разведки заметно влияли на эффективность применения МиГ-21 Р, Су-17МЗР, Як-28Р и др. В СССР в ходе боевой учебы летчики разведывательной авиации готовились обнаруживать совсем иные цели, например: ракетно-ядерные средства, боевую технику, корабли и подобные объекты. Предполагалось наличие линии фронта, подчиненное определенной логике размещение средств ПВО, а следователь но, тактика их обхода или подавления. Здесь же линия фронта, в своем классическом представлении, отсутствовала – ЛА попадали под обстрел сразу после взлета, часто в так называемой «охраняемой зоне». Надо было адаптироваться к поиску совсем иных целей: затерявшихся в горах и пещерах оборонительных и опорных пунктов, складов оружия, перевалочных баз, укрепрайонов, засад, позиций пулеметов, ЗГУ, РС, систем залпового огня. Специфичными были и душманские мобильные средства поражения, которые оборудовались на любых автомобилях повышенной проходимости. Чтобы отличить их от цивильных автоколонн, требовалось, по крайней мере, время для запроса своего КП о возможности нахождения нашей техники в конкретном районе. Непростым был и поиск караванов вьючных животных с оружием, полевых лагерей бандформирований даже в известных по агентурным данным районах.

Использование Ан-30 позволило снять с самолетов-разведчиков фронтовой авиации ряд задач, требовавших нерационального расхода сил и средств. При этом «тридцатки» никогда не рассматривались как универсальная замена МиГам, Су и Якам хотя бы потому, что, не располагая бортовым оружием, их экипажи не могли наносить удары по выявленным объектам противника для блокирования его до прибытия боевой авиа ции или вертолетов с группой досмотра.

Разумно распределить работу между боевыми самолетами-разведчиками и мирным аэрофотосъемщиком удалось не сразу. Лишь со временем определился круг основных задач экипажей Ан-30 и способы их выполнения:

– визуальное наблюдение;

– наведение боевой авиации на цели в ходе крупномасштабных операций и на объекты, выявленные при визуальной разведке с борта Ан-30, т.е. «по вызову»;

– фотографирование районов бомбо-штурмовых (БШУ), артиллерийских и ракетных ударов до и после огневого воздействия;

– фотографирование площадок высадки вертолетных десан тов при подготовке к «чисткам» районов и другим операциям;

– площадное воздушное фотографирование и аэрофото съемка (АФС) отдельных «осей» для выявления неизвестных целей или подтверждения информации, полученной из других источников, о местах дислокации, путях передвижения, укрепрайонах, опорных пунктах, позициях различных средств пора жения моджахедов;

– фотографирование дорог и прилегающей к ним местности при передислокации войск, а позднее при подготовке к их выводу из Афганистана с целью выявления очагов потенциаль ного огневого воздействия, мест организации засад, а также определения резервных путей передвижения войск и техники на случай вынужденного отказа от основных дорог;

– поиск сбитых ЛА и другие частные задачи.

Несомненным достоинством Ан-30 была достаточно большая дальность полета (2600 км на высоте более 6000 м). Это позволяло при вылете из Кабула достичь любого района Афганистана, выполнить задачу и вернуться на базу, где уже через 40 минут специалисты отделения обработки информации (ООИ) приступали к дешифрированию аэрофильмов.



Рисунок 2 – Самолет Ан-30 взлетает на разведку

Продолжительность полета на высоте 6000 м составляла 6 ч 10 мин. Если принять во внимание, что до 1985 г. до 40 % налета уходило на визуальное наблюдение и самостоятельный поиск, то эти качества были одними из определяющих в подборе задач для Ан-30. Еще одно преимущество состояло в том, что практически все члены экипажа могли вести визуальное наблюдение. При этом у каждого был свой назначен ный сектор обзора. Наличие иллюминаторов и фотолюков делало обзор почти всеракурсным. На борту всегда имелись бинокли, что давало возможность детальнее рассмотреть привлекший внимание объект. Вдвое меньшая по сравнению с самолетами-разведчиками на базе истребителей крейсерская скорость полета увеличивала время для тщательного просмотра пролетаемой местности, идентификации объектов разведки. Это позволяло не выполнять повторных заходов на цели, давая определенный тактический выигрыш.

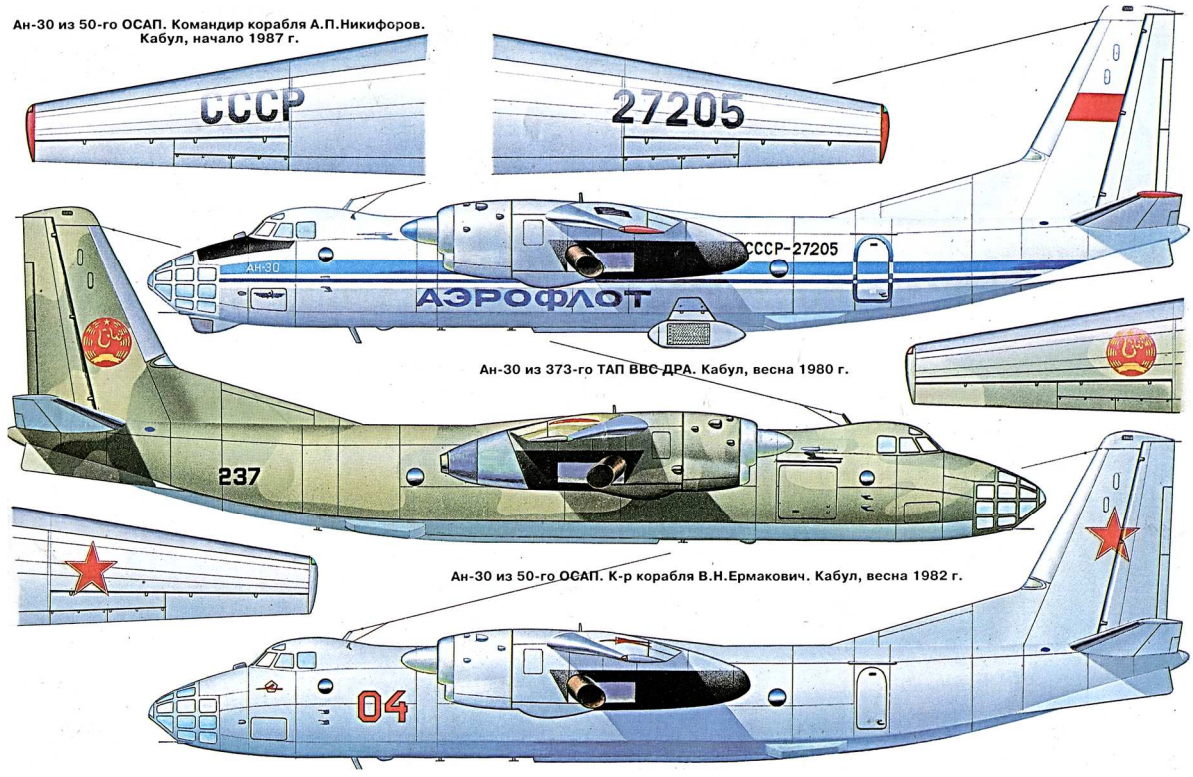


Рисунок 3

Несмотря на небогатую энерговооруженность, Ан-30 имел вполне сносную маневренность. При закрылках, выпущенных в посадочное положение, и крене 45–60° радиус разворота со ставлял 500–300 м. При выполнении съемки в ущельях, не имевших сквозного выхода, это качество самолета позволяло благополучно закончить полет, буквально вырвав затребованную информацию у труднодоступных гор.

Наиболее творческими и динамичными были полеты на визуальное наблюдение и самостоятельный поиск. Перед ними командиру экипажа или штурману на КП 40-й армии указывался район предполагаемой активизации действий оппозиции. Полетные карты готовились таким образом, чтобы передаваемая с борта Ан-30 информация о выявленных целях была легко-воспринимаемой как на КП, так и летчиками боевых ЛА, с которыми предполагалось взаимодействовать. Развединформация таких вы летов, как правило, фиксировалась на аэрофильмах с целью подтверждения, а чаще пере давалась на КП самостоятельно или через самолет-ретранслятор в реальном масштабе времени. А там уже принималось решение о выборе и применении средств поражения или просто о сборе и систематизации данных.

К концу 1982 г. визиты в южную часть Кабула, где в королевском дворце размещался штаб 40-й армии, стали редкими. Районы, участки, координаты площадей и «осей» надиктовывались по спецсвязи, а к вылету подходило и телеграфное боевое распоряжение. Последнее стало необходимым, так как зачастую приходилось работать в приграничных с Пакистаном и Ираном районах, откуда для оппозиции шло оружие и перебрасывались моджахеды, прошедшие подготовку в учебных центрах. Впрочем, любой полет проходил «над стволами» и мог закончиться инцидентом. И тут возникал вопрос: «Кто, кого, куда и зачем направлял?» Во избежание недоразумений не лишней оказа лась и бюрократия. Однако ни того, как сфотографировать «ось», зажатую с двух сторон изгибами границы, ни того, как отличить мирный караван или лагерь кочевников от бандформирования, ни многих других аспектов задания в боевом распоряжении не оговорить. Здесь инициатива отдавалась командиру корабля. Часто для ускорения идентификации, чтобы как-то спровоцировать выявленное скопление людей, применялся проход на малой или предельно малой высоте (ПМВ). Риск был значителен, но агрессивность проявлялась уже на втором заходе. Предпочтение было отдано поиску на малых скоростях и высотах, позволявших все определить с достаточной досто верностью с первого прохода над объектами. Но и эти полеты были небезопасными. Оказалось, что выдерживать малую высоту полета над барханами пустынь Регистан, Дашти-Марго визуально так же трудно, как и над морской поверхностью. А летать в этот регион приходилось тогда много.

В одном из вылетов в 1984 г. развитие событий приняло нестандартный характер. День был на исходе, когда экипаж капитана Солдаева обнаружил караван вьючных животных, приближавшийся к спасительным горным ущельям. Количество «горбов» совпадало с разведданными о планируемой переброске большой партии оружия. Определив координаты цели, экипаж передал информацию на КП 40-й армии. Однако готовых к вылету самолетов с соответствующим боекомплектом не оказалось, а наступавшая темнота давала душманам шанс скрыться. Тогда по приказу командного пункта возвра щавшаяся после БШУ пара МиГ-23, взаимодействуя с экипажем Ан-30, снизилась до ПМВ и на сверхзвуковой скорости прошла над караваном. Эффект был впечатляющим! Еще несколько минут Ан-30 находился над целью, контролируя результаты «удара». Активных попыток формировать караван и продолжать движение не наблюдалось.

В 1985 г. имела место попытка ведения визуального наблюдения ночью. В таких полетах можно было по разрывам снарядов, трассерам стрелкового вооружения определить и тип применяемого оружия, и плотность огня, и позиции противоборствующих сторон. Однако тогда в темное время суток интенсивность полетов была низкой, и поэтому почти все радиотехнические средства аэродромов, за исключением Кабула, выключались. Это не давало возможности штурманам в случае новолуния или при наличии верхней облачности с достаточной достоверностью определить координаты районов, где выявлялась деятельность душманов, и эффективность такой разведки оказалась низкой. Когда же в 1986 г. началась вынужденная «ночная жизнь» транспортной авиации как способ снижения потерь от средств ПВО оппозиции, разведотдел 40-й армии почему-то потерял интерес к таким полетам как отдельному способу сбора информации, довольствуясь докладами по вылетам, не связанным с разведкой.

Единственным оружием Ан-30 были аэрофотоаппараты. Изначально самолет оснащался одним АФА 42/100, установленным на первом фотолюке, и тремя стандартно размещенными АФА 54/50 (один – для плановой съемки, два других – для перспективной). В 1986 г. с появлением у оппозиции в больших количествах ПЗРК «Стингер»,

моджахеды в очередной раз объявили беспощадную войну всему, что летало в небе Афганистана. Тогда минимальная высота АФС над средней плоскостью рельефа достигла 4000 м. С весны 1987 г. – 5000 м, и в дальнейшем она еще более возросла.



Рисунок 4 – Укрепления душманов и караван верблюдов с оружием снятый с борта Ан-30

Однако одна лишь высота уже не служила панацеей от всех бед. 24.10.86 принадлежавший «демократам» Ан-26 получил ракету в двигатель на высоте 6100 м почти над южной окраиной Кабула при построении маневра для захода на посадку. Полный пассажиров самолет с горящим двигателем удалось благополучно посадить. В тот же период в том же районе был подбит Ан-12. Ракета с тепловой ГСН точно попала в крайний левый двигатель, вызвав его пожар. Мужество и мастерство летчиков позволило привести израненную машину на аэродром несмотря на то, что выгорела значительная часть закрылка. Но к радости победы добавилась горечь утраты самого молодого члена экипажа: на пробеге, на большой скорости, наверное, не выдержав нервного перенапряжения, покинул свою кабину бортовой стрелок-радист.

Ан-12 капитана Хомутовского из 1-й эскадрильи 50-го ОСАП был сбит ракетой «Стингер» при отходе от аэродрома Кабул в направлении на Джелалабад на высоте 6400 м на удалении 24 км. Сдетонировавший груз боеприпасов не оставил никаких шансов на спасение ни экипажу, ни 27 пассажирам.

Ан-26РТ из 2-й эскадрильи 50-го ОСАП был сбит на высоте более 8000 м. После поражения последовательно двумя ракетами начался непроизвольный выпуск закрылков, самолет потерял скорость и перешел в падение, напоминавшее плоский штопор. Все попытки выйти из него оказались тщетными. Командир корабля капитан С.Г. Галкин приказал экипажу покинуть гибнущую машину. Когда очередь прыгать дошла до штурмана старшего лейтенанта Е.Н. Спрингиша, тот экипировался «по-честному»: не завязывая, одел шапку-ушанку, взял раскрытый штурманский портфель, не забыл парашютную подушку, которую использовал в полетах для повышения комфорта, и, спросив разрешения у командира, покинул самолет. Спастись удалось почти всем. При этом радист, борттехник, штурман, помощник командира и командир корабля прыгали в аварийный люк, находящийся сразу за кабиной пилотов, а бортоператор воспользовался приоткрытой грузовой рампой. По невыясненным причинам не смог покинуть самолет бортмеханик прапорщик Б. Бумажкин.

В 1987 г. в Кабульском аэропорту совершил вынужденную посадку Ан-12, подбитый в районе Гардеза на высоте более 9000 м. Корпусом невзорвавшейся ракеты сорвало более Не миновали этой участи и экипажи Ан-30. 11 марта 1985 г. в 25 км севернее Кабула после выполнения боевой задачи по фотографированию района южнее Панджшерского ущелья был подбит ракетой ПЗРК самолет капитана А. Горбачевского. Ракета попала в левый двигатель. Ликвидировать пожар не удалось, и командир приказал экипажу поки нуть машину. Тут произошла неожиданная заминка. Оказалось, что оператор капитан П. Полукаров, коему полагалось прыгать первым, никогда ранее не совершал прыжков с пара шютом. Благо, что штурман майор С. Зверев, имея достаточ ный опыт в этом не любимом большинством авиаторов деле, сохранил выдержку и спокойствие. Он помог своему товарищу одеть парашют и проделать все манипуляции,

связанные с вынужденным покиданием самолета. Не обошлось и без легкого насилия над личностью. Пламя горевшего двигателя не оставляло сомнений в необходимости этой процедуры, и хотя прыгать пришлось прямо в шлейф огня и дыма, часть экипажа успешно проделала это. Командир корабля и его помощник старший лейтенант В.А. Иванов предприняли отчаянную попытку посадить гибнущий самолет на находившийся рядом аэродром Баграм. Но на рабочий торец полосы они вышли на высоте около 800 м, что заставило прокрутить еще один виток спирали, который и стал роковым. Уже при его завершении догорела внешняя часть закрылка и перегорели тяги элеро нов. Самолет перешел в обратный крен и без уменьшения тангажа столкнулся с землей, унеся с собой жизни двух отважных пилотов. Посмертно капитан Горбачевский был на гражден орденом Ленина, а старший лейтенант Иванов – орденом Красного Знамени.

Для защиты от ПЗРК на Ан-30 и легких ВТС устанавливались блоки АСО-2В с 384 26-мм пиропатронами. Основной щиток управления АСО-2В находился у воздушного радиста. Каждому члену экипажа был определен сектор обзора для своевремен ного выявления пуска ракеты. В процессе взлета и посадки, при нахождении в районах потенциального обстрела или обнару женного пуска отстрел инфракрасных ловушек производился с интервалом 6 или 2 с в зависимости от высоты полета.

Обязательным условием предпосадочного снижения и набора высоты стало построение этих маневров в так называе мой «охраняемой зоне», предполагавшее максимальное уда ление от ВПП в пределах 2 км. К сожалению, слово «охраняемая» не было синонимом понятия «безопасная». Фанатичные «духи», не боясь возмездия, обстреливали и вертолеты, и самолеты непосредственно над аэродромом. Так, в конце октября 1987 г. ночью они сбили Ан-26 2-й эскадрильи 50-го ОСАП, заходивший на посадку в Джелалабаде. Через несколь ко месяцев такая же участь постигла Ан-26 командира того же подразделения майора В.А. Ковалева. Инцидент произошел над аэродромом Баграм на втором витке набора высоты. Самолет возвращался в Кабул после доставки командующего 40-й армией Б. Громова.

Само маневрирование в зоне аэродрома с большими градиентами снижения-набора и предельными кренами таило в себе опасность, требовало слетанности экипажа, особой профессиональной и психологической подготовки. 25 сентября 1986 г. на Ан-12 из 1-й эскадрильи 50-го ОСАП при завершении рядового полета для отработки захода на посадку по укороченной схеме, входившего в «вывозную» программу вновь прибывшего экипажа, была произведена посадка с убранным шасси. Как выяснилось, его просто забыли выпустить – слишком уплотненной оказалась программа этого 4-минутного полета. И, тем не менее, рамок статьи не хватит, чтобы перечесть даже малую толику случаев, когда благодаря этим нехитрым маневрам удалось избежать поражения огнем противника.

Полеты на приграничные с Пакистаном и Ираном аэродромы таили в себе еще одну опасность. 30 марта 1987 г. в уезде Чамкани пакистанским истребителем был сбит Ан-26 афганских ВВС. 40 погибших – таков итог нападения на безоружный самолет. Такие действия авиации сопредельных с Афганистаном стран потребовали особой тактики выполнения транспортных полетов в приграничные районы и прикрытия, как правило, афганскими МиГ-21.

Во всех вылетах на АФС боевое распоряжение считалось выполненным лишь после того, как специалисты ООИ обработают привезенные фотоматериалы, смонтируют фотосхемы, планше ты, продешифрируют их, выявляя и «поднимая» на изготовленных «картинках» все то, что увидел и не увидел своими глазами экипаж. Зачастую эти материалы были огромны по своим размерам. Причем, все это надо было сделать «еще вчера» – промедление, отсутствие нужной информации к началу проводимой операции могло иметь непредсказуемые последствия. Иногда аэрофильмы дешифрировались в полуфабрикатном виде, с негатива или по еще мокрым, несмонтированным отпечаткам. Но что могло быть лучше благодарности от пользователей, например, от начальника разведки 103-й ВДД, чей гарнизон находился на противоположном конце Кабульского аэропорта, что давало возможность получать аэрофотоматериалы от непосредственных исполнителей, из рук в руки. Использование результатов своей работы экипажи Ан-30 могли видеть при подготовке к операциям 1986–87 гг. «Весна», «Напор», «Энергия», «Кольцо» по блокированию и уничтожению противника в районе

Кабула, когда вертолетчики 50-го ОСАП смогли выбрать площадки для высадки десантов по фотопланшетам.

Большого количества самолето-вылетов на АФС путей пере движения войск потребовала в 1986–1988 гг. подготовка к операциям «Гранит» и «Магистраль», снятию гарнизонов Чагчарана, Бамиана, а в последующем и вывода войск из Афганистана.

По окончании боевых действий в Афганистане Ан-30 вернулись в Красноярск, Черновцы и Белую – в войсковые части, где они ранее эксплуатировались. С самолетов сняли блоки АСО-2В и вернули прежние бортовые номера. Длиннофокусные фотоаппараты были законсервированы. Ан-30 вернулись к своей мирной работе – аэрофотосъемке в картографических целях. Их военное прошлое осталось лишь в памяти летчиков, поднимавших их в жаркое небо Афганистана.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный журнал. – 1997. – № 1.
2. Окороков А.В. Секретные воины Советского Союза. Яуза Эксмо – М., 2008. – 736 с.
3. Варенников В.И. Боль и трагедия афганской войны. – М. : Советское время, 2001. – 375 с.

УДК 004.057.4:004.75:629.735-519

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОТОКОЛОВ УПРАВЛЕНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОЕВЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF EXISTING CONTROL AND INTERACTION PROTOCOLS FOR SWARM UNMANNED AERIAL VEHICLES

Дьяченко Р.А.
доктор технических наук,
Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознамённое училище имени генерала армии С.М. Штеменко
emessage@rambler.ru

Бойко С.В.
Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознамённое училище имени генерала армии С.М. Штеменко
emessage@rambler.ru

Полянцев В.Д.
Краснодарское высшее военное орденов Жукова и Октябрьской Революции Краснознамённое училище имени генерала армии С.М. Штеменко
emessage@rambler.ru

Аннотация. В работе выполнен анализ существующих протоколов, применяемых для управления беспилотными летательными аппаратами и организации взаимодействия в распределённых системах, включая роевые конфигурации. Рассмотрены протоколы командно-телеметрического обмена и стандарты совместимости, а также протоколы распределённого обмена данными и маршрутизации в самоорганизующихся сетях, которые могут использоваться как технологическая основа межаппаратного взаимодействия БпЛА. Показано, что значительная часть существующих решений ориентирована на обмен сообщениями «пункт управления – БпЛА» либо на сетевую связность (маршрутизация), при этом не обеспечивает единого формализованного набора правил и принципов для координации роя (обнаружение участников, распределение ролей, согласование состояния, устойчивое групповое принятие команд, деградация при потере узлов). На основе проведённого анализа выделены аналоги, определены их системные ограничения и выбран прототип, наиболее близкий по назначению к задаче разработки протокола взаимодействия роевых БпЛА [1, 10–12].

Ключевые слова: роевой БпЛА, телеметрия, межаппаратная связь, распределённая система, устойчивость управления, воспроизводимость, прототип [1, 10–12].

Dyachenko R.A.
Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military School of the Order of Zhukovand the October Revolution, the Red Banner named after General of the Army S.M. Shtemenko
emessage@rambler.ru

Boyko S.V.
Krasnodar Higher Military School of the Order of Zhukovand the October Revolution, the Red Banner named after General of the Army S.M. Shtemenko
emessage@rambler.ru

Polyantsev V.D.
Krasnodar Higher Military School of the Order of Zhukovand the October Revolution, the Red Banner named after General of the Army S.M. Shtemenko
emessage@rambler.ru

Abstract. The paper analyzes existing protocols used for the control of unmanned aerial vehicles and for organizing interaction in distributed systems, including swarm configurations. It examines command-and-telemetry exchange protocols and interoperability standards, as well as protocols for distributed data exchange and routing in self-organizing networks that may serve as a technological basis for inter-UAV interaction. It is shown that a significant part of the existing solutions is focused either on «ground control station-UAV» message exchange or on network connectivity (routing), while failing to provide a unified formalized set of rules and principles for swarm coordination, including participant discovery, role allocation, state synchronization, robust group command acceptance, and degradation handling in the event of node loss. Based on the analysis, relevant analogues are identified, their systemic limitations are determined, and the prototype most closely aligned with the task of developing an interaction protocol for swarm UAVs is selected [1, 10–12].

Keywords: swarm UAV, telemetry, inter-vehicle communication, distributed system, control robustness, reproducibility, prototype.

Управление роевыми БпЛА предполагает одновременную реализацию двух контуров информационного обмена:

1) контур «пункт управления (ПУ) – каждый рой БпЛА» для постановки задач контроля и вмешательства оператора;

2) контур «БпЛА – БпЛА» для координации, распределения ролей и поддержания целостного группового поведения.

В таких системах критичны формализованные правила формирования, передачи и интерпретации сообщений, поскольку даже при корректной радиосвязи отсутствие единых протокольных принципов приводит к неоднозначности коллективных реакций и снижению устойчивости управления [2].

При разработке беспилотных систем используются как специализированные протоколы командно-телеметрического обмена, так и стандарты общего назначения – наборы протоколов, интегрируемые в автоматизированные системы управления и бортовые вычислительные подсистемы. Однако протоколы нижних уровней, относящиеся к физическому и канальному уровням, а также надстроенные механизмы защиты, включая шифрование, VPN и внешние криптографические контуры, не определяют содержательную сторону взаимодействия узлов роя. Они обеспечивают лишь передачу данных и защиту канала связи. В связи с этим наибольший интерес представляют собственно протоколы обмена сообщениями, поскольку именно в них реализуются механизмы адресации, обнаружения узлов, согласования взаимодействия и управления состояниями, обеспечивающие координированную работу роя как единой системы [2, 5].

В этой связи представляет практический и методический интерес анализ наиболее распространённых решений, применимых к задачам роевого управления. Речь идёт о протоколах взаимодействия «пункт управления – БпЛА», включая командно-телеметрические протоколы и стандарты совместимости, о протоколах распределённого обмена данными, реализующих модель publish/subscribe, а также о протоколах сетевой самоорганизации типов MANET и mesh, обеспечивающих связность в контуре «БпЛА – БпЛА». Результаты такого анализа позволяют обосновать выбор прототипа и сформировать требования к разработке полноценного протокола взаимодействия роя, который должен обеспечивать устойчивость системы, воспроизводимость её работы и предсказуемость коллективного поведения [1, 10].

В современных системах управления БпЛА наиболее широко используются протоколы и стандарты, предназначенные прежде всего для взаимодействия в контуре «оператор (или ПУ) – аппарат». В таких системах командные сообщения и телеметрия передаются либо по схеме прямого обмена между источником и получателем, либо по схеме распространения данных от источника к множеству подписчиков. Хотя для роевого применения подобные решения обеспечивают базовую передачу команд и информации о состоянии аппаратов, они, как правило, не регламентируют формальные механизмы внутригрупповой координации и не предусматривают обязательного согласования состояния роя как целостного объекта управления [2].

Под группой аналогов в рамках настоящего исследования понимается совокупность протоколов и стандартов, которые решают близкую по смыслу задачу информационного обмена при управлении БпЛАили распределёнными робототехническими системами и потому могут рассматриваться как сопоставимые решения по назначению, но при этом не являются эквивалентами друг другу по уровню реализации и области применения.

Объединение в группы выполняется по доминирующей функции протокола:

– командно-телеметрический обмен «ПУ-БпЛА»;
– распределённый обмен данными;
– бортовой обмен данными;
– обеспечение сетевой связности/маршрутизации.

Это необходимо, чтобы сравнение выявляло не «лучший протокол», а типовые подходы и их системные ограничения применительно к требованиям роевого взаимодействия.

При этом анализ ведётся по ядру протокола (форматы сообщений, правила адресации, служебные процедуры установления взаимодействия и поддержания обмена) без учёта наложенных механизмов шифрования, VPN-контуров и иных внешних средств, которые не являются частью спецификации и не определяют правила коллективного поведения роя.

1. Группа аналогов: протоколы командно-телеметрического обмена и стандарты совместимости (уровень прикладных сообщений). К данной группе относятся MAVLink, STANAG 4586 (DLI/сообщения), а также сервис-ориентированные стандарты семейства JAUS, задающие структуру сообщений и модель взаимодействия компонентов. Общим

свойством группы является наличие формализованных типов сообщений и правил адресации, что обеспечивает управляемость и наблюдаемость одиночного БПЛА, но требует расширения для роевых сценариев (групповая адресация, распределение ролей, коллективные состояния) [1, 10].

MAVLink представляет собой лёгкий протокол обмена сообщениями, оптимизированный для ресурсно-ограниченных систем, где сообщения передаются в виде кадров фиксированной структуры с идентификаторами системы и компонента, порядковым номером и контрольной суммой. В MAVLink v2 определены поля признаков совместимости (compat/incompatflags), идентификаторы отправителя (sysid/compid), идентификатор сообщения (msgid) и CRC, а также допускается режим широковещательной «темы» (publish/subscribe) и режим «точка-точка» для команд/параметров; при этом семантика сообщений задаётся заранее определёнными наборами (dialects) и требует общего понимания формата у участников. Данный подход хорошо масштабируется на «один ПУ – несколько БпЛА», однако сам по себе не задаёт обязательных правил внутроевого обнаружения, распределения лидерства и согласования коллективного состояния [1, 2].

STANAG 4586 ориентирован на обеспечение интероперабельности БпЛА и пунктов управления в совместных операциях, задавая архитектуру, интерфейсы, форматы обмена данными и сообщения для связки «унифицированная станция управления – конкретный БпЛА» через промежуточный модуль преобразования «родного» протокола аппарата в стандартизованные сообщения (VehicleSpecificModule, VSM). Стандарт определяет уровни интероперабельности (LOI) и, по существу, регламентирует контур командования и контроля для одиночных аппаратов/платформ и их полезной нагрузки; при этом роевое взаимодействие как равноправная межаппаратная координация в явном виде не является центром модели и требует внешних механизмов группового управления поверх стандартизированного контура «ПУ-аппарат» [11].

JAUS (в актуальной SAE-линейке стандартов) реализует сервис-ориентированную архитектуру обмена, где взаимодействие строится через «сервисы» и типовые сообщения (query/report/command), а транспортный уровень (например, UDP/TCP/Serial) описывается отдельным стандартом. Такая модель удобна для распределённых робототехнических систем и допускает построение многоузловых конфигураций, включая обнаружение и управление доступом на уровне сервисов, однако для задач БпЛА-роя требует специализированного профиля сообщений и строгих временных/надёжностных характеристик (в т.ч. ограничений на задержки, согласование времени, режимы деградации), которые в общем виде не привязаны к специфике роевого полёта [10].

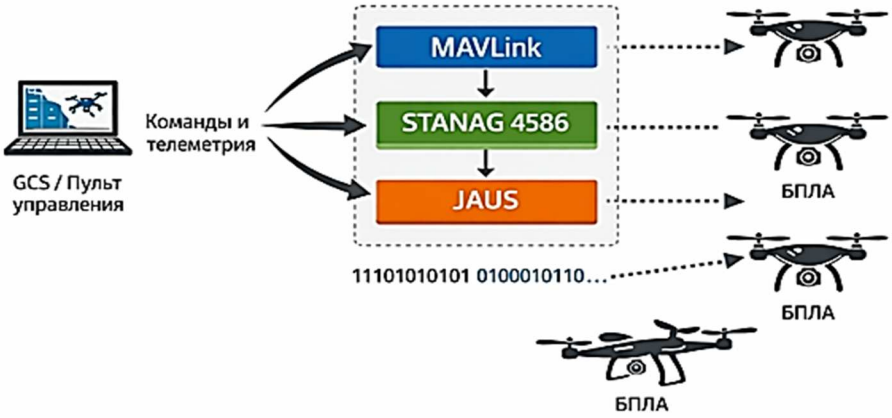


Рисунок 1 – Обобщённая структурная схема протоколов командно-телеметрического обмена и стандартов совместимости «ПУ–БпЛА» (MAVLink / STANAG 4586 / JAUS)

2. Группа аналогов: протоколы распределённого обмена данными (middleware / publish-subscribe). В данную группу относится DDSI-RTPS (RTPS) как протокол проводного/беспроводного взаимодействия для DDS-систем, обеспечивающий децентрализованное обнаружение участников, публикацию/подписку и настраиваемые политики качества обслуживания (QoS). Применительно к роевому управлению эта группа предоставляет важные механизмы: автоматическое установление связей между совпадаю-

щими «издателями» и «подписчиками», управление надёжностью/доставкой/временем жизни данных и масштабирование на множество участников, но требует отдельного проектирования «командной семантики» и профилей безопасности/реального времени под БпЛА-рои [6–8].

DDS/RTPS как протокол обмена данными не является «протоколом управления БпЛА» в узком смысле, однако в задачах роя он близок по архитектурной модели: участники автоматически обнаруживаются, данные распространяются без центрального брокера, а QoS позволяет настраивать критические свойства потоков (надёжность, задержки, приоритеты и т.п.). Ограничением для прямого применения является отсутствие стандартизированного набора «роевых» команд и состояний (роль лидера/ведомого, подтверждение группового принятия команды, консенсус по маршруту/строю), а также необходимость адаптации к ресурсным ограничениям бортовой аппаратуры и радиосред [6, 8].



Рисунок 2 – Обобщённая структурная схема publish/subscribe – взаимодействия роя на основе DDS/RTPS

3. Группа аналогов: протоколы внутрибортового распределённого обмена (реального времени). В качестве аналога выделяется Cyphal (эволюция UAVCAN), ориентированный на детерминированный обмен данными и распределённые вычисления внутри транспортного средства (в т.ч. беспилотного), с поддержкой publish/subscribe и request/response, типизированных интерфейсов и механизмов синхронизации времени. Эти свойства важны для БпЛА как узла роя (единая модель данных на борту, воспроизводимость обмена между модулями, предсказуемость) [9].

Cyphal принципиально интересен как «строительный блок» будущего роевого протокола: он задаёт строгую типизацию сообщений, демократичную сеть без единого ведущего узла и механизмы разбиения/сборки больших структур данных, что повышает воспроизводимость и упрощает верификацию. Вместе с тем перенос этих принципов на уровень межаппаратной связи требует решения вопросов адресации на масштабе роя, управления топологией радиосети, обработки потерь и задержек в динамичном MANET-контуре, что выходит за рамки внутрибортовой специализации Cyphal [9].

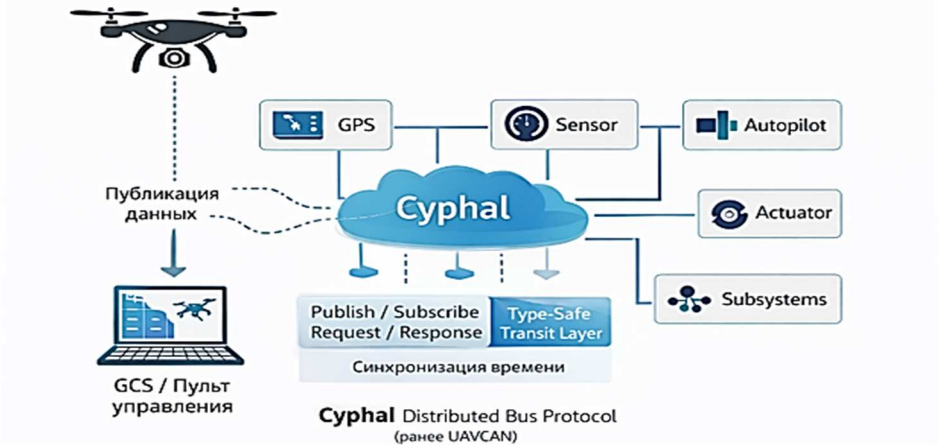


Рисунок 3 – Обобщённая структурная схема внутрибортового обмена БпЛА на основе Cyphal (UAVCAN)

4. Группа аналогов: протоколы сетевой самоорганизации и маршрутизации (MANET/mesh) для межаппаратной связи. Для роевых БпЛАмежаппаратная связь часто реализуется поверх самоорганизующихся сетей, где ключевую роль играют протоколы маршрутизации и построения топологии. К данной группе относятся OLSR (проактивнаямаршрутизация с оптимизацией широковещательного распространения через multipointrelays), AODV (реактивная маршрутизация «по требованию») и B.A.T.M.A.N. advanced как mesh-подход уровня L2, реализуемый в ядре Linux и прозрачный для протоколов выше второго уровня. Эти протоколы обеспечивают связность «БпЛА-БпЛА» и передачу данных в многохоповой сети, но не определяют семантику команд управления и правила коллективного поведения [3–5].

OLSR как проактивный протокол предназначен для мобильных ad-hoc сетей и использует механизм multipointrelays (MPR) для снижения избыточности при затоплении (flooding) служебных сообщений, что повышает эффективность широковещательных рассылок. В контексте роя это полезно для распространения «групповых» сообщений и поддержания таблиц маршрутов при высокой динамике, однако сам протокол не задаёт прикладных правил достоверности команд, подтверждений принятия группой и согласования состояния, т.е. решает задачу транспорта/маршрута, а не управления [3].

B.A.T.M.A.N. advanced реализует mesh-подход уровня L2 (виртуальный коммутатор на втором уровне), что делает участников «прозрачными» для протоколов выше L2 и упрощает развёртывание сетевой связности без сложной настройки маршрутизации на уровне IP для каждого узла. Для роевых БПЛА это удобно как основа межаппаратного канала, однако протокол не содержит прикладных механизмов управления роем (ролей, согласования, контроля целостности команд как смысловых единиц), поэтому требует отдельного «надстройечного» протокола взаимодействия роя поверх предоставленной связности [5].

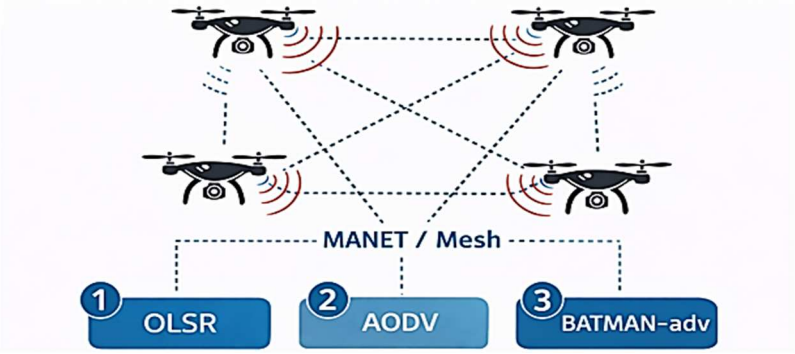


Рисунок 4 – Обобщённая структурная схема межаппаратной связи роя в MANET/mesh-контуре (OLSR / AODV / batman-adv)

В качестве прототипа целесообразно выделить MAVLink v2 как наиболее распространённый и практико-ориентированный протокол командно-телеметрического обмена для БпЛА, который уже применяется в массовых системах управления и допускает работу в сетях с несколькими участниками. При этом анализ проводится по ядру протокола (структура кадра, адресация, режимы обмена), без учёта внешних криптоконтуров и наложенных средств защиты [1, 2].

ТакаясхожестьMAVLink v2 с роевыми БпЛА обусловлена тем, что он обеспечивает минимально необходимую формализацию смысловых единиц управления (типовые сообщения/команды), адресацию отправителя (sysid/compid) и механизмы контроля корректности кадра (CRC), что позволяет строить управляемый обмен «ПУ–несколько БпЛА» и переносить его на межаппаратный контур при наличии сетевой связности. Вместе с тем ограничения прототипа носят системный характер: протокол не содержит обязательных процедур обнаружения участников роя, распределения ролей и полномочий, согласования общего состояния/строя, подтверждения группового принятия команд и регламентированной деградации при потере части узлов, что тре-

бует разработки специализированного протокольного уровня «рой» поверх базового обмена сообщениями [1, 2].

Таким образом, результаты сравнения подтверждают наличие нормативно и технически значимого «пустого» сегмента: отсутствует единый протокол, который бы формализовал взаимодействие роевых БпЛА в части членства и идентификации участников, назначения ролей, согласования коллективного состояния, групповых подтверждений и устойчивого перестроения роя при отказах и помехах. Указанный дефицит протокольных примитивов в существующих решениях обосновывает востребованность дальнейших исследований и разработки специализированного протокола взаимодействия роевых БпЛА.

Список литературы:

1. MAVLinkDeveloperGuide. PacketSerialization. – URL : https://mavlink.io/en/guide/serialization.html (date of application 25.02.2026).
2. MAVLinkDeveloperGuide. ProtocolOverview. – URL : https://mavlink.io/en/about/overview.html (date of application 25.02.2026).
3. Clausen T. OptimizedLinkStateRoutingProtocol (OLSR): RFC 3626 / T. Clausen, P. Jacquet. – IETF, 2003. – URL : https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3626.html (date of application 25.02.2026).
4. Perkins C. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing : RFC 3561 / C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das. – IETF, 2003. – URL : https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3561.html (date of application 25.02.2026).
5. Linux Kernel Documentation. batman-adv (B.A.T.M.A.N. advanced). – URL : https://docs.Ker nel.org/networking/batman-adv.html (date of application 25.02.2026).
6. DDS Foundation. OMG DDS Standard (overview). – URL : https://www.dds-foundation.org/omg-dds-standard (date of application 25.02.2026).
7. Object Management Group. Data Distribution Service (DDS) Specification. – URL : https://www.omg.org/spec/DDS (date of application 25.02.2026).
8. Object Management Group. DDSI-RTPS (DDS Interoperability Wire Protocol Specification). – URL : https://www.omg.org/spec/DDSI-RTPS (date of application 25.02.2026).
9. OpenCyphal. CyphalSpecification (v1.0). – URL : https://specification.opencyphal.org/Cyphal_Specification.pdf (date of application 25.02.2026).
10. IntroductiontoJAUS (обзорный материал). – URL : https://active-ist.sourceforge.net/jaus%2B%2B/Introduction%20to%20JAUS.pdf (date of application 25.02.2026).

УДК 004.93

НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВИНОГРАДА ПО ЦИФРОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛИСТА

♦♦♦♦♦

A NEURAL NETWORK APPROACH FOR DETERMINING THE STATE OF GRAPES BASED ON DIGITAL IMAGES OF THE LEAF

Самарин С.В.
аспирант,
Московский физико-технический институт
samarin.sv@phystech.edu

Аннотация. Своевременная диагностика заболеваний виноградной лозы является критическим условием для минимизации потерь урожая и оптимизации агротехнических мероприятий в рамках точного земледелия. Целью исследования стала разработка и валидация нейросетевого подхода к автоматической классификации фитосанитарного состояния виноградных листьев по цифровым изображениям. Предложенная методика перспективна для интеграции в системы автоматизированного мониторинга виноградников и может служить основой для мобильных приложений экспресс-диагностики.

Ключевые слова: диагностика заболеваний растений, сверточная нейронная сеть, автоматическая классификация изображений, фитосанитарный мониторинг, глубокое обучение.

Samarin S.V.
Moscow Institute of Physics and Technology
samarin.sv@phystech.edu

Abstract. Timely diagnosis of vine diseases is a critical condition for minimizing crop losses and optimizing agrotechnical measures within the framework of precision farming. The purpose of the study was to develop and validate a neural network approach to the automatic classification of the phytosanitary state of grape leaves based on digital images. The proposed technique is promising for integration into automated vineyard monitoring systems and can serve as a basis for mobile applications of express diagnostics.

Keywords: plant disease diagnosis, convolutional neural network, automatic image classification, phytosanitary monitoring, and deep learning.

Своевременная диагностика состояния сельскохозяйственных культур является одной из основных составляющих точного земледелия, а также актуальной задачей современного сельского хозяйства. Одной из наиболее экономически важных культур является виноград. Именно поэтому диагностика заболеваний виноградной лозы необходимо для снижения потерь урожая и рациональной обработки посевов. Традиционные методы диагностики урожая характеризуются высокой субъективностью, большими трудозатратами и низкой масштабируемостью. Развитие методов машинного обучения создает предпосылки для создания системы автоматизированного мониторинга сельскохозяйственных культур, в том числе виноградной лозы [1–3].

Несмотря на активное внедрение технологий глубокого обучения в фитопатологию, большинство существующих решений опирается на ресурсоёмкие предобученные модели, что затрудняет их интеграцию в полевые условия и ограничивает применение на устройствах с ограниченными вычислительными мощностями. Ранние симптомы заболеваний виноградной лозы часто характеризуются визуальным сходством и зависимостью от условий освещения, что повышает требования к способности алгоритмов выделять тонкие текстурные и морфологические различия. В связи с этим разработка специализированной, вычислительно эффективной архитектуры, оптимизированной именно для виноградных культур, представляет собой актуальный научно-практический вызов, решение которого позволит преодолеть барьеры между лабораторными исследованиями и полевым применением систем искусственного интеллекта в виноградарстве [4–6].

В качестве решения обозначенной проблемы в работе представлена оригинальная архитектура сверточной нейронной сети GrapeClassNet, разработанная с нуля без привлечения ресурсоёмких предобученныхбэкбонов. Ключевой особенностью модели является применение каскада малых свёрточных ядер 3 × 3 с сохранением пространственного разрешения на ранних этапах экстракции признаков, что обеспечивает высокую чувствительность к локальным текстурным аномалиям и изменениям пигментации, характерным для начальных стадий фитопатологий. Отказ от трансферного обучения на универсальных наборах данных в пользу специализированного легковесного классификатора позволяет существенно сократить количество вычислительных операций и объём требуемой памяти, сохраняя при этом точность распознавания на уровне со-

временных state-of-the-art решений. Данная конфигурация оптимизирована под обработку полевых изображений, полученных в условиях естественного неструктурированного освещения, что минимизирует влияние внешних факторов на стабильность диагностических выводов [7–9].

Практическая реализация разработанного подхода ориентирована на создание масштабируемых инструментов входного контроля качества виноградного сырья для предприятий пищевой и винодельческой отрасли. Интеграция легковесной нейросети в периферийные вычислительные платформы и мобильные терминалы технологов открывает возможность проведения непрерывного фитосанитарного мониторинга непосредственно в зонах приёмки урожая, обеспечивая раннее прогнозирование рисков снижения биохимических показателей ягоды и предотвращения порчи партий при хранении и переработке. Валидация модели выполнена на репрезентативной выборке цифровых изображений, охватывающей четыре ключевых фитосанитарных класса, включая здоровые листья и распространённые заболевания (Leafbright, ESCA, Black Rot), что подтверждает её диагностическую устойчивость в реальных производственных условиях [10].

Поэтому целью работы является разработка и валидация нейросетевого подхода к автоматической классификации фитосанитарного состояния виноградных листьев по цифровым изображениям.

Материалы и методы. В работе использовались цифровые изображения виноградных листьев как наиболее информативный источник данных для ранней диагностики состояния лозы. Изображения разделены на 4 класса: здоровые и 3 болезни, а именно Leafbright (пятнистость), ESCA (болезнь ЭКСА), BlackRot (черная гниль).

Разработана оригинальная сверточная сеть GrapeClassNet, обученная с нуля. Архитектура включает три последовательных сверточных блока с прогрессивным увеличением глубины признаков: первый блок применяет 32 фильтра 3 × 3 с padding=1 и MaxPool 2 × 2, уменьшая размер карты признаков до 112 × 112; второй блок увеличивает глубину до 64 канала с последующим уменьшением до 56 × 56; третий блок завершает экстракцию признаков на уровне 128 каналов и размера 28 × 28. После сверточных слоёв тензор выравнивается в вектор длиной 100352 элементов и подаётся на классификатор, состоящий из полносвязного слоя на 512 нейрона с функцией активацией ReLU, слоя регуляризации Dropout (p = 0.5) и выходного слоя на 4 канала. Малые ядра 3 × 3 и padding=1 сохраняют детализацию текстуры и периферийную информацию о структуре листа. Входные изображения нормализуются по статистикам ImageNet для стабилизации градиентов. Реализация выполнена на PyTorch 2.1.0.

Результаты. Обучение проводилось на 1500 изображениях в каждом классе. График обучения и валидации представлен на рисунке 1.

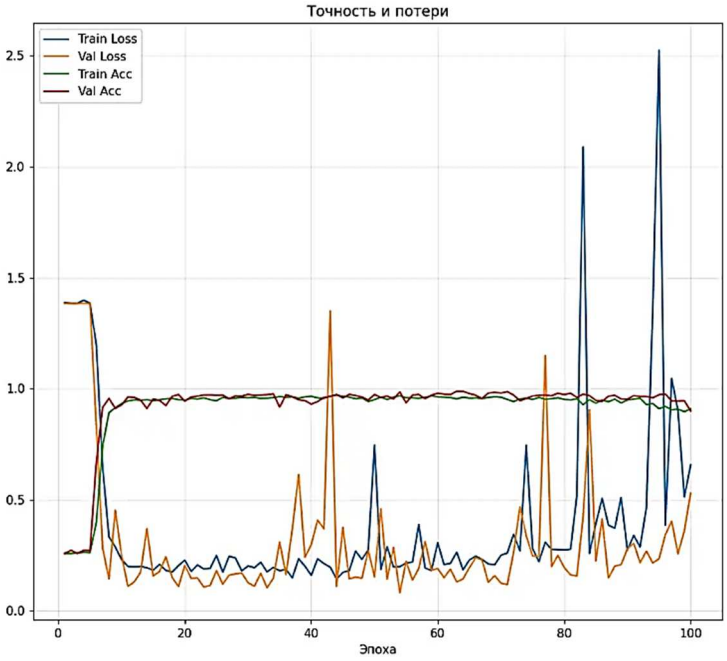


Рисунок 1 – График точности обучения и валидации модели

На графике видно, что после 8–10 эпохи точность обучения колеблется около значения 0,95, что говорит о том, что 15 эпох достаточно для оптимального обучения и применения модели. Это говорит о том, что нейросеть может быть применена без использования большого числа вычислительных ресурсов.

Матрица ошибок по классам представлена на рисунке 2.

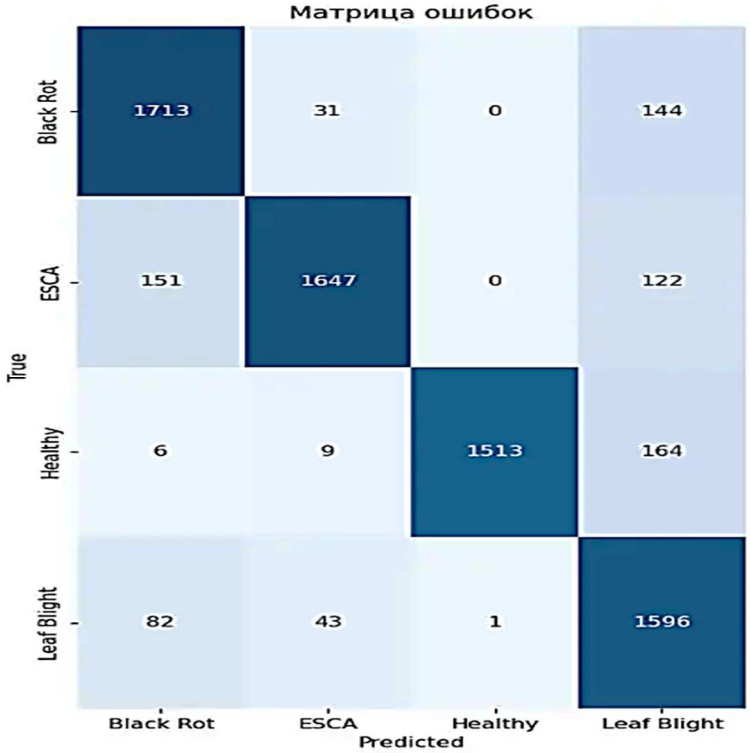


Рисунок 2 – Матрица ошибок модели

На рисунке 2 видно, что модель демонстрирует высокую точность обучения и валидации на уровне 0,95 по accuracy.

Заключение. По итогам выполненного исследования выявлено, что предложенная методика демонстрирует высокую эффективность для оценки фитосанитарного состояния виноградных листьев. Результаты могут быть использованы для внедрения в технологию точного земледелия, а также для создания мобильного приложения для экспресс оценки состояния урожая.

Теоретическая значимость исследования заключается в разработке и валидации специализированной архитектуры сверточной нейронной сети, адаптированной для выделения текстурно-цветовых признаков виноградного листа при ограниченных полевых выборках, а также в методологическом обосновании интеграции статического нейросетевого анализа с суточной динамикой RGB-параметров, что расширяет теоретическую базу компьютерного зрения в агроэкологии. Практическая значимость работы состоит в создании энергоэффективного инструмента неразрушающей диагностики, позволяющего оперативно выявлять фитосанитарный стресс, оптимизировать применение средств защиты растений и обеспечивать объективный входной контроль технологической пригодности виноградного сырья для перерабатывающих предприятий. Разработанный подход, не требующий облачных вычислений, готов к тиражированию на бюджетных edge-устройствах и мобильных терминалах, что снижает затраты на цифровизацию агробизнеса и формирует технологическую основу для систем предиктивного управления качеством в пищевой и винодельческой отраслях.

Перспективы дальнейшего исследования связаны с расширением обучающей выборки за счёт изображений, полученных в реальных полевых условиях при различных режимах освещения, ракурсах съёмки и фенологических фазах развития лозы, а также с адаптацией модели для развёртывания на встроенных вычислительных платформах в целях обеспечения работы в режиме реального времени. Интеграция разра-

ботанного алгоритма с системами беспилотного мониторинга и агроинформационными платформами позволит сформировать замкнутый цикл «диагностика–рекомендация–обработка», что существенно повысит адаптивность и экономическую эффективность современных виноградарских хозяйств. В долгосрочной перспективе предложенный подход может быть тиражирован на другие многолетние и пропашные культуры, способствуя масштабированию цифровых инструментов точного земледелия.

Список литературы:

1. Самарин С. В. Обзор программ построения ортофотопланов по изображениям БПЛА // Наука, бизнес, производство – проблемы и перспективы : сборник материалов XXII Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Победы, Санкт-Петербург, 21–22 апреля 2025 года. – СПб. : Национальный информационный канал, 2025. – С. 159–164. – EDN PLPNMK.
2. Будагов И.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / И.В. Будагов, Д.А. Беспятчук, С.В. Самарин; Отв. за выпуск Е.В. Яроцкая // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений: Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 23 апреля 2021 года. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2021. – С. 24–28. EDN EYNTBN
3. Выбор оптимальной методики идентификации угодий на землях сельскохозяйственного назначения с использованием нейронных сетей / Д.А. Гура [и др.] // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2025. – Т. 69. – № 2. – С. 124–138. DOI: 10.30533/GiA-2025-029 EDN JPLGNT
4. Катаев М.Ю. Изменчивость отражения разных типов бумаги при разной геометрии освещения / М.Ю. Катаев, А.А. Аллаберганов // Светотехника. – 2025. – № 2. – С. 10–14. EDN BPWIDC
5. Повышение функционала сельскохозяйственных технологий мониторинга состояния растений с помощью методов дистанционного зондирования / М.Ю. Катаев [и др.] // Казанский международный конгресс евразийской интеграции – 2024: материалы конгресса, Казань, 13–14 июня 2024 года. – Казань : «Медицина» ГАУ «РМБИЦ», 2024. – С. 170–177. EDN BEVLBF
6. Sebastian J. A novel MRI and PET image fusion in the NSST domain using YUV color space based on convolutional neural networks / J. Sebastian, G.R.G. King // Wireless Personal Communications. – 2023. – Vol. 131. – № 3. – P. 2295–2309. DOI: 10.1007/s11277-023-10542-w
7. Беляева Е.В. Исследование методов выделения границ в задаче распознавания объектов на изображениях с низкой контрастностью / Е.В. Беляева, М.А. Земцова // Информатизация и связь. – 2021. – № 1. – С. 123–128. DOI: 10.34219/2078-8320-2021-12-1-123-128
8. Север К.О. Реализация эффективного разделимого двумерного цифрового фильтра на ПЛИС / К.О. Север, К.Н. Алексеев, И.И. Турулин // Известия ЮФУ. Техническиенауки. – 2024. – № 3(239). – С. 158–168. DOI: 10.18522/2311-3103-2024-3-158-168
9. Kataev M.Yu. Protocol for results obtained by processing images of a moving person during rehabilitation tasks / M.Yu. Kataev, N.G. Kataeva, A.B. Kurakov // Biomedical Engineering. – 2024. DOI: 10.1007/s10527-024-10359-2
10. Построение границ объектов для автопилота надводного робота по спутниковым снимкам с использованием методов компьютерного зрения / А.Н. Греков [и др.] // Системы контроля окружающей среды. – 2021. – № 3(45). – С. 107–118. DOI: 10.33075/2220-5861-2021-3-107-118

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

HUMANITIES SCIENCES

УДК 130.2

РУССКИЙ КОСМИЗМ: ФИЛОСОФСКО-ПОЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

♦♦♦♦♦

RUSSIAN COSMISM: PHILOSOPHICAL AND POLITICAL ANALYSIS

Стрелецкий Я.И.
кандидат философских наук,
профессор,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
yakovil1907@mail.ru

Аннотация. Раскрывается уникальная сущность философии русского космизма, содержание которого анализируется в онтологическом, антропологическом и военно-политическом аспектах, а каждый из них – в соответствующих дискурсах. Последние исследуются на методологии традиционных отечественных духовных ценностей в ракурсе актуальной современной идеологической и военно-стратегической проблематики.

Ключевые слова: философия русского Космизма, Космос, бытие, человек, бессмертие, наука, Специальная военная операция (СВО), национальная безопасность России, патриотическое воспитание курсантов.

Streletsky Ya.I.
PhD in Philosophy Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
yakovil1907@mail.ru

Abstract. The unique essence of the philosophy of Russian cosmism is revealed, the content of which is analyzed in the ontological, anthropological and military-political aspects, and each of them in the corresponding discourses. The latter are studied on the methodology of traditional domestic spiritual values in the perspective of current modern ideological and military-strategic issues.

Keywords: philosophy of Russian Cosmism, Space, being, man, immortality, science, Special military operation (SVO), national security of Russia, patriotic education of cadets.

Поехали! Вселенная, ты говоришь по-русски?
Звезда с звездою по-русски говорит!

Михаил Кильдяшов

На глобальной научно-теоретической ниве всходили, росли и зрели целые поколения оригинальных философских систем, каждая из которых представляла и отражала не только бытие своего исторического времени, но и предлагала различные варианты решения острых социальных проблем на ближнюю и дальнюю перспективу.

Однако ни одна из этих философских парадигм не только не анализировала, но даже не ставила в качестве своего объекта исследования проблему бессмертия, возможности и необходимости космической экспансии человека, места и роли его разума и практики, соотношения земной и иных цивилизаций Вселенной. Эти и другие вопросы впервые определены и по-своему решены философией Русского космизма.

Её актуальность в наше время обусловлена комплексом причин и обстоятельств, среди которых выделим следующие. *Во-первых*, ведомой Западом против нашей страны агрессивной информационной войной, содержание которой охватывает фальсификацию самой сущности Русского космизма. *Во-вторых*, обострением глобальных проблем современности – от экологической и демографической до сырьевой и угрозы ракетно-ядерной войны, решение которых возможно только на принципах этой философии. *В-третьих*, процессом освоения космоса, особенно в военных целях.

Последнее имеет прямое отношение к служебной деятельности всего коллектива КВВАУЛ, который готовит военных летчиков, а среди них и будущих космонавтов, как, например, выпускников нашего училища Олега Платонова и Сергея Микаева.

Сущность и специфику содержания Русского космизма проанализируем в его трех аспектах: онтологическом, антропологическом и военно-политическом.

Онтологический, раскрывающий его особенности, представим в следующих дискурсах.

Во-первых, в когнитивном (от лат. cognitio-знание), доказывающем уникальность понятия «Русский космизм». Дело в том, что на глобальном уровне историко-философского процесса, начиная с китайских мудрецов и до современной западной

философской мысли, концепции Космизма, как цельного учения, кроме русской не существует.

Правда, философия Античности этим понятием апеллирует, но ограничивается при этом земной проблематикой. Новоевропейская философия (Ф. Бэкон, Р. Декарт, И. Кант и др.), осуществив существенный рывок в гносеологии, тем не менее, остались в рамках религиозной методологии, согласно которой человек ограничен земным бытием. Определённым исключением стали учения Николая Коперника и Джордано Бруно, но они подверглись не только морально-нравственному остракизму, но и физическому насилию.

Совершенно иную методологию анализа проблемы «человек-космос» предложили русские мыслители, создавшие цельное философское направление – Русский космизм. Его родоначальником стал Фёдоров Николай Фёдорович (1828–1903), а последователями – целая плеяда отечественных философов и учёных: от Соловьева Владимира Сергеевича (1853–1900) до Холодного Николая Григорьевича (1882–1953) и нашего современника Проханова Александра Андреевича.

Философскую парадигму «Русский космизм» условно можно разделить на три направления.

Культурологическое – П.И. Чайковский, А.Н. Скрябин, С.В. Рахманинов (музыка), М.В. Нестеров, К.Н. Рерих и его ученики (живопись), В.Я. Брюсов, Н.А. Заболотский, А.Л. Чижевский. Последний в стихотворении «Гиппократ» изложил суть Русского космизма в следующих поэтических строках:

Мы – дети Космоса. И наш родимый дом
Так спаян общностью и неразрывно прочен,
Что чувствуем себя мы слитыми в одном,
Что в каждой точке мира – весь мир сосредоточен…
Для нас едино всё, и в малом, и в большом.
Кровь общая течет по жилам всей Вселенной…

Философское направление представим именами последователей учения Н.Ф. Фёдорова – Соловьева Владимира Сергеевича, Булгакова Сергея Николаевича (1871–1944) и Флоренского Павла Александровича (1882–1937). Все они проблему бытия рассматривали в русле методологии христианского православия. Так, В.С. Соловьев выделяет три вида бытия: идеальное, материальное и абсолютное. При этом первое и второе сотворены третьим – бытием абсолютным, то есть Богом: «Бог, будучи один, вместе с этим заключает в себе всё, будучи безусловно самостоятельным и единичным существом, вместе с этим есть производящее начало всего» [1].

Все виды бытия у него взаимосвязаны и взаимообусловлены, что отражено в учении Всеединства. В его центре – бытие Абсолютное.

С.Н. Булгаков, развивая эту концепцию, разделяет бытие абсолютное – Бог и бытие относительное – сотворённый Им Космос. Их соотношение однозначно: «миру не принадлежит бытие – оно ему дано». Характерно, что безграничные формы вещного мира имеют своей основой материю. Однако она – субстанция духовная, обладающая статусом первичности. Более того, философ определяет свою материю как духовный фундамент не только Космоса, но и основой эволюции Вселенной. Этот космический процесс имеет два аспекта – Божественный и «тварный». При этом первый является идеальной, духовной основой Вселенной, а второй дарован Богом человеку с тем, чтобы он имел реальную возможность реализации своей креативной природы посредством труда и искусства.

Последние во все времена формировали и определяли сущность человека, особенно в наши дни. Проблема в том, что в силу ряда причин разного уровня и содержания, с одной стороны, религиозность социума падает, а уровень материальной жизни, наоборот, растет. Причем, зачастую, без участия в этом процессе определённого сегмента молодёжи. В такой социальной атмосфере она нередко самоотчуждается от труда, ищет себя и, стало быть, находит, в потребительстве и гедонизме. Эти социальные язвы, к сожалению, нередко отражаются и тиражируются в «массовом искусстве», которое, в сущности, искусством не является

Онтологический аспект философии Русского космизма проанализируем, *во-вторых, в сциентическом* (от фр.science – наука) дискурсе. Его содержание отражает сущность третьего направления отечественного космизма, которое концентрирует в се-

бе естественно-научное и философское познание Земли и Космоса. Это направление представим трудами следующих наиболее ярких учёных и философов.

Циолковского Константина Эдуардовича (*1857–1935*). Его учение представляет собой систему научных и философских взглядов, которая отражается в следующих конкретных оригинальных достижениях.

Авторством принципа реактивного полёта в космос. Учитель физики и математики провинциальной Калуги доказал, что путешествие в космическое пространство возможно при определённой скорости, которая достижима только многоступенчатой ракетой. Её математическую разработку он осуществил достаточно полно и глубоко.

Мировую известность К.Э. Циолковскому принесли разработанные им новые научные направления – ракетодинамика и астронавтика. В них были представлены не только теория ракетостроения, но и представлена программа освоения космоса: развитие науки, техники и технологии; полёты в ближний космос; освоение дальнего космоса.

Вернадский Владимир Иванович (*1863–1945*). В ряде его научных трудов, вершина которого монография «Научная мысль как планетарное явление», он разработал новое научное направление, которое представим в следующих концепциях.

Концепция биосферы. Её он определил как «планетарное направление космического характера», которое обеспечивает сущностную связь между живым и неживым за счёт непрерывного энергетического обмена. Последний реализуется движением атомов, «вызванного живым веществом». Такой принцип нанёс разрушительный удар по ненаучной морфологической концепции, постулирующей антидиалектическое положение о решающей роли среды обитания на всё живое без учёта её обратного воздействия на первую.

Концепция ноосферы (*от греч. – разум и шар*) – это новый этап биосферы, при котором «проявляется как мощная всё возрастающая геологическая сила роль человеческого разума (сознания) и направленного им человеческого труда» [2]. По мере развития научной мысли, полагал В.И. Вернадский, наша планета достигнет возможности, обеспечить человеку рациональное разрешение противоречий, которые ныне определяются как «глобальные проблемы современности», начиная с угрозы ядерного самоуничтожения, экологической, демографической и др.

Эпистемологическая (*от греч.эпистеме – знание*) *концепция* отечественного мыслителя отражает сформулированные им закономерности развития научного знания среди которых выявлены:

– ускоряющийся рост научного знания;

– личность становится «объектом научного знания»;

– познание Космоса «резко отлично от знания наук о биосфере» так как в космическом пространстве «человек не может непосредственно изучать эту среду, а может заключать об её характере и об её устроении по законам своего разума» [3];

– непрерывный рост влияния на общество гуманитарных наук.

В наше время эта закономерность приобрела особое значение. Дело в том, что в «лихие 90-е» был разрушен не только государственный аппарат страны, его промышленный, социальный, но и научный потенциал, а в его рамках – ликвидирована отечественная гуманитарная мысль как феномен, отражающий специфику нашей цивилизации. В результате этого, как отмечает известный философ-патриот А.Г. Дугин: «в общественной науке тотальную победу одержала либеральная версия западничества, которая и осталась de facto базовой идеологической установкой в общественных науках Российской Федерации до настоящего времени» [4].

Особую опасность представляет деятельность Института философии РАН в стенах которого сформировалась группировка (Юлия Синеокая, Сергей Никольский, Алексей Кара-Мурза и др.), которая на государственные средства осуществляла и осуществляет демонстративную подрывную деятельность в фундаменте, в методологии общественных наук – философии. По мнению бывшего заместителя директора по науке этого Института Анатолия Черняева, там социально-гуманитарные «науки использовались в качестве транслятора идей, направленных на демонтаж базовых ценностей российского общества и культивирование в стране русофобии» [5]. Последняя при этом проявляется не только в «научных концепциях», но и в открытой форме. Так, часть руководящего звена Института философии стала подписантами открытого пись-

ма ученых, осудивших нашу Специальную военную операцию (СВО) на Украине. Полагается, комментарии здесь не нужны.

Содержание анализируемого онтологического аспекта отражается, *в-третьих, в его историческом дискурсе*, который достаточно глубоко представлен в творчестве отечественных философов-космистов. Так, у Н.Ф. Фёдорова встречаем оригинальную концепцию объединения человечества в единую вселенскую цивилизацию на основе православия при ведущей роли России. Однако для этого, по его мнению, русскому народу надо «проснуться» – сбросить с себя удавку «западного духовного порабощения» для чего необходимо объединить усилия Церкви, философии и науки.

Определяя Запад как «царство ренегатов», он предлагает кардинальные меры его оздоровления на основе ликвидации частной собственности, института ЗАГСа и даже города как «совокупности небратских состояний». «Фокус федоровской реформации, – отмечают отечественные ученые, – заключается в том, что он стремился преобразовать сам ход европейской цивилизации, её науки и хозяйства, её политические и социальные структуры» [6]. Признаемся, что эта концепция, определяемая Н.Ф. Фёдоровым как «психократия», в наши дни весьма актуальна, ибо «коллективный» Запад, руководствуясь русофобской методологией в международных отношениях, преследует цель «победить Россию на поле боя». Спрашивается: как возможно достичь этого, не уничтожив человечество? Значит лидеры, руководствующиеся концепцией психократии, сами нуждаются в услугах психотерапевта.

В.С. Соловьев усматривает сущность глобальной истории в духовно-нравственном обновлении человека на основе традиционных ценностей славянофильства, которые тождественны с догматами Священного Писания, с одной стороны, и освобождении его от сатанистских пороков, с другой. При этом, «Осуществление Царства Божия зависит не только от Бога, но и от нас, ибо ясно, что духовное перерождение человечества не может произойти помимо самого человечества» [7]. Идеальный вариант социального устройства у него – союз государства, церкви и личности, что обеспечит прочный мир на историческую перспективу и даст возможность личности реализовать свою истинную сущность.

Весьма оригинальные историософские идеи выдвинуло утопистско-мистическое крыло философии Русского космизма. Так, у Блаватской Елены Фёдоровной (1831–1891) в её «Тайной доктрине» представлен «закон эволюции», согласно которому каждая цивилизация отражает свою ячейку в глобальном социально-историческом процессе на основе качественного роста сознания человечества.

Гурджиев Георгий Иванович (1866–1949) выдвинул концепцию «четвёртого пути». Его суть в том, чтобы преодолев ограниченность трёх предыдущих – физическое развитие, контроль эмоций и обогащение интеллекта – человек осуществил «внутреннюю работу» – психическую трансформацию с целью достижения космического сознания.

В целом, резюмируя учения об идеальном социальном устройстве разных направлений Русского космизма, отметим их эклектичность и метафизичность, что, с одной стороны, обеспечили их представителям безграничность креативной фантазии, а с другой, помешало научному анализу проблемы будущего России в контексте глобального социально-исторического процесса.

Антропологический аспект философии Русского космизма представляет анализ озаглавленной проблемы на основе методологии гуманизма, которая реализуется в следующих основных концепциях.

Во-первых, в антропокосмизме. Суть его в единстве человека и Космоса. Этот методологический принцип содержится «россыпью» в учениях всех русских космистов, но наиболее содержательно – у К.Э. Циолковского и Н.Г. Холодного. Первый, в своей трактовке этой проблемы, исходил из её философского и научного анализов. Он, в частности, полагал, что Космос обладает сферами идеального бытия куда человек, освободившись от земных пороков, устремится в будущее, чему основой станет его творческая деятельность на основе их единства: «Судьба существа зависит от судьбы Вселенной. Поэтому всякое разумное существо должно проникнуться историей Вселенной, а техника будущего даст возможность одолеть земную тяжесть и путешество-

вать по всей Солнечной системе» [8]. Всё это станет реальностью при высочайшем уровне научно-технического прогресса, который обеспечит человеку расселение в космосе и перспективу объединения многих космических цивилизаций в единую.

Н.Г. Холодный углубил и расширил эту концепцию, введя само понятие «антропокосмизм», которое он определил как «линия развития человеческого интеллекта, воли и чувства, ведущая человека к достижению высоких целей, которые поставлены на его пути всей предшествующей историей человечества» [9]. Мыслитель выделил два вида антропокосмизма. Первый ставит человека в центр Вселенной, а второй, охватывая Космос, выводит человека «в тень» мироздания. Но в обеих своих ипостасях человек влияет на космические процессы как своей деятельностью на Земле, так и в ходе колонизации Космоса. При этом, напоминал ученый, человеку необходимо знать, понимать и руководствоваться принципом диалектического единства его земного и космического бытия с тем, чтобы действовать сознательно – быть ответственным за последствия космической экспансии.

Во-вторых, в концепции бессмертия. У её истоков стоял Н.Ф. Фёдоров со своей идеей «воскрешения отцов» через активную социальную позицию «детей». Последние способны вернуть к жизни поколения ушедших в иное бытие своих предков не на мистических основаниях, а посредством разума и рук человека при достижении высочайшего уровня цивилизации и научно-технического прогресса.

Его современный этап даёт некоторые основания для умеренного оптимизма в этой области. Однако в современной западной космологии идея бессмертия адресована узкой касте избранных. Там, отмечает известный отечественный аналитик Максим Калашников, «полуторавекового «вечно среднего возраста» активного долголетия (не говоря уж о физическом бессмертии) первой добьётся элита, правящие круги, носители власти и богатства» [10].

Дальнейшую разработку этой концепции находим у К.Э. Циолковского в формате его *панпсихизма* (pan – везде и psyche – душа, жизнь). Согласно ему, жизнь в просторах Вселенной как бы пульсирует: зарождается на одном ее участке и, наоборот, завершается – на другом, достигнув этим своего бессмертие. Такое состояние жизни обеспечивается тем, что составляющие её атомы обладают свойством переселения из одного субъекта в другой и так до бесконечности.

Весьма оригинальна идея бессмертия В.И. Вернадского. Так, если у Н.Ф. Фёдорова она реализуется «сыновьями», воскрешающих «отцов», у Циолковского достигается «переселенцами», питающимися солнечной энергией, то у него подход к этой проблеме глубоко научный. Задача бессмертия им решается на основе ноосферы, которая реализуется на путях научно-технического прогресса, совершенствовании самого человека в духовном и физическом аспектах, гуманизации общественных отношений на принципах добра, справедливости, нравственности.

Не менее приземлённая концепция бессмертия уН.Г. Холодного. Более того, она созвучна одной весьма актуальной проблеме наших дней – воспитанию подрастающего поколения. Читаем у него: «Человечество бессмертно, ты человек, следовательно, и на твою долю приходится частичка этого бессмертия. Работай же так, чтобы люди будущих поколений были лучше, разумнее и счастливее твоих современников» [11]. Сказано не только красиво, но и содержательно: труд становится категорией аксиологической, определяющей не только цель жизни отдельного человека, но и раскрывающей сущность самого общества.

В-третьих, концепция космической этики, разработанная К.Э. Циолковским. Суть ее отражена в методологии – «не навреди живым существам Вселенной» и представленной в работе «Научная этика», которая определена им стержнем всей космологии. Её основное содержание раскроем в следующих положениях:

– предмет этой этики – вопрос смыла жизни личности и человечества – стремление к счастью, которым заполнен Космос и к которому человек стремится по своей природе;

– основой счастья является добро, которое трактуется как «блаженство атомов», из которых состоит Вселенная и сам человек, а добро определяется его разумом;

– зло – всё то, что мешает этому процессу. Более того, этическим императивом является принцип «запрещается всё, что ведёт ко злу»;

– «Вселенная, в общем, не сдержит горести и безумия. Её радость и совершенство производятся ею самою. Одним словом, живая Вселенная, сама по себе, довольна и разумна» [12];

– на Земле со временем могут сложиться условия, которые заставят человека покинуть свою «колыбель» и искать убежище в Космосе. С другой стороны, сама природа человека – любознательность, стремление к совершенству, к счастью, к коммуникации – дополняет необходимость освоения им Космоса. Его, однако, злом отравлять нельзя – аморально и вредно. Отсюда стерилизация носителей зла приобретает статус общественной необходимости и становится элементом космической этики.

В наше время принципы космической этики К.Э. Циолковского приобрели особое значение в силу причин и обстоятельств, изложенных здесь в следующем аспекте анализируемой проблемы.

Военно-политический аспект философии Русского космизма представим на основе принципа дихотомии, определяющий его анализ с двух противоположных сторон. Первая – это космическая стратегия Запада, в первую очередь, Вашингтона и вторая – политическая и военная парадигма России в сложившихся геополитических условиях.

Итак, с одной стороны, Запад, не имея в своём теоретико-методологическом арсенале высоких и благородных идей в отношении к Космосу, открыто и демонстративно руководствуется методологией американского прагматизма (У. Джемс и Дж. Дьюи). Его квинтэссенция – выгода, польза, прибыль. Притом, любыми средствами, любыми методами, в любых формах. Среди последних приоритет остаётся за милитаризацией Пентагоном космоса. Этот процесс осуществляется с целью сохранения за США лидерства в глобальном противоборстве и реализуется в концепции «глобального удара» – размещения оружия в космосе для решения следующих основных задач:

– ведения сетецентрических войн и космической разведки;
– управления современным высокоточным оружием;
– развития системы противоракетной обороны [13].

Эти и другие направления милитаризации космоса сегодня реализуются руководством Запада в ходе нашей СВО на Украине. Как отметил Президент В.В. Путин, современное руководство ЕС исходит из иррациональной стратегической установки о том, что «обязательно нужно нанести поражение России. Ищут любой способ – любой, хоть что-нибудь» [14]. Последнее рядом западных политиков реализуется поставками киевскому режиму денег, оружия и боевой техники, что объективно определяет их прямыми участниками этого конфликта.

Таковыми являются военные специалисты тех стран, которые поставляют ВСУ современное оружие, особенно ракеты для ударов по территории РФ. Они, как известно, управляются не офицерами Украины, а НАТОвцами, на что неоднократно указывало российское руководство и что подтвердилось на практике работой наших спецслужб. Так, 18.07.2025 г. российская десантная группа в ходе операции в районе Очаково пленила английских офицеров (среди них – Эдварда Блейка и Ричарда Кэррола), у которых были обнаружены карты с текущей военно-тактической обстановкой, шифры для связи не только с генштабом на, Туманном Альбионе, но и с операторами БПЛА ВСУ. Лондону пришлось сочинять мифы, о якобы, заблудившихся своих туристах.

С другой стороны, наша страна в любом ее историческом формате – царско-императорском, советском или современном – видела и видит в Космосе средоточение и возможность реализации извечной мечты народа российского – стремление к идеалам Добра, Справедливости, Бессмертия. Причем, заметим, не только для себя, а для всех землян.

Что же до наших космических военно-стратегических программ, отражённых в Стратегии национальной безопасности и Военной доктрине РФ, то они – ответная реакция Кремля на политику милитаризации космоса Вашингтоном и его союзниками. Вместе с этим, современное военное дело объективно выходит в космос. Поэтому отечественная военная наука должна «заглянуть в будущее» с тем, чтобы обеспечить надёжную безопасность России и в этой сфере.

Русский космизм – уникальное достижение мировой философской мысли, которая отражает не только отечественные исторические, культурные и национальные коды, но во многом созвучна духовным ценностям многих народов и целых цивилизаций. Однако на современном Западе идеи Русского космизма нередко пытаются подменить концепци-

ей иммортализма (от лат. immortalitas – бессмертие). Ее авторы и сторонники, спекулируя этой гуманистической идеей и эксплуатируя достижения науки и техники, стремятся продлить жизнь «отдельным личностям», что противоречит духу и сути Русского космизма.

Этот антагонизм отражается и на практике. Ведь, с одной стороны, космическая сфера К.Э. Циолковского – это область духовного бытия, где нет места преступлениям, страданиям, войнам, где человек чист, беспорочен в помыслах и делах, где нет сильных и слабых, нет греха. А, с другой стороны, современный Запад превратил космос в арену боевых действий, стремится одержать победу в «звёздных войнах», демонстративно ведёт «прокси-войну» на Украине против России.

В этих условиях политическое и военное руководство нашей страны вынуждено учитывать комплекс угроз национальной безопасности и своевременно на них реагировать, в том числе и в области военного строительства, особенно в подготовке офицерских кадров. Как определил Министр обороны страны А.Р. Белоусов в речи на встрече с выпускниками военных вузов 23.06.2025 г. особенностями службы наших офицеров в современных условиях являются следующие: непрерывный профессиональный рост, учёт опыта СВО и умение и навыки воспитания подчинённых.

Важнейшей предпосылкой высокой профессиональной подготовки будущих офицеров – их патриотическое воспитание в стенах родного училища. И для этого у командиров, преподавателей, офицеров и персонала структур военно-политической работы на вооружении имеется и надёжный арсенал философии Русского космизма, и конкретные достижения отечественной науки и техники, где мы были «пионерами-первооткрывателями»:

– 04.10.1957 г. – запуск первого в мире искусственного спутника Земли;

– 09.01.1959 г. – аппарат «Лунник» достиг поверхности Луны и заснял её «теневую сторону»;

– 12.04.1961 г. Ю.А. Гагарин осуществил первый в мире космический полет;

– 18.09.1965 г. космонавт Алексей Леонов первым вышел в открытый космос.

Но ведь мы не только «были первыми» в прошлом. Мы и ныне первые. Линейка отечественных военных самолётов – лучшие, а их пилоты – выпускники КВВАУЛ – не только лётчики-снайперы, но и подлинные патриоты – Герои России, среди которых:

– шагнувший своим подвигом в бессмертие Роман Филиппов;

– мастера воздушного боя Виктор Дудин и Илья Сизов;

– в тылу противника спасшего своего раненого штурмана после блестящего удара по объектам ВСУ Петра Каштанова и других героев Отечества. Будем брать с них пример.

Список литературы:

1. Соловьев В. С. Собр. соч. : в 10 т. – СПб., 1912. – Т. 6. – 39 с.
2. Труды БИОГЕЛГЕОХИМАН СССР. – 1980. Т. 16. – 218 с.
3. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. Философские мысли натуралиста. – М., 1988. – С. 503–504.
4. Дугин А.Г. Вестернология: в направлении суверенной русской науки // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: История и политические науки. – 2024. – № 3. – 9 с.
5. Гончаров Алексей. «Пятая колонна» в науке // Завтра. – 2025. – № 21. – 8 с.
6. Комогорцев А. Мелешин Д. Навстречу космизму // Завтра. – 2025. – № 21. – 5 с.
7. Соловьев В.С. Об упадке средневекового миросозерцания. – М. : Советская Россия. 1990. – 116 с.
8. Циолковский К.Э. Монизм Вселенной // Научно-фантастические произведения. – Тула, 1986. – 477 с.
9. Холодный Н. Г. Мысли натуралиста о природе человека. – К., 1947. – 38 с.
10. Калашников М. Разум созидающий // Завтра. – 2026. № 3. – С. 5.
11. Холодный Н.Г. Мысли натуралиста о природе человека. – К., 1947. – 58 с.
12. Циолковский К.Э. Грёзы о земле и небе. – Тула, 1986. – С. 306–307.
13. Шлотов Е.А. Геополитика и безопасность / Е.А. Шлотов, А.С. Борисенко, В.В. Сухорутченко // Военная мысль. – 2025. – № 2. – С. 74–75.
14. Путин В.В. Речь на заседании коллегии Федеральной службы безопасности Российской Федерации, 24.02.2026 г. – URL : http://kremlin.ru/events/president/news/79216 (дата обращения 19.03.2026).

УДК 378

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕННОСТНО-НРАВСТВЕННОЙ СФЕРЫ БУДУЩИХ ЛЕТЧИКОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВОЕННОГО ВУЗА В УСЛОВИЯХ ПРОВЕДЕНИЯ СВО

♦♦♦♦♦

FORMATION OF THE VALUE-MORAL SPHERE OF FUTURE PILOTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF A MILITARY UNIVERSITY IN THE CONDITIONS OF ITS

Азарян Д.А.
кандидат военных наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Духанин М.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается процесс формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков в условиях трансформации системы военного образования под влиянием опыта специальной военной операции. Анализируются теоретические основы ценностного мира офицера, специфика летной профессии, роль боевого опыта в образовательном процессе и практические аспекты воспитания ценностных ориентаций курсантов авиационных училищ. Обосновывается, что интеграция опыта СВО в образовательный процесс создает новую аксиологическую реальность, в которой формируется личность летчика-патриота, способного к эффективным действиям в условиях современной войны.

Ключевые слова: ценностно-нравственная сфера, будущие летчики, военный вуз, специальная военная операция, ценностные ориентации, военно-патриотическое воспитание.

Azaryan D.A.
PhD in Military Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Dukhanin M.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the process of forming the value and moral sphere of future pilots in the context of the transformation of the military education system under the influence of the experience of a special military operation. The article analyzes the theoretical foundations of the officer's value world, the specifics of the flight profession, the role of combat experience in the educational process, and the practical aspects of educating the value orientations of aviation school cadets. It is proved that the integration of his experience into the educational process creates a new axiological reality in which the personality of a patriotic pilot is formed, capable of effective action in the conditions of modern war.

Keywords: value and moral sphere, future pilots, military university, special military operation, value orientations, military-patriotic education.

Введение

Специальная военная операция стала важнейшим фактором трансформации всей системы военного образования России. Особое место в этом процессе занимает подготовка летных кадров – элиты Вооруженных Сил, от профессионализма и морально-психологической устойчивости которой зависит успех боевых действий в воздушной сфере. Как отмечает академик В.А. Пономаренко, «военный летчик, начиная с курсанта, обязан познать и признать содержание таких понятий боевого устава, как: ответственность, честность, мужество, формирующие ЛИЧНОСТЬ летчика» [8]. В условиях проведения СВО эта задача приобретает особую остроту и актуальность.

Проблема формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков имеет глубокие теоретические и практические основания. Как справедливо отмечается в научной литературе, «изменения, происходящие в характере военно-профессиональной деятельности офицера, связанные с решением вопросов военно-технического, нравственного, социально-психологического характера, требуют повышения и совершенствования их профессиональной культуры, формирования системы ценностных установок и ориентиров» [3].

Цель настоящей статьи – выявить основные направления и механизмы формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков в образовательном процессе военного вуза с учетом опыта проведения СВО.

1. Теоретические основы ценностного мира офицера

Ценностно-нравственная сфера личности представляет собой сложное системное образование, включающее ценностные ориентации, установки, идеалы и убеждения. В философской и психолого-педагогической литературе «ценность рассматривается как основное влечение человека, которое определяет направленность его активности, обусловливает характер цели и отдельных действий» [3].

В структуре ценностного мира офицера выделяются несколько взаимосвязанных компонентов. Прежде всего, это **профессиональные ценности**, связанные с осознанием значимости военной службы, готовностью к выполнению боевых задач, стремлением к профессиональному совершенствованию. Второй компонент – **патриотические ценности**, включающие любовь к Родине, верность воинскому долгу, готовность к самопожертвению. Третий компонент – **нравственные ценности**, такие как честь, достоинство, справедливость, милосердие. Четвертый – **ценности воинского братства**, основанные на взаимовыручке, коллективизме, верности боевым традициям.

Как подчеркивает П.Ю. Наумов, «перед системой профессионального военного образования и воспитания стоит задача формирования и развития личности профессионального военного – офицера, обладающего не только профессиональными качествами и способностями, знаниями, умениями и навыками, но и системой ценностей, характеризующей его как защитника Родины и интеллигента» [6]. Особенность современного этапа заключается в том, что эта система ценностей формируется в условиях реальных боевых действий, что придает ей особую экзистенциальную глубину.

2. Специфика формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков

Профессия военного летчика предъявляет особые требования к ценностно-нравственной сфере личности. Летная деятельность сопряжена с высоким риском, необходимостью принятия мгновенных решений в условиях дефицита времени и информации, способностью действовать в экстремальных ситуациях. Как отмечает В.А. Пономаренко, «в летном училище закладывается основа любви к профессии, к Отечеству, к самостоятельности, разумности, образованности, интеллигентности, добродетельности, Веры в Победу» [8].

Формирование ценностно-нравственной сферы будущих летчиков имеет свою специфику, обусловленную характером профессиональной деятельности. *Во-первых*, это **высокая степень ответственности** не только за собственную жизнь, но и за жизнь экипажа, за сохранность дорогостоящей техники, за успех боевой задачи. *Во-вторых*, **особый характер профессионального риска**, требующий сформированности таких качеств, как мужество, решительность, эмоциональная устойчивость. *В-третьих*, **необходимость постоянного самосовершенствования**, так как авиационная техника постоянно усложняется, а тактика воздушного боя эволюционирует.

Как подчеркивается в научных исследованиях, «ценностный мир офицера включает его определенное отношение к миру, общую направленность жизненных установок и потребностей, процессы социализации, межличностные взаимодействия и отношения, военно-профессиональную деятельность, мастерство и профессионализм» [3]. Для летчика эти компоненты обретают особое звучание, поскольку его деятельность связана с пребыванием в особой, «воздушной» среде, требующей качественно иного уровня осознания ответственности.

3. Влияние опыта СВО на трансформацию ценностных ориентаций курсантов

Специальная военная операция внесла существенные коррективы в процесс формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков. Боевой опыт, накопленный авиацией в ходе СВО, становится важнейшим источником аксиологического воспитания курсантов. Как сообщил командующий ВВС РФ генерал-лейтенант Сергей Дронов, «программы обучения Военно-воздушных сил России подвергаются корректировкам с учетом опыта российской авиации, полученного в ходе военной спецоперации» [4].

Опыт СВО трансформирует ценностные ориентации курсантов по нескольким направлениям. *Во-первых*, меняется отношение к профессиональной подготовке: курсанты осознают, что качество их обучения напрямую связано с сохранением жизни в реальном бою. *Во-вторых*, формируется более глубокое понимание ценности воинско-

го братства, взаимовыручки, верности боевым товарищам. *В-третьих*, актуализируется ценность патриотизма как осознанной готовности к защите Отечества.

Показательным является опыт курсантов Сызранского высшего военного авиационного училища летчиков (СВВАУЛ), которые совмещают учебу с участием в специальной военной операции. Как сообщает один из курсантов первого курса по имени Рауль, «в основе учебной программы СВВАУЛ – опыт специальной военной операции. Преподаватели – боевые офицеры. Ученики тоже принимают участие в СВО. Они занимаются эвакуацией раненых, перевозкой личного состава, грузов, уничтожением наземных и воздушных целей» [10]. Такое совмещение учебной и боевой деятельности создает уникальную среду для формирования подлинных ценностных ориентаций, неотделимых от реального опыта.

4. Интеграция боевого опыта в образовательный процесс военного вуза

Ключевым механизмом формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков в современных условиях становится интеграция боевого опыта СВО в образовательный процесс. Этот процесс охватывает как содержательную, так и процессуальную стороны обучения.

В **содержательном плане** происходит обновление учебных программ с учетом опыта боевого применения авиации. В Краснодарском высшем военном авиационном училище летчиков курсанты «прошли теоретическую подготовку, изучили устройство и характеристики самолета Л-39, на которых и проходили практические занятия. В ходе учебных полетов они отработали, в том числе, взлеты, посадки, полеты по маршруту, а также ряд маневров воздушного боя с учетом полученного опыта от прошедших зону СВО инструкторов» [1].

В **процессуальном плане** важнейшую роль играет личность преподавателя и инструктора, имеющего боевой опыт. Как отметил один из курсантов КВВАУЛ, «благодаря инструкторам, преподавателям и техникам подготовки страшно не было. По сути, никакого страха высоты не испытывал» [1]. Эта цитата демонстрирует, как наличие боевого опыта у наставников формирует у курсантов чувство уверенности и доверия, что является важной составляющей ценностно-нравственной сферы.

Особого внимания заслуживает **воспитательный потенциал** учебно-боевой деятельности. Участие курсантов в реальных боевых задачах, выполнение эвакуации раненых, транспортировки грузов формирует у них понимание подлинного смысла воинской службы. Как отмечают исследователи, «в сложнейших социально-культурных и информационных условиях перед системой профессионального военного образования и воспитания стоит задача формирования и развития личности профессионального военного» [6].

5. Роль гуманитарных дисциплин в формировании ценностных ориентаций

Важным фактором формирования ценностно-нравственной сферы будущих летчиков является система гуманитарной подготовки в военном вузе. Как отмечается в современных исследованиях, «актуальность исследования обусловлена современными реалиями трансформации ценностно-смысловой сферы нашего общества (прежде всего молодежи), связанной с сохранением и укреплением традиционных российских духовно-нравственных ценностей» [9].

Гуманитарные дисциплины – история Отечества, философия, культурология, психология и педагогика – создают мировоззренческую основу для формирования ценностных ориентаций. Через изучение истории российской авиации, подвигов летчиков в Великой Отечественной войне, современных героев СВО у курсантов формируется понимание преемственности поколений и непреходящей ценности ратного труда.

Как подчеркивается в научной литературе, «очень важно, какие ценности будут определяющими для личности, особенно на этапе своего профессионального становления» [9]. В этом контексте гуманитарные дисциплины выполняют функцию аксиологической рефлексии, помогая курсанту осмыслить свой профессиональный выбор, понять его глубокий нравственный смысл.

6. Педагогические условия формирования ценностно-нравственной сферы курсантов

Анализ практики работы авиационных училищ позволяет выделить комплекс педагогических условий, обеспечивающих эффективное формирование ценностно-нравственной сферы будущих летчиков в условиях проведения СВО.

Первое условие – личность преподавателя как носителя ценностных ориентаций. Инструктор, прошедший боевые действия, становится для курсантов живым воплощением офицерской чести, мужества, профессионализма. Как показывает пример сызранского училища, где «преподаватели – боевые офицеры», их авторитет является мощным воспитательным фактором [10].

Второе условие – интеграция учебной и воспитательной деятельности. Формирование ценностно-нравственной сферы не может быть сведено к отдельным воспитательным мероприятиям; оно должно пронизывать весь образовательный процесс – от теоретических занятий до летной практики.

Третье условие – создание ситуаций, требующих нравственного выбора. Участие курсантов в боевых задачах (эвакуация раненых, транспортировка грузов) ставит их перед реальными нравственными дилеммами, что является наиболее эффективным способом формирования ценностных ориентаций [10].

Четвертое условие – опора на традиции российской военной авиации. Как писал еще В.А. Пономаренко, в летном училище необходимо «прививать любовь к профессии, к Отечеству, к самостоятельности, разумности, образованности, интеллигентности, добродетельности» [8]. Эти традиции, обогащенные опытом СВО, создают прочную основу для формирования личности летчика-патриота.

Заключение

Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что формирование ценностно-нравственной сферы будущих летчиков в образовательном процессе военного вуза в условиях проведения СВО представляет собой сложный, многоаспектный процесс, требующий системного подхода и учета специфики летной профессии.

Ключевыми факторами этого процесса выступают:

– *во-первых*, интеграция боевого опыта СВО в содержание образования;

– *во-вторых*, личность преподавателя-инструктора, имеющего боевой опыт;

– *в-третьих*, использование воспитательного потенциала гуманитарных дисциплин;

– *в-четвертых*, создание ситуаций нравственного выбора в учебно-боевой деятельности;

– *в-пятых*, опора на традиции российской военной авиации.

Как подчеркивают исследователи, «ценности обосновывают нормы или стандарты, реализующиеся в ходе взаимодействия между людьми». Для будущих летчиков это взаимодействие происходит в особой среде – в небе, в боевой обстановке, где цена нравственного выбора особенно высока. Опыт СВО убедительно демонстрирует, что российские летчики обладают высоким уровнем профессиональной и нравственной подготовки, что является прямым следствием эффективной работы системы военного образования.

Формирование ценностно-нравственной сферы будущих летчиков остается приоритетной задачей военных вузов, от решения которой зависит не только качество подготовки офицерских кадров, но и безопасность нашей страны. В условиях продолжающейся специальной военной операции эта задача приобретает особую остроту и требует постоянного внимания со стороны командования, профессорско-преподавательского состава и всех, кто причастен к воспитанию защитников Отечества.

Список литературы:

1. Курсанты КВВАУЛ выполнили учебные полеты с учетом специфики СВО // Телеканал «Звезда». – 2025. – URL : https://tvzvezda.ru/news/202565226-aKqcs.html
2. Метлицкий Г.И. Задачи и опыт повышения профессионализма профессорско-преподавательского состава вуза Министерства обороны РФ // Вестник военного образования. – 2025. – № 4. – С. 12–19.
3. Ценностный мир офицера в условиях трансформации общества // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 2. – URL : https://science-education.ru/ru/article/view?id=19259
4. При составлении новых учебных программ ВВС России учтут опыт спецоперации // Аргументы и Факты. – 2022. – 12 августа – URL : https://aif.ru/politics/russia/pri_sostavlenii_novyh_uchebnyh_ programm_vvs_rossii_uchtut_opyt_specoperacii

5. Наумов П.Ю. Психологические проблемы формирования общей системы ценностей: концептуализация социальных функций российской военной интеллигенции // Профессиональное образование в современном мире. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 160–167. DOI: 10.20913/2618-7515-2022-1-19
6. Пономаренко В.А. Методологическое пособие по подготовке человека летающего. Юношеский возраст. – М., 2016.
7. Курсант Сызранского авиационного училища рассказал об опыте участия в СВО // Myseldon. – 2025. – 27 октября. – URL : https://myseldon.com/ru/news/index/337038202
8. Роль дисциплин гуманитарного цикла в формировании ценностных ориентаций будущих офицеров в условиях военного вуза // Известия Саратовского университета. Новая серия. – 2025. – № 1.
9. Шабанов А.Г. Педагогические условия формирования профессионально-ценностных ориентаций курсантов военных вузов / А.Г. Шабанов, А.А. Лаптев // Вестник военного университета. – 2024. – № 3. – С. 45–52.
10. Дронов С. О корректировке программ обучения ВВС с учетом опыта СВО // Красная звезда. – 2022. – 12 августа.

УДК 378.147

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

♦♦♦♦♦

STUDIY OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OFSPATIAL THINKING USING THE APPARATUS OF FUZZY OF SETS THEORY

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Романенко Т.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается использование методов нечеткой логики применительно к анализу уровня развития пространственного мышления. Рассмотрены свойства кластеров, полученных методом k-средних, с использованием понятий нечетких множеств, произведено сравнение этих кластеров с разбиением, полученным предварительным заданием центров кластеров с желаемыми и нежелательными характеристиками.

Ключевые слова: кластерный анализ, метод k-средних, метод c-средних, нечеткость кластеров, матрица принадлежности, степень принадлежности.

Nefedovskii V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Savitsky Y.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Shakhray E.A.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Romanenko T.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the use of fuzzy logic methods in analyzing spatial reasoning development. The properties of clusters obtained using the k-means method, using fuzzy set concepts, are examined, and these clusters are compared with partitions obtained by preassigning cluster centers with desired and undesirable characteristics.

Keywords: cluster analysis, k-means method, c-means method, cluster fuzziness, membership matrix, membership degree.

В работе [1] для определения структуры интеллекта проводился анализ уровня развития пространственного мышления обучающихся на основе 8 субтеста теста Амтхауэра. Моделирование результатов проводилось на основе методов кластерного анализа с использованием алгоритма k-средних. По результатам разбиения участников на кластеры были сделаны вывод об уровне развития пространственного мышления у представителей различных кластеров. Метод k-средних относится к «жестким» методам разбиения, при котором каждый объект может принадлежать только одному кластеру. Такие методы обладают существенным недостатком – если при многомерном анализе субъект относится к определенному кластеру, то при анализе отдельных параметров или их ограниченной совокупности объект может быть отнесен к другим кластерам. Например, на рисунке 1 приведено распределение по кластерам. Из него следует, что наименьшее время, затраченное на выполнение задания, имеют представители кластера 2. Они же имеют минимальное количество ошибок. Представители кластера 1 показывают существенно большее общее время выполнения задания и так же минимальное количество ошибок. У представителей кластера 3 количество ошибок такое же, как и у представителей кластеров 1 и 2. Время выполнения задания у представителей этого кластера меньше, чем у представителей кластера 1, но больше, чем у представителей кластеров 2 и 4. У представителей кластера 4 время

выполнения задания несколько больше, чем у представителей кластера 2, но зато у них самое большое количество ошибок. Но если сравнивать общее время выполнения теста у представителей различных кластеров (рисунок 2), то можно увидеть, что у некоторых представителей всех кластеров (за исключением кластера 1) общее время выполнения задания достаточно сильно перекрывается (рисунок 2). То же самое можно сказать и при сравнении количества ошибок у представителей различных кластеров. За исключением представителей кластера 4 у всех представителей остальных кластеров диапазон изменения количества ошибок практически одинаков (рисунок 3). Отсюда можно сделать вывод, что характеристика особенностей конкретного представителя может не совпадать с обобщенной характеристикой кластера, которому он принадлежит. Например, на рисунке 4 показаны характеристики представителей различных кластеров. Однако количество ошибок у них приблизительно одинаково, что не совсем соответствует изначальному описанию характеристик кластеров. Такое явление происходит вследствие самой природы кластерного анализа – анализируется не один параметр, а совокупность нескольких параметров. Соответственно, каждый участник будет принадлежать к тому кластеру, к которому он расположен ближе всего. Обобщенная характеристика кластера определяется по параметрам центроиды (центра тяжести кластера). Чем дальше от центроиды располагается участник, тем меньше его характеристики будут соответствовать характеристикам центроиды. Так как расстояние от конкретного участника до любой центроиды является конечным, то любой участник в той или иной степени будет обладать свойствами, характерными для любого кластера. Необходимо только определить количественную меру этой степени. Такую операцию можно выполнить с использованием общих понятий теории нечетких множеств.

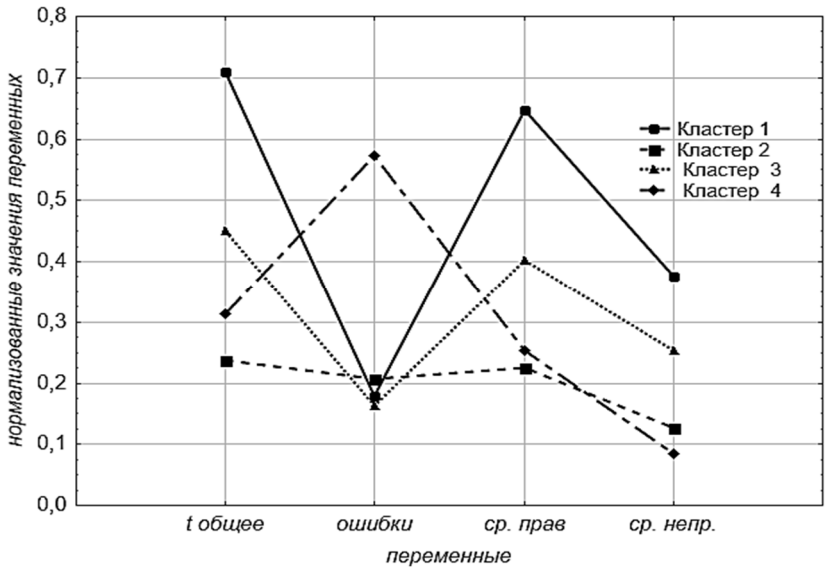


Рисунок 1 – Распределение по кластерам

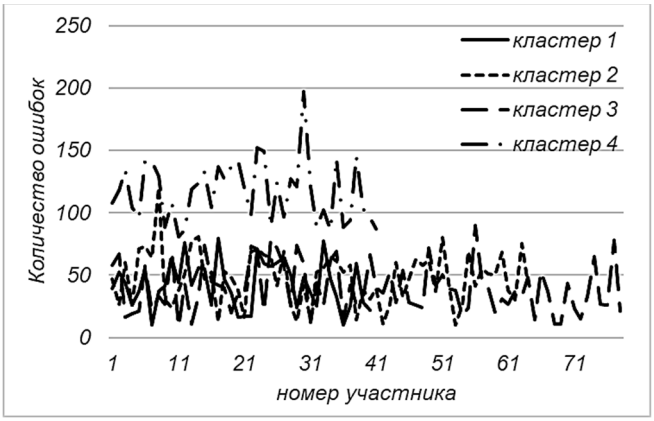


Рисунок 3 – Сравнение количества ошибок при выполнении задания представителями различных кластеров

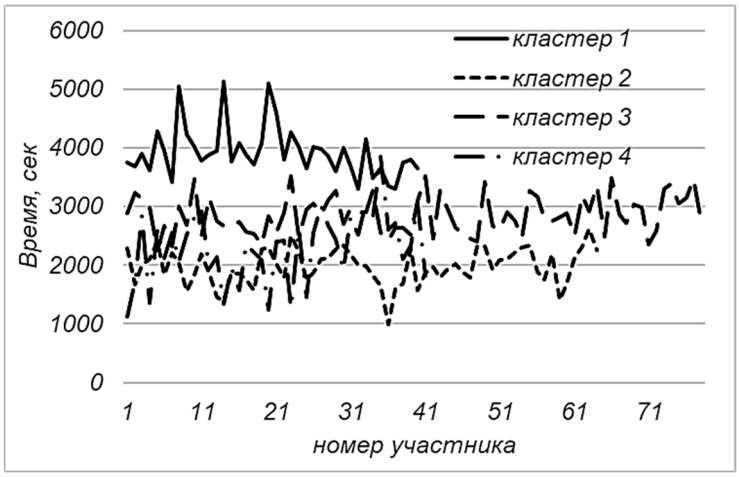


Рисунок 2 – Сравнение общего времени выполнения задания представителями различных кластеров

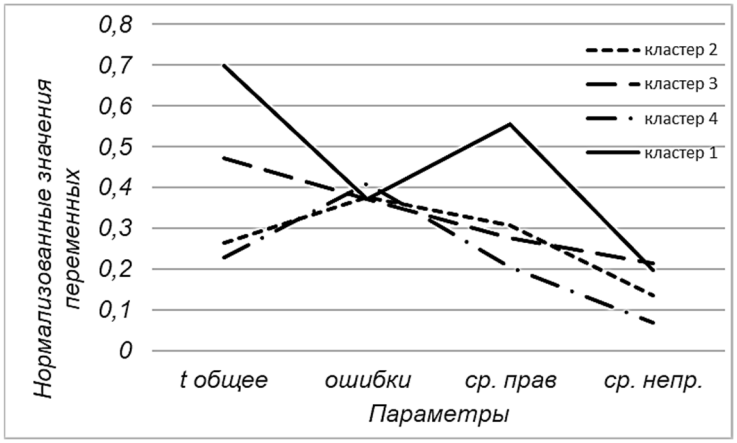


Рисунок 4 – Сравнительная оценка характеристик представителей различных кластеров

В описании обычного множества содержится четкий критерий, на основании которого можно сделать вывод о принадлежности элемента к данному множеству. Например, пусть на некотором универсальном множестве $X = \{x_1, x_2, x_3 \ldots x_n\}$ задано подмножество A. Каждый элемент множества A можно задать парой чисел (x_i, μ_i), где величину μ_i называют функцией принадлежности, и она может принимать значения 0 или 1. При $\mu_i = 1$ элемент x_i принадлежит множеству A, при $\mu_i = 0$ – не принадлежит. Однако при попытке описать языком теории множеств сложную систему социального-экономического, политического или, как в нашем случае, психолого-педагогического характера, аппарат теории множеств становится недостаточно гибким. В нашем случае свойства каждого участника имеют неоднозначный характер, что не позволяет точно отнести их к какому-то конкретному кластеру. Для решения задач с нечеткими начальными условиями очень хорошо подходит аппарат теории нечетких множеств. Понятие нечеткого множества было введено Л.А. Заде в статье «Fuzzy set» в журнале «Information and control», вышедшей в 1965 г. Теория нечетких множеств является эффективным методом моделирования в условиях неопределенности. В случае нечеткого множества величина функции принадлежности может принимать не только значения 0 или 1, но и любое значение в диапазоне [0…1]. Чем больше величина функции принадлежности, тем в большей мере элемент x_i соответствует свойствам конкретного нечеткого множества. Для разбиения нечеткого множества A на кластеры наиболее часто используется метод нечетких c-средних (Fuzzy c-means, FCM), предложенный в работе [2]. В этом методе для каждого элемента из заданного множества рассчитывается функция принадлежности к каждому из кластеров в диапазоне [0…1]. Задача данного

метода состоит в том, чтобы разбить множество наблюдений *X* мощностью *n* на *c* нечетких кластеров с центрами w_i так, чтобы функция потерь стремилась к минимуму:

$$\min_{c} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{c} \mu_{ij}^{m} \rho(x_i \omega_j)^2$$

При этом на задачу оптимизации накладываются следующие условия:

$$\mu_{ij} \in [0,1] \text{ для } \forall i, j; 0 < \sum_{j=1}^{n} \mu_{ij} < n \; \forall i$$

Здесь число *m* определяет нечеткость кластеров, от которой в итоге будут зависеть значения в матрице весов *M*. Чем выше значение параметра *m*, тем более нечеткое размытие между кластерами. При $m \to \infty$ элементы матрицы нечеткого разбиения $\mu_{ij} = 1/c$; иначе при $m \to 1$ значения матрицы весов *M* будут сходиться либо к 1, либо к 0, при этом четко ставится в соответствие к каждому элементу выборки номер кластера, что является задачей метода *k*-средних. Для задач нечеткой кластеризации достаточно $m = 2$.

Для решаемой задачи можно пойти по другому пути. Во-первых, уже имеется некоторое разбиение, полученное методом *k*-средних. Для заданного разбиения нужно построить матрицу весов (коэффициентов принадлежности элементов каждому кластеру). После этого на основании полученной матрицы можно будет оценить для каждого участника выраженность свойств, присущих отдельным кластерам. Во-вторых, можно задать центры кластеров с желаемыми свойствами, построить матрицу весов и уже для этих кластеров определить степень выраженности свойств каждого кластера у отдельных участников.

Для реализации этих задач использовался следующий алгоритм.

1. Вычислялось евклидово расстояние для каждого участника и каждой центроиды (полученной методом k-средних или предварительно заданной).

2. Полученные расстояния нормировались.

3. Вычислялась матрица нормированных расстояний от каждого участника до каждой центроиды.

4. Вычислялась матрица весов (коэффициентов принадлежности μ_{ij}) для каждого участника по формуле:

$$\mu_{ik} = \frac{1}{1 + \sum_{j=1}^{k-1} \left(\frac{x_{ik}}{x_{ij}}\right)^2 + \sum_{i=k+1}^{n} \left(\frac{x_{ik}}{x_{ij}}\right)^2},$$

где k – номер текущего кластера; i – номер текущего участника; n – количество кластеров; x_{ij} – нормированное расстояние от i-го участника до j-й центроиды.

В случае, если $x_{ij} = 0$, коэффициент принадлежности данного участника j-му кластеру равен 1, остальные коэффициенты принадлежности будут равны 0.

Применяя полученный метод к разбиению, проведенному в [1], получаем следующие результаты.

Для участников первого кластера наиболее близкими будут свойства, характерные для 3 кластера – минимальное количество ошибок, значительно уменьшенное среднее время неправильных ответов по сравнению со средним временем правильных ответов. Как отмечалось в [1], представители данного класса тратят самое большое время на правильные ответы. Попытка уменьшить время ответа часто приводит к ошибке, о чем свидетельствует уменьшение среднего времени неправильных ответов. Более того, представитель первого кластера под номером 34 обладает свойствами, в равной степени характерным для представителей кластеров 1 и 3. Свойства, характерные для представителей второго и четвертого кластеров у представителей первого кластера выражены очень незначительно.

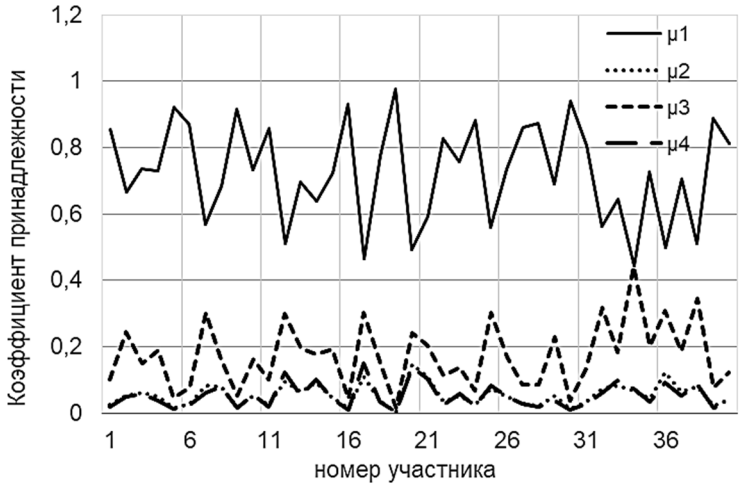


Рисунок 5 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для 1 кластера

Для представителей 2 кластера наиболее близкими будут свойства, характерные для 3 кластера. Только в этом случае у представителей этого кластера гораздо больше общего с представителями 3 кластера. Например, представители под номерами 19, 28, 30, 38, 52, 54, 61, 62 обладают свойствами, достаточно близкими к характеристикам 3 кластера. То есть у представителей 2 кластера попытка ускорить ответ так же, как и у представителей третьего кластера, с высокой степенью вероятности приводит к неправильному ответу на вопрос. Среднее количество ошибок у представителей 2 и 3 кластеров так же приблизительно одинаково. С представителями 1 и 4 кластеров у второго кластера общего очень мало. За исключением участника под номером 50, у которого наблюдается достаточно высокий уровень сходства с 4 кластером (коэффициент принадлежности μ_4 = 0,2658, у всех остальных участников коэффициенты принадлежности μ_1 и μ_4 редко достигают значения 0,2.

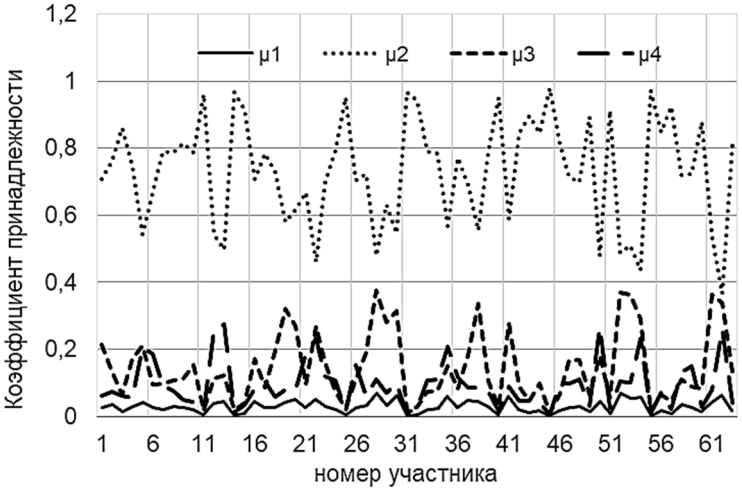


Рисунок 6 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для 2 кластера

В третий кластер входит самое большое количество участников. Как уже отмечалось выше, 3 кластер наиболее близок по характеристикам к первому и второму. Более того, с высокой степенью вероятности можно считать, что третий кластер является переходным или избыточным. При уменьшении количества кластеров представители третьего кластера будут мигрировать в первый или второй, и незначительная часть (участники под номерами 15, 25, 56, 72) могут перейти в четвертый кластер. Это достаточно хорошо согласуется с характеристиками кластеров (рисунок 1), где хорошо за-

метно, что третий кластер занимает промежуточное положение между первым и вторым.

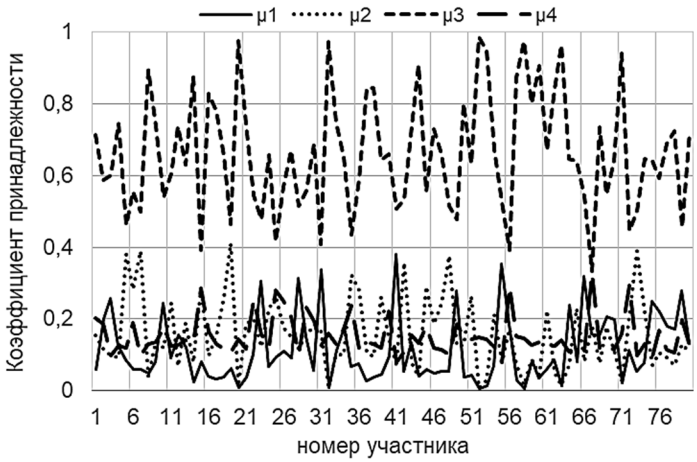


Рисунок 7 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для 3 кластера

Как было отмечено в [1], представители 4 кластера характеризуются очень высоким количеством ошибок и низким общим временем выполнения задания. Кроме этого, у них самое маленькое среднее время неправильных ответов. Как правило, в эту категорию попадают немотивированные участники теста, которые хотят как можно быстрее его закончить. Тем не менее, у многих из них достаточно хорошо выражены свойства 3 и особенно 2 кластеров. Поэтому в случае хорошей мотивированности на выполнение задания эти участники, возможно, будут мигрировать во второй или третий кластеры.

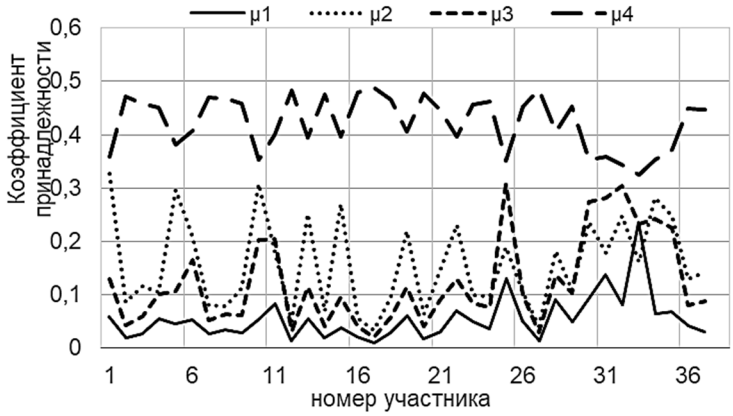


Рисунок 8 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для 4 кластера

Таким образом, представленный метод позволяет более точно выделять все основные характеристики представителей различных классов, а сами кластеры при этом становятся более гибкими, допускающими перекрытие с другими кластерами.

Недостаток этого метода заключается в том, что разбиение на кластеры должно быть произведено заранее. На качество этого разбиения существенное влияние будет оказывать мощность выборки (чем мощнее выборка, тем точнее получается разбиение) и наличие случайных «выбросов», то есть наличие участников, параметры которых существенно отличаются от среднего по кластеру. Например, для приведенной выше выборки возможно значительное увеличение количества ошибок по сравнению с другими участниками – если данный участник недостаточно мотивирован на выполнение задания, или существенное увеличение общего времени выполнения задания в случае, если участник во время выполнения задания по различным причинам часто

отвлекался. Поэтому для небольших выборок можно пойти по другому пути – заранее задать нужное количество кластеров с жестко заданными параметрами центроид, и затем определять для каждого участника степень принадлежности к каждому из заданных кластеров. Более того, возможно задать кластеры с нежелательными свойствами и определять степень выраженности нежелательных свойств у отдельных участников. Например, в описанном ранее в [1] тесте для определения структуры интеллекта выходными параметрами были общее время выполнения задания $t_{общ}$, количество ошибок $n_{ош}$, среднее время правильных ответов $t_{ср.\ прав}$ и среднее время неправильных ответов $t_{ср.\ неправ}$. Зададим 4 кластера с параметрами, определенными в таблице 1. Эти параметры можно задать либо исходя из значений имеющейся выборки, либо по параметрам теста. В этом случае можно проводить оценку даже для единичного участника.

Таблица 1

параметр / кластер	$t_{общ}$	$n_{ош}$	$t_{ср.\ прав}$	$t_{ср.\ неправ}$
1	min	min	min	среднее
2	max	max	max	среднее
3	среднее	среднее	среднее	среднее
4	среднее	среднее	max	min

Представители 1 кластера определяются минимальным общим временем выполнения задания, минимальным количеством ошибок, минимальным средним временем правильных ответов и средним значением среднего времени неправильных ответов. Это наиболее желательные параметры.

Второй кластер – максимальное общее время и количество ошибок, максимальные значения среднего времени правильных ответов и минимальное значение среднего времени неправильных ответов. Это наименее желательные параметры. Третий кластер промежуточный, более приближенный к желательным параметрам – средние значения общего времени и количества ошибок, средние значения средних времен правильных и неправильных ответов. Так как первый и второй кластер определяются предельными и противоположными значениями параметров, то очевидно, что представителей этих классов будет считанные единицы. А третий кластер, определяемый средними значениями времен и количества ошибок, будет самым многочисленным. Четвертый кластер определяется средними значениями общего времени и количества ошибок, максимальным средним временем правильных ответов и минимальным средним временем неправильных ответов. Представители этого класса обладают избыточной задумчивостью – слишком много времени уходит на поиск правильного ответа, в результате достаточно быстро накапливается усталость, после чего следует быстрый ответ, как правило, неверный. Хотя по первым двум параметрам они и близки к представителям третьего кластера, но максимальные значения правильных и минимальные значения неправильных времен ответов требуют ограничения, так как во многих случаях такие качества могут быть нежелательными.

После вычисления матрицы коэффициентов принадлежности для имеющейся выборки можно получить следующее их графическое представление (рисунок 9). Из этого графика следует, что практически все участники имеют максимальную степень принадлежности для третьего кластера. Исключение составляют 12 участников, относящихся к первому кластеру и 5 – к четвертому. Отдельно из общей массы выделяются участники с 1 по 40 – для них степень принадлежности к первому кластеру минимальна, зато достаточно большие степени принадлежности ко второму и четвертому кластерам. Свойства первого кластера характерны для представителей с 40 по 100 и со 184 по 223. Здесь интересным является тот факт, что представители второй группы (со184 по 223) при «жестком» разбиении по методу *k*-средних относились к наименее желательному 4 кластеру. Для более четкого представления разделения по кластерам выполним объединение кластеров с положительными качествами (первого и третьего) и с отрицательными (второго и четвертого). Объединение будем производить по принципу $\mu_i \cup \mu_j = \max(\mu_i, \mu_j)$. Графическое представление такой матрицы коэффициентов представлено на рисунке 10.

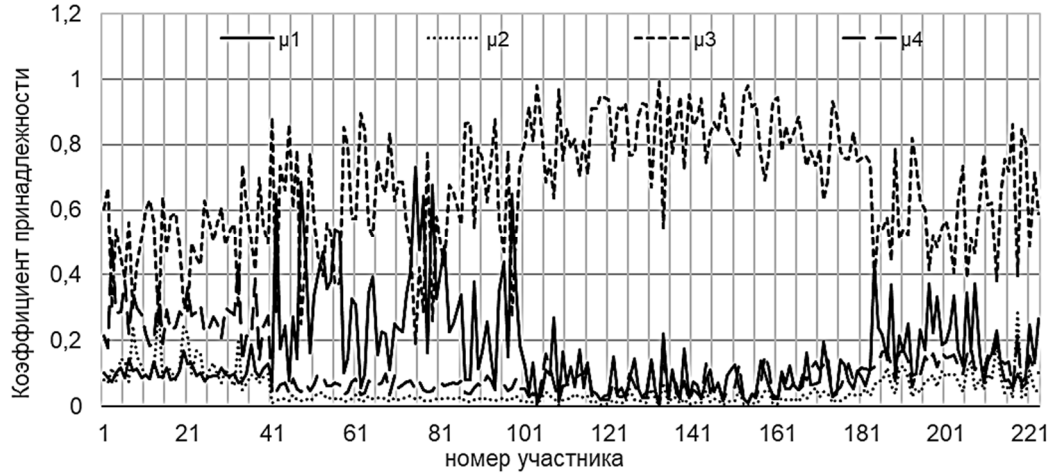


Рисунок 9 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для жестко заданных параметров центроид

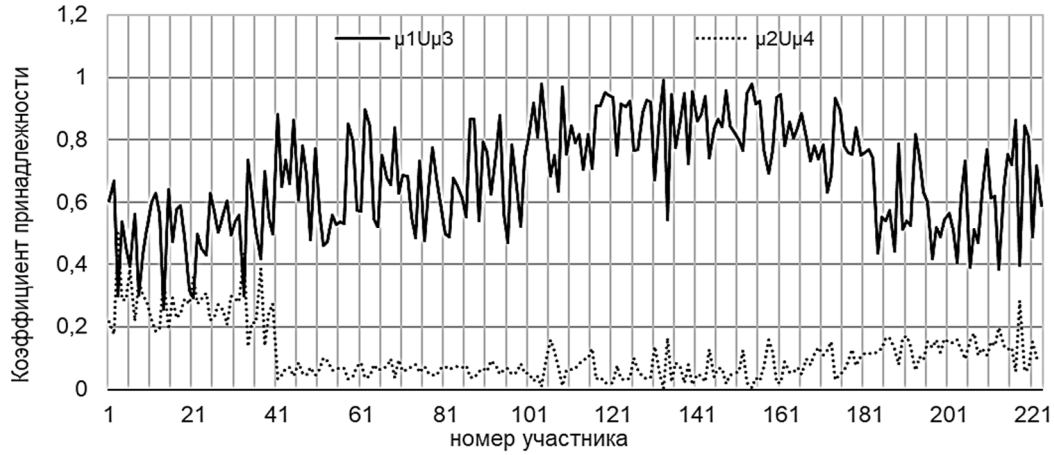


Рисунок 10 – Графическое представление матрицы коэффициентов принадлежности для объединенных кластеров

Хорошо заметно, что заданные отрицательные качества наиболее свойственны 1 кластеру «жесткого» разбиения. Несмотря на минимальное количество ошибок, представители этого кластера наиболее склонны к накоплению усталости, которую компенсируют увеличенным временем на правильный ответ.

Предложенная методика должна показывать хорошие результаты в случаях, когда число определяемых независимых параметров будет достаточно большим – в этом случае можно выделять нежелательный качества и определять их величину для каждого участника.

Список литературы:

1. Нефедовский В.А. Использование метода кластерного анализа для оценки результатов развития пространственного мышления обучаемых / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. – 2024. – Т. 103. – № 2. – С. 168–178.
2. Bezdek J.C. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. – New-York : Plenum Press, 1982.
3. Анализ уровня развития пространственного мышления обучающихся по результатам выполнения 8 субтеста теста Амтхауэра / В.А. Нефедовский [и др.] // В сборнике: XV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей конференции. – Краснодар, 2025. – С. 427–433.
4. Броневич А.Г. Нечеткие модели анализа данных и принятия решений : учеб. пособие / А.Г. Броневич, А.Е. Лепский; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2022.

УДК 37.018.43

ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ И МЕТОДЫ РАБОТЫ КУРАТОРА УЧЕБНОЙ ГРУППЫ

♦♦♦♦♦

THE MAIN FORMS AND METHODS OF WORK FOR A STUDY GROUP CURATOR

Собко В.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В учебном процессе реализуются задачи воспитательного характера. Исходя из форм и методов воспитания, куратор учебной группы может использовать различные формы работы с обучающимися, рассмотренные в данной статье, используя свой инструментарий применительно к основным этапам обучения. Также рассмотрены методы работы с обучающимися в учебной группе.

Ключевые слова: образовательная деятельность, этапы обучения, формы работы, куратор учебной группы, воспитательная работа.

Sobko V.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Educational tasks are implemented in the educational process. Based on the forms and methods of education, the curator of a study group can use various forms of work with students, in this article, we will use our tools to apply the main stages of learning. The methods of working with students in a study group are also discussed.

Keywords: educational activities, stages of training, forms of work, curator of the study group, educational work.

Известный отечественный психолог П.П. Блонский считал отношение учителя к ученику основным критерием его профессиональности. Чем лучше педагог знает учащегося, тем легче увидеть его возможности. Знание ученика – сложнейшая наука, а применение этих знаний на практике – высокое искусство, требующее самоотдачи, творчества, собственных решений, это умение понять и принять учащегося таким, какой он есть.

Работа куратора учебной группы рассматривается как объект оценки его профессионального образования, и определяет данную деятельность как совокупность определенных видов активности, реализация которых возможна при применении определенных форм, методов, приемов и средств, позволяющих достичь желаемого результата.

Конечно, куратор, работая с учебной группой напрямую занимается и воспитанием обучающихся. Он имеет свои, зачастую проверенные, методы воспитания (методические приемы).

Методы воспитания традиционно делятся на три группы:

– для формирования сознания личности (беседа, рассказ и др.);

– для организации деятельности и формирования общественного поведения (поручение, требование и др.);

– для стимулирования деятельности и поведения (наказание, поощрение и др.) [4].

В своей воспитательной работе с обучающимися куратор учебной группы использует следующие формы:

– разъяснение юридических основ процесса обучения;

– вовлечение обучающихся в работу по написанию рефератов, докладов, курсовых работ, научных статей и т.д.;

– организация и проведение различных диспутов и дискуссий по вопросам этики и культуры поведения;

– участие в подготовке и проведении собраний учебной группы;

– обсуждение произведений художественной литературы, актуальных журнальных и газетных статей;

– индивидуальная воспитательная работа.

Чтобы реализовать конкретные педагогические задачи, при работе с учебной группой или индивидуально с обучающимся, педагог использует свои индивидуальные предпочтения, свой инструментарий.

Инструментарий – это набор каких-либо инструментов, совокупность средств, применяемых для достижения или осуществления чего-либо [1].

Инструментарии могут быть: «методический инструментарий», «педагогический инструментарий», «профессиональный инструментарий педагога», «инструментарий воспитательных технологий» и другие.

Анализируя исследователей, можно сделать вывод о том, что в определении инструментария отсутствует единство.

П.И. Пидкасистый рассматривая «методический инструментарий» включает диагностический компонент, который сочетает методики для изучения личностных качеств учащихся, характеристику коллектива [2].

Ряд исследователей рассматривает «педагогический инструментарий воспитательных технологий» как совокупность форм, методов, приемов и средств педагогического взаимодействия субъектов и объектов воспитания.

В.В. Собко рассматривает, как реализовать воспитательные задачи в учебном процессе, а также пути решения воспитательных задач [3].

Работу куратора следует рассматривать применительно к основным этапам обучения:

1. Первоначальный этап обучения (первый курс).

На первом этапе происходит становление обучающегося, перелом одних и формирование других динамических стереотипов. Формируется учебный коллектив, возникают специфические социально-психологические явления и процессы (потребности, взаимоотношения, общественное мнение, коллективное чувство, настроения, традиции), составляющие внутреннюю жизнь коллектива. Учитывая эти и другие обстоятельства, куратор учебной группы организует и проводит воспитательную работу с обучающимися.

2. Последующий этап обучения (второй курс).

На данном этапе активно развивается личность будущего специалиста. Происходит стабилизация учебного коллектива, расширяется сфера деятельности обучающихся, их участие в общественной, спортивной и других видах работ. Здесь важным становится привитие обучающимся общекультурных, нравственных, эстетических и психологических качеств, формирование профессиональной направленности, на основе развития интересов, мотивов и потребностей к учебе.

3. Заключительный этап (третий и последующие курсы).

На этом этапе завершается подготовка обучающихся. Воспитательная работа здесь имеет целью побудить их к основной деятельности, направленной на самообразование, самовоспитание, самосовершенствование.

Цели, задачи, этапы кураторской деятельности влияют на выбор и применение форм деятельности куратором учебной группы.

На рисунке 1 представлены основные формы работы куратора учебной группы.



Рисунок 1 – Основные формы работы куратора учебной группы

Также формы работы куратора могут быть аудиторными и вне аудиторными.

Используя различные формы деятельности, куратору учебной группы необходимо соблюдать следующие принципы: инновационности, профилактической направленности, многоаспектности, последовательности и принцип легитимности [5].

На рисунке 2 представлены основные методы работы куратора учебной группы.



Рисунок 2 – Основные методы работы куратора учебной группы

Еще необходимо выделить взаимодействие куратора с учебной частью факультета. Эта форма работы куратора заключается в общении по вопросам успеваемости, результатам учебы, посещаемости занятий обучающихся учебной группы.

Успех в работе с обучающимися достигается изучением их сильных и слабых сторон.

Изучение личности (документы, личные дела, данные профессионально-психологического отбора, служебные карточки и др.) с учетом мнений преподавателей и с использованием специальных методик.

Мониторинг успеваемости и посещаемости необходимо выполнять для выявления проблемных студентов (как по успеваемости, так и по поведению, в том числе девиантному).

Просвещение обучающих служит для пропаганды, например, здорового образа жизни, противоправного поведения и др.

Формирование позитивного отношения в том числе к учебе, к учебной группе, к учебному процессу и т.д.

Общественно полезная деятельность прививает трудовое воспитание, профориентацию.

Взаимодействие с преподавателями и специалистами необходимо для решения учебных и воспитательных задач в учебной группе.

Взаимодействие с родителями служит для выработки совместных требований и поддержки обучающихся.

Контроль и координация необходима для соблюдения правил внутреннего распорядка, посещаемости занятий и т.д.

Также необходимо отметить, что куратор учебной группы должен очень хорошо знать каждого обучающегося, так сказать вдоль и поперек и чтобы между ними было полное доверие.

Список литературы:

1. Ефремова Т.Ф. Современный толковый словарь русского языка. – МАСТ, Астрель, Харвест, Lingua, 2005. – 1168 с.
2. Пидкасистый П.И. Педагогика : учебник / П.И. Пидкасистый, В.А. Мижериков, Т.А. Юзефавичус; Под ред. П.И. Пидкасистого. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2014. – 624 с.
3. Собко В.В. Решение воспитательных задач куратором учебной группы в образовательной деятельности // Сборник Международная научно-практическая конференция молодых ученых. – Краснодар : КВВАУЛ, 2025 – С. 376–379.
4. Щукина Г.И. Активизация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе : учеб. пособие. – М. : Просвещение, 1979. – 160 с.
5. Бельская Е.Я. Формы организации, сопровождения и поддержки деятельности куратора академической группы. – Томск : Научно-педагогическое обозрение, 2018. – С. 95–98.

УДК 656.71

ФУДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ О БЕЗОПАСНОСТИ ЛЕТНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ: ОПЫТ ЗАЩИТЫ РОДИНЫ ОТ УКРАИНСКИХ АГРЕССОРОВ

♦♦♦♦♦

FUNDAMENTAL SCIENCES ON THE SAFETY OF FLIGHT PERSONNEL IN THE CONDITIONS OF BATTLE OPERATIONS: EXPERIENCE IN PROTECTING THE HOMELAND FROM UKRAINIAN AGGRESSORS

Пирогланов Ш.Ш.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
yunna_sorokopud@mail.ru

Кипреев С.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
komissar.1917@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения безопасности летного состава вооруженных сил России в условиях специальной военной операции. Объектом исследования являются современные теоретические положения о профессиональной безопасности летчиков, проанализированные с позиции фундаментального научного познания.

Ключевые слова: теория профессиональной безопасности, лётный состав, безопасность жизнедеятельности, специальная военная операция, фундаментальные науки, безопасность полетов.

Piroglanov S.S.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
yunna_sorokopud@mail.ru

Kipreev S.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
komissar.1917@mail.ru

Abstract. The article discusses the issues of ensuring the safety of the flight personnel of the Russian Armed Forces in the context of a special military operation. The object of research is the current theoretical provisions on the professional safety of pilots, which are analyzed from the perspective of fundamental scientific knowledge.

Keywords: professional safety theory, flight personnel, life safety, special military operation, fundamental sciences, flight safety.

В ходе отражения Россией украинской агрессии на своей территории особую актуальность приобрели вопросы обеспечения безопасности летного состава выполняющего боевые задачи в текущих условиях боевых действий. При этом большой значимостью обладает практическое применение теоретических положений теории профессиональной безопасности лётного состава.

Научный интерес для значительного числа современных исследователей представляют фундаментальные проблемы летной безопасности. Так, В.А. Артамонов и С.М. Григорьев изучили научно-правовые проблемы понятийного аппарата в сфере безопасности военной службы [1], и сформулировали предложения по их разрешению. В.А. Артюхин рассмотрел особенности работы летно-инструкторского состава по обеспечению безопасности полетов в вузе [2]. А.А. Барковская описала пробелы законодательства в области обеспечения авиационной безопасности [3].

Проблемы законодательного обеспечения авиационной безопасности рассмотрели Ю. Волынский-Басманов и В. Корнилов [4]. Коллективом авторов С.В. Голубев, В.К. Кирьянов, П.И. Красников и О.П. Красникова пронализированы изменения в вооруженной борьбе [5], и описаны актуальные задачи обеспечения безопасности военной службы на военном аэродроме. И.Ю. Золотов и Е.З. Тужиков доказали тезис о том, что фундаментальная наука – основа военно-технической и технологической безопасности государства [6].

Популяризацией отечественных разработок в области повышения безопасности полетов занимались такие ученые как А.И. Козлов, Е.А. Куклев и Ю.Г. Шатраков [7]. Проблемы безопасного транспортирования вооружения и военной техники рассмотрены М.Г. Козловым и А.М. Куксо [8], которые описали конкретные возможности их решения.

Психология обеспечения безопасности личности военнослужащих изучалась Н.П. Татьянченко [9]. А.И. Трофимец и В.И. Орлов направили свои научные интересы на детализацию важной проблемы обеспечения безопасности полетов вертолетов государственной авиации в авиационных частях ВКС [10]. О подготовке в российских вузах авиационных специалистов по поддержанию летной годности воздушных судов и обеспечению безопасности полетов написал актуальный труд Ю.М. Чинючин [11].

Приведенный анализ литературы свидетельствует о важности фундаментальных положений теории профессиональной безопасности для обеспечения профессиональной деятельности летчиков.

Фундаментальные проблемы лётной безопасности связаны с сочетанием факторов, влияющих на функционирование авиационной техники, действия экипажа, организацию воздушного движения и нормативно-правовую базу. Эти проблемы требуют системного подхода, который учитывает надёжность всех элементов авиационной транспортной системы и условия внешней среды.

Она охватывает следующие аспекты, графически отображенные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фундаментальные проблемы летной безопасности в современных условиях

Лётная безопасность является одной из важнейших задач в авиации, поскольку от её обеспечения зависит жизнь и здоровье военнослужащих. Для обеспечения безопасности полётов необходимо решать ряд фундаментальных проблем, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации воздушных судов.

К таковым проблемам можно отнести:

1. Отказы оборудования и неисправности техники. Несмотря на высокие стандарты производства и надёжности авиационной техники, технические неисправности могут стать причиной серьёзных инцидентов. Поэтому важно проводить регулярные технические осмотры и обслуживание воздушных судов, а также разрабатывать надёжные системы диагностики и предупреждения о неисправностях. Неблагоприятные характеристики аэродинамики и прочности воздушных судов влияют на безопасность полётов, например, при заходе на посадку.

Отказы и неисправности элементов функциональных систем приводят к особым ситуациям в полёте, которые могут привести к авиационному происшествию. Пример тому ошибки в цифровых системах авионики – нарушение работы планшетов лётчиков, удаление или искажение информации на критических этапах полёта и неисправности навигационного оборудования – например, неиспользование возможностей системы раннего предупреждения приближения земли (СРППЗ).

Военные самолёты и вертолёты должны соответствовать высоким требованиям по надёжности и безопасности. Исследования в области материаловедения, механики и других технических наук помогают разрабатывать новые материалы и конструкции, обеспечивающие долговечность и устойчивость к повреждениям.

2. Факторы риска исходящие от человека. Необходимо разрабатывать и внедрять системы обучения и подготовки персонала, а также проводить регулярные тренинги и симуляции для отработки навыков в различных ситуациях, так как ошибки пилотов могут привести к серьёзным последствиям. Ошибки в технике пилотирования – например, отклонения в вертикальном, поперечном направлении или по скорости, неправильное задание предельных режимов, недостаточная подготовка экипажей к эксплуатации воздушных судов нового поколения (например, нехватка учебных воздушных судов и тренажёров, ухудшение уровня подготовки пилотов-инструкторов) или ошибки из-за языкового барьера – например, «выпадение» из памяти членов экипажей иностранной лексики или путаница в оборотах чужого языка не должны пугать летчика, который обязан быть готов к неожиданным ситуациям.

Пропавшая связь тоже не должна мешать пилоту. Навыками ручного управления самолетом должен обладать каждый летчик. Примерами могут служить ситуации, когда экипаж возвращается с дальнего маршрута, на подходе к аэродрому ослабляет бдительность и штурман рискует упустить контроль за местом самолета, пролететь поворотный пункт маршрута на несколько километров. Дежурный штурман КДП (командно-диспетчерский пункт) при этом должен уклонение заметить, и подсказать так, чтобы экипаж развернулся на аэродром посадки.

3. Внешние условия. Таковыми являются неблагоприятные погодные условия, такие как туман, гроза, сильный ветер и другие, могут затруднить выполнение полётов и повысить риск аварий. Здесь важно разрабатывать системы прогнозирования погоды и предоставлять пилотам актуальную информацию о метеорологической обстановке.

4. Несовершенство систем управления полётами и технические ограничения. Современные системы управления полётами и навигации постоянно совершенствуются, но всё равно могут иметь ограничения и недостатки. Поэтому необходимо проводить исследования и разработки в области систем управления полётами, чтобы минимизировать риски, связанные с их несовершенством. Особое значение здесь имеет недопущение отсутствия контроля со стороны диспетчера за занятием воздушного судна заданной высоты при снижении и заходе на посадку. Распознавание ложных визуальных ориентиров – они приводят к ошибкам в определении места воздушного судна относительно взлётно-посадочной полосы; недопущение нарушения стандартных процедур эксплуатации средств наземного обслуживания – например, нарушений последовательности операций по управлению средством обслуживания, поспешность и несогласованность решений с другими участниками наземного обслуживания.

5. Террористические угрозы и диверсии. Авиация является привлекательной целью для террористов и других злоумышленников. Поэтому необходимо разрабатывать и внедрять системы безопасности, включая досмотр личного состава и перевозимых грузов, а также усовершенствование системы обнаружения и предотвращения террористических актов на борту.

6. Ошибки взаимодействия различных систем и компонентов воздушного судна. Сложность современных воздушных судов и их систем требует тщательного анализа и оптимизации взаимодействия между ними. Проблемы в одном компоненте могут повлиять на работу других систем, что может привести к аварийным ситуациям. Поэтому важно проводить комплексные исследования и разработки для обеспечения надёжности и безопасности взаимодействия всех систем воздушного судна.

7. Противоречия в законодательстве. Таковыми являются, например, отсутствие порядка и сроков прохождения специальной подготовки лиц, занимающих должности, связанные с обеспечением безопасности полётов. Затянутый процесс принятия нормативных правовых актов приводит к тому, что требования к безопасности полётов не закладываются на стадии проектирования, испытания и производства авиационного транспорта. При этом старение нормативной документации зачастую сопряжено с недостаточной её гармонизацией с международными авиационными правилами и стандартами. Решение этих фундаментальных проблем требует совместных усилий учёных, инженеров, специалистов по безопасности и других профессионалов в области

авиации. Только так можно обеспечить высокий уровень лётной безопасности и защитить жизни военнослужащих.

8. Неправильная постановка задач командирами. Одновременно в обществе имеет место негативное отношение к деятельности отечественной гражданской авиации в части состояния безопасности полётов. На фоне справедливого сопереживания трагическим фактам сформировалось не вполне объективное мнение о старости парка воздушных судов, неподготовленности лётного состава, неполноценности малых авиакомпаний и так далее. Все вышеназванное побуждает регулирующие органы к принятию запретительных и ограничительных решений, не имеющих реального отношения к обеспечению безопасности полётов. Это, в свою очередь, порождает в профессиональном сообществе обстановку критики регулирующих мер, недоверия к компетентности органов авиационной власти.

Таким образом, обеспечение безопасности лётного состава в военных условиях является важной задачей, требующей комплексного подхода и глубоких, фундаментальных научных исследований. Для разработки эффективных мер защиты необходимо учитывать ряд ключевых аспектов, к которым относятся: физиологические и психологические особенности лётной деятельности в условиях боевых действий. Лётчики сталкиваются с повышенными физическими и психологическими нагрузками, которые могут повлиять на их способность выполнять задачи (исследования в области физиологии и психологии помогают определить оптимальные режимы работы, разработать системы поддержки принятия решений и методы психологической подготовки); системы управления и навигации в условиях ограниченной видимости и помех (в боевых условиях лётчики могут столкнуться с затруднениями в ориентировании и навигации из-за погодных условий, помех от средств радиоэлектронной борьбы и других факторов, поэтому разработка новых систем управления и навигации, учитывающих эти особенности, является важной задачей для обеспечения безопасности полётов); методы прогнозирования и оценки рисков в боевых условиях. (анализ статистических данных о происшествиях, моделирование сценариев боевых действий и другие методы помогают оценить риски для лётного состава и разработать меры по их снижению, исследования в области математики, статистики и теории вероятностей играют важную роль в этом процессе).

Лётный состав может в любой момент столкнуться с угрозой поражения различными видами оружия. Поэтому разработка и внедрение систем защиты, включая бронежилеты, системы оповещения о приближении угрозы и другие меры, являются важными задачами для обеспечения безопасности. Комфортные и интуитивно понятные кабины способствуют снижению стресса и повышению эффективности работы лётчиков. Исследования в области эргономики помогают разрабатывать оптимальные дизайны кабин, учитывающие физиологические и психологические особенности человека. Обмен опытом и знаниями между странами способствует повышению уровня безопасности полётов. Разработка международных стандартов и норм в области военной авиации является важным направлением фундаментальных исследований.

Решение описанных в данной работе фундаментальных проблем требует междисциплинарного подхода и сотрудничества учёных, инженеров, медиков, психологов и других специалистов. Только так можно обеспечить высокий уровень безопасности лётного состава в условиях специальной военной операции.

Список литературы:

1. Артамонов В.А. Научно-правовые проблемы понятийного аппарата в сфере безопасности военной службы: предложения по разрешению / В.А. Артамонов, С.М. Григорьев // Человеческий капитал. – 2017. – № 5(101). – С. 73–77. EDN YUNMSH
2. Артюхин В.А. Особенности работы летно-инструкторского состава по обеспечению безопасности полетов в вузе // Проблемные вопросы военного образования и пути совершенствования подготовки военных специалистов : Сборник материалов IX Всероссийской педагогической научно-методической конференции, Сызрань, 20 апреля 2023 года. – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2023. – С. 14–17. EDN WKNTPK

3. Барковская А.А. Пробелы законодательства в области обеспечения авиационной безопасности // Молодой ученый. – 2021. – № 6(348). – С. 167–170. EDN ERZQBQ
4. Волынский-Басманов, Ю. Проблемы законодательного обеспечения авиационной безопасности / Ю. Волынский-Басманов, В. Корнилов // Закон и право. – 2007. – № 8. – С. 13–17. EDN IYBAZS
5. Анализ изменений в вооруженной борьбе и задач обеспечения безопасности военной службы на военном аэродроме / С.В. Голубев [и др.] // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2025. – № 33. – С. 54–63. EDN FFTOFV
6. Золотов И.Ю. Фундаментальная наука – основа военно-технической и технологической безопасности государства / И.Ю. Золотов, Е.З. Тужиков // Военная мысль. – 2009. – № 1. – С. 9–14. EDN THDPAZ
7. Козлов А.И. Популяризация отечественных разработок в области повышения безопасности полетов / А.И. Козлов, Е.А. Куклев, Ю.Г. Шатраков // Транспорт Российской Федерации. – 2019. – № 5(84). – С. 42–44. EDN LIPBRO
8. Козлов М.Г. Проблемы безопасного транспортирования вооружения и военной техники и возможность их решения / М.Г. Козлов, А.М. Куксо; Под общ. ред. А.А. Поддубного // Строительство и восстановление искусственных сооружений: Материалы IV Международной научно-практической конференции. В 2-х ч. Часть I, Гомель, 16–17 апреля 2015 года. – Гомель : Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», 2015. – С. 133–135. EDN CIFYZN
9. Татьянченко Н.П. Психология обеспечения безопасности личности военнослужащих / Н.П. Татьянченко; Образовательный консорциум «Среднерусский университет», Среднерусский университет (гуманитарно-технологический институт). – Калуга : Ваш Домъ, 2010. – 226 с. ISBN 978-5-98204-046-6 EDN QYANUV
10. Трофимец А.И. Обеспечение безопасности полетов вертолетов государственной авиации в авиационных частях ВКС МО РФ / А.И. Трофимец, В.И. Орлов // Актуальные проблемы развития вооружения и военной авиационной техники (вертолетов): Сборник материалов II Международной военно-научной конференции, посвященной памяти конструкторов вертолетов М.Л. Миля и Н.И. Камова, Сызрань, 26 ноября 2021 года. – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2022. – С. 43–46. EDN LVYYGD
11. Чинючин Ю.М. О подготовке в российских вузах авиационных специалистов по поддержанию летной годности воздушных судов и обеспечению безопасности полетов // Сборник тезисов по итогам Профессорского форума 2019 «Наука. Образование. Регионы». – М. : Общероссийская общественная организация «Российское профессорское собрание», 2019. – Т. 2. – 257 с. EDN GGRBIQ

УДК 37.018.43

К ВОПРОСУ ВОСПИТАНИЯ И НРАВСТВЕННЫХ ЦЕННОСТЕЙ ЛЮДЕЙ В СССР И В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

♦♦♦♦♦

ON THE ISSUE OF EDUCATIONAL AND MORAL VALUES IN THE USSR AND MODERN RUSSIA

Собко В.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Собко А.В.
Кубанский государственный университет
Vitos_93@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены воспитательные и нравственные ценности, которые формировались и интегрировались в государственную систему и идеологию людей в СССР, а также в современной России. Рассмотрены факторы, которые приводят к изменениям в воспитании и нравственных ценностей. Выделены основные трансформации, которые изменили систему воспитания детей и нравственные ценности людей в России, после распада СССР.

Ключевые слова: воспитание, образование, нравственные ценности, национальная идентичность, преемственность, искусство, патриотизм, общественные организации, воспитание детей, семейные ценности, семья, культура, государство, структура семьи, трансформация.

Sobko V.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Sobko A.V.
Kuban State University
Vitos_93@mail.ru

Abstract. The article examines the educational and moral values that were formed and integrated into the state system and the ideology of people in the USSR, as well as in modern Russia. The article examines the factors that lead to changes in upbringing and moral values. The article highlights the main transformations that have changed the system of child-rearing and peoples moral values in Russia since the collapse of the USSR.

Keywords: education, moral values, national identity, succession, art, patriotism, public organizations, parenting, family values, family, culture, state, family structure, transformation.

На протяжении всей истории человечества процесс социализации – освоения индивидом социальных норм, культурных ценностей и образцов поведения – является ключевым для формирования личности и сохранения общества. Воспитание, как целенаправленное управление этим процессом, и нравственные ценности, как фундамент аксиологической системы общества, претерпевают постоянные изменения под воздействием различных исторических, политических, экономических и социокультурных факторов.

Распад СССР в 1991 году стал переломным моментом в истории России, повлекшим за собой трансформацию всех сфер жизни, включая систему воспитания и доминирующие нравственные ориентиры [3].

Необходимо понимать механизмы формирования ценностных ориентаций у молодого поколения в условиях современного динамичного мира, а также вызовы, связанные с сохранением национальной идентичности и культурной преемственности. Изучение данной темы позволяет осмыслить текущие социальные процессы, прогнозировать их развитие и разрабатывать эффективные стратегии в области образования и государственной молодежной политики.

В СССР воспитание и формирование нравственных ценностей были интегрированы в единую государственную систему, основанную на марксистско-ленинской идеологии. Целью было формирование «нового человека» – строителя коммунистического общества. В свою очередь система образования и воспитания в СССР была централизованной, унифицированной и идеологически выверенной [4].

В дошкольном образовании детские сады и ясли не только осуществляли присмотр, но и активно внедряли элементы коллективистского воспитания, приучая детей к совместной деятельности и дисциплине с раннего возраста.

В школьном образовании школа была главным агентом социализации, наряду с семьей. Учебные программы были едиными для всей страны, с обязательным изуче-

нием истории КПСС, обществознания и основ марксистско-ленинской философии. Основной акцент делался на политехническом образовании (связь обучения с производительным трудом), патриотическом воспитании и коллективизме.

Во внешкольной работе особое место занимали пионерская организация (для детей 10–14 лет) и комсомол (ВЛКСМ, для молодежи 14–28 лет). Эти массовые общественные организации играли ключевую роль в формировании гражданской позиции, трудовых навыков, а также занимались военно-патриотическим и интернациональным воспитанием. Девиз «Всегда готов!» и строгая иерархия способствовали развитию дисциплины и чувства принадлежности к общности.

В средствах массовой информации и искусстве кино, литература, музыка, детские журналы и радиовещание были мощными инструментами культурной трансмиссии и пропаганды, формируя образцы для подражания – героев труда, войны, ученых.

Нравственные ценности советского человека формировались в соответствии с «Моральным кодексом строителя коммунизма», который был изложен в Программе КПСС 1961 года и включал в себя следующие принципы:

– коллективизм – это приоритет общественных интересов над личными. Девиз «Один за всех и все за одного» отражал этот принцип. Индивидуальность признавалась в контексте служения обществу;

– патриотизм и интернационализм – это любовь к Родине, готовность ее защищать, а также солидарность с трудящимися всего мира;

– трудолюбие – это уважение к труду как основе благосостояния общества, стремление к выполнению и перевыполнению плановых заданий;

– дисциплина и ответственность – это послушание государственным законам и нормам, строгое выполнение своих обязанностей;

– взаимопомощь и товарищество – это поддержка ближнего, коллективное решение проблем;

– честность и правдивость – это открытость во взаимоотношениях, осуждение обмана;

– скромность и самоотверженность – это отсутствие эгоизма, готовность жертвовать личными интересами ради общих целей;

– оптимизм и вера в светлое будущее – это убежденность в неизбежной победе коммунизма [2].

Эти ценности носили гетерономный характер, то есть были навязаны извне государством и идеологией, а не формировались в процессе свободного выбора индивида. Государство играло доминирующую роль в воспитании, выступая как главный заказчик и контролер процесса. Семья рассматривалась как важный, но подчиненный государству институт.

В семье воспитательная функция была тесно связана с государственной идеологией. Родители должны были воспитывать детей в духе советских ценностей. При этом государство поддерживало семью через развитую систему социальных гарантий (бесплатное образование, медицина, доступное жилье, санатории).

В общественных организациях партия, профсоюзы, комсомол, пионеры активно участвовали в воспитании, создавая единое воспитательное пространство. В трудовых коллективах также существовали системы наставничества и общественной работы, направленные на воспитание молодежи [1].

Воспитание детей и нравственные ценности в современной России переживают фундаментальные изменения, которые отразились и на системе воспитания, и на аксиологической системе общества. Переход от тоталитарного государства к демократии (пусть и не всегда последовательный) и от плановой экономики к рыночной создал совершенно иные условия для формирования личности.

После распада СССР произошла деидеологизация образования. Обязательное изучение марксизма-ленинизма было отменено. Появились негосударственные школы, гимназии, лицеи, предлагающие различные образовательные подходы и программы. Увеличилось разнообразие учебников и методик. Современное образование стремится развивать индивидуальные способности ребенка, поощрять самостоятельность и критическое мышление. Однако на практике это часто сталкивается с традиционными авторитарными подходами. Внедрение информационных технологий, дистанционного обучения, цифровых образовательных ресурсов стало нормой. Это открывает новые

возможности, но и ставит вызовы, связанные с информационной безопасностью и качеством контента.

В последние годы наблюдается тенденция к усилению патриотического воспитания, но его содержание и методы отличаются от советских, смещаясь в сторону государственной символики, истории страны и национальной гордости, часто без жесткой идеологической привязки, но с акцентом на консервативные ценности.

Доминирующие нравственные ценности современного российского общества характеризуется плюрализмом ценностей, отсутствием единой, общеобязательной идеологии. Ценностные ориентиры часто формируются под влиянием разных источников и могут противоречить друг другу. Индивидуализм ориентирован на личный успех, самореализацию, достижение материального благополучия и комфорта. Это является отголоском рыночной экономики и потребительского общества. Конечно, с началом специальной военной операции многие нравственные ценности очень большого количества граждан России претерпели изменения. Патриотизм за свое государство, сплоченность общества, желание помочь бойцам на передовой и многие другие вещи сплотили наших граждан. В числе добровольцев участвуют как молодые ребята девятнадцати лет, так и шестидесятилетние мужчины из многодетных семей.

Как раз традиционные семейные ценности остаются значимыми, хотя институт семьи претерпевает изменения (увеличение числа разводов, неполных семей, гражданских браков). Возвращение к идее «крепкой семьи» активно поддерживается государством. Ценность личной свободы выбора, самовыражения, передвижения. Однако это часто входит в конфликт с необходимостью соблюдения социальных норм и правил.

Патриотизм актуализируется, но часто принимает формы, отличные от советского. Это может быть как любовь к «малой Родине», так и гордость за великую державу, ее историю и культуру.

Эти ценности имеют более автономный характер, поскольку формируются в условиях большей свободы выбора, хотя и испытывают влияние медиа и государственной политики.

Роль семьи, государства и других институтов в воспитании остается определяющей, однако многие семьи сталкиваются с институциональным кризисом (уменьшение числа полных семей, падение рождаемости) и недостатком ресурсов (временных, финансовых, образовательных) для полноценного воспитания. Усиливается ответственность родителей за выбор образовательной траектории [5].

Государство после периода снижения участия, вновь активизировало свою роль в воспитании, разрабатывая стандарты образования, поддерживая патриотические движения, создавая новые проекты. Однако его влияние уже не является тотальным. Телевидение, социальные сети, онлайн-игры, блоги оказывают колоссальное влияние на формирование мировоззрения и ценностей детей и подростков, часто опережая традиционные институты. Проблема информационной гигиены и критического осмысления информации становится острой.

Возрождение роли религии в общественной жизни также влияет на формирование нравственных ценностей, особенно в религиозных семьях, а также среди военнослужащих и членов их семьи, участвующих в специальной военной операции.

Изменения в воспитании детей и нравственных ценностях являются результатом сложного взаимодействия множества факторов, главным образом связанных с крахом советской системы и переходом к новому общественному устройству, таких как:

1. Политические и идеологические факторы.

Крах коммунистической идеологии при падении СССР привело к обрушению единой государственной идеологии. Это создало идеологический вакуум, который постепенно заполнялся различными, порой противоречивыми, ценностными установками (западные либеральные идеи, националистические течения, возврат к традиционным ценностям).

Децентрализация и демократизация привели к появлению элементов демократического управления, свободы слова и печати привело к отказу от унифицированной, сверху навязанной системы воспитания. Школы получили больше автономии, родители – больше выбора.

Формирование нового государственного нарратива в современном российском государстве стремится выстроить новую национальную идею, опирающуюся на историческую преемственность, патриотизм и традиционные ценности, что оказывает влияние на содержание воспитательных программ.

2. Экономические факторы.

Переход к рыночной экономике, а следовательно отказ от плановой системы и внедрение рыночных механизмов породили новые ценности: предпринимательство, конкурентоспособность, индивидуальный успех, материальное благополучие, потребительство. Эти ценности стали доминировать над коллективистскими и аскетичными идеалами.

Возникновение значительного имущественного расслоения в обществе (бедные, средний класс, богатые) привело к формированию различных ценностных групп и к неравенству в доступе к качественному образованию и дополнительному развитию. Открытие границ для товаров, услуг и капиталов способствовало проникновению западных стандартов потребления и ценностных ориентиров.

3. Социокультурные и технологические факторы.

Информационная революция и развитие интернета привело к появлению и повсеместному распространению интернета, социальных сетей, гаджетов и кардинально изменило способы получения информации, общения и социализации. Дети имеют доступ к огромному массиву данных, зачастую «нефильтрованному», что требует развития медиаграмотности и критического мышления. Цифровая социализация в формировании личности происходит не только в реальном, но и в виртуальном пространстве, что порождает новые формы идентичности, новые риски (кибербуллинг, зависимость) и новые возможности для обучения и творчества.

Глобализация культуры усиливает влияние массовой культуры (прежде всего западной), формирует общие молодежные субкультуры, например, с музыкальными, кинематографическими и другими предпочтения.

Изменение структуры семьи, а именно увеличение числа разводов, неполных семей, снижение рождаемости, рост числа женщин, стремящихся к карьере, изменяет внутрисемейные отношения и распределение воспитательных функций. Старение населения, миграционные потоки также влияют на культурное и ценностное разнообразие общества.

Продолжающийся процесс урбанизации ведет к изменению образа жизни, отчуждению от природы, повышению темпа жизни и снижению роли «дворового» сообщества в воспитании.

4. Глобализация.

Культурная диффузия – это распространение культурных элементов (идей, ценностей, норм) из одной культуры в другую. Это приводит к проникновению западных ценностей (индивидуализм, либеральные свободы, потребительство) в российское общество.

Попытки формирования общечеловеческих ценностей (права человека, демократия, экологическое сознание) также влияют на российское общество, хотя и сталкиваются с сопротивлением традиционных установок. Глобальные вызовы (экологические проблемы, пандемии, международный терроризм) требуют формирования глобальной ответственности и солидарности, что также отражается на воспитании.

Можно сделать вывод, что система воспитания детей и нравственные ценности людей в России претерпели кардинальные изменения с момента распада СССР.

Основные трансформации:

1. От коллективизма к индивидуализму.

Доминирующий в СССР коллективизм с его приоритетом общественных интересов сменился в современной России на ориентацию на личный успех, самореализацию и материальное благополучие.

2. От унификации к плюрализму.

Жесткая идеологическая и образовательная унификация советского периода уступила место многообразию образовательных моделей и ценностных ориентаций.

3. От тотального государственного контроля к многофакторному влиянию.

Если в СССР государство было главным агентом социализации, то сейчас на формирование личности ребенка влияют семья (часто в условиях кризиса), школа (де-

идеологизированная, но с элементами нового патриотизма), средства массовой информации и цифровые технологии.

4. От гетерономной к более автономной морали.

Ценности, ранее навязанные государством, теперь в большей степени выбираются индивидом, хотя и под сильным влиянием медиа, рыночной экономики и формируемой государством повестки.

Причины этих изменений многообразны и взаимосвязаны.

Политические причины – это распад СССР, конец однопартийной системы и государственной идеологии, переход к демократии.

Экономические причины – это отказ от плановой экономики, переход к рыночным отношениям, породившим ценности конкуренции, потребления и индивидуального обогащения.

Социокультурные причины – это информационная революция, развитие интернета, глобализация культуры, изменение структуры семьи и демографические процессы.

Современное российское общество сталкивается с новыми вызовами, связанными с необходимостью формирования гражданской идентичности в условиях ценностного плюрализма, а также с необходимостью адаптации к быстро меняющемуся миру, требующему от человека гибкости, критического мышления и способности к самообразованию. Воспитание в этих условиях становится задачей, требующей комплексного подхода и участия всех социальных институтов, с учетом как национальных традиций, так и глобальных тенденций.

Список литературы:

1. Асмолов А.Г. Психология современности: вызовы неопределенности, сложности и разнообразия. – М. : ЯСК, 2018.
2. Газман О.С. Воспитание и педагогическая поддержка детей в образовании. – М. : УВЦ «Инноватор», 1996.
3. Кара-Мурза С.Г. Советская цивилизация. – М. : Эксмо-Пресс, 2002. – Т. 2.
4. Макаренко А.С. Педагогическая поэма. – М. : Просвещение, 1988. (классический пример советского воспитания).
5. Харламов И.Ф. Педагогика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по педагогическим специальностям. – М. : Гардарики, 1999. – 516 с.

УДК 372.862

КРИТЕРИИ И РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА» С УЧЕТОМ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

♦♦♦♦♦

CRITERIA AND LEARNING OUTCOMES IN THE DISCIPLINE «DESCRIPTIVE GEOMETRY AND ENGINEERING GRAPHICS» TAKING INTO ACCOUNT INTERDUBLIC COMPETENCIES

Степанова М.В.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
mvs4967@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются требования и результаты обучения по фундаментальным и общетехническим дисциплинам за счет реализации механизма междисциплинарной интеграции, что способствует ускоренному объединению теоретических знаний и практических навыков, позволяет формировать инженерные компетенции будущих специалистов, способствует развитию междисциплинарных связей, технических дисциплин, вырабатывая возможность лучшего решения инженерных задач в ходе исследований процессов, происходящих в них.

Ключевые слова: критерии, требования, межпредметные (междисциплинарные) компетенции, инженерные задачи, самоорганизация, связь между дисциплинами, результаты, интеграция.

Stepanova M.V.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
mvs4967@mail.ru

Abstract. This paper examines the learning requirements and outcomes of fundamental and general engineering disciplines through the implementation of an interdisciplinary integration mechanism. This facilitates the accelerated integration of theoretical knowledge and practical skills and abilities, enables the development of engineering competencies in future specialists, explores interdisciplinary connections in teaching, and teaches technical disciplines, developing the ability to better solve engineering problems. Research into the processes occurring within these disciplines requires relying on an integrated approach developed during the study of the subjects.

Keywords: criteria, requirements, interdisciplinary competencies, engineering tasks, self-organization, connections between disciplines, results, integration.

Дисциплина «Начертательная геометрия и инженерная графика» является частью обязательных профессиональных дисциплин федерального компонента, главной задачей которой является формирование и выполнение пространственных построений и инженерных чертежей, развитие межпредметных компетенций, таких как умение аргументировать свои выводы, осмысливание пространственные построений на чертеже.

Это влечет переход к конкретным требованиям к результатам обучения, кроме того усиливается фокус на компетенции, которые выпускники могли бы применить в решении различных инженерных и технических областей.

Внедрение междисциплинарных связей убирает дублирование разделов при изучении различных дисциплин, экономит время и создает значительные предпосылки для формирования общепрофессиональных компетенций. Интеграции дисциплин начертательная геометрия и инженерная графика, физика, механика, математика, материаловедение, информатика, метрология и стандартизация уделяется должное внимание, так как это раскрывает преимущества практического применения знаний [4].

В частности, требования, предъявляемые в процессе обучения к «Начертательной геометрии и инженерной графике», можно условно разделить на фундаментальную и прикладную:

– при выполнении чертежей: обучающийся должен научиться создавать технические чертежи, соблюдать регламенты их оформления, правильно применять средства наглядного представления, а именно выполнять стандартные графические построения в соответствии с действующими стандартами с использованием современных компьютерных программ, позволяющих создавать 3-D и 2-D изображения деталей и сборочных единиц;

– при чтении чертежей: формируется способность анализировать и объяснять конструктивные решения, обнаруживать ошибки и обосновывать правильность выбранных решений, вместе с тем появляется способность разбирать и объяснять содержимое чертежей, находить конструктивные особенности и технические решения, объяснять взаимосвязь между чертежами;

– при объяснении: к концу обучения по дисциплине создается возможность логической последовательности в доказательствах свойств геометрических фигур, применении знаний к практическим задачам, что включает в себя умение аргументировать и составлять последовательную цепь рассуждений.

Примером формулировки конкретных образовательных результатов для дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика», учитывающих развитие межпредметных навыков и повышение конкретных требований можно отнести способность использовать знания по дисциплине при решении инженерных задач, связанных с проектированием и эксплуатацией технических систем (при моделировании и проектировании инженерных задач обучающийся может переносить геометрические решения и методы в смежные области дисциплин (механика, информатика).

В плане практической ориентации предполагается, что обучающийся должен уметь применять полученные знания и навыки для решения инженерных задач, применяя различные подходы, аргументируя выбранные решения, разбирать содержимое чертежей, выявлять конструктивные особенности и технические решения, находить взаимосвязь между чертежами, разъясняя зоны возможных ошибок или недочетов.

Для освоения дисциплины необходимо пользоваться знаниями, которые получены при изучении дисциплин математика, материаловедение, механика, информатика. Для усвоения теоретических и практических составляющих у обучающихся должны быть сложены когнитивные компетенции:

– умение самоорганизовываться;

– наличие навыков обращений к источникам для сбора, обработки и анализа информации;

– способность и умение использовать компьютер для поиска необходимых данных;

– способность обмениваться информацией в группе.

Выходные знания, умения и навыки закладываемые в процесс изучения дисциплины «Начертательная геометрия и инженерная графика» сведены в виде таблицы 1, по которой можно проследить пересечение по компетенциям с другими дисциплинами [1].

Таблица 1 – Выходные показатели

Наименование дисциплин	Компетенции	Выходные знания, умения и навыки
1	2	3
Начертательная геометрия и инженерная графика	ОПК–2 ОПК-6	Знание: основных способов получения и редактирования изображений с помощью прикладного графического пакета (компьютерных технологий). Умение: использовать персональный компьютер и прикладной графический пакет для построения различных видов чертежей. Владение: навыками абстрактной мыслительной деятельности при выполнении чертежей различных геометрических объектов
Информатика	ОПК-6	Знание: алгоритмов и этапов решения профессионально-ориентированных задач на компьютере. Умение использовать персональный компьютер и прикладные программы общего назначения для решения профессионально-ориентированных задач. Владение: основными приёмами работы в электронной таблице, системе управления базами данных

Окончание таблицы 1

1	2	3
Механика	ОПК–2	Знание: – основы конструирования и проектирования машин и механизмов; – основы конструирования и проектирования машин и механизмов. Умение: оценивать состояние конструкции и отдельных ее деталей под воздействием силовых нагрузок при решении типовых профессиональных задач
Метрология, стандартизация и сертификация	ОПК–2	Знание понятий и принципы обеспечения единства измерений; – терминологию в области единства измерений; – теорию измерений. Умение правильно выбирать средство измерения, определять метрологические и технические характеристики приборов

Уровни взаимодействия и связи между дисциплинами условно можно разделить:

1. Параллельное изучение дисциплин.

Изучение «Начертательной геометрии и инженерной графики» проходит одновременно с курсом «Механика», что обеспечивает синхронную связь теоретических концепций и практических навыков.

2. Совместное применение знаний

На основе начертательной геометрии и инженерной графики обучающиеся визуализируют и моделируют механические системы, механизмы, что способствует лучшему пониманию дисциплин:

- конструкция авиационной техники (модуль);
- аэродинамика и динамика полета;
- метрология, стандартизация и сертификация (основы теории прочности).

При этом возникают интеграционные преимущества, которые сказываются при использовании графических методов для моделирования статических и кинематических характеристик механизмов, демонстрации конструктивных решений и взаимодействий между элементами машин через чертежи и пространственные построения, а также повышении навыков интерпретации чертежей и графической документации при анализе механических систем [2, с. 50].

Практическая реализация перечисленных межпредметных связей видится на основе совмещения теоретических знаний по механике и графике, что позволяет обучающимся самостоятельно создавать 3D-модели, вычислять геометрические параметры и проверять их работоспособность, что повышает качество подготовки военных специалистов [3].

Например, в военном деле вращение придает снаряду гироскопическую устойчивость, что позволяет ему лететь точно по заданной траектории, несмотря на внешние воздействия, такие как ветер или небольшие отклонения в форме. Нарезы в стволе орудия являются ключевым элементом, обеспечивающим это вращение.

Понимание этого процесса можно рассмотреть на основе дисциплины «Начертательная геометрия». Геометрические примитивы (прямые, плоскости), которые занимают общее положение относительно плоскостей проекций тяжело применять при решении задач. Для решения очень удобно преобразовать комплексный чертеж так, чтобы заданные геометрические примитивы оказались в частном положении относительно той или иной плоскости проекций (т.е. были параллельными или перпендикулярными ей) [7, с. 63].

Этого можно достигнуть изменением положения прямой линии или плоской фигуры путем поворота вокруг некоторой оси так, чтобы прямая или фигура оказалась в частном положении относительно неизменной системы плоскостей проекций. Такой способ преобразования чертежа называется способом вращения.

Сущность способа вращения состоит в том, что плоскости проекций остаются неизменными, а проецируемый объект вращают вокруг неподвижной оси до положе-

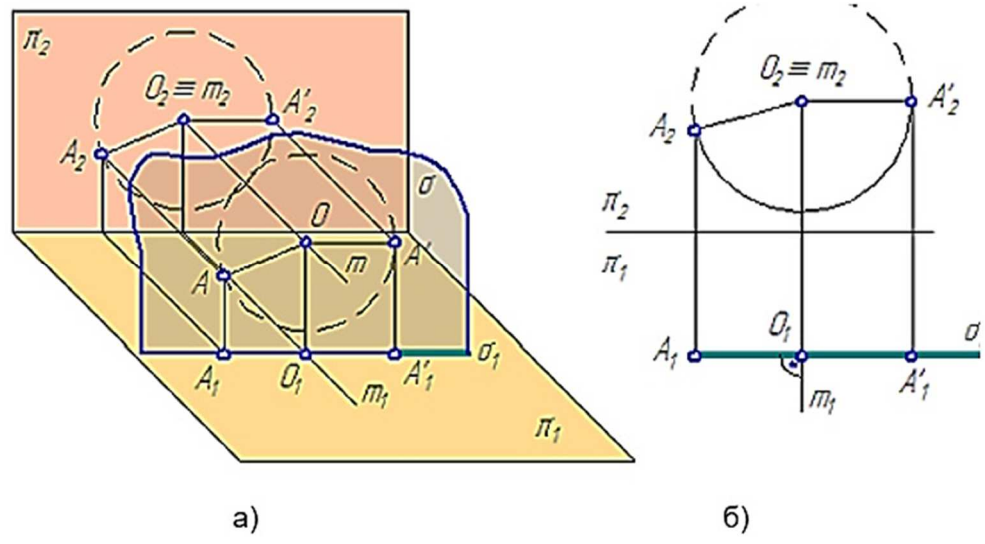
ния, удобного для решения поставленной задачи. При этом важно помнить, что при вращении вокруг проецирующей прямой одна из проекций точки (горизонтальная или фронтальная) будет представлять собой окружность, а другая – отрезок прямой, перпендикулярной оси вращения. Это значительно упрощает построения новых проекций вращаемой фигуры. Ключевыми моментами при решении являются:

- ось вращения: неподвижная прямая, вокруг которой происходит вращение. Выбор оси вращения: важный этап, влияющий на простоту построений. Обычно стараются выбирать проецирующие прямые (горизонтально или фронтально проецирующие);
- плоскость вращения: плоскость, перпендикулярная оси вращения, в которой перемещается каждая точка вращаемой фигуры;
- траектория точки: окружность, лежащая в плоскости вращения, с центром на оси вращения;

Рассмотрим вращение точки вокруг оси, перпендикулярной к плоскости π_2

Точка A перемещается по окружности, расположенной в плоскости $б$, перпендикулярной к оси вращения m, следовательно, параллельной плоскости π_2. Радиус окружности, по которой перемещается точка A, равен длине перпендикуляра AO, проведенного из точки A на ось m. Окружность, по которой перемещается точка в пространстве, проецируется на плоскость π_2 без искажения, так как плоскость α параллельна π_2, горизонтальная же проекция этой окружности расположится на следе $б_1$ плоскости α, т.е. прямой, перпендикулярной к горизонтальной проекции оси вращения m (рисунок 1, а).

Фронтальная проекция точки A_2 перемещается по дуге окружности радиуса O_2A_2, горизонтальная проекция A_1 перемещается по следу плоскости вращения $б_1$, перпендикулярному горизонтальной проекции оси m_1, и находится в пересечении этого следа и линии связи – A_1 A_2 (рисунок 1, б) [7, с. 65].



а) б)

Рисунок 1

Данная задача находит реализацию при изучении законов динамики, в частности определение основных параметров вращательного движения абсолютно твердого тела (колеса (шасси) любого транспортного средства). Постановка задачи при решении данных задач может быть весьма различная, например, определение скорости различных точек окружности катящегося колеса относительно земли, или расчет момента силы трения в подшипниках, момент силы сопротивления. В итоге, на примере изучения вращательного движения в физике, механике и начертательной геометрии показано как реализуются междисциплинарные связи между различными учебными дисциплинами.

В заключении можно сказать, что общие выработанные методологические подходы играют ключевую роль в эффективности обучения. Они предоставляют возможность обучающимся:

● углубить понимание – общие принципы и методы, они могут лучше связывать новую информацию с уже имеющимися знаниями и формировать более глубокое понимание темы;

● ускорить процесс обучения – быстрее освоиться к новым темам и задачам;

● облегчить процесс обучения – процесс обучения становится структурированным и понятным, понижая когнитивную нагрузку на обучающихся;

● повысить успешное обучение – лучше справляться с учебными задачами и достигать более высоких результатов.

Конечно, области объединения должны быть определены совместно с преподавателями смежных дисциплин, а программы должны быть согласованы между собой. Для повышения результативности процесса обучения не должно быть дублирования общих тем дисциплин, они должны являться логическим продолжением друг друга с углублением содержания и сложности материала, что позволит обеспечить изучение дисциплин профессионального цикла. На лекционных и практических занятиях преподавателям необходимо заострять внимание обучающихся на связи разделов дисциплин, что как раз и скажется на формировании междисциплинарных связей.

Список литературы:

1. ФГОС ВО по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов.
2. Балажигитов Р.А. Реализация междисциплинарных связей при изучении закона сохранения импульса / Р.А. Балажигитов, А.М. Колосовский, Н.В. Шинкарёва // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота. – Калининград : Изд-во БГАРФ, 2019. – № 1(47).
3. Математическое моделирование корпуса компрессора газотурбинного двигателя в системе автоматизированного программного комплекса / М.Ю. Кулешов [и др.] // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXIV Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 109–115.
4. Демонстрационная программа обтекания тонкого профиля PROFIL_NST / В.А. Нефедовский [и др.] // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022664268, 27.07.2022. Заявка № 2022663433 от 15.07.2022.
5. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнические вестники). – 2019. – № 1. – С. 445–448.
6. Поверхностное моделирование и анимации создание оригинальных моделей в системе автоматического программного комплекса компас-3D / Г.В. Карангин [и др.] // В сборнике: IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космосе. Сборник научных статей. – 2019. – С. 157–162.
7. Чекмарев, А.А. Инженерная графика. Машиностроительное черчение : учебник / А.А. Чекмарев. – М. : ИНФРА-М, 2019. – 396 с. – URL : http://znamum.com/catalog/product/983560

УДК 378

КРИТЕРИИ И ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ КУРСАНТОВ ВОЕННЫХ ВУЗОВ

♦♦♦♦♦

CRITERIA AND INDICATORS FOR ASSESSING PATRIOTIC EDUCATION OF MILITARY UNIVERSITY STUDENTS

Вешкин С.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Фурсов А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к оценке патриотического воспитания курсантов военных вузов Российской Федерации. На основе анализа нормативно-правовой базы, педагогических и психологических исследований определены критерии и показатели результативности воспитательной работы. Выделены пять основных критериев: ценностно-мотивационный, когнитивный, эмоционально-волевой, поведенческо-деятельностный и социально-коммуникативный. Для каждого критерия предложены конкретные показатели, а также методы их диагностики. Отмечены современные тенденции, связанные с цифровизацией образовательного процесса и внедрением инновационных технологий педагогического мониторинга. Практическая значимость статьи заключается в возможности применения предложенной системы для повышения эффективности воспитательной работы в военных вузах.

Ключевые слова: патриотическое воспитание, военный вуз, курсанты, критерии оценки, показатели, педагогический мониторинг.

Veshkin S.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Fursov A.A.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses modern approaches to assessing the patriotic education of cadets in military universities of the Russian Federation. Based on an analysis of the regulatory framework, pedagogical and psychological research, the criteria and indicators of the effectiveness of educational work have been identified. Five main criteria have been identified: value-motivational, cognitive, emotional-volitional, behavioral-activity, and socio-communicative. Specific indicators and diagnostic methods have been proposed for each criterion. Current trends related to the digitalization of the educational process and the introduction of innovative pedagogical monitoring technologies have been highlighted. The practical significance of the article lies in the possibility of using the proposed system to improve the effectiveness of educational work in military universities.

Keywords: patriotic education, military university, cadets, evaluation criteria, indicators, pedagogical monitoring.

Введение

Патриотическое воспитание курсантов военных вузов Российской Федерации является одной из приоритетных задач военно-педагогического процесса. В условиях роста внешних угроз, информационно-психологического давления и изменения характера современных вооружённых конфликтов актуализируется необходимость целенаправленной работы по формированию у будущих офицеров высокой степени гражданской ответственности, преданности государству и готовности к самопожертвованию [2].

Эффективность этой работы требует объективной системы оценки. В научной литературе до сих пор отсутствует единый подход к определению критериев и показателей патриотического воспитания. В связи с этим актуальной задачей является разработка таких ориентиров, которые позволят сочетать традиционные ценности российской военной школы и современные психолого-педагогические технологии [3].

Теоретико-методологические основы

Патриотическое воспитание обучающихся вузов Министерства обороны Российской Федерации базируется на положениях военной педагогики, психологии, концепции национальной безопасности и федеральных программ патриотического воспитания граждан Российской Федерации. Методологическую основу которых составляют [5]:

1. Системный подход, предполагающий целостное рассмотрение личности курсанта;

2. Компетентностный подход, в рамках которого патриотизм рассматривается как совокупность компетенций;

3. Аксиологический подход, акцентирующий внимание на ценностных ориентациях;

4. Личностно-деятельностный подход, раскрывающий связь воспитания и реальной практической деятельности.

5. Культурологический подход, раскрывающий педагогические условия, ориентированные на рассмотрение обучающегося в качестве субъекта культуры.

Также можно выделить следующие критерии оценки патриотического воспитания.

1. Ценностно-мотивационный критерий.

Характеризует степень устойчивости патриотических убеждений, наличие внутренней мотивации к военной службе, готовность к самопожертвованию ради интересов Отечества.

2. Когнитивный критерий.

Отражает уровень знаний в области истории России, военной теории и практики, осведомлённость о современных угрозах национальной безопасности.

3. Эмоционально-волевой критерий.

Оценивает устойчивость к стрессу, способность к мобилизации усилий, эмоциональную вовлеченность в военную службу.

4. Поведенческо-деятельностный критерий.

Определяется реальным проявлением патриотизма: соблюдение дисциплины, участие в ритуалах и мероприятиях, инициатива в служебной деятельности.

5. Социально-коммуникативный критерий.

Выражается в способности к сотрудничеству, взаимопомощи, поддержанию морально-психологического климата в коллективе.

Исходя из приведённых выше критериев патриотического воспитания обучающихся военных вузов, для каждого из критериев можно выделить конкретные показатели:

1. Ценностно-мотивационный: результаты анкетирования, участие в дискуссиях, проявление готовности к служению Родине.

2. Когнитивный: уровень знаний по истории и военной теории, результаты тестов, аргументированность патриотической позиции.

3. Эмоционально-волевой: результаты психодиагностики стрессоустойчивости, проявления эмоциональной стабильности в учебно-боевых ситуациях.

4. Поведенческо-деятельностный: дисциплинарные показатели, активность в мероприятиях, инициативность.

5. Социально-коммуникативный: данные социометрии, авторитет в коллективе, участие в советах и клубах.

Выделение критериев и показателей даёт возможность:

– объективно оценивать эффективность воспитательной работы;
– выявлять зоны дефицита в личностном развитии курсантов;
– формировать индивидуальные траектории патриотического воспитания;
– усиливать подготовку офицеров к выполнению задач военной службы.

Оценка уровня патриотического воспитания может включать [4]:

– психолого-педагогическое тестирование;
– анкетирование и интервью;
– экспертные характеристики преподавателей и командиров;
– наблюдение за поведением курсантов в реальных и учебных условиях;
– анализ творческих работ (эссе, доклады, проекты);
– анализом уровня сформированности гражданской компетентности определяемой как готовность и способность проявлять патриотизм, придерживаться идеям демократического подхода в обществе по соблюдению равноправия и свободы, нести гражданскую ответственность и политическую культуру, т.е. выполнять основные функции гражданина своей страны.

Гражданская компетентность в настоящее время является предметом исследования многих наук, в связи, с чем данную категорию можно считать междисциплинарной. Специфика гражданской компетентности определяется тем, что ее содержание отражает такие знания, умения, навыки, опыт деятельности, качества личности, ценности, мотивы, которые способствуют успешной деятельности человека и его жизнедеятельности в современном гражданском обществе.

Гражданская компетентность рассматривается в качестве одной из ключевых компетенций, которая должна быть сформирована у обучающихся Министерства обороны Российской Федерации [1].

Современный этап развития военного образования характеризуется активным внедрением цифровых технологий [6]:

– цифровой мониторинг дисциплины и успеваемости, электронные журналы министерства обороны Российской Федерации;

– база данных цифровых учебников, пособий, методических рекомендаций;

– онлайн-платформы обратной связи;

– использование VR-симуляций боевых действий и исторических реконструкций;

– применение нейропсихологических методов для выявления скрытых установок.

Эти тенденции позволяют более объективно фиксировать результаты воспитательной работы и повышают её эффективность.

Заключение

Патриотическое воспитание курсантов военных вузов требует сочетания традиционных ценностей и инновационных технологий педагогического мониторинга. Выделенные критерии и показатели позволяют осуществлять комплексную и объективную оценку уровня патриотического воспитания, обеспечивая повышение качества подготовки будущих офицеров.

Список литературы:

1. Военная педагогика: учебник / Под ред. В.А. Лисовского. – М. : Воениздат, 2022.
2. Концепция патриотического воспитания граждан Российской Федерации. – М., 2020.
3. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации. Утв. Указом Президента РФ от 02.07.2021.
4. Психология военной службы: учебное пособие / Под ред. А.А. Барабанщикова. – СПб. : Питер, 2021.
5. Чепурной А.Н. Патриотическое воспитание курсантов военных вузов: теоретико-методологические основы. – М., 2023.
6. Фёдоров А.В. Цифровизация военного образования: новые возможности и вызовы // Вестник военной академии. – 2024. – № 4.

УДК 159.953; 378.146

ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА

♦♦♦♦♦

THE PROBLEM OF DEVELOPING AND MONITORING RETENTIONAL KNOWLEDGE IN CADETS OF A MILITARY UNIVERSITY

Сараев И.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
antzoo@mail.ru

Давыдова П.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Иванко С.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются проблема формирования и контроля остаточных знаний с учетом особенностей военного ВУЗа.

Ключевые слова: остаточные знания, кратковременная память, долговременная память, забывание.

Saraev I.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
antzoo@mail.ru

Davidova P.D.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Ivanko S.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the problem of developing and monitoring residual knowledge, taking into account the specific characteristics of a military university.

Keywords: residual knowledge, short-term memory, long-term memory, forgetting.

Современные образовательные стандарты (ФГОС ВО) [1] устанавливают требования к результатам освоения основных образовательных программ и механизмам оценки качества обучения, которое определяется в рамках системы внутренней оценки образовательной деятельности и подготовки обучающихся.

Одним из элементов оценки качества обучения, наряду с контролем всех этапов организации и осуществления учебного процесса, является проверка остаточных знаний курсантов.

Под остаточными знаниями понимаются знания, умения и навыки, которые сохранились у обучаемого после успешного завершения изучения всей программы обучения [2].

Остаточные знания – это та часть изученного материала, которая довольно долго остается в памяти (годы и даже десятки лет) и является необходимым минимумом для осуществления профессиональной деятельности. В ходе выполнения профессиональных обязанностей остаточные знания, исходя из потребностей в них, могут углубляться, расширяться, превосходя по глубине первоначальные знания, или утрачиваться полностью. Поэтому оценить их в полной мере возможно только спустя длительный промежуток времени, когда выпускник уже работает по специальности.

Процесс формирования у курсантов знаний, умений и навыков подчиняется фундаментальным законам психологии. В его основе лежат процессы запоминания и забывания информации.

Большинство теорий в качестве основы для классификации памяти выделяют характер обработки информации в памяти. Различают сенсорную, кратковременную, оперативную и долговременную память (рисунок 1).

В сенсорную память поступает информация от органов чувств, как правило полученная посредством зрения и слуха. Человек может разместить в сенсорной памяти большое количество зрительной информации, и она короткое время (0,25– 4 секунд) остается там в необработанном виде.

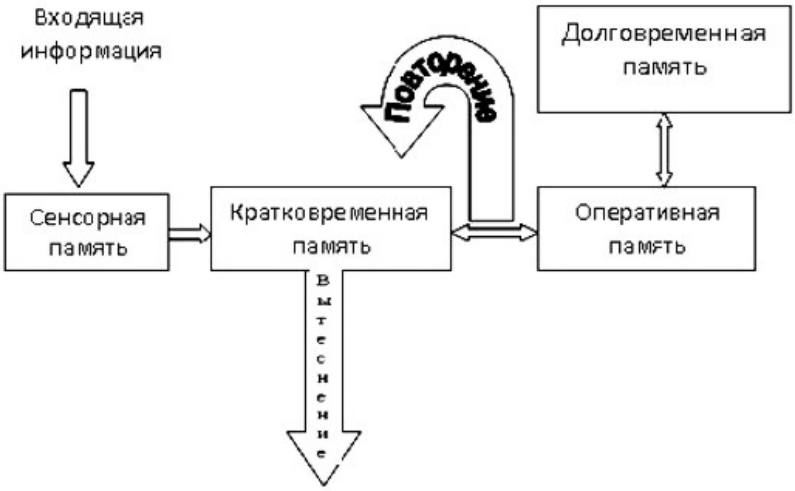


Рисунок 1 – Виды памяти

Информация, хранящаяся в сенсорных регистрах, отбирается с помощью избирательного внимания (сосредотачиваясь на существенной информации и отбрасывая несущественную), оценивается и либо угасает за ненадобностью, либо переводится в кратковременную память. То есть, в кратковременную память информация поступает в том случае, если ей было уделено определенное внимание.

Объем кратковременной памяти индивидуален, характеризует природную память человека и имеет тенденцию к сохранению в течение всей жизни. Им в первую очередь определяется механическая память, ее возможности. С особенностями кратковременной памяти, обусловленными ограниченностью ее объема, связано такое свойство, как замещение. Оно проявляется в том, что при переполнении индивидуально ограниченного объема кратковременной памяти человека вновь поступающая информация частично вытесняет хранящуюся там, и последняя безвозвратно исчезает, забывается, не попадает в долговременное хранилище. Это, в частности, происходит тогда, когда человеку приходится иметь дело с такой информацией, которую он не в состоянии полностью запомнить, и которая ему предъявляется непрерывно и последовательно.

Кратковременная память сохраняет в течение короткого промежутка времени (в среднем около 20 сек) образ воспринятой информации, ее наиболее существенные элементы.

Важнейшей особенностью кратковременной памяти является ее избирательность. Из сенсорной памяти в нее попадает только та информация, которая соответствует актуальным потребностям и интересам человека, привлекает к себе его повышенное внимание.

Таким образом, если удается обратить внимание обучаемых на что-либо, сосредоточить их внимание на этом, то соответствующий материал лучше запоминается и, следовательно, дольше сохраняется в памяти.

В формировании кратковременной памяти очень важным является непроизвольное сенсорное внимание обучаемого на восприятии новой информации, при этом любые посторонние раздражители приводят к затуханию импульсной активности и стиранию следов, что делает невозможным переход в долговременную память.

Долговременная память способна хранить информацию течение практически неограниченного срока, с возможностью ее многократного воспроизведения. Объем долговременной памяти безграничен. Перевод информации в долговременную память как правило требует от человека волевого усилия.

Долговременная память обычно начинает функционировать не сразу после того, как человеком был воспринят и запомнен материал, а спустя некоторое время, необходимое для того, чтобы человек внутренне смог переключиться с одного процесса на другой, с запоминания на воспроизведение. Эти два процесса не могут происходить параллельно, так как структура их различна, а механизмы несовместимы и противоположно направлены.

Доказано, что при введении информации в долговременную память она, как правило, перекодируется в акустическую форму. Акустическое кодирование характерно

для перевода информации из кратковременной в долговременную память, где она уже хранится не в форме звуковых, а в виде смысловых кодов и структур, связанных с мышлением. Обратный процесс предполагает перевод мысли в слово.

Перевод информации из кратковременной в долговременную память нередко вызывает затруднения, так как для того, чтобы это наилучшим образом сделать, необходимо сначала осмыслить и определенным образом структурировать материал, связать его с тем, что человек уже знает.

Процесс долговременного запоминания информации называется консолидацией следа в памяти. Консолидация следа – это процесс, который длится от 1 до 24 часов после предъявления информации. Один из самых простых способов повысить эффективность этого процесса – многократное повторение. Дейл Карнеги называет повторение вторым законом памяти: «Мы можем запомнить все, что угодно, в разумных пределах, если будем достаточно часто повторять это». «Repetitio est mater studiorum» – древний латинский афоризм, который приписывается древнеримскому поэту Овидию, что дословно переводится как «Повторение – мать учения».

Основой для повторения учебного материала в условиях военного ВУЗа является конспект. Причем, исходя из законов функционирования памяти, конспект должен быть прочитан, дополнен и исправлен в тот же день на самоподготовке. Домашние задания после практических занятий необходимо выполнять в этот же день. Пропущенную лекцию необходимо законспектировать. Таким образом, самоподготовка – обязательный элемент учебного процесса. Вызывает тревогу тенденция к уменьшению часов, выделяемых на самостоятельную подготовку и даже полное отсутствие часов на нее в некоторых учебных программах. Все это необходимо учитывать при планировании учебного процесса.

В современной науке широкое признание получила психологическая теория деятельности, которая в качестве основного понятия рассматривает деятельность личности как фактор, определяющий формирование всех ее психических процессов, в том числе и процессов памяти. Согласно этой концепции, протекание процессов запоминания, сохранения и воспроизведения определяется тем, какое место занимает данный материал в деятельности субъекта. Экспериментально установлено и доказано, что наиболее продуктивно связи образуются и актуализируются в том случае, когда соответствующий материал выступает в качестве цели действия. Характеристики этих связей, например, их прочность, подвижность, оперативность, определяются тем, какова степень участия соответствующего материала в дальнейшей деятельности, какова значимость этих связей для достижения предстоящих целей. Таким образом, основной тезис этой концепции, в противовес рассмотренным выше традиционным, может быть сформулирован так: образование связей между различными представлениями определяется не тем, каков сам по себе запоминаемый материал, а прежде всего тем, что с ним делает субъект.

Процесс забывания. Забывание оказывается тем более глубоким, чем реже включается определенный материал в деятельность личности, чем менее значимым становится он для достижения актуальных жизненных целей. При этом невозможность припомнить какой-либо материал не означает, что он полностью потерян, совершенно выпал из опыта личности. Забывается конкретная, «фактическая» форма материала, в то время как его существенное, устойчиво значимое содержание включается в соответствующие знания и формы поведения и воспроизводится в этих формах поведения в интегрированном виде. Академик Павлов показал, что угасшие рефлексы требуют для своего возобновления меньшего количества повторений, чем для их начального образования. Герман Эббингауз, немецкий психолог – экспериментатор, показал, что полностью, казалось бы, забытый материал при повторном заучивании требует меньшего количества повторений.

Процесс забывания характеризуется определенной скоростью и протекает во времени неравномерно. Согласно «кривой забывания» Г. Эббингауза (рисунок 2), через 20 минут мы помним 58,2 % информации, через 1 час – 44,3 %, через 8 часов – 35,8 %, через сутки – 33,7 %, через 2 дня – 27,8 %, через 6 дней – 25,4 %, а через месяц – всего 21,1 % заученной информации. Из этого следует, что если обучаемые не будут работать над закреплением материала в памяти, повторяя его сразу после лекции, то к периоду сессии у них останется в лучшем случае 20 % учебного материала, причем наибольшая потеря произойдет в течение первых 2–3 дней после восприятия.

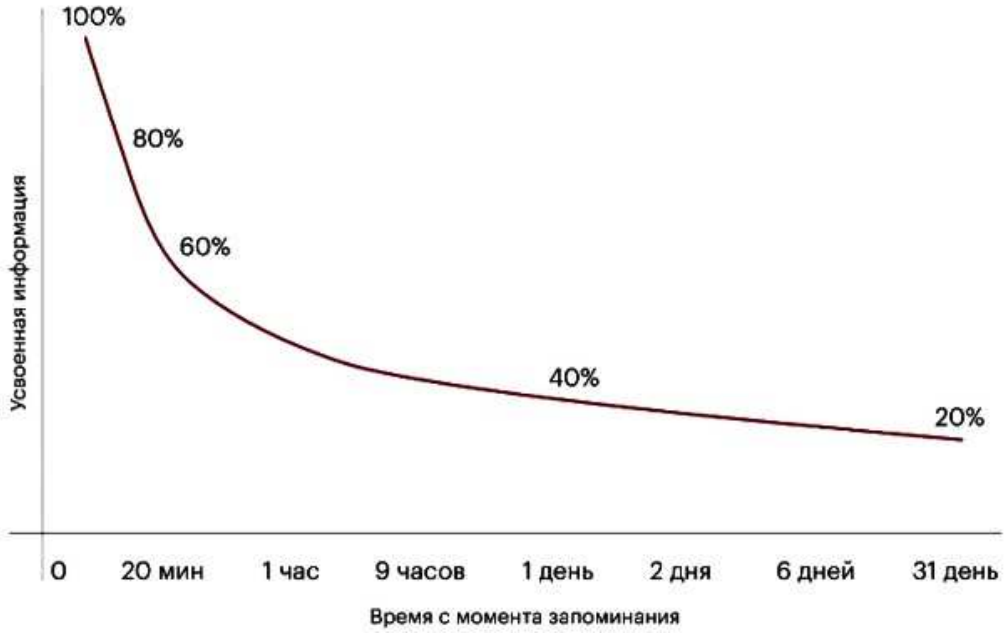


Рисунок 2 – Кривая Эбингауза

Забывание с точки зрения человеческой природы – явление целесообразное. Представители деятельностного подхода в психологии показали, что не забывается то, что, включаясь в деятельность личности, остается значимым для нее, поскольку включение в деятельность – надежное средство связи материала с потребностями человека и, следовательно, борьбы с забыванием. Лучшим залогом сохранения в памяти служит не просто «голое» повторение, а интерес или даже увлеченность предметом.

Следовательно, для повышения результативности обучения преподавателю вуза необходимо, во-первых, привлечь внимание и повысить мотивацию обучаемых. Для этого в начале занятия необходимо четко обозначить тему, цели и учебные вопросы, показать взаимосвязь нового материала с изучением прошлых и будущих тем, дать вопросы для самостоятельной работы и перечислить литературу для углубленного изучения данной темы. Исключить посторонние внешние раздражители: шум в аудитории, световое мелькание, загруженность посторонними предметами рабочего места и помещения, непродуманные цветовые решения, оказывающие утомляющее влияние на эмоциональную сферу и отвлекающие от восприятия новой информации. Для поддержания активного внимания и непроизвольного запоминания в процессе занятия использовать наглядные пособия, которые желательно использовать в движении или развитии: движущиеся макеты, стенды, действующие схемы, учебные видеофильмы, цветные слайды. При этом необходимо учитывать, что внимание обучаемых зависит также от темпа чтения лекции и психофизиологических особенностей памяти: звучащая фраза, состоящая из 5–6 смысловых единиц, произносимая на одном дыхании, удерживается памятью в течение 5 секунд, поэтому темп чтения лекции должен составлять 40–45 слов в минуту, при этом желательно использовать повторение материала в течение 10 минут несколько раз, вербальным способом или в виде демонстрации наглядных пособий. Только такая организация учебного процесса, при которой материал для запоминания преподносится в различных контекстах и на разных уровнях проработки, может обеспечить прочное закрепление знаний и быстрое извлечение их из долговременной памяти.

Поскольку ФГОС ВО подразумевает необходимость контроля остаточных знаний во время освоения курсантом образовательной программы, под остаточными знаниями целесообразно понимать часть изученного материала дисциплины (модуля), которая является обеспечивающей для других дисциплин учебного плана. Таким образом, остаточные знания раскрывают содержание междисциплинарных связей образовательной программы.

В свою очередь, по внутреннему содержанию остаточные знания включают в себя два компонента: базовый компонент – общие для всех специальностей и направ-

лений подготовки дидактические единицы (понятия, законы, процессы и т.п.) и профессионально ориентированный компонент – специфические понятия, законы, процессы, используемые в дисциплинах профессионального цикла конкретной специальности или направления подготовки (рисунок 3). Очевидно, что приоритет в контрольно-измерительных материалах для проверки остаточных знаний должен быть смещен в сторону заданий, ориентированных на проверку знаний профессионально- ориентированных дидактических единиц.



Рисунок 3 – Компоненты остаточных знаний

Оценочные средства, применяемые для контроля остаточных знаний, должны отличаться от тех, которые используются для контроля текущих знаний, и быть направлены в большей степени на проверку системности и взаимосвязанности ключевых компонентов и их логическую структуру. Для этого целесообразно ориентировать их на оценку сформированности компетенций после окончания периода обучения по дисциплине. Вопросы контроля остаточных знаний по дисциплине могут также использоваться как вопросы входного контроля для обеспечиваемых дисциплин.

Пример тестовых вопросов для контроля остаточных знаний курсантов на основе компетенций, заданных в учебной программе, представлен на рисунке 4.

ПК-8 Способен выполнять требования по обеспечению безопасности полетов.
ИД-3$_{ПК-8}$ Грамотно действует при возникновении особой ситуации в полете, принимает необходимые меры к обеспечению безопасности людей и сохранности воздушного судна.
Знать: основные виды механических колебаний, возникающих в конструкциях летательных аппаратов, причины возникновения и меры по их предотвращению.

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Что такое флаттер?	Это самовозбуждающиеся колебания носовой стойки шасси.
		Это вынужденные колебания вызванные периодическим срывом турбулентных вихрей с расположенных впереди конструктивных элементов.
		Это самовозбуждающиеся незатухающие автоколебания частей конструкции самолета, происходящие под действием аэродинамических сил.
2	Основные меры борьбы с колебаниями типа флаттер?	**Перемещение центра тяжести элемента конструкции вперед настолько, чтобы он оказался впереди центра жесткости.**
		Применение гидравлических гасителей колебаний.
		Перемещение центра давления вперед настолько, чтобы он оказался впереди центра тяжести.
3	Какие детали авиационных конструкций подвергаются балансировке?	Элероны, рули, посадочные щитки.
		Динамическая балансировка является обязательной для всех вращающихся деталей и узлов летательных аппаратов.
		Пневматики в случае их значительного износа.

Рисунок 4 – Пример тестовых вопросов

Список литературы:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов. – URL : https://fgos.ru/fgos/fgos-25-05-04-letnaya-ekspluataciya-i-primenenie-aviacionnyh-kompleksov-1083
2. Национальная педагогическая энциклопедия. – URL : http://didacts.ru
3. Ершиков С.М. Мониторинг уровня остаточных знаний студентов медицинского университета / С.М. Ершиков, И.В. Иванова // Ярославский педагогический вестник. – 2017. – № 5. – С. 139–144.
4. Гибадуллина Р.Н. Контроль остаточных знаний // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2013. – № 4. – С. 113–115.
5. Денисова О.П. Подготовка студентов к контролю остаточных знаний на основе обобщающего повторения // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2012. – № 4. – С. 86–88.
6. Ebbinghaus H. Memory: A contribution to experimental psychology. An internet resource developed by Christopher D. Green, York University. – Toronto, Ontario. – URL : http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus

УДК 656.71

АКСИОМЫ НАУКИ О БЕЗОПАСНОСТИ В СВЕТЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

♦♦♦♦♦

AXIOMS OF SECURITY SCIENCE IN THE LIGHT OF A SPECIAL MILITARY OPERATION

Пашков Г.Н.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
ukcher@mail.ru

Кипреев С.Н.
Краснодарское высшее авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
komissar.1917@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются основные аксиоматические положения фундаментальных наук о профессиональной безопасности летчиков в условиях специальной военной операции в рамках проведения научной исследовательской работы, посвященной решению проблем повышения безопасности среды профессиональной деятельности летного состава. Объектом исследования являются теоретические положения концепции теории профессиональной безопасности летчиков, актуализированные в условиях развития современной науки и техники.

Ключевые слова: профессиональная безопасность, лётный состав, безопасность жизнедеятельности, специальная военная операция, аксиомы безопасности.

Pashkov G.N.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
ukcher@mail.ru

Kipreev S.N.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
komissar.1917@mail.ru

Abstract. The article discusses the main axiomatic provisions of the fundamental sciences on the professional safety of pilots in a special military operation in the framework of scientific research work devoted to solving the problems of improving the safety of the professional environment of flight personnel. The object of the research is the theoretical provisions of the concept of the theory of professional safety of pilots, updated in the context of the development of modern science and technology.

Keywords: occupational safety, flight personnel, life safety, special military operation, safety axioms.

Сегодня в ходе проведения специальной военной операции, решение о проведении которой принято руководством нашей страны в качестве меры по защите от агрессивных действий стран коллективного Запада, на лётчиков в зоне боевых действий возложен широкий круг задач: нанесение ударов, перевозка грузов, высадка десанта, постановка радиоэлектронных помех и обеспечение связи. Авиационные подразделения осуществляют поддержку наступления сухопутных подразделений, обеспечивают уничтожение бронетехники противника, опорных пунктов, пунктов управления и живой силы.

Эффективная работа армейской авиации поддерживает штурмовые действия наземных подразделений ВС РФ на самых ответственных рубежах и позволяет пресекать попытки ВСУ сконцентрировать силы у передовой. Кроме того, армейская авиация выполняет целый спектр транспортных задач, например доставку материально-технических средств, оружия, боеприпасов, продовольствия и медикаментов в зоне СВО, вывоз раненых и доставку их в госпиталь.

Подразделения ВКС России получили новые и модернизированные вертолёты Ка-52М «Аллигатор», Ми-28НМ «Ночной охотник», Ми-8АМТШ-В, Ми-8МТВ-5М и самый тяжелый серийный вертолет в мире – модернизированный Ми-26Т2В. Поэтому для современных летчиков несомненной актуальностью обладает соблюдение требований безопасности полетов и знание ключевых аксиом науки о безопасности.

Нами проведен обзор исследований в области обеспечения безопасности летчиков. По проблемам нашего исследования защищено ряд диссертаций, из которых нами выделены работы Л.Г. Большедворской (о методологии кадрового обеспечения государственной системы управления безопасностью полетов воздушного транспорта) [2]; Н.Ю. Илькухина (об исследовании технологий детектирования взрывчатых веществ

в процедурах обеспечения авиационной безопасности) [5]; М.А. Ковнерева (о совершенствовании организационно-экономического механизма обеспечения безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации) [8]; М.Е. Каменевой (о психологических особенностях выявления потенциально опасных лиц сотрудниками службы авиационной безопасности) [6]. И.А. Кузнецов и Ф.К. Смородин написали учебное пособие о расследовании авиационных происшествий, принципы и система обеспечения авиационной безопасности [11].

Примечательны научные статьи посвященные решению актуальных проблем изучаемой нами сферы. Так, о совершенствовании системы управления в сфере обеспечения авиационной безопасности опубликована работа А.А. Бартасюк [1]. А.Ф. Пащенко, Ф.Ф. Пащенко и В.А. Минашкин исследовали выбор научных методов и подходов для моделирования системы управления безопасностью полетов и анализа факторов риска в летно-испытательных подразделениях предприятий экспериментальной авиации [3]. В.А. Девисилов разработал оригинальный труд о совершенствовании подготовки кадров по безопасности на воздушном транспорте [4]. Вопросы обеспечения безопасности территории и объектов в свете опыта специальной военной операции изучены И.Л. Кардаш [7]. О подготовке в российских вузах авиационных специалистов по поддержанию летной годности воздушных судов и обеспечению безопасности полетов писал работу Ю.М. Чинючин [14]. Ю.Ф. Лихолетов и Е.А. Королев описали средства обеспечения безопасности лётного состава [12], уделив особое внимание историческим аспектам. В.Б. Черток удалось доказать тезис о том, что нет задачи более важной, чем обеспечение авиационной безопасности [13].

Фундаментальными причинами нарушений требований летной безопасности являются ситуации, визуализированные на рисунке ниже:



Рисунок 1 – Основные причины нарушения требований летной безопасности

Ошибки экипажа, например, неправильное определение взлётных характеристик самолёта из-за использования неверного значения взлётного веса, приводят из-за этой ошибки к крушению при взлёте из-за недостаточной тяги двигателей. Неверное оценивание местоположения самолёта по GPS при заходе на посадку, приводит к нарушениям, создающим потенциальную опасность возникновения аварий. Отсутствие взаимодействия в экипаже, когда командир не предоставляет подчиненным необходимую информацию, приводит к опасным ошибкам в эксплуатации и управлении авиационным транспортным средством.

Технические неисправности, такие как отказ автопилота, закрылков и предкрылков у самолётов после вылета требуют совершения промежуточной посадки и быстрого устранения неполадок.

Примером нарушений правил эксплуатации является приём воздушного судна на неподготовленную взлётно-посадочную полосу (ВПП), например, из-за отсутствия обработки участка протяжённостью 800 метров противогололёдным реагентом. После приземления зачастую происходит потеря управляемости и выкатывание самолёта за пределы ВПП. Подобными нарушениями являются несанкционированные полёты воздушных судов, полёты без необходимой документации, пилотирование посторонними лицами.

Неблагоприятные погодные условия следует учитывать при обеспечении безопасности полетов всегда. Это аксиоматический фактор риска. Зачастую попадание в зону опасных метеоявлений (например, гроза, шквал, туман, обледенение) по маршруту полёта, в пунктах взлёта и посадки, требует изменения плана полёта. Здесь необходимо своевременное решение о возврате на аэродром вылета при ухудшении метеоусловий в полёте ниже установленных для ПВП.

Недостаток контроля полетов должностными лицами также стоит учитывать при обеспечении безопасности полетов. Недооснащённость районов аэродромов средствами технического контроля и обеспечения связи, метеорологического обеспечения, отсутствие контроля за занятием воздушного судна заданной высоты при снижении и заходе на посадку, ложные визуальные ориентиры, приводящие к ошибкам в определении места воздушного судна относительно ВПП, некорректное оформление документов о проведении техобслуживания (например, в картах-заданиях на регламентные работы вносились отметки об одновременном выполнении двух взаимоисключающих действий) приводят к проблемам организационно-технического характера.

Нами выделены факторы, прямо и косвенно влияющие на безопасность жизнедеятельности современных летчиков:

1. Приоритетность безопасности полётов и здоровья пилотов над всеми другими факторами в деятельности авиационных организаций.

2. Необходимость системного подхода, включающего анализ медицинских, психологических, технических, организационных, правовых, обучающих и эргономических факторов для обеспечения безопасности полётов.

3. Потребность в постоянном мониторинге и контроле состояния здоровья пилотов, технического состояния воздушных судов и соблюдения процедур.

4. Значимость профилактики профессиональных заболеваний, травм и инцидентов среди лётного состава.

5. Важность учёта человеческого фактора, включая психологическую подготовку пилотов, их стрессоустойчивость и способность к концентрации внимания.

6. Необходимость адаптации науки о безопасности к новым технологиям, изменениям в законодательстве и требованиям международных организаций.

7. Распределение ответственности за безопасность полётов между всеми участниками авиационного процесса: пилотами, наземными службами, производителями воздушных судов и оборудования, регулирующими органами.

8. Соблюдение установленных стандартов и нормативов, получение необходимых сертификатов и лицензий для обеспечения высокого уровня безопасности полётов.

9. Необходимость регулярного обучения и повышения квалификации пилотов для поддержания высокого уровня профессионализма.

10. Влияние эргономики на безопасность полётов. Комфортные условия службы и правильно организованное оборудование способствуют повышению концентрации внимания и снижению вероятности ошибок.

Визуально основные аксиоматические положения концепции безопасности представлены на схеме ниже:



Рисунок 2 – Основные аксиоматические положения концепции безопасности

Современные военнослужащие-летчики должны понимать, что недопустим допуск самолётов к полётам без технического обслуживания и нарушение ограничений, установленных в руководстве по лётной эксплуатации (например, дисбаланс топлива в полёте более 500 кг и нефиксация шасси в убранном положении). Нарушением также является повторное отделение самолёта от полосы (козление). Это следствие ошибок в пилотировании, а иногда технической неисправности.

Нежелательно допускать нестабильный заход на посадку (например, превышение допустимой вертикальной скорости снижения на завершающей стадии посадки), выкатывание самолёта за пределы взлётно-посадочной полосы (это может происходить из-за технических проблем с шасси). Опасны случаи столкновения с препятствиями при полёте на малой высоте (например, в 2016 году в Республике Алтай вертолёт R-66 RA-05796 столкнулся с проводами воздушной телефонной линии, после чего грубо приземлился на берегу реки Катунь и опрокинулся на бок).

Именно для предупреждения подобных происшествий в мае 2017 года Министром обороны Российской Федерации была принята Концепция безопасности полётов авиации Вооружённых Сил Российской Федерации и утверждена Программа её реализации, а в июне 2025 года подготовлен Проект Постановления Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения об обеспечении безопасности полетов государственных воздушных судов».

Концепция обеспечения безопасности полетов и оценки соответствия новой техники ее требованиям для всех этапов разработки, включая испытания, была ранее довольно подробно разработана и утверждена на всех уровнях организации и управления полетами авиации России. Коренным отличием современного подхода в вопросах обеспечения безопасности полетов являлся отход от концепции обеспечения «абсолютной» безопасности и введение нормативных показателей ее количественного уровня [9, с. 95].

Цель Концепции – на основе анализа факторов (причин) авиационных событий в авиации Вооружённых Сил Российской Федерации и результатов современных исследований вопросов обеспечения безопасности полётов сформировать пути и методы радикального снижения аварийности.

Каждый военнослужащий должен помнить, что нарушение правил полетов или подготовки к ним либо иных правил эксплуатации военных летательных аппаратов, повлекшее по неосторожности смерть человека либо иные тяжкие последствия, согласно статье 351 Уголовного кодекса РФ, наказывается лишением свободы на срок до семи лет.

Нами рассмотрены вопросы обеспечения безопасности полетов от различных угроз и опасностей с учётом опыта их проявлений в период проведения специальной военной операции. Проведён анализ мер, принимаемых в свете науки о безопасности по противодействию данным угрозам.

Национальная безопасность Российской Федерации проявляется в обеспечении безопасности государства в целом и в отдельных сферах жизнедеятельности, его национальных интересов, защите его граждан, их прав и свобод. Государство выступает в качестве важнейшего субъекта обеспечения национальной безопасности.

Специальная военная операция – это превентивная мера, направленная на обеспечение военной безопасности Российской Федерации. Однако сводить специальную военную операцию лишь к обеспечению военной безопасности Российской Федерации было бы неправильным, поскольку эта операция включает в себя не только военный аспект. Специальная военная операция показала, что военная наука, теория, тактика и оперативное искусство требуют существенного переосмысления применительно к новым принципам военных действий. Дальнейшими перспективами исследований в данной сфере нами видится необходимость предложения ряда подходов к совершенствованию системы обеспечения безопасности с учётом исторического опыта и на основе анализа угроз и опасностей, обусловленных проведением специальной военной операции на Украине.

Список литературы:

1. Бартасюк А.А. О совершенствовании системы управления в сфере обеспечения авиационной безопасности // Современные проблемы государственного управления : Сборник научных статей, Хабаровск, 29–30 апреля 2013 года. – Хабаровск : Тихоокеанский государственный университет, 2013. – С. 006–011. EDN RSSLMX
2. Большедворская Л.Г. Методология кадрового обеспечения государственной системы управления безопасностью полетов воздушного транспорта: специальность 05.02.22 «Организация производства (по отраслям)» : автореферат дис. … на соискание ученой степени доктора технических наук / Большедворская Людмила Геннадьевна. – М., 2017. – 22 с. EDN ZQEHOX
3. Выбор научных методов и подходов для моделирования системы управления безопасностью полетов и анализа факторов риска в летно-испытательных подразделениях предприятий экспериментальной авиации / А.Ф. Пащенко [и др.] // Проблемы безопасности полетов. – 2021. – № 8. – С. 27–49. DOI 10.36535/0235-5000-2021-08-2 EDN XTZJNX
4. Девисилов В.А. О совершенствовании подготовки кадров по безопасности на воздушном транспорте // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2008. – № 135. – С. 7–21. EDN KVVFNT
5. Илькухин Н.Ю. Исследование технологий детектирования взрывчатых веществ в процедурах обеспечения авиационной безопасности : специальность 05.22.14 «Эксплуатация воздушного транспорта» : автореферат дис. … на соискание ученой степени кандидата технических наук / Илькухин Никита Юрьевич. – СПб., 2016. – 22 с. – EDN ZQAOLX.
6. Каменева М.Е. Психологические особенности выявления потенциально опасных лиц сотрудниками службы авиационной безопасности : специальность 19.00.03 «Психология труда, инженерная психология, эргономика» : автореферат дис. … на соискание ученой степени кандидата психологических наук / Каменева Мария Евгеньевна. – М., 2014. – 22 с. EDN ZPMTDP
7. Кардаш И.Л. Вопросы обеспечения безопасности территории и объектов в свете опыта специальной военной операции // Международное сотрудничество евразийских государств: политика, экономика, право. – 2023. – № 3. – С. 32–37. EDN RFWPTF
8. Ковнерев М.А. Совершенствование организационно-экономического механизма обеспечения безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации : специальность 20.01.07 : автореферат дис. … на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Ковнерев Михаил Александрович. – М., 2011. – 26 с. EDN ZOJIAX
9. Концепция безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации. Утв. МО РФ 31.05.2017 г. М. : СБП А ВС РФ, 2017. – 19 с.
10. Красников П.И. Правовые основы безопасности полетов государственной авиации / П.И. Красников, Р.Х. Башаров // Актуальные проблемы мировой и европейской политики: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Воронеж, 15 декабря 2016 года. – Воронеж : Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017. – С. 93–101. EDN YLWKGB

11. Расследование авиационных происшествий, принципы и система обеспечения авиационной безопасности : учебное пособие / И.А. Кузнецов [и др.]; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Казанский гос. технический ун-т им. А. Н. Туполева». – Казань : Изд-во Казанского гос. технического ун-та, 2009. – 54 с. ISBN 978-5-7579-1306-3 EDN QRNNZZ
12. Лихолетов Ю.Ф. Средства обеспечения безопасности лётного состава: исторический аспект / Ю.Ф. Лихолетов, Е.А. Королев // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2018. – Т. 12. – № 2. – С. 30–33. EDN YVSEXV
13. Черток В.Б. Нет задачи более важной, чем обеспечение авиационной безопасности // Транспорт Российской Федерации. – 2007. – № 9(9). – С. 56–61. EDN JWYKAJ
14. Чинючин Ю.М. О подготовке в российских вузах авиационных специалистов по поддержанию летной годности воздушных судов и обеспечению безопасности полетов // Сборник тезисов по итогам Профессорского форума 2019 «Наука. Образование. Регионы». – М. : Общероссийская общественная организация «Российское профессорское собрание», 2019. – Т. 2. – 257 с. EDN GGRBIQ

УДК 159.99

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВОЕННОГО ЛЕТЧИКА

♦♦♦♦♦

PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL ASPECTS OF THE PROFESSIONAL ACTIVITIES OF A MILITARY PILOT

Крошнева М.Е.
кандидат филологических наук,
доцент,
Краснодарское высшее авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kroshneva@yandex.ru

Аннотация. Анализируется профессиональная деятельность летчика сквозь призму психолого-педагогических аспектов личности военнослужащего. Дается характеристика деятельности военного летчика посредством структуры компетенций и психофизиологических аспектов летного труда. Выявлены трудности деятельности, требования к развитию специальных способностей личности военного летчика.

Ключевые слова: военный летчик, профессиональные компетенции, морально-боевые качества, подготовка кадров, психолого-педагогические аспекты деятельности.

Kroshneva M.E.
PhD in Philology Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kroshneva@yandex.ru

Abstract. This article analyzes the professional activities of pilots through the lens of the psychological and pedagogical aspects of a military personnel's personality. It characterizes the activities of military pilots through the structure of competencies and the psychophysiological aspects of flight work. The challenges of the activity and the requirements for developing special abilities of a military pilot's personality are identified.

Keywords: military pilot, professional competencies, morale, personnel training, psychological and pedagogical aspects of activity.

Современный многофункциональный пилотируемый боевой авиационный комплекс представляет собой интегрированную человеко-машинную систему, в которой военный летчик выступает не просто пилотом, а управляющим звеном, тактиком, инженером по летной эксплуатации воздушного судна в режиме реального времени. Эта трансформация усиливается тем, что настоящие реалии времени предъявляют принципиально новые требования к личности военного специалиста – высокие морально-боевые качества личности, которые «обусловливают собою готовность и способность выполнять разноплановые боевые задачи» в любой обстановке, проявляя волю, стойкость, самообладание [4, с. 62].

В связи с этим, психолого-педагогические компетенции в структуре профессиональной деятельности военного летчика вносят существенные коррективы в содержание его работы – трансформируют из сугубо операторской в глубоко осознанную и саморегулируемую деятельность не только в небе, но и на земле. Почему так происходит?

Современный этап модернизации и развития Вооруженных сил Российской Федерации актуализирует проблему военно-профессиональной подготовки будущих офицеров и выводит роль военной авиации на новый уровень совершенствования системы воздушно-космической обороны. На этом пути трансформация личности авиационного командира намечается еще на этапе подготовки профессиональных кадров, о чем пишут многие исследователи, например, А.А. Асанов, С.А. Иванов, А.В. Петкин, И.И. Ихтисанов, А.М. Коваленко [1]. По своей сути, военно-педагогический процесс подготовки военно-профессиональных кадров представляет собою сложную системно-целенаправленную, организационно-воспитательную, научно-образовательную деятельность должностных лиц, командиров и профессорско-преподавательского состава военного вуза. Причем направленность военно-педагогического процесса обусловлена Военной доктриной, внутренней и внешней политикой государства, уровнем развития военного дела, науки и техники, а также общевоинскими уставами Вооруженных Сил Российской Федерации (Уставом внутренней службы; Дисциплинарным уставом; Уставами гарнизонной и караульной служб; Строевым уставом), нормативно-правовыми актами Министерства обороны Российской Федерации (например, Положением о Бое-

вом знамени воинской части) и многими другими документами. В связи с этим выделяется главное назначение военно-педагогического процесса, которое определяется как поддержание боевой готовности структуры всех уровней и успешное решение ими задач по предназначению.

Военно-педагогический процесс подготовки личности военного авиационного специалиста требует многих специальных учебно-воспитательных мероприятий. Он направлен на целевое формирование военнослужащего как гражданина и защитника; вооружение его «системой военных, социальных, технических, профессиональных знаний и деятельностных качеств, обеспечивающих эффективные практические действия в любой обстановке» [3, с. 129].

Процесс подготовки военнослужащего нацелен на выработку навыков самоорганизации, самообразования, самовоспитания, саморазвития – одним словом, самосовершенствования; обеспечение развития духовных, интеллектуальных, физических качеств личности будущего офицера; выработку у него «эмоционально-волевой устойчивости, психологической готовности к преодолению трудностей военной службы» [3, с. 129] и различных противоречий в ней, к действиям в обстановке современного боя; «осуществление боевого слаживания расчетов» [3, с. 129]; поддержание уставного порядка, взаимопомощи и многих других качеств. С точки зрения исследователей военной педагогики, офицеров Главного управления воспитательной работы Вооруженных Сил Российской Федерации, «<…> самосовершенствование представляет собой сознательную и целенаправленную деятельность человека по формированию и совершенствованию у себя положительных и устранению отрицательных качеств, специально организованную, самодеятельную, систематическую познавательную деятельность, направленную на достижение определенных личностно и (или) общественно значимых целей: удовлетворение познавательных интересов, общекультурных и профессиональных запросов и повышения профессиональной квалификации. Строится обычно по образцу систематизированных форм обучения, но регулируется самим субъектом. Главным условием самосовершенствования является наличие истинного знания о себе, правильной самооценки, самосознания, четко осознанных целей, идеалов, личностных смыслов» [2, с. 281–282].

Воспитание будущего офицера – совсем не простой процесс, и он не лишен недостатков. Как показывает анализ отзывов выпускников военных авиационных вузов, проведенный исследователем А.И. Савельевым, в современных условиях обнаружены несовершенства военно-профессиональной подготовки в связи с недостаточностью сформированных командно-методических навыков и личностных качеств офицера «военно-профессиональной направленности, ответственности, педагогических и организаторских способностей, компетентности, моральных качеств» [5, с. 75]. Существуют и другие сложности.

В этой связи, отмечается противоречие между потребностями войск в военных летчиках, которые обладают готовностью командно-методической деятельности, и отсутствием научного представления о содержании современных запросов, в том числе командно-методической компетентности «как о личностном новообразовании» [5, с. 75], обеспечивающем успешность в профессии.

Переходя к характеристике военно-профессиональных обязанностей офицера, отметим, что психолого-педагогический аспект его деятельности просматривается на всех этапах дальнейшего развития личности авиационного командира. На первичных офицерских должностях в войсках, то есть на этапе практического закрепления полученных в военном вузе знаний, умений и навыков, происходит адаптация к военной службе. Здесь формируется институт наставничества, совершенствуются работа по постановке целей и служебных задач, планируется работа и отрабатывается анализ деятельности конкретных педагогических вопросов с личным составом подразделения. Проводится ежедневная воспитательная работа в коллективе военнослужащих.

Совершенствуется и укрепляется непосредственно психологическая структура личности военнослужащего – определяется приоритет когнитивных и прогностических функций над моторными. Большую роль здесь играют способности пилота строить четкие модели реальной и прогнозируемой в небе и на земле обстановки, подводить решения для выполнения служебных (и боевых) задач.

Оттачивается специфика работы внимания и памяти военного летчика. Дело в том, что деятельность летчика требует постоянного переключения между широким распределенным вниманием (отвечающим, например, за контроль общей обстановки) и узконаправленным вниманием (когда внимание сосредоточено на выполнении конкретной ситуационной задачи), а также на использовании тактических приемов деятельности и готовых шаблонных решений при выполнении полета.

На этапах службы на офицерских должностях происходит систематизация приобретенного опыта и знаний, разработка и внедрение концепции воспитательной работы офицеров с личным составом, прохождение курсов повышения квалификации с переводом на вышестоящие должности, работа с кадровым резервом, самосовершенствование профессионально-военной деятельности, участие в научных разработках с последующей публикацией статей в военных изданиях и другое. Поэтому психолого-педагогическая компонента личности не просто сопровождает летный труд, а встраивается в ядро личности офицера и задает особые требования к его подготовке: от отбора по психофизиологическим и личностным критериям, через обучение и воспитание воина-профессионала, до подготовки психической саморегуляции, педагогической самоорганизации и саморазвития, формирования стрессоустойчивости и другим важным профессиональным компетенциям личности военнослужащего.

В целом, изучая личность военного летчика, отметим влияние профессии на его психику и структуру профессионально важных качеств. Здесь наблюдаются два взаимосвязанных процесса: системное воздействие экстремальных условий профессиональной среды и целенаправленное формирование профессионального типа мышления (еще в процессе обучения). Дело в том, что профессия военного летчика формирует специфический профессиональный тип личности с оперативным мышлением, быстротой реакции, гибкостью и строгим алгоритмом действий. *Эксплуатационно-технологические компетенции* военного летчика предполагают глубокие знания летной эксплуатации авиационных комплексов, принципов работы и взаимосвязей систем летательных аппаратов, умения анализировать их состояние, а также прогнозировать поведение в особых ситуациях и выполнять регламентные действия по восстановлению работоспособности. *Оперативно-тактические компетенции* включают пилотирование, применение вооружения и специального оборудования, а также способность принимать абсолютно правильное решение в ограниченное время.

Деятельность летчика реализуется в системе тесных *интегративных профессиональных связей* «летных экипажей и авиационных подразделений в боевом полете» [5, с. 76]. Эффективность такого взаимодействия базируется на общих *морально-боевых стандартах* – доверии, воинском воспитании, закалке боевого духа, уверенности в своих действиях, личном служебном опыте, чувстве коллективной ответственности; на «копинг-стратегии в поведении» офицера – навыках активных действий, мыслей и чувств в условиях опасности [4, с. 63].

К основным трудностям деятельности военного летчика можно отнести ограниченность эргономики кабины (и расположение индикаторов, органов управления, угол обзорности), дефицит времени для принятия решений в полете, работу в условиях неопределенности, перегрузки информационного и физического характера (например, монотония во время длительного полета), а также высочайшую ответственность за жизнь экипажа и дорогостоящую технику.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сформулировать модель *профессиограммы*, подтверждающую принципиальную трансформацию профессии военного летчика. Современный специалист выступает в синтетической роли *инженера-тактика-оператора*, чья эффективность обусловлена интеграцией инженерных знаний, операторского мастерства и специфических психолого-педагогических аспектов деятельности военного летчика.

Ключевым выводом исследования является положение о том, что ядром профессиональной надежности военного летчика выступают его морально-боевые качества, формирующие психологический стержень личности, обеспечивающие реализацию всех компетенций в экстремальных условиях. Психолого-педагогические аспекты деятельности становятся системообразующими, определяют приоритет когнитивных и регуляторных профессиональных функций летчика.

Перспективы дальнейшего исследования заключаются в предоставлении теоретического обоснования дальнейшего совершенствования профессионального отбора, модернизации учебных программ с усилением как инженерно-психологической подготовки, так и научного представления о содержании современных запросов, в том числе командно-методической компетентности.

Список литературы:

1. Асанов А.А. Оценка успешности обучения и профессиональной компетентности курсантов авиационных вузов // Современная психология и педагогика: проблемы и решения: сборник статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. – Новосибирск, 2018. – С. 57–61. – URL : https:// elibrary.ru/item.asp?id = 32496643 (дата обращения 10.11.2025).
2. Иванов С.А. Формирование навыков воспитательной деятельности у курсантов военно-учебных заведений : дис. … канд. пед. наук. М., 2016. – 175 с. – URL : https://www.dissercat.com/content/formirovanie-pedagogicheskoi-gotovnosti-kursantov-voennykh-vuzov-kvospitatelnoi-rabote-v-po (дата обращения 10.12.2025).
3. Ихтисанов И.И. Готовность курсантов военных институтов к управленческой деятельности / И.И. Ихтисанов, А.В. Петкин // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2016. – № 7. – С. 137–141. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id = 26482049 (дата обращения 01.12.2025).
4. Коваленко А.М. Педагогическая сущность и содержание процесса формирования командно-методических у курсантов высших военных учебных заведений Российской Федерации // Вестник университета. 2012. № 7. – С. 255–259. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id= 18322152 (дата обращения 14.01.2026).
5. Военная педагогика : учебник / Под ред. И.А. Алехина. – М., 2008. – 320 с. – URL : https://fs.guap.ru/uvc/meth/1_3.pdf (дата обращения 12.09.2025).
6. Дорофеев С.П. Психология и педагогика : учеб. пособие / С.П. Дорофеев, В.В. Гуров, Е.А. Щербаков; Под общ. ред. В.Н. Бурдуна. – Краснодар : КВВАУЛ, 2022. – 527 с.
7. Крошнева М.Е. Морально-боевые качества личности военнослужащего // Современные тенденции и проблемы подготовки специалистов транспорта: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Ульяновск, 29 октября 2025 года. – Ульяновск : Ульяновский институт гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, 2025. – С. 61–66. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id = 85993782 (дата обращения 13.12.2025).
8. Савельев А.И. Специфика военно-профессиональной деятельности курсантов-военных летчиков // Вестник самарского университета. История, педагогика, филология. – 2019. – Т. 25. – № 4. – С. 73–78. – URL : https://www.elibrary.ru/item.asp?id = 42309223 (дата обращения 15.12.2025).

УДК 37.01

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ САМОИДЕНТИЧНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ В АВИАЦИОННОМ УЧИЛИЩЕ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE PROCESS OF FORMING PROFESSIONAL SELF-IDENTITY AMONG STUDENTS AT AN AVIATION EDUCATIONAL INSTITUTION

Науменко А.А.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Собко В.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Профессиональная самоидентичность является ключевым компонентом личности, способствующим становлению человека как будущего специалиста. Формированию профессиональной самоидентичности и необходимых личностных качеств способствует практикоориентированная деятельность, которая закладывает основы будущей профессиональной деятельности. В статье рассмотрены факторы и принципы формирования профессиональной самоидентичности, обоснована необходимость практикоориентированного обучения с применением технических средств обучения.

Ключевые слова: самоидентичность, профессиональная деятельность, практикоориентированное обучение, технические средства обучения.

Naumenko A.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Sobko V.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Professional self-identity is a key component of personality that contributes to the development of a person as a future specialist. Practice-oriented activities contribute to the formation of professional self-identity and the necessary personal qualities, which lay the foundation for future professional activities. The article discusses the factors and principles of professional self-identity formation and substantiates the needfor practice-oriented training using technical learning tools.

Keywords: self-identity, professional activities, practice-oriented learning, technical tools of learning.

Профессиональная самоидентичность – ключевой компонент личностной идентичности, формируемый на основе отождествления себя с определённой профессиональной группой, ее системой ценностей и норм поведения, является важнейшей составляющей социализации, одним из механизмов формирования и развития профессионального сознания. В процессе формирования профессиональной самоидентичности (самоидентификации) прослеживаются уровни от видения себя в профессии до стремления к профессиональному саморазвитию.

Наиболее значимым компонентом формирования профессиональной самоидентичности является профессиональное образование, содержание которого обеспечивает достижение определенных ступеней идентичности и согласованность образа курсанта с образом профессионала [1].

Формирование профессиональной самоидентичности и профессиональная подготовка будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов взаимно обуславливают друг друга, соответственно, эти процессы могут рассматриваться как единый целостный процесс, характеризующийся осознанием социальной значимости, чувством ответственности, мотивацией к освоению профессии, способностью к лётной практике.

Обучающиеся первого года обучения, как правило, еще не имеют четкого представления о своей будущей деятельности и не отождествляют себя со специалистом, которым они должны стать. Для формирования внутреннего образа профессионала

каждый обучающийся должен последовательно пройти этапы обучения, во время которых у него должны сформироваться индикаторы компетенций, как общих, так и профессиональных.

Основой профессиональной самоидентичности выступает профессиональная Я-концепция личности, включающая представление о выбранной профессии; видение себя в профессии; наличие образа профессионального будущего, самооценку собственного опыта. Мотивационная ориентация обучающихся и их удовлетворенность учебной деятельностью зависят от характеристик учебной среды. Наиболее важными факторами учебной среды, которые связаны с формированием внутренней ориентации на цели и получением удовольствия от обучения, являются восприятие полезности изучаемых тем, чувство автономии и поддержка педагога, что, безусловно, следует учитывать при организации учебно-воспитательного процесса в вузе.

Факторы профессиональной самоидентичности специалистов по эксплуатации авиационных комплексов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Факторы профессиональной самоидентичности специалистов по эксплуатации авиационных комплексов

Недостаточная самооценка себя как будущего специалиста по летной эксплуатации и применению авиационных комплексов на первом курсе обучения приводит к недостаточной степени мотивации, и, как следствие, низким показателям в изучении специальных терминов, действий в кабине, порядка подготовки к полету и действий в полете.

Противоположная картина наблюдается у выпускников летного училища, характеризуя профессиональную деятельность которых, следует отметить, что у них в достаточной степени сформирована профессиональная самоидентичность и соответствующее отношение к процессу усвоения профессиональных знаний и самосовершенствования в качестве специалиста.

Анализируя структуру профессиональной самоидентичности личности, можно выделить ряд ключевых компонентов: эмоционально-ценностного, когнитивного, эксплуатационно-технологического, профессионально-творческого. Исходя из интегративной сущности профессиональной самоидентичности, формирование профессиональной самоидентичности будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов с одной стороны, обеспечивается формированием компетенций, определенных ФГОС ВО 25.05.54 по специальности «Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов», а с другой – служит их развитию.

Эксплуатационно-технологический компонент (готовность к лётной эксплуатации авиационных комплексов) соотносится с формированием профессиональных компетенций. Профессионально-творческий компонент (стремление к высоким результатам в профессиональной деятельности, готовность на основе самоанализа прогнозировать направления профессионального саморазвития, способность решать исследовательские задачи с использованием знаний, опыта, ценностей и наклонностей) соотносится с профессиональными компетенциями.

Анализ научно-педагогической литературы и опыта подготовки курсантов военных училищ позволяет утверждать, что принципами формирования профессиональной самоидентичности будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов являются принципы, представленные на рисунке 2.



Рисунок 2 – Принципы формирования профессиональной самоидентичности

Принцип интегративности и системности определяет комплексность формирования и развития профессиональной самоидентичности будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов в условиях обучения в вузе, осознанность профессионального выбора.

Принцип педагогического сопровождения будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов основан на реализации идей личностно-ориентированного подхода, предполагает тесное взаимодействие педагога и обучающихся, обеспечивающее достижение осознанной ориентации на ценности профессии и профессионального саморазвития, непрерывность и последовательность решаемых задач.

В процессе педагогического сопровождения преподаватель (летчик-инструктор) не только способствует созданию у курсанта ситуации успеха, но и осуществляет профессионально-психологическую подготовку будущих специалистов по эксплуатации авиационных комплексов к поведению в условиях, характерных для реальной профессиональной деятельности. Развитию профессиональных качеств способствуют профессиональное общение, анализ нестандартных ситуаций, разбор полётов.

Принцип поэтапности актуализирован проблемами наличия кризисов профессиональной идентичности отдельных курсантов в период освоения профессии. Профессиональное обучение, особенно его практико-ориентированная составляющая, при успешном его освоении оказывает положительное воздействие на мотивацию будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов – лётчиков. Исследования показывают, что лётная практика в системе подготовки курсантов является ключевым элементом освоения профессиональной деятельности и более значима для развития у обучаемых самоидентичности, чем теоретическая подготовка.

Именно практическая деятельность способствует формированию уверенности в правильности своего выбора, создает положительный эмоциональный фон профессиональной подготовки, обеспечивает наличие «ситуации успеха» и выполняет регулятивную функцию самоидентификации.

Следование принципу поэтапного вхождения в профессию обуславливает учет психологических барьеров курсантов и поэтапное развитие уровня сложности выполняемых заданий. Переход к следующему этапу профессионального роста осуществляется за счет перехода к следующему этапу обучения, на котором должно охватываться все большее количество знаний и умений, которыми должен владеть квалифицированный специалист.

Одной из ступеней поэтапного профессионального роста в обучении лётной практике является применение современных цифровых технологий и средств обучения, обеспечивающих возможность моделировать профессиональную деятельность и погружаться в интерактивную профессиональную среду. Для этого поэтапно необходимо применять в учебном процессе соответствующие средства материально-технического обеспечения занятий по изучению авиационной техники.

Результатом достижения профессиональных компетенций летного состава являются правильные практические действия в кабине ВС по обращению с авиационным, радиоэлектронным оборудованием, авиационным вооружением, а также органами управления самолетом и двигателями при нормальной эксплуатации и в особых случаях в полете. Усвоение порядка работы и выработка практических умений и навыков по эксплуатации отдельных систем и всего ВС в целом у обучающихся формируются на следующих видах занятий и подготовок:

– групповые занятия в учебной аудитории;
– практические занятия в учебной аудитории;
– занятия на авиационном тренажере;

– занятия в кабине ВС на земле;
– учебные полеты на ВС.

На каждом из видов занятий могут использоваться некоторые методы обучения, представленные на рисунке 3 в виде конуса обучения Эдгара Дейла, которые позволяют достигать индикаторы компетенции на разном уровне.

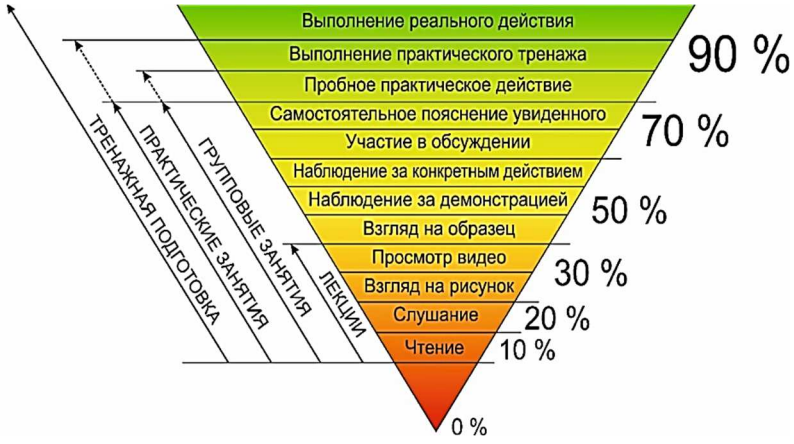


Рисунок 3 – Конус обучения Эдгара Дейла

Из рисунка 3 видно, что для обучения реальному действию, являющемуся конечной целью обучения летного состава, необходимо в процессе прохождения дисциплин использовать ассоциативное обучение (формирование новых знаний на основе ранее изученной информации), а также переходить от аудиальных и визуальных методов обучения на лекциях и групповых занятиях к практическим действиям на групповых занятиях (ознакомительные и пробные действия) и практических занятиях (проведение тренажей с повторениями).

Проведение тренажной подготовки в кабине ВС позволяет достичь максимальный результат обучения путем закрепления полученных ранее теоретических знаний и выработки практических умений через практикоориентированную деятельность. Выполнение практических действий создает новые нейронные связи, объединяет все ранее полученные знания об изучаемом объекте, формируя целостный образ, что способствует лучшему запоминанию информации (с течением времени в памяти остается больше знаний, которые могут быть применены на практике).

Для каждого изучаемого типа ВС может быть предусмотрена совокупность различных ТСО, с помощью которых у обучающихся должны формироваться на все более высоком уровне все необходимые знания, умения и навыки. Концепция применения различных ТСО для постепенного достижения профессиональных компетенций представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Концепция применения ТСО для постепенного формирования специальных компетенций

Важным аспектом применения ТСО является доступность для обучающихся и возможность их массового применения. В настоящее время комплексные тренажеры промышленного изготовления имеют небольшое количество рабочих мест обучающихся и не позволяют охватить всю учебную группу за время проведения занятия. В связи с этим военно-научным обществом КВВАУЛ самостоятельно разрабатываются учебные средства в виде обучающих программ и макетов кабин ВС.

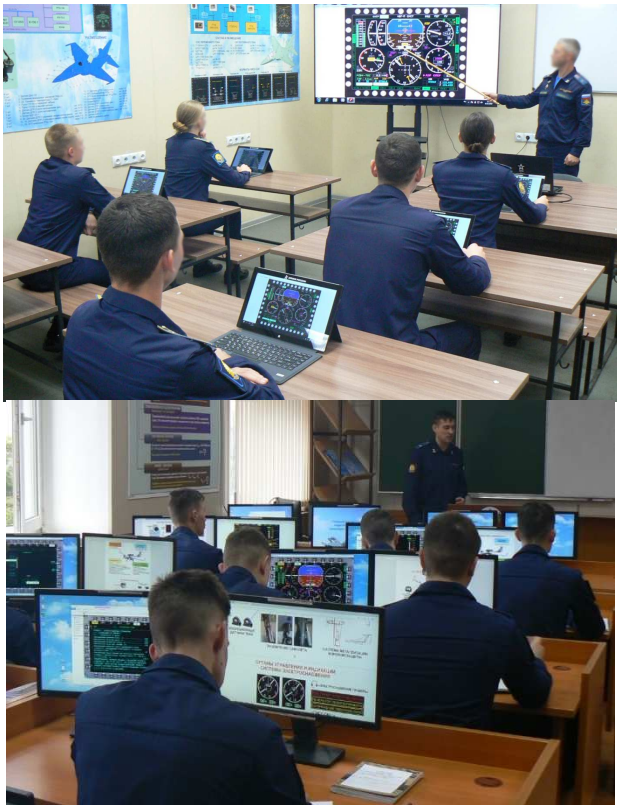


Рисунок 5 – Применение обучающих программных тренажеров при проведении аудиторного занятия с учебной группой



Рисунок 6 – Проведение практического занятия с обучающимся с применением полноразмерного интерактивного макета кабины самолёта ДА-42Т

Исходя из различных возможностей обучения (материальной базы) в учебном заведении и учебном полку, необходимо применять индивидуальные ПК с обучающими программами, тренажеры с интерактивными макетами кабины, учебные самолеты на стоянках. Только комплексная и целенаправленная деятельность, выполняемая регулярно и реализующая принцип обучения «от простого к сложному» может сформиро-

вать необходимый уровень профессиональных качеств, которыми должен обладать обучающийся перед началом летной практики.

Применение различных способов обучения является важной и неотъемлемой частью обучения, воспитания и профессионального становления будущих летчиков. В связи с этим работы, направленные на достижение высокого уровня подготовки летного состава необходимо поддерживать не только на уровне разработок предприятий промышленности, но и научной деятельности военно-научного общества учебных заведений, находящихся на передовой учебного процесса.

Список литературы:

1. Науменко А.А. Формирование профессиональной самоидентичности будущих специалистов по лётной эксплуатации авиационных комплексов : дис. … на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. – Армавир, 2023. – 187 с. – 24 с.
2. Подготовка авиационного персонала в области человеческого фактора: метод. указания по изучению дисциплины / Сост. Д.А. Евстигнеев. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2009. – 65 с.
3. Использование имитатора многофункционального индикатора самолета в учебном процессе вуза / А.С. Князев [и др.] // Труды МАИ. – 2022. – № 123. – 35 с. DOI: 10.34759/trd2022-123-20 (дата обращения 13.11.2024).
4. Князев А.С. Использование интерактивного макета кабины экипажа самолета ДА-42Т в учебном процессе / А.С. Князев, А.Ю. Попов, Е.А. Романцов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2023. – Т. 26. – № 4. – С. 31–49.
5. Программа для визуализации работы аэрометрических приборов / А.С. Князев [и др.]. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664559 РФ. Дата гос. регистрации 01.08.2022.
6. Использование программы имитации работы центральной информационной системы самолета ДА-42Т в учебном процессе вуза / А.С. Князев [и др.] // Научный вестник МГТУ ГА. – 2022. – Т. 25. – № 3. – С. 61–72.

УДК 656.71

ЛЕТЧИК, СМОТРЕВШИЙ НА НЕБО ГЛАЗАМИ ХУДОЖНИКА (ГЕРОЙ СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ГЕНЕРАЛ-МАЙОР АВИАЦИИ А. ЮМАШЕВ)

♦♦♦♦♦

A PILOT WHO LOOKED AT THE SKY THROUGH THE EYES OF AN ARTIST (HERO OF THE SOVIET UNION MAJOR-GENERAL A. YUMASHEV)

Сергиенко Г.М.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Новицкая М.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о знаменитом летчике-испытателе, участнике первых перелетов через Северный полюс А.Б. Юмашеве, его жизни, увлечении и авиационных рекордах.

Ключевые слова: испытатель, перелет, Северный полюс, Ант-25, художник, рекорд.

Sergienko G.M.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Novitskaya M.G.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells that the famous test pilot, participant in the first flights over the North Pole A.B. Yumashev, his life, hobbies and aviation records.

Keywords: Investigator, flight, The North Pole, Ant-25, artist, record.

«Самолет помогает обрести истину».

Антуан де Сент-Экзюпери

Андрей Борисович Юмашев родился в 18 (31) марта 1902 года в Санкт-Петербурге. Учился в гимназии, увлекался рисованием, поступил в художественную школу. Революция спутала все планы. Поддавшись романтическому настроению, в 16 лет, скрывая возраст, Юмашев добровольно вступает в Красную армию. Попадает в артиллерийскую часть и воюет на Южном фронте. Участвовал в разгроме войск Н.П. Врангеля и отрядов Н.И. Махно. До конца 1922 года служил в артиллерии.

После гражданской командование направляет его в летную школу, где у него обнаруживается незаурядный талант летчика. Там он увлекся планерами. Он сам проектировал и конструировал этот вид летательного аппарата. В 1925 году в Коктебеле проводились Международные соревнования планеристов. Юмашев принимал в них участие со своим планером и занял почетное призовое место.

Успешно окончил Егорьевскую военно-теоретическую, Борисоглебскую военно-авиационную, Серпуховскую высшую школу воздушного боя, стрельбы и бомбометания, в которой был оставлен для работы летчиком-инструктором.



Рисунок 1 – Андрей Юмашев перед полетом

Юмашев быстро овладел искусством высшего пилотажа и стал совершенствоваться как летчик-испытатель. В этом качестве его пригласили в НИИ ВВС. Там он испытывал новые самолеты, совершал дальние полеты. Одним из первых стал подниматься к границе стратосферы, для чего требовались мужество, мастерство и крепкое здоровье. Андрей Борисович, дал путевку в небо истребителем И-3, И-4, И-7; разведчикам Р-3, Р-6, Р-7; бомбардировщикам ТБ-1бис, ТБ-3, Сталь-7, Пе-8. Установил три мировых авиационных рекорда, а также принял участие в испытаниях пассажирского самолета АНТ-9.

Ему уже стало тесно в небе, хотелось подниматься еще выше, лететь еще дальше... Так появилась идея, о которой мечтали летчики не только у нас, но и в других развитых странах – побить мировой рекорд дальности полета по прямой без посадки.

Соперничали между собой Франция, США, Италия и Германия. Последний такой рекорд в 1932 году поставили французы Кодос и Росси, пролетев без посадки по прямой 9104,7 км. Это была настоящая сенсация, которую не переставали горячо обсуждать все авиаторы, в том числе и в НИИ ВВС.

Однажды Юмашев встретился в институте и разговорился на эту тему с прославленным шеф-пилотом Михаилом Громовым, уже поставившим несколько разных рекордов.

– А что, Михаил Михайлович, – обратился к нему Юмашев, – не перелететь ли нам этих французов?

– На чем, только? – улыбнувшись, спросил Громов. – Машина какая нужна... Сам понимаешь...

– Будет машина! – воскликнул Юмашев. – К Туполеву обратимся.

Андрей Николаевич предложением зажегся. Ученые, инженеры и конструкторы, получив от правительства «добро», приступили к работе.

Развивая схему металлического свободнонесущего моноплана, Туполев создал самолет с крылом значительного удлинения, размах которого составлял 34 м, с большой емкостью бензобаков, расположенных в крыльях. Экипаж – 3 человека: 2 пилота и штурман.

Это был уникальный, по своим данным и конструкции, самолет того времени. Под руководством А.Н. Туполева, с участием П.О. Сухого и В.П. Ветчинкина коллектив ЦАГИ создал этот самолет за один год, к 1933-му. Причем, в двух экземплярах. И назвали его АНТ-25.

Установить самый престижный рекорд дальности по прямой предстояло экипажу Громова. Поскольку территории Советского Союза не хватало для выполнения этой задачи, был разработан, так называемый, южный маршрут: Москва – Средиземное море - Западная Африка – Южная Америка (Бразилия – Уругвай – Аргентина). Без изломов маршрута можно было пролететь 12 тыс. км.

Экипаж Громова стал интенсивно готовиться к перелету. Изучали карту маршрута, климатические условия, совершали тренировочные вылеты... И тут, как снег на голову, – перелет отменяется. Оказывается, испугавшись «красной чумы», Бразилия запретила пролетать над ее территорией. А изломы делать нельзя...

И это, несмотря на то, что Россия уже вступила в ФАИ, и все наши рекорды официально признавались. Пришлось принимать новый вариант – лететь через Северный полюс до юга США.

После неудачной попытки перелета через Северный полюс экипажа С. Леваневского сформировали два других экипажа. В экипаж В.П. Чкалова вошли летчик Г. Байдуков и штурман А. Беляков. В экипаж М. Громова – второй пилот А. Юмашев и штурман С. Данилин.

Разработали два маршрута. Экипаж Чкалова, поднявшись в воздух 18 июня 1937-го, после 63 часов полета, который протекал в упорной борьбе со стихией, произвел посадку в Ванкувере (США), пролетев по прямой 8504 км. Поставленная задача – перелететь без посадки из Москвы через Северный полюс в Америку – была выполнена. Подробности этого подвига советских летчиков широко известны.

После тщательного анализа полета В. Чкалова, грамотно рассчитав маршрут и профиль полета, учтя каждую мелочь, экипаж М. Громова был готов к рекордному полету.



Рисунок 2 – С. Данилин, М. Громов, А. Юмашев – готовятся к рекордному полету



Рисунок 3 – Самолет АНТ-25 перед взлетом

12 июля 1937 года в 3 часа утра, Начальник управления ВВС РККА командарм второго ранга Я.И. Алкснис, пожав руки экипажу, был краток: «Вперед и только по прямой!»

Над аэродромом вспыхнула зеленая ракета, извещая, что взлетная дорожка свободна, можно стартовать. Ровно в 3 ч. 23 мин. 12 июля 1937 года в небо взлетел красный ширококрылый АНТ-25.

Вскоре погода стала быстро меняться. Утренний туман перешел в сплошную облачность, усложнив штурману ориентировку. Дальше пришлось лететь вслепую.

По расчетам Данилина, самолет подлетал к острову Колгуеву, на котором в небольшом поселке его ждал спортивный комиссар, чтобы зарегистрировать прохождение по маршруту и отсутствие посадки – необходимые данные для ФАЙ.

Машину вел Юмашев – мастер слепых полетов. Он принял смелое решение – идти на снижение. На высоте 400 м самолет вынырнул из-под облаков. Вскоре показался остров и поселок, у которого стояла небольшая группа людей. Они махали руками и флагом. Через люк штурман выбросил вымпел с длинной красной лентой.

Менее чем через сутки, был, достигнут Северный полюс. Сквозь редкие разрывы облаков внизу проглядывались льды. Ребята совсем не такой представляли себе эту пресловутую «крышу мира», ожидали увидеть что-то необыкновенное, а тут – бесконечно тянущаяся ледяная пустыня. Хоть бы белый медведь помахал лапой...

По времени скоро должны были подойти к Арктическому архипелагу. И вот первый остров святого Патрика. Значит, все в порядке – идут точно по курсу.

За штурвалом – Юмашев. Монотонная, унылая картина Ледовитого океана с его нескончаемыми льдами и облачностью теперь стала освещаться лучами солнца, пробивающимися сквозь дымку и облака. Открылось изумительное зрелище игры красок всех цветов радуги на ледяных торосах, плавающих на темно-синей воде.

Вот бы сейчас этюдник и краски! – вслух восхищается Юмашев.

Пройдя просторы Канады, тундру, болота с частыми озерами, Юмашев берет курс на Тихий океан.

Наконец, показался ориентир – внизу блеснул Тихий океан. Данилин стал налаживать связь с Сан-Франциско, Лос-Анджелесом и другими американскими радиостанциями. Их аэродромы готовы были принять АНТ-25. Для ориентира стали передавать русские мелодии.

Услышав родное, у членов экипажа потеплело на душе. Однако, к большому сожалению, под утро густой туман окутал все побережье. Еще один циклон. Летчики принимают решение лететь дальше на юг, до самой Мексики. Но им туда не надо...

Надо найти площадку для приземления. А где ее найдешь в предгорье? Кругом холмистая земля, перепаханная, с трещинами и впадинами. Наконец, совсем снизившись, нашли большое заросшее поле, на краю которого паслось стадо коров. Лучше не придумаешь.

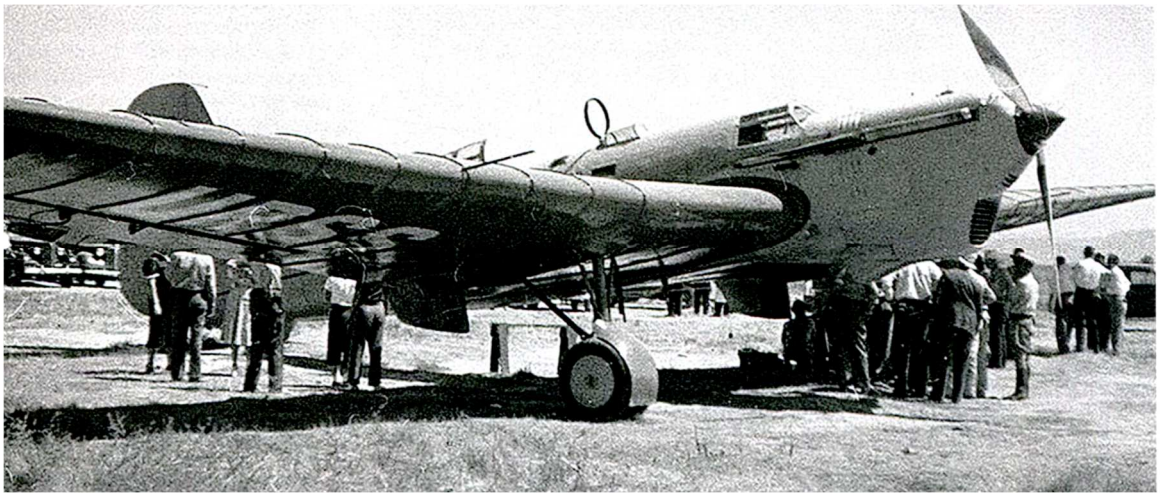


Рисунок 4 – РД-1 экипажа М.М. Громова в Сан-Джасинто, июль 1937 г.

Громов берется за штурвал и мастерски, по всем правилам, сажает машину на это поле. Откинув фонарь, первым вылез на плоскость Данилин, за ним

Юмашев и Громов. Ребят качало из стороны в сторону, в ушах стоял гул мотора и страшно тряслись ноги. Они обнялись и крепко пожали друг другу руки.

Оказалось, АНТ-25 приземлился на самом юге Калифорнии, в трех милях от небольшого городка Сан-Джасинто, пробыв в воздухе 62 ч. 17 мин. и пролетев без посадки по прямой 10148 км.

Итак, мировой рекорд дальности полета стал впервые принадлежать нашей Родине. Международная Авиационная Федерация утвердила его и присудила каждому члену экипажа свою высшую награду – именную медаль де Лаво (французский аэронавт, основатель и первый президент ФАИ).

Героический перелет экипажа Громова в Америку, так же, как и Чкалова, имел большое значение. В сложной обстановке тех лет, когда назревала Вторая мировая война, советские летчики продемонстрировали растущую мощь нашего государства. Истинные друзья ликовали вместе с нами, недруги, скрепя сердце, признавали высокий уровень развития науки и техники в России и высокий моральный дух народа.



Рисунок 5 – Медаль, посвященная рекордному полету

Трудно передать тот триумф, который охватил Соединенные Штаты. Тысячи американцев шли с поздравлениями к русским богатырям.

Много было и официальных встреч, приемов, банкетов. Президент США прислал экипажу телеграмму: «Ваши достижения вызывают большое восхищение и я горячо поздравляю вас. Рузвельт». Позже, уже, в Вашингтоне, экипаж нанес визит президенту США. Рузвельт задавал им вопросы о самочувствии после перелета, о впечатлениях об Америке и о том, какие трудности пришлось перенести в полете через полюс.

Но самым радостным и волнующим событием для экипажа было, конечно, же, долгожданное возвращение домой, где героев ждали родные и близкие, друзья и сослуживцы, весь народ. Их встречала Москва и Белорусский вокзал, до отказа набитый народом. Вся привокзальная площадь заполнена ликующим народом, а также улица Горького до самого Кремля, где членов экипажа ждет правительственный прием.

Подвиг экипажа Громова, можно сказать с уверенностью, стал поистине историческим. В новом тысячелетии особенно актуально звучит эта мысль перед угрозой международного терроризма, расползающегося по земному шару. Получив высокие государственные награды, экипаж не стал «почивать на лаврах», а продолжал летную и научную деятельность, совмещая их с обязанностями депутатов Верховного Совета СССР. После трагической гибели В. Чкалова, было выдвинуто предложение, в память Валерия Павловича совершить на двух самолетах полет вокруг земного шара, через Северный и Южный полюса. Предложение было принято советским правительством. Началась подготовка к перелету. Конструктор В.А. Чижевский, на базе стратосферных самолетов, разработал сверхдальний высотный БОК-15, который 12 августа 1940 года испытал А. Юмашев. Установка дизельного двигателя, должна была обеспечить этой машине дальность 20000 км один из вариантов маршрута Москва – Австралия – Южный полюс – Южная Америка – Северная Америка – Северный полюс – Москва. Но начавшаяся Вторая Мировая война стала причиной отмены полета.

В январе-феврале 1940 года, во время советско-финской войны, полковник Юмашев в составе 85 бомбардировочного полка выполнил 6 боевых вылетов. Это были сложные полеты в облаках, пилотировать самолет приходилось только по приборам.

В марте 1941 года заместитель начальника летно-исследовательского института по летной части, проводил большую работу по вводу в строй новых советских самолетов.

С началом Великой Отечественной войны Юмашев - на фронте. Командовал эскадрильей ПВО, авиаполком. В 1943 г. на курском направлении возглавлял истребительный корпус. Участвовал в освобождении Крыма. Был заместителем командующих 1-й и 3-й воздушных армий. В конце войны стал генерал-майором.

О героизме Юмашева, проявленном им в годы войны, можно судить хотя бы по одному эпизоду, о котором вспоминает Громов.

После разгрома гитлеровцев под Москвой и освобождения города Калинина ожесточенные бои развернулись на ржевском направлении. В них принимал участие 237-й авиационный полк под командованием Юмашева. В ходе боев попал в окружение наш кавалерийский корпус.

Он оказался в тяжелом положении. Было необходимо срочно связаться с командиром корпуса и передать ему секретный пакет, получить ответ и доставить его в штаб фронта. Эту задачу могла решить только авиация.

Юмашев лично сам подобрал пять летчиков и возглавил эту группу. Условия были исключительно сложные. В воздухе господствовала вражеская авиация, сажать самолет нужно было на засыпанное рыхлым снегом поле. Проделать это было приказано одному из летчиков. Остальные пилоты во главе с Юмашевым прикрывали его.

Задание командования фронтом было выполнено. Но на обратном пути в воздушном бою был сбит немецким Ме-109 один из наших самолетов. Остальные благополучно приземлились на своем аэродроме.

Еще об одном секретном задании И.В. Сталина хочется сказать отдельно. Осенью 1941 года. М. Громов, А. Юмашев, Г. Байдуков снова оказались в Америке. В начале Великой Отечественной войны наше правительство вело переговоры в США о поставке в СССР четырехмоторных бомбардировщиков В-17, знаменитых «летающих крепостей». Товарищ Сталин решил послать своих «крылатых дипломатов», как старых знакомых президента Рузвельта. Надеясь на успех их миссии, американский лидер тепло встретил летчиков и дал добро на поставку самолетов. Но «военные ястребы», сославшись на наличие секретного оборудования, предложили заменить В-17 на самолет В-25. В Америке, как и сейчас, не все решает президент.

После войны Андрей Борисович по состоянию здоровья ушел в отставку, уехал на постоянное местожительство в Алупку. Там занимался художественным творчеством.

В Алупке Юмашев подружился с Максимилианом Волошиным, стал частым гостем в его знаменитом коктебельском доме, где регулярно собирались известные литераторы, художники, артисты. Юмашев быстро пришелся ко двору и стал душою волошинских интеллектуальных посиделок.



Рисунок 6 – Почтовая марка, посвященная перелету

Нужно сказать, что Юмашев вообще очень быстро сближался с интересными людьми самых разных профессий, особенно обожал творческие личности и балет. Его друзьями были Козловский, Волошин, Рихтер, Кончаловский, Ромадин, Лепешинская, Фальк.



Рисунок 7 – АНТ-25 – в Центральном музее ВВС

Своим учителем по живописи Юмашев считал Фалька, а тот, не жалея сил и времени, передавал свой богатый опыт и мастерство любимому авиатору. Вместе они совершили творческую поездку по среднеазиатским республикам, много писали работ, изображая исторические памятники Самарканда и Бухары, портреты людей Востока.

В 1946 году Юмашев был принят в Союз художников СССР. С успехом прошли четыре его персональных выставки. Последняя выставка состоялась в Москве в Доме архитекторов. В своей книге «На земле и в воздухе» Герой Советского Союза, генерал-полковник авиации М. Громов дает оценку боевому товарищу:

«А.Б. Юмашев был блестящим пилотом с творческим мышлением, он отлично летал по приборам в облаках, был человеком с решительным характером и высоким интеллектом. Он увлекался живописью, много и интересно писал маслом и акварелью. Ко всему этому – высокий красивый мужчина с крупными чертами лица киногероя, с волнистыми волосами...».

Таким был выдающийся летчик Андрей Борисович Юмашев.

Список литературы:

1. Громов М.М. Через всю жизнь. – М. : Изд. Молодая гвардия, 1986. – 189 с.
2. Научно-популярный журнал «Крылья Родины». – 2001. – № 12.

УДК 656

«И ТРАНСПОРТНЫЙ И БОЕВОЙ» (ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ БОМБАРДИРОВЩИКА ТБ-5)

♦♦♦♦♦

«BOTH TRANSPORT AND COMBAT» (HISTORY OF CREATING THE BOMBER TB-5)

Пирогланов Ш.Ш.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании тяжелого бомбардировщика ТБ-5, способного решать как боевые, так и транспортные задачи.

Ключевые слова: Самолет, экипаж, бомбардировщик, летчик-испытатель, мотор, скорость, дальность, высота, фюзеляж, пожар, шасси.

Piroglanov H.H.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about creating heaver bomber TB-5, capable of carrying out both combat and transport missions.

Keywords: airplane, crew, bomber, test-pilot, engine, speed, range, height, fuse-lage, fire, landing gear.

К началу 30-х годов самолеты истребители из-за отсутствия мощных моторов строились из дерева и перкали, что не позволяло им развивать скорости полета близкие к 300 км/ч. Поэтому в развитых странах, которые принято называть авиационными державами продолжали создавать огромные бомбовозы. Наличие двух и более моторов, большое количество стрелковых точек, позволяло им удачно отбиваться и уходить от атак истребителей.

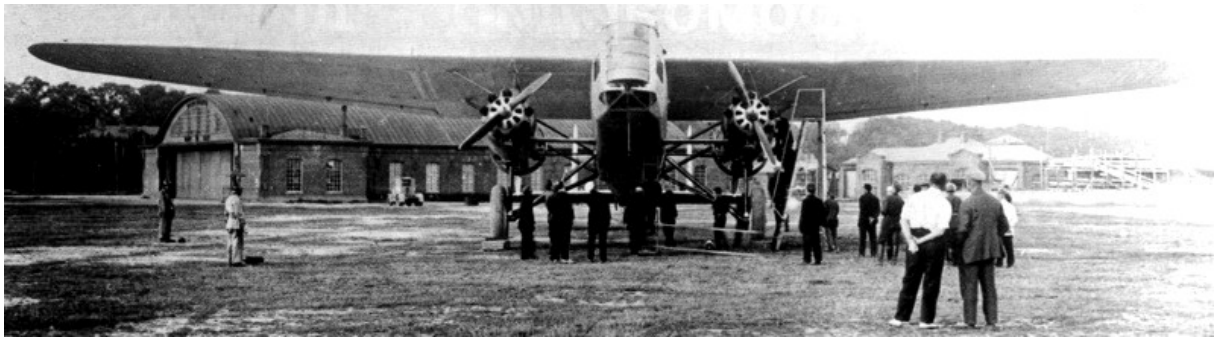


Рисунок 1 – Бомбардировщик ТБ-5 перед первым испытательным полетом

Бомбардировщики имели двухэтажные кабины, широкие фюзеляжи позволяющие свободно перемещаться по ним в полный рост, разместить большой запас бомб или различных грузов. Поэтому учитывая опыт Первой Мировой войны, их планировалось использовать как транспортные, так и боевые самолеты.

Согласно ходившей в военных кругах Европы теории итальянского генерала Джулио Дуэ, эти воздушные гиганты должны были кошмарить тылы противника. Разрушая его промышленную инфраструктуру, срывая мобилизацию и нарушая логистику подвоза на линию фронта подкреплений, боеприпасов, вооружения и других материальных средств.

Удачное применение в годы мировой войны самолетов «Илья Муромец» конструктора Игоря Сикорского, наглядно демонстрировало значение мощной дальней авиации в будущей войне… В СССР работой над крупными бомбардировщиками занимались авиаконструкторы К.А.Туполев, В.Ф.Болховитинов. Одни из проектируемых бомбардировщиков разрабатывался под эгидой НКВД.

Как известно, зимой 1929–30 гг. в тюремном конструкторском бюро ЦКБ-39 в кратчайшие сроки спроектировали и построили истребитель ВТ-11, ставший прототи-

пом И-5. Руководство ОГПУ посчитало, что удачный опыт необходимо продолжить, и весной 1930 г. решило опять-таки ударными темпами создать в недрах своей системы бомбардировщик. Инициатором этого проекта стал начальник ЦКБ-39 от ОГПУ Е.С. Пауфлер. Изучив проспект фирмы «Фарман», в котором красочно расписывался один из многомоторных французских высокопланов с расположенными под крылом двигателями, вот Пауфлер и предложил своим арестантам создать подобный. Все от работы отказывались, а Дмитрий Павлович Григорович согласился.

Документы подтверждают, что весной 1930 г., практически без всяких традиционных согласований и утверждений, ЦКБ-39 получило задание на проектирование тяжелого бомбардировщика, который получил «фирменное» обозначение «Самолет № 8» (ЦКБ № 8), а в ВВС – ТБ-5. Так как старшим при создании И-5 являлся Григорович, он остался таковым и при выполнении новой работы. Само задание появилось по ряду причин. В то время в ЦАГИ создавался цельнометаллический ТБ-3, но его постройка затягивалась, к тому же, из-за дефицита алюминиевых сплавов с массовым производством самолета могли возникнуть проблемы. Поэтому для подстраховки требовалась машина подобного назначения, в конструкции которой использовались бы более доступные материалы.

Вначале 1930 г. в советской «исправительной системе» появилась особое техническое бюро (ОТБ) ОГПУ по авиационным двигателям. В нем находились известные отечественные мотористы Б.С. Стечкин, Н.Р. Бриллинг, А.А. Бессонов и др. Им поручили спроектировать, испытать и запустить в производство 24-цилиндровый двигатель ФЭД (Ф.Э. Дзержинский). Выполненный по Х-образной схеме, снабженный приводом центрального наддува (ПЦН), он должен был развивать на высоте 3000 м весьма приличную по тем временам мощность в 1100–1250 лошадиных сил. Создавался ФЭД именно для ТБ-5. Установка двигателей на самолете планировалась в двух вариантах: в передней кромке крыла или на стойках под ним. Однако к сроку ФЭДы не были готовы, и бомбардировщик решили оснастить 4 двигателями Гном Рон «Юпитер», расположенными тандемом под каждой консолью крыла.

Для работы над ТБ-5 мобилизовали практически весь состав ЦКБ и большинство техперсонала завода № 39 имени В.Р. Менжинского на Ходынке «Самолет № 8» создали за год, что, несомненно, являлось рекордом для такой крупной и трудоемкой машины. Не следует забывать, что в тот же период Д. П.Григорович занимался истребителем И-Z, причем оба самолета были построены почти одновременно. Очевидно, фактическую готовность обоих аппаратов определили в мае 1931 года.

По схеме ТБ-5 представлял собой высокоплан с разнесенным вертикальным оперением. Горизонтальное оперение имело дополнительную узкую переставляемую в полете плоскость, которую назвали стабилирон. Он предназначался для уменьшения усилий на штурвале во время посадки и при изменении центровки. Достаточно объемный фюзеляж самолета представлял собой ферменную конструкцию из стальных труб, обтянутую полотном. Для транспортировки по железной дороге он разделялся на три части: носовая – до задней кромки крыла, промежуточная – до передней кромки стабилизатора и хвостовая. Вся бомбовая нагрузка (для машины с двигателями ФЭД – до 2500 кг) размещалась внутри фюзеляжа по бортам на балках ДЕР-18, и при этом можно было свободно передвигаться от носа самолета до хвоста. Экипаж ТБ-5 получил неслыханные по тем временам удобства – туалет и четыре гамака для отдыха. Крыло ТБ-5 – трехлонжеронное, с частым шагом нервюр (поэтому очень трудоемкое, особенно по части крепления полотняной обшивки), имело небольшие подкосы к фюзеляжу. Дополнительная роль подкосов – получение более жесткой конструкции для крепления двигателей. На самолете с каждой стороны фюзеляжа под крылом установили тандемно по двадвигателя Гном Рон «Юпитер» мощностью 480 лошадиных сил, причем задний двигатель для улучшения охлаждения головок цилиндров оснастили кольцом Тауненда. Воздушные винты деревянные, передний – тянущий, задний – толкающий.

В оборонительное вооружение самолета входили три турельные установки ТУР-5 со спарками пулеметов ДА: одна находилась над штурманской кабиной, перед фонарем пилотов, другая – сразу за крылом и третья – в хвостовой части фюзеляжа. Кроме того, в носу машины размещалась передняя подвижная стрелковая башня, разработанная в секции вооружения под руководством А.В.Надашкевича. Фактически это была первая в стране заявка на серьезную механизированную и электрифицированную обо-

ронительную установку. Г.М. Можаровский, тогда молодой специалист, принимавший участие в той работе, впоследствии вспоминал: «Башня представляла собой цилиндрической формы стакан, вращающийся вокруг вертикальной оси, имела узкую щель для движения двух пулеметов в вертикальной плоскости. Перемещение пулеметов в горизонтальной плоскости производилось одновременно с поворотом башни. Стрелок размещался внутри этого стакана и в случае необходимости мог выброситься через большую дверь, расположенную за его спиной. Эта носовая башня должна была заключать в себе ряд новинок. В ней впервые предстояло установить два спаренных станковых пулемета ПВ-1, сделанных на базе пехотных «максимов», у которых вместо водяного применялось воздушное охлаждение. Башня, являвшаяся подвижной установкой, впервые вооружалась пулеметами с непрерывным ленточным питанием. Поворот башни в горизонтальной плоскости происходил от электропривода, в вертикальной плоскости его производил сам стрелок, сидевший на сиденье и своим весом уравновешивающий вес оружия. Чтобы осуществлять наводку оружия в вертикальной плоскости, достаточно было стрелку легко упереться ногами в пол».

В начале лета 1931 г. ТБ-5 вывезли на аэродром. После проверок и доводок было решено выпустить машину в воздух. 30 июня летчик Б. Бухгольц совершил первый пробный полет в зоне Ходынского аэродрома. Перед полетом высказывались опасения в отношении управляемости такой тяжелой машины, всех интересовало в частности, как поведет себя стабилирон. Бухгольц после приземления опасения развеял, заявив буквально следующее: «Устойчивость в воздухе хорошая. Легкость управления самолетом невиданная. Очень малы нагрузки на рули».

К 20 июля самолет совершил 4 успешных полета. При массе 11200 кг, запасе топлива 1850 кг дальность полета составила 1100 км, продолжительность – 6,7 ч при крейсерской скорости 162 км/ч на высоте 3000 м. Максимальная дальность при полной загрузке топливом 2410 кг составила 2100 км. Полетная масса при этом – 12060 кг, из них бомб 500 кг. Максимальная скорость составила 180 км/ч у земли, практический потолок 3500 м, разбег на взлете 400–420 м.

Полученные на испытаниях летные характеристики ТБ-5 оценивались как невысокие, особенно в сравнении с уже летавшим в течение полугода ТБ-3. Причиной тому являлась не вполне удачная мотоустановка. Двигатели оснастили воздушными винтами, более подходящими для истребителей. Кроме того, винты задних «Юпитеров» пришлось значительно уменьшить в диаметре из-за размещения их под крылом. Однако в сравнении с ТБ-3 у бомбардировщика Григоровича имелись и преимущества. ТБ-5 имел более совершенную схему размещения оборонительных установок, внутреннюю подвеску всего ассортимента бомб, обладал меньшими геометрическими размерами. Главным его достоинством считалась меньшая стоимость и меньшие трудозатраты при производстве. Надежды улучшить ЛТХ самолета путем установки двигателей ФЭД оставались. Летом 1931 г. на моторном заводе № 24 в производстве находились 12 ФЭДов, и еще на 10 имелся задел деталей.

В связи с вышеизложенными обстоятельствами 25 июля 1931 г. Совет труда и обороны (СТО) обязал Всесоюзное авиационное объединение (ВАО) построить шесть ТБ-5 (один шел как опытный, другие – войсковая серия). Более того, все эти машины учитывались в планах формирования новых бомбардировочных эскадрилий на 1932 г. В то же время, начальник ВВС П.И. Баранов считал, что в ожидании двигателей ФЭД постройку ТБ-5 следует затормозить и перенести на 1932 г.

Достигнутые чекистами результаты были наглядно продемонстрированы 6 июля 1931 г. И.В.Сталину, которому, кроме ТБ-5, показали модификации И-5, Р-5, ТШ-1 и суперновинку - пушечный истребитель И-Z. По всему выходило, что руководителям ОГПУ действительно удалось найти наиболее продуктивную форму деятельности авиапромышленности. А спустя короткое время, 27 августа 1931 г. ЦКБ и ЦАГИ объединили в единую организацию – ЦКБ-ЦАГИ. Старшим поставили Е.С.Пауфлера.

Тем временем, сделанный на скорую руку опытный ТБ-5 подвергался непрерывным улучшениям и переделкам. Начиная с июня 1931 г., на машине усилили фюзеляж (в полете отмечалось скручивание его хвостовой части) и крепление двигателей, прорезали верхние люки в кабине пилотов, установили остекление в районе задней кромки центроплана, сняли «тауненды» с задних двигателей. Зимой самолет поставили на лыжи и совершили на нем еще ряд полетов. Продолжались и проектные работы по

оснащению ТБ-5 двигателями ФЭД. Были испытаны в аэродинамической трубе ЦАГИ варианты самолета с установкой двигателей в передней кромке крыла. Работа велась под руководством А. Кочеригина. На самолете отметились и другие, впоследствии известные конструкторы, например, Б.И. Чарановский, В.П. Яценко и А.Н. Рафаэлянц. Что касается серийного производства бомбовоза, то вопрос этот откладывался на неопределенное время. Основным препятствием стала недостаточная мощность авиазавода № 39, занятого производством и доделкой опытных машин.



Рисунок 2 – Летчик-испытатель М.М. Громов

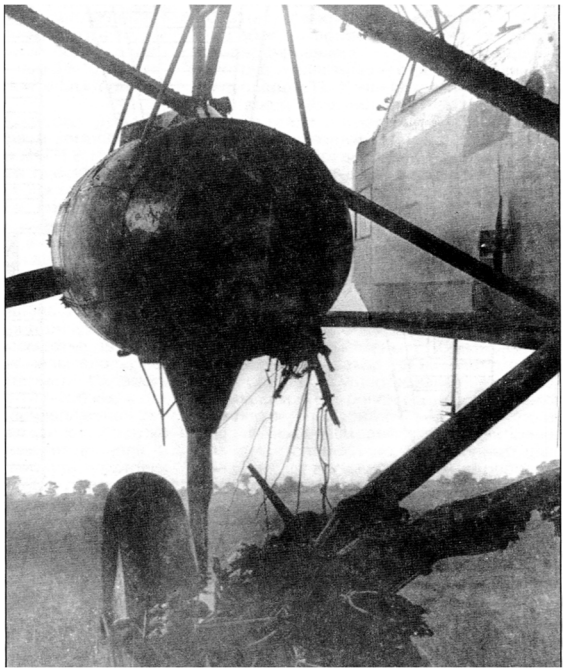


Рисунок 3 – ТБ-5 после аварийной посадки с оторвавшимся мотором

Полеты на опытном ТБ-5 продолжались, и в них принял участие известный летчик-испытатель М.М.Громов. На его долю выпал аварийный случай, произошедший в воздухе в один из майских дней 1932 г. Когда самолет находился на высоте 800 м, неожиданно началась сильная тряска. Оказалось, что левый задний двигатель сорвался с моторамы и угрожающе повис, зацепившись за шасси. Механик Васин увидел, что воздушный винт этого «Юпитера» пробил фюзеляж и уперся в макет бомбы. В это время загорелся бензин. Громов немедленно приказал перекрыть питание двигателей и

начал планировать с левым скольжением, пытаясь сбить пламя. В конце концов, это удалось, после чего он совершил успешную вынужденную посадку на аэродроме авиазавода № 22 в Филях. Уже на земле выяснилось, что в самый драматичный момент, когда пламя приняло угрожающие размеры, находившийся в отсеке за крылом инженер А.В.Чесапов выпрыгнул с парашютом и благополучно приземлился.

После этого случая ТБ-5 вплоть до декабря оставался в Филях. В 1931 г. практически одновременно с ТБ-5 начал летать пассажирский самолет АНТ-14. Этот пятимоторный гигант, созданный ЦАГИ всего за год, благодаря использованию крыла и других элементов ТБ-3, был рассчитан и для военных целей. ВВС нравится схема высокоплана с вместительным фюзеляжем? Боевой вариант АНТ-14 обозначался как ТБ-Х, при этом вместо фюзеляжного двигателя устанавливалась носовая турель с пушкой «Эрликон», а для работы штурмана оборудовалась специальная застекленная кабина. Самолет во многом устраивал заказчиков, однако был еще более трудоемким в производстве, чем ТБ-3. Поэтому в конце 1932 г. произошла попытка вновь вернуться к ТБ-5.

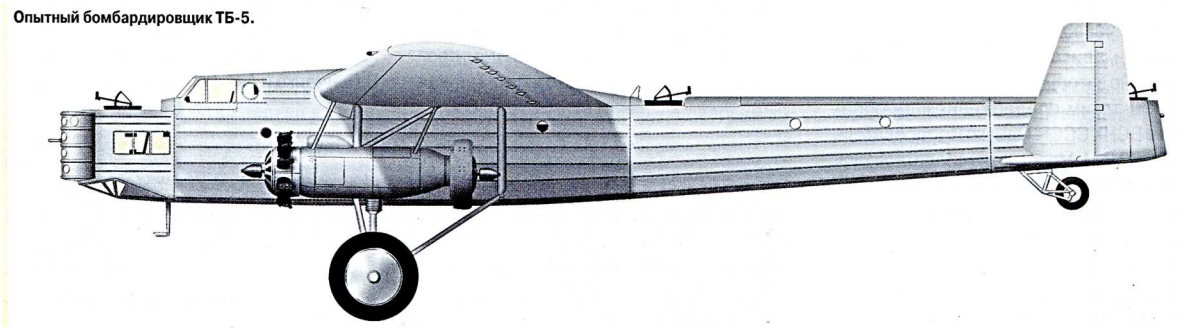


Рисунок 4

Однако позднее, на совещании в Управлении ВВС признавалось, что ТБ-5 и после столь существенных доработок не удовлетворяет желаемым требованиям. В феврале 1933 г. начальник ГУАП Баранов распорядился: «Самолет разобрать. Дальнейшие работы по этому самолету прекратить. ЦАГИ проработать вопрос создания тяжелого бомбардировщика из хромомолибденовых труб и полотняной обшивки в качестве дублера к ТБ-Х или классом ниже». На этом все и закончилось. ТБ-5 переделывать не стали и передали в Отдел прочности авиационных конструкций ЦАГИ. ТБ-Х также не был создан, ибо уже в конце 1933 г. ВВС выдали новые требования на бомбардировщик с гораздо более высокими характеристиками.

Завершая рассказ о ТБ-5, необходимо упомянуть, что в 1931 г. на основе его конструкции был создан морской дальний разведчик МДР-3, имевший такое же крыло, оперение и ряд силовых элементов. Развития, так же, как и ТБ-5, этот гидросамолет не получил.

Французские Фарманы, по компоновочной схеме, которой был построен ТБ-5, пролетали до начала Второй Мировой войны и даже скромно поучаствовали в ней.



Рисунок 5

Четыре самолета Ф-221 воевали в составе французской колониальной авиагруппы в Индокитае выполняя в основном транспортные задачи. Наиболее отличился специально построенный для дальних пассажирских перевозок самолет НС-223-4 имевший собственное имя «Жюль Верн». Мобилизованный на военную службу, этот воздушный корабль в 1940 г. первым среди союзнических самолетов в одну из ночей бомбил столицу рейха Германии.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный журнал. – 2001. – № 1.
2. Авиация и космонавтика. Научно-популярный журнал. – 2013. – № 11.
3. Виноградов Р.И. Развитие самолетов мира / Р.И. Виноградов, А.Н. Пономарев. – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.

УДК 656

КУБАНСКИЙ КАЗАК В НЕБЕ ИСПАНИИ

♦♦♦♦♦

KUBAN COSSACK IN THE SKIES OF SPAIN

Масленников А.Г.
кандидат исторических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кипреев С.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается об одном из лучших асов гражданской войны в Испании Советском летчике-добровольце, нашем земляке И.Т. Еременко.

Ключевые слова: летчик, воздушный бой, высота, скорость, маневр, огонь, победа, биплан, сбитый, истребитель, бомбардировщик, немецкий, фашист, вираж, пулемет, республиканец, аэродром, ночной, итальянский.

Maslennikov A.G.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Kipreev S.N.
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about one of the best aces of the Spanish civil war in Soviet volunteer pilot our fellow country I.T. Eremenko.

Keywords: pilot, air combat, altitude, speed, maneuver, fire, victory, biplane, downed, fighter, bomber, german, fascist, turn, machine gun, republican, airfield, night, Italian.

90 лет назад, началась Гражданская война в Испании. Многие историки считают её, началом Второй Мировой войны. Это была первая схватка сил мира и добра с фашизмом. Испания вошла в судьбы целого поколения советских людей. Военных летчиков, танкистов, пехотинцев, артиллеристов. Они по зову сердца и интернационального долга, пришли на помощь молодой Испанской республике. Как написал поэт Михаил Светлов:

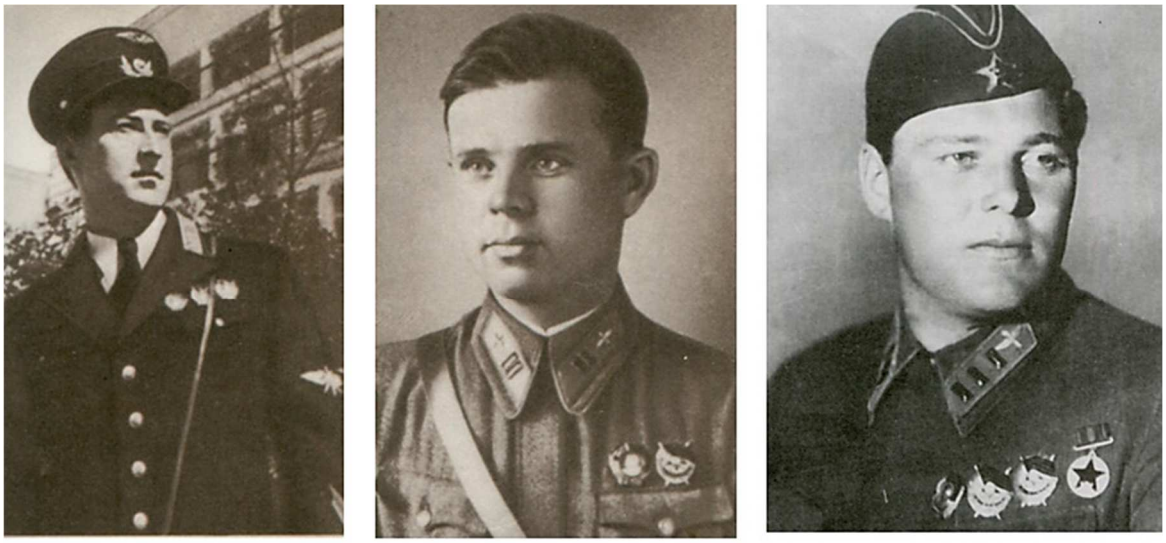
«Я хату покинул,
Пошел воевать,
Чтоб землю в Гренаде
Крестьянам отдать
Прощайте, родные,
Прощайте, семья!
Гренада, Гренада,
Гренада Моя».

В Испании в качестве советников воевали будущие маршалы И.В. Сталина: Н.Н. Воронов, И.С. Конев, Р.Я. Малиновский, К.А. Мерецков, адмирал флота СССР Н.Г. Кузнецов. Будущие герои-полководцы Великой Отечественной войны: П.И. Батов, В.Я. Колпакчи, А.М. Родимцев, патриарх советского спецназа И.Г. Старинов и многие другие.

Через эту гражданскую войну прошло 2084 советских военных советников, из них погибли 125 человек, пропали без вести 32, умерло от ран 11 военнослужащих. Героями Советского Союза стали 59 добровольцев. Все остальные были награждены орденами Красного Знамени. Всего в Испанию было направлено 772 авиатора. Это были летчики, штурманы, стрелки-радисты, мотористы, воентехники, укладчики парашютов, рабочие-сборщики с авиазаводов.

Самолеты И-15 (курносый); И-16 (мошка); СБ (катюша); Р-5 (наташа), (так их прозвали испанцы) аэродромное наземное оборудование.

Командовал Советской авиагруппой Я.В. Смушкевич, заместитель комкор П.И. Пумпур, начальник штаба полковник Федосеев, главный инженер А.К. Репин. По данным советских архивов потери составили: 93 человека летно-технического состава, 35 авиаторов Стали Героями Советского Союза.



И. Еременко Л. Рыбкин А. Серов

Рисунок 1 – Боевые друзья-товарищи по эскадрильи «Чатос»

Среди них, наш земляк Иван Трофимович Еременко, вошедший в список лучших асов того конфликта. Родился будущий герой в 1910 году на Кубани. В 1917 году пошел в сельское классное училище, но через полтора года ученье пришлось остановить, по кубанским степям и плавням прокатилась гражданская война. Отец работал в Краснодаре, мать была очень больна. Старший Иван, ходил с дедом по станицам брались за любую работу, семья голодала.

В 1924 году поступил работать в пригородные хозяйства, зимой окончил курсы трактористов-рулевых. В 1926 году закончил курсы автотранспортного дела в г. Краснодар, с квалификацией шофера.

После окончания работал шофером в Сельмашсоюзе. Осенью работу бросил и начал учиться в школе повышенного возраста...».

Что же заставило молодого парня, имевшего солидную по тем временам профессию, бросить работу и вернуться к учебе? Очень просто – он не мог забыть виденный в раннем детстве аэроплан, проплывавший над Екатеринодаром. Желание летать не покидало его, а для поступления в летную школу нужно было выдержать весьма серьезные экзамены. Вот потому-то и пришлось снова сесть за парту. Дождавшись семнадцатилетия, Иван попытался поступить в летную школу, но, по его собственным словам, «срезался на всех общеобразовательных предметах». Однако вторая попытка, предпринятая после дополнительной зубрежки, оказалась удачной, и с конца 1927 г. он стал курсантом Военно-теоретической школы ВВС РККА в Ленинграде. Через год Еременко зачислили в 1-ю Высшую летную школу имени А. Ф. Мясникова – знаменитую «Качу». А после ее окончания свежеиспеченный летчик был распределен в 70-й отдельный отряд, базировавшийся в Баку. И этот отряд, и сам Баку надолго стали для него вторым домом. Здесь Иван освоил И-4 (отряд тогда летал на этих истребителях), здесь оттачивал навыки летчика-истребителя. Здесь встретил Тамару Алифанову – ту, с которой проживет потом всю жизнь.

К апрелю 1937 г. двадцатишестилетний военлет был уже капитаном и командовал 119-й эскадрильей. Он стал не только грамотным и опытным летчиком, но и знающим, толковым командиром. Эти качества в полной мере проявились, когда в 1935 г. начался переход на И-16 с моторами М-22 и М-25. Как известно, это были отличные, но очень строгие в пилотировании истребители (особенно модификации с М-22). Даже опытные пилоты нелегко их осваивали. Случались аварии, а то и катастрофы. В своей эскадрилье переподготовку летчиков провел лично Еременко. По свидетельству одного из тогдашних молодых пилотов, будущего генерал-лейтенанта авиации Л. Г. Рыбкина этот процесс прошел без единого летного происшествия, хотя его существенно осложняло отсутствие учебно-тренировочной машины. Сам Еременко владел И-16 мастерски, и как пишет Рыбкин, «он был летчик-истребитель, умевший выжать все из самоле-

та, на что тот был способен. На всех высотах и скоростях он общался с истребителем на «ты». В совершенстве владел пилотажем, воздушным боем и стрельбой. Все проводил на максимальных скоростях и максимальных нагрузках».



Рисунок 2 – На аэродроме Бахаралос.
М. Котыхов, В. Короуз, И. Еременко, В. Кустов, А. Серов

Тем временем в далекой Испании уже вовсю полыхала война. С октября 1936 г. СССР начал оказывать военно-техническую помощь республиканцам. Отправлялись на Пиренеи и советские добровольцы, страстно желавшие воевать с фашизмом. Весной 1937 года из Баку в спецкомандировку уехала группа летчиков под командованием И. Еременко, в которую также вошли: Л. Рыбкин, М. Якушин, М. Петров, С. Шелыганов и И. Карпов. Добирались они через Францию с поддельными голландскими паспортами, причем ни один человек из группы не знал на достаточном уровне ни одного иностранного языка и, как писал впоследствии Рыбкин, «... не обошлось без приключений». Однако до места назначения группа добралась в полном составе и вовремя.

В Испании на ее основе сформировали вооруженную И-16 1-ю эскадрилью, возглавил которую Еременко. Около месяца эта часть несла боевое дежурство в небе над Картахеной, Эльче и Аликанте, прикрывая республиканские боевые корабли и транспорты. Однако к тому времени франкисты установили морскую блокаду средиземноморских портов, поставки через них советской помощи прекратились, и практически исчезла необходимость в воздушном прикрытии этого района. Зато на других направлениях в авиации ощущалась острая потребность.

В середине июня бакинская группа Еременко была приглашена на аэродром Лос-Алькасарес. Здесь уже находилось немало недавно прибывших из Союза летчиков. С ними главный советник по авиации Лопатин (псевдоним – Монте-Негро) провел совещание, на котором решался вопрос о распределении по местам дальнейшей службы. Неожиданно выяснилось, что среди собравшихся почти никто не летает на И-15, в то время как пилоты воевавшей на этих истребителях эскадрильи подлежат обязательной замене после полугодового пребывания на войне.

В преддверии тщательно спланированной Брунетской операции отказаться от использования И-15 было нельзя – самолетов и так недоставало. К тому же этот исключительно маневренный биплан, прозванный испанцами «чато» (курносый), уже успел зарекомендовать себя с самой лучшей стороны. Как быть? Лопатин обратился ко всем присутствовавшим с вопросом: кто добровольно желает войти в состав эскадрильи «чатос»? «... Все, потупив глаза, молчат, – вспоминал Якушин. – Кто же согласится перейти со скоростного, хорошо освоенного И-16 на какой-то тихоходный биплан, которого многие даже в глаза не видели? После длительной, затянувшейся паузы поднимается Анатолий Серов и заявляет о своем согласии воевать в этой эскадрилье. Но Серов был испытателем НИИ ВВС, и он знает все самолеты. Он мог сравнивать.

Но почему это сравнение оказалось в пользу И-15? Ведь здесь не полигон, а война. Значит... На гадания и размышления времени не было. Встает наш Иван Трофимович и спокойно заявляет, тихим, но категорическим голосом: «Меня и мою группу прошу назначить в эскадрилью И-15». Какое было наше состояние? Наверное, шоковое. Как же так? Почему наш командир не посоветовался с нами, не спросил нашего согласия? Поздно было об этом думать. Совещание закончилось. Мы выходим из помещения, и вдруг сзади меня кто-то обнимает за плечи и говорит: «Миша, не горюй, на этом самолете мы так будем бить фашистов, что перья от них полетят». Это был Анатолий Серов. Он сказал, что Еременко поступил правильно».

В тот же день группу Еременко доставили в район Мурсии на аэродром Арчена. Там уже находились убывавшие в Союз пилоты и изрядно потрепанные в боях их машины. Эти летчики получили солидный боевой опыт, на их счету был не один десяток воздушных боев, они сбивали самолеты противника и участвовали в крупных операциях. Начались оживленные расспросы о сильных и слабых сторонах И-15 и вражеских истребителей, об уровне подготовки, излюбленных приемах немецких и итальянских летчиков.

Все это настолько увлекло молодых пилотов, что Еременко был вынужден чуть ли не силком укладывать их спать. С рассвета следующего дня начались усиленные тренировки. В день летчики делали по 5–6 вылетов в пилотажную зону и на отработку воздушного боя. Каждый имел возможность вдоволь «подраться» с товарищами. Учебные бои проходили с азартом, уступать в них никто не хотел. Пилоты группы Еременко все больше и больше убеждались, что на И-15 можно воевать. Через какое-то время они пришли к единодушному мнению, что их командир поступил мудро, приняв предложение Лопатина, а еще – что он доверяет им, потому и взял на себя такую ответственность.

Вскоре группа была готова к боям, и за два дня до начала Брунетской операции перелетела на фронтовой аэродром Сото под Мадридом. Там ее встретили остальные летчики эскадрильи: австрийцы Том Добиаш и Вальтер Короуз, испанцы Хозе Редонта и Луис Сардино, серб Бошко Петрович, американец Альберт Баумлер, а также оставшиеся на некоторое время для передачи боевого опыта советские пилоты Кузнецов и Сорокин. Большинство авиаторов получили испанские псевдонимы. Еременко стал Антонио Арагоном, и под этим именем его скоро узнали по обе стороны фронта.

Через день, 30 июня, эскадрилья получила задачу провести разведку всех шоссейных дорог, идущих к Мадриду с западного направления. С утра начались вылеты в составе звеньев, которыми командовали Серов, Рыбкин, Кузнецов. Обнаружить какое-либо движение вражеских войск в сторону Мадрида не удалось, однако в воздухе ситуация накалялась – все чаще появлялись немецкие и итальянские истребители, с которыми происходили короткие безрезультатные стычки. День клонился к вечеру, и эскадрилье оставалось совершить только один вылет. Исходя из складывающейся обстановки, Еременко решил сделать его полным составом. Все 12 самолетов, ведомые комэском, поднялись в воздух и пошли на запад, вдоль дороги, ведущей к Авила. Они спокойно долетели до поворотной точки и направились домой, но в 30–40 км от линии фронта, в районе Толедо, встретились с равным количеством франкиских «Фиатов» CR.32. Принимать бой над чужой территорией было явно невыгодно, да и бензин подходил к концу, но Еременко решил не уклоняться от схватки с противником. Он заранее на земле «прокрутил» со своими подчиненными действия в подобной обстановке, и теперь его эскадрилья быстро перестраивалась в боевой порядок, разворачиваясь в сторону атакующих «Фиатов».

Вспоминает Якушин: «Не буду описывать бой, да это и невозможно. Сцепились двадцать четыре истребителя на небольшом пространстве. Кругом серые бипланы с черными крестами и зеленые бипланы с республиканскими знаками. Горящие самолеты и раскрытые парашюты. Но чьи? Постепенно наших становилось больше, а вскоре в этой круговерти остались только наши И-15. Один из них энергично подавал сигналы пристраиваться к нему. Это был самолет капитана Еременко, который, взяв курс на восток, перестраивал эскадрилью. По ходу разобрались по звеньям, заняв свои места. Посчитали свои самолеты – все на месте. Значит, горели самолеты чужие... После посадки командир, дав нам немного успокоиться и прийти в себя, сделал короткий разбор, похвалил, отметил недостатки. Недостатки? Это в таком классически проведенном

бою? Ну, и командир! Как он мог их заметить? Ведь он сам был в свалке как и все – рядовой боец. Да, в таком бою командир действительно становился рядовым, бой часто принимал стихийный характер – ведь тогда не было даже радио. Но... Иван Трофимович был как раз таким командиром, который каким-то непостижимым образом все видел, а летчики всегда чувствовали его присутствие и влияние на ход боя». Сам Еременко сбил в этом бою один «Фиат», а в целом эскадрилья добилась шести побед.

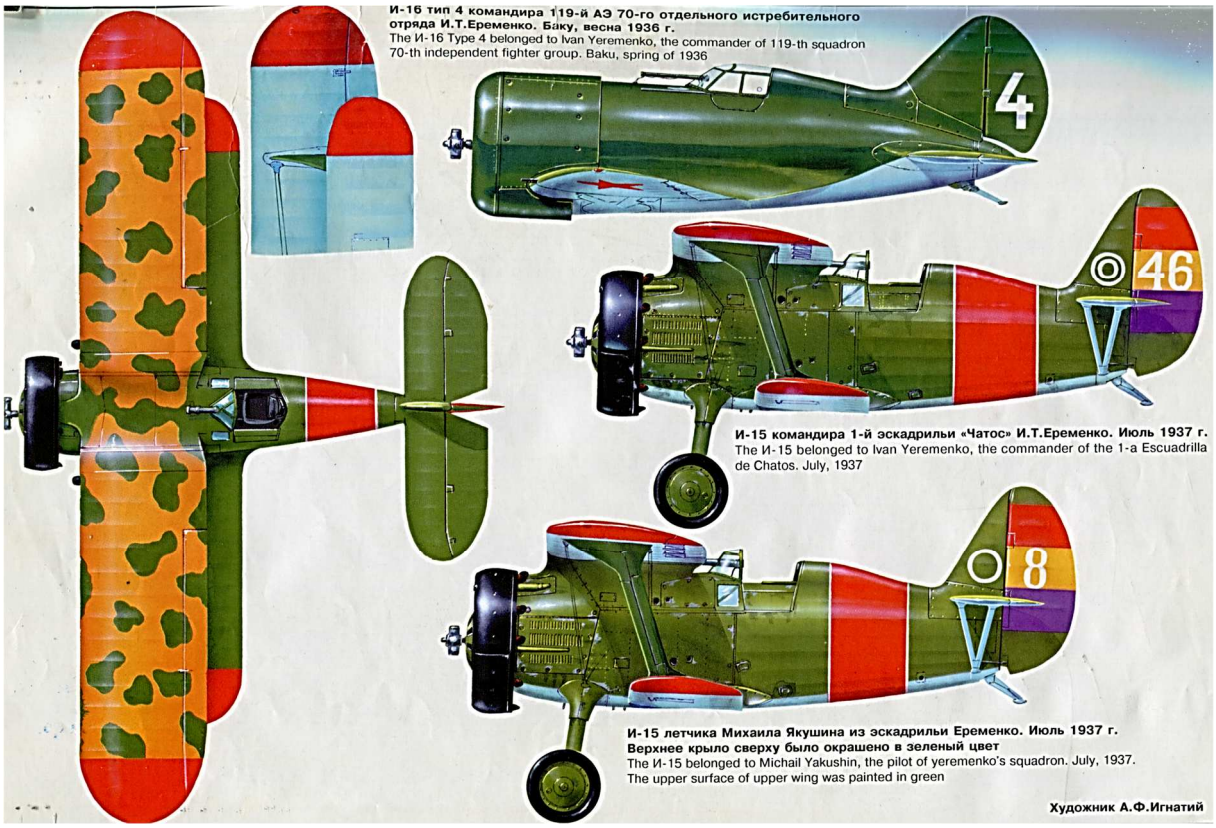


Рисунок 3 – Самолеты летчиков-республиканцев

В своих воспоминаниях Якушин подчеркивает, что комэск «... на разборе того памятного боя предупредил нас, чтобы не обольщались легкой победой. Надо ожидать, что предстоят бои, в которых противник... будет иметь численное превосходство». Так и случилось. По мере развития Брунетской операции франкисты перебросили часть авиации с северного фронта, получили пополнения из Италии и, особенно, Германии. В воздухе обозначился численный перевес вражеской авиации, и во всех последующих боях эскадрилье Еременко приходилось драться с большими группами неприятельских самолетов. Появились первые потери. Получив серьезные ранения, убыл в Союз Шелыганов. Вскоре за ним с тяжелыми ожогами отправился Петров. Погиб Карпов, был сбит и попал в плен Баумлер. Одна из воздушных схваток едва не стала роковой и для Еременко. Он сбил «Фиат», но тут же был атакован другим истребителем. Итальянский летчик уже держал в прицеле его самолет, однако находившийся выше Петрович бросил свою машину в пике, и вражеский пилот, опасаясь столкновения, отвернул. Но для спасшего командира серба эти мгновения оказались последними. Его старенький «чато» не выдержал нагрузок при выходе из пикирования и развалился в воздухе... Однако, несмотря на утраты, инициатива оставалась за республиканскими пилотами.

Утром 9 июля произошел бой, надолго запомнившийся летчикам обеих враждующих сторон. Возглавляемая Еременко эскадрилья патрулировала над линией фронта, когда над вражеской территорией появилась большая группа франкиских истребителей, включавшая 55 «Фиатов» и «Хейнкелей». Однако бой завязался не сразу, какое-то время обе группы, как бы примеряясь друг к другу, постепенно набирали высоту. Тут появилось звено республиканских СБ, летевших в сторону фронта. В 7.40 вражеские самолеты бросились на перехват, а эскадрилья «чатос» предприняла маневр для при-

крытия бомбардировщиков. Те быстро оценили обстановку, добавили газу и исчезли в утренней дымке, предоставив возможность истребителям разбираться между собой. «Чатос» компактной группой врезались в строй вражеских самолетов, и в воздухе ад линией фронта закрутилась «собачья свалка»... Бой длился почти час. Примерно в 8.15 франкисты, поняв безрезультатность своих усилий, начали постепенный отход, и в 8.35 последняя группа их машин покинула «поле боя». Республиканцы одержали чистую победу: не понеся потерь, они сбили два истребителя противника. Один из них записал на свой счет Еременко.

Вскоре Еременко получил повышение в должности, став командиром авиагруппы И-16. Тем не менее, он продолжал выполнять боевые задания вместе с летчиками эскадрильи «чатос», которую теперь возглавил Серов. Так, 22 августа в составе этого подразделения он вылетел на патрулирование в район Сарагосы. Там произошел бой с итальянскими Ro.37, в котором Еременко сбил два «Ромео», а его товарищи еще пять.

Активная деятельность республиканской авиации и большие потери в самолетах побудили мятежников начать ночные налеты, для которых они использовали Ju 52 и S.81. На Мадрид, Сариньену и другие города по нескольку раз за ночь стали сыпаться бомбы. После совещания у начальника генерального штаба Испанской республики п-ка Винсенте Рохо было принято решение привлечь истребители к ночным дежурствам и заставить противника прекратить регулярные бомбежки. Вскоре Якушин и Серов сбили двух «ночных хулиганов», но рейды франкистских самолетов на спящие города продолжались. Предпринятые дополнительные меры позволили включиться в борьбу с ними и непосредственно Еременко, хотя он уже тогда мог не летать, благодаря занимаемой высокой должности.

В ноябре Еременко стал командующим ВВС и членом Военного совета 18-й армии. После упразднения ВВС армий в апреле 1942 г. он был назначен командиром 237-й ИАД 5-й воздушной армии, которая сражалась на Северо-кавказском фронте. С августа командовал смешанной авиагруппой Новороссийского оборонительного района Приморской группы войск Закавказского фронта (сокращенно САГ НОР). Здесь во время мощного наступления немецких войск на Новороссийск и Северный Кавказ у его летчиков было много, очень много работы. Выдержки из сводок боевых действий свидетельствуют, что справились с ней и авиагруппа, и ее командир на «отлично»: «...За период с 26.08 по 8.10.1942 САГ НОР произвела 3179 самолето-вылетов, из них 929 ночных, с общим налетом 2446 ч. 15 мин. ... В результате внезапных и зачастую смелых штурмовых и бомбардировочных налетов при максимальном напряжении всех сил и средств (до 6–7 вылетов в сутки), самоотверженности летного и технического состава уничтожено: 269 автомашин, 134 повозки с войсками и грузами, до 2000 солдат и офицеров, рассеяно до двух рот пехоты, 141 лошадь, 52 ЗПТ, 8 орудий ЗА, 8 орудий МЗА, одно орудие ПА, 4 мотоцикла, 2 цистерны, 2 прицепа, одна минометная батарея, 3 бронемашины, 3 танка, 4 понтона, 4 баржи, 7 катеров и одна лайба. Подавлен огонь одной полевой батареи, 6 батарей ЗА. Взорвано 2 склада боеприпасов и склад ГСМ. Погашено до 20 прожекторов ... В проведенных 56 воздушных боях сбито 8 Ме-109 и Ме-110, 5 ФВ-189 и подбито 6 Ме-109, 5 Ме-110 и один ФВ-189...».

В ноябре 1942 г. Еременко стал командиром 2-го смешанного авиакорпуса (САК) 8-й воздушной армии. С 18 ноября по 2 декабря, во время прорыва вражеской обороны под Сталинградом, части 2-го САК действовали в интересах 3-го гвардейского мехкорпуса и произвели 857 самолето-вылетов, из них: на штурмовку – 225, на прикрытие – 405, на разведку – 227. В январе 1943 г. корпус Еременко «играл первую скрипку» в уничтожении аэродромов, с которых люфтваффе пытались снабжать окруженную в Сталинграде 6-ю армию. В течение 1943 г. 2-й САК перебрасывался на наиболее ответственные участки Сталинградского, Закавказского, Северо-кавказского, Степного фронтов. Корпус участвовал в освобождении Батайска, Ростова, других кубанских и причерноморских городов, причем действовал с неизменным успехом.

На столь победном фоне, по меньшей мере странным выглядит назначение Еременко в конце 1943 г. на тыловую должность командующего ВВС воссозданного Киевского военного округа. Фактически на этом карьера боевого генерала для него закончилась. В Киеве он служил до 1946 г., пока не поступил в академию Генштаба. После ее окончания, с 1949 и до конца 1952 г. возглавлял ВВС Уральского военного округа. Затем занимал должности начальника управления боевой подготовки ВВС, помощника

и заместителя по боевой подготовке командующего ВВС Дальневосточного округа. В 1956 г. Иван Трофимович был неожиданно уволен в запас. Официальной причиной стало массовое сокращение армии, однако в действительности этому поспособствовали его непростые отношения с вышестоящим командованием, ведь прогибаться перед начальством генерал никогда не любил.



Рисунок 4 – Генерал И.Т. Еременко в предвоенные годы

Жить Еременко приехал в Киев. И здесь его деятельная натура сразу же начала искать возможности приложения сил. С 1957 г. он работал на общественных началах в различных организациях, в том числе ДОСААФ, уделяя много внимания общению с молодежью. В 1972 г. Еременко был избран членом бюро киевской группы ветеранов войны в Испании. Бездеятельно сидеть он не мог до самой смерти, последовавшей 1 декабря 1986 г.



Рисунок 5 – Генерал И.Т. Еременко в послевоенные годы

Иван Трофимович Еременко принадлежал к тому поколению военных летчиков, которые первыми вступили в бой с фашизмом и победили его, которым пришлось на основе собственного опыта вырабатывать новые методы воздушного боя. Все меньше и меньше остается этих людей среди нас. Давайте помнить их.

Особенно курсантам Краснодарского ВВАУЛ, которое носит имя Героя Советского Союза А.К. Серова. Знаменитый ас вместе с И.Т. Еременко и другими советскими летчиками вступил в смертельную схватку с фашизмом еще в грозном испанском небе. Сего-

дня, когда Российская Федерация практически одна противостоит натиску европейского фашизма и их бандеровских последышей, освобождал русскую землю от западных крестоносцев.

Как никогда необходима сейчас консолидация общества, и работа каждого гражданина нашей страны, на нашу победу.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный авиационный журнал. – 2000. – № 1, 2.
2. Абросов С.В. Воздушная война в Испании. Хроника воздушных сражений 1936–1939. – М. : Яуза. Эксмо, 2009. – 608 с.

УДК 314.06

ГВИНЕЯ И РОССИЯ – ДРУЗЬЯ НАВЕК

♦♦♦♦♦

GUINEA AND RUSSIA ARE FRIENDS FOREVER

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Диалло Бубакар Сидди
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема создания нового типа отношений между двумя странами. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования – изучение образа жизни людей, населяющих Гвинею. На основе проведенного анализа авторами исследованы природные условия, образ жизни, здравоохранение с его проблемами, сельское хозяйство страны.

Ключевые слова: внутренний валовый продукт (ВВП), африканское единство, горнодобывающая промышленность, гидроэнергия, метаморфогенные месторождения железных руд, гематитовые руды, бокситы, детский труд.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Diallo Bubacar Siddy
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the problem of creating a new type of relationship between the two countries. The main unsolved task of the study has been identified and substantiated – the study of the lifestyle of people living in Guinea. Based on the analysis, the authors investigated the natural conditions, lifestyle, health care with its problems, and agriculture in the country.

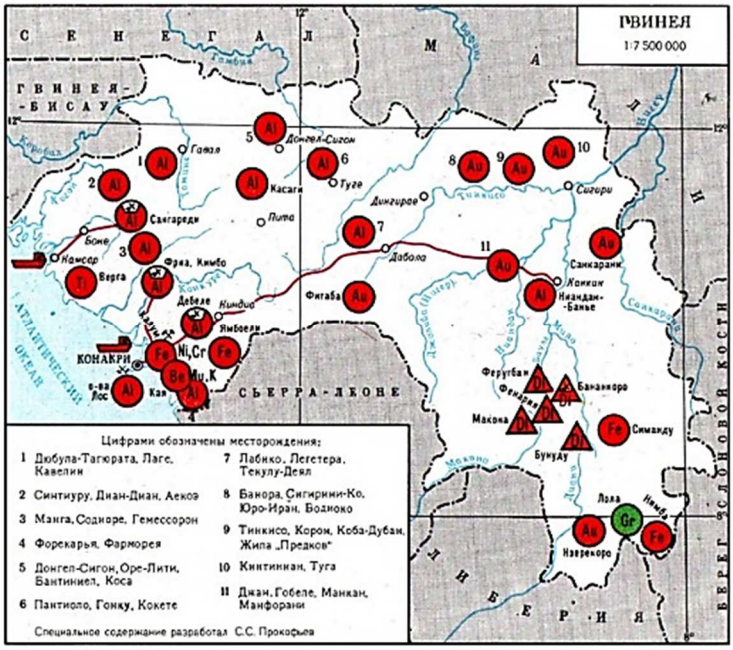
Keywords: gross domestic product (GDP), African unity, mining industry, hydropower, metamorphogenic iron ore deposits, hematite ores, bauxite, child labor.

Гвинея (Guinee), Гвинейская Народная Революционная Республика (Republique Populaire et Revolutionnaire de Guinee), – государство в Западной Африке. Граничит на севере с Сенегалом, на севере и северо-востоке с Мали, на востоке с Берегом Слоновой Кости, на юге с Либерией, на юго-западе со Сьерра-Леоне, на северо-западе с Гвинеей-Бисау [1].



На западе омывается Атлантическим океаном. Площадь 245,8 тысяч км^2. Население 6,4 млн чел. (1980, оценка). Делится на 29 административных районов. Столица – Конакри. Официальный язык – французский. Денежная единица – сили. Гвинея входит в Организацию африканского единства (ОАЕ), является членом Экономического сообщества западноафриканских стран (1975).

ВВП в Гвинее составляет 800 млн долларов (в текущих ценах, 1978). В его структуре на долю сельского хозяйства приходится 21 %, промышленности 25 % (в т.ч. на долю горнодобывающей 18 %). В структуре топливно-энергетического баланса доля нефти 98 %, гидроэнергии 2 % (1979). Общая длина автодорог 30,0 тысяч км, протяжённость железных дорог 1,1 тысяч км (1980). Крупные морские порты – Конакри, Камсар [1].



В рельефе Гвинеи выделяются: Приатлантическая низменность (высота до 70 м), ступенчатое плато Фута-Джаллон (высота 150–1300 м, максимальная – 1538 м), Северо-Гвинейская возвышенность (средняя высота около 800 м, максимальная – 1752 м) и равнины Верхнего Нигера (высота 300–400 м). Климат экваториально-муссонный, жаркий, летне-влажный. Средняя температура самого тёплого месяца (март или апрель) 27–30 °С, самого холодного (август) 24–26 °С. Годовое количество осадков на побережье свыше 4000 мм, в остальных районах 1200–1500 мм. Наиболее значительные реки: Нигер, Когон, Нуньес, Фатала, Конкуре (устья некоторых рек судоходны). Преобладает лесосаванная растительность, южный склон Северо-Гвинейской возвышенности покрыт влажными экваториальными густыми лесами (около 4 % территории), на западе страны – мангры [2].

Гвинея расположена на западе Африканской платформы. На востоке, юго-востоке и юго-западе выделяется Леоно-Либерийский щит, в центральной части страны – южный борт синеклизы Тауденни и прогиб Рокел, на западе – Западно-Гвинейская синеклиза.

Леоно-Либерийский щит сложен образованиями архея (гнейсы, гранулиты, кварциты, железистые кварциты, метаморфизованные ультраосновные породы, граниты) и нижнего протерозоя (сланцы, гнейсы, кварциты, известковистые породы, граувакки, вулканиты и прорывающие их граниты). С железистыми кварцитами архея связаны крупные метаморфогенные месторождения железных руд. Южный борт синеклизы Тауденни образован пологолежащими протерозойскими карбонатно-терригенными толщами, к которым приурочены месторождения известняка.

Прогиб Рокел выполнен протерозойскими, смятыми в складки карбонатно-терригенными осадками и эффузивами; имеются метаморфические породы (сланцы, кварциты), среди которых присутствуют гематитовые руды; встречаются долериты.

Западно-Гвинейскую синеклизу слагают пологозалегающие породы ордовика, силура и девона (песчаники, алевролиты, аргиллиты) [1]. Среди ордовикских песчаников локализуются проявления марганца, в девонских и силурийских породах – мелкие месторождения осадочных микро-оолитовых железных руд. Кайнозойские отложения (глины, суглинки, пески и галечники) развиты на Атлантическом побережье (морские террасы, пляжи, косы) и по долинам многочисленных рек.

К прибрежно-морским образованиям приурочены небольшие россыпи циркона, ильменита, рутила, монацита, месторождения каолина, проявления лигнитов и фосфоритов, к аллювию речных террас – россыпи золота и алмазов.

С раннепротерозойским магматизмом связаны коренные (жильные) месторождения золота, с позднемезозойским – кимберлитовые дайки и трубки, некоторые с промышленным содержанием алмазов [2]. Широко развиты дуниты, габбро-нориты, долериты мезозойского, реже палеозойского возрастов, формирующие массивы, силлы и дайки. Повсеместно распространены мезокайнозойские коры выветривания с крупными месторождениями бокситов, железных руд, а также руд никеля и хрома.

Гвинея богата бокситами и железными рудами. Основные месторождения железных руд, связанные с железистыми кварцитами архея, сосредоточены в районах хребтов Нимба (запасы 2 млрд т, содержание железа 60 %) и Симанду (7 млрд т, 60 %). В западной части Гвинеи мелкие месторождения железных (гематитовых) руд известны к югу от г. Форекарья и в бассейне реки Томине (микроолитовые руды). На полуострове Калум месторождение железных руд (разведанные запасы 1476 млн т, Fe 51,5 %) приурочено к латеритной коре выветривания по породам ультраосновного и основного составов; здесь же находятся небольшие месторождения руд никеля и хрома [3].

Горнодобывающая промышленность – одна из ведущих отраслей, на которую приходится 60 % занятых в промышленности, 87 % валового объема промышленной продукции. (Размещение основных объектов горнодобывающей промышленности показано на карте.) Основа горной промышленности Гвинеи – добыча бокситов.

Добыча железных руд в Гвинее началась в 1953 и до 1967 разрабатывалось месторождение Калум. Проектируется разработка крупных месторождений железных руд на юго-востоке в городах Нимба и Симанду. Полное освоение этих месторождений планируется после строительства железных дорог от города Конакри к границе с Либерией [3].

Добыча алмазов на территории Гвинеи началась в 30-х годах и велась частными компаниями и старателями. В начале 60-х годов алмазодобывающие предприятия национализированы, в середине 70-х годов промышленная добыча приостановлена в связи с истощением запасов и отсутствием нового обогатительного оборудования. Планируется её возобновление.

Добыча золота на территории Гвинеи ведется издавна кустарным способом. В начале 20 века европейские предприниматели неоднократно пытались наладить разработку драгами (например, на реке Тинкисо в 1909–14 добыто 218 кг золота). Однако из-за незначительности запасов промышленная добыча прекращена.

Государство совместно с ЮНИСЕФ, Всемирным банком и другими международными партнёрами реализует программы по строительству школ, обновлению учебных программ и повышению квалификации учителей. Гвинея участвует в инициативах Глобального партнёрства в области образования (GPE), направленных на улучшение подготовки педагогов, поддержку девочек в образовании и создание более инклюзивной среды, рубежи-истории [2].

Среди приоритетных задач на современном этапе – увеличение бюджета на родителей к образовательному процессу, повышение качества подготовки учителей, адаптация образовательных программ высшей школы к рынку труда, поддержка полного школьного образования девочек и интеграция детей с инвалидностью.

Несмотря на усилия, система образования Гвинеи остаётся хрупкой и требует комплексной реформы с участием государства, международных партнёров и местных сообществ. Педиатры больницы Донка изучают случаи заболевания корью во время эпидемии в 2009 году. Донка – крупнейшая государственная больница в Гвинее. Инициатива по оценке соблюдения прав человека показывает, что Гвинея выполняет 58,6 % требований, предъявляемых к соблюдению права на здоровье, исходя из уровня своего

дохода. Что касается права на здоровье детей, Гвинея выполняет 76,5 % требований, исходя из своего текущего дохода. Что касается права на охрану здоровья для взрослого населения, то страна обеспечивает его лишь на 82,3 % от ожидаемого уровня, исходя из уровня дохода населения. По оценке права на репродуктивное здоровье, Гвинея относится к категории «очень плохо», поскольку страна обеспечивает его лишь на 17 % от ожидаемого уровня, исходя из имеющихся ресурсов (дохода) [3].

Гвинея реорганизовала свою систему здравоохранения после того, как в рамках Инициативы Бамако в 1987 году были официально внедрены общинные методы повышения доступности лекарств и медицинских услуг для населения, в том числе за счет введения платы за пользование услугами. Новая стратегия значительно повысила доступность медицинских услуг за счет их предоставления на уровне общин, что привело к более эффективному и справедливому распределению ресурсов. Комплексная стратегия была распространена на все сферы здравоохранения, что привело к улучшению показателей здоровья населения, повышению эффективности и рентабельности системы здравоохранения [3].

Этнографическое исследование, проведенное в сельских и городских районах Гвинейской Республики, было посвящено изучению различий между биомедицинскими и традиционными методами лечения. Выяснилось, что эти различия влияют на решения родителей о том, к какому врачу обращаться за медицинской помощью для младенцев. При этом 93 % всех расходов на здравоохранение приходится на негосударственный сектор.

В июне 2011 года правительство Гвинеи объявило о введении сбора солидарности с авиаперевозчиками на всех рейсах, вылетающих из страны. Собранные средства направляются в ЮНИТЭЙД для поддержки расширения доступа к лечению от ВИЧ/СПИДа, туберкулеза и малярии. Гвинея входит в число стран и партнеров по развитию, которые все чаще используют рыночные налоги на операции и другие инновационные механизмы финансирования для расширения возможностей финансирования здравоохранения в условиях ограниченных ресурсов [2].



Из-за недостаточной реакции международного сообщества во время вспышки лихорадки Эбола инфраструктура здравоохранения была усилена за счет лабораторий и больничных учреждений, предоставленных неправительственными организациями, такими как «Врачи без границ», «Русал» или Группа по мобилизации частного сектора в борьбе с лихорадкой Эбола (EPSMG). По оценкам ЦРУ на 2014 год, средняя продолжительность жизни в Гвинее составляла 59,60 года. В 2014 году в Гвинее произошла вспышка вируса Эбола [2]. В ответ на это министерство здравоохранения запретило продажу и употребление в пищу летучих мышей, которые, как считалось, являются переносчиками болезни. Несмотря на эту меру, вирус распространился из сельских районов в Конакри, а к июню 2014 года проник в соседние страны – Сьерра-Леоне и Либерию. В августе 2014 года Гвинея закрыла границы со Сьерра-Леоне и Либерией, чтобы сдержать распространение вируса, поскольку в этих странах регистрировалось больше новых случаев заболевания, чем в Гвинее. Вспышка началась в декабре в деревне Мелианду на юго-востоке Гвинеи, недалеко от границы с Либерией и Сьерра-Леоне. Первый известный случай произошел 6 декабря, когда после лихорадки, рвоты и дефекации черным калом умер двухлетний ребенок. Через неделю умерла его мать, затем сестра и бабушка – у всех были такие же симптомы, как лихорадка, рвота и диарея. Затем, из-за визитов родственников и участия в похоронах, вспышка распространилась на другие деревни. «Небезопасные захоронения» являются источником распространения болезни. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) сообщила, что невозможность взаимодействовать с местными сообществами мешает медицинским работникам отслеживать происхождение и штаммы вируса. Несмотря на то, что 29 марта 2016 года ВОЗ отменила статус чрезвычайной ситуации в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение (ЧСЗМЗ), в отчете о ситуации с лихорадкой Эбола, опубликованном 30 марта, было подтверждено еще 5 случаев за предыдущие две не-

дели, при этом секвенирование вируса показало, что один из них связан со вспышкой в ноябре 2014 года [2]. Эпидемия лихорадки Эбола повлияла на лечение других заболеваний в Гвинее. Из-за страха заразиться и недоверия к системе здравоохранения население стало реже обращаться за медицинской помощью, а из-за вспышки лихорадки Эбола снизилась способность системы оказывать плановые медицинские услуги и лечение от ВИЧ/СПИДа. Все население Гвинеи подвержено риску заражения малярией. По данным Министерства здравоохранения, малярия является основной причиной обращений за медицинской помощью, госпитализаций и смертей среди населения в целом. Среди детей в возрасте до пяти лет на малярию приходится 31 % обращений за медицинской помощью, 25 % госпитализаций и 14 % случаев смерти в государственных учреждениях. Передача инфекции происходит круглый год, но наиболее активно – с июля по октябрь в большинстве регионов. Большинство случаев заражения вызвано Plasmodium falciparum. В период с 2011 по 2018 год программа Гвинеи по борьбе с малярией достигла многих важных этапов: две кампании по всеобщему охвату долговременными обработанными инсектицидами сетками (ITN), сокращение запасов комбинированной терапии на основе артемизинина, внедрение экспресс-диагностических тестов и недавние оценки паразитемии, в которых отмечается значительное снижение распространенности малярии среди детей в возрасте до 5 лет в период между демографическим и медицинским обследованием 2012 года (44 процента) и многоиндикаторным кластерным обследованием 2016 года (15 процентов). Национальная стратегия по борьбе с малярией предусматривает бесплатную и непрерывную раздачу противомоскитных сеток через Дородовое наблюдение, вакцинация, школы и массовые кампании [3].







Недоедание – серьёзная проблема для Гвинеи. Исследование, проведённое в 2012 году, выявило высокий уровень хронического недоедания – от 34 % до 40 % в зависимости от региона, а также уровень острого недоедания выше 10 % в горнодобывающих районах Верхней Гвинеи. Исследование показало, что 139200 детей страдают от острого недоедания, 609696 – от хронического недоедания, а ещё 1592892 – от анемии. Эти показатели объясняются ухудшением качества ухода, ограниченным доступом к медицинским услугам, несоблюдением правил гигиены и недостаточным разнообразием рациона [4]. Коэффициент материнской смертности в Гвинее в 2010 году составил 680 на 100000 живорождений. Для сравнения: в 2008 году этот показатель был равен 859,9, а в 1990 году – 964,7. Коэффициент смертности детей в возрасте до 5 лет на 1000 живорождений составляет 146, а неонатальная смертность – 29 % от смертности детей в возрасте до 5 лет. В Гвинее на 1000 живорождений приходится 1 акушерка, а риск смерти для беременных женщин в течение жизни составляет 1 к 26. Гвинея занимает второе место в мире по распространенности калечащих операций на женских половых органах.

Сельское хозяйство в Гвинее. В 1999 году основными продовольственными культурами были маниок, 812000 тонн; рис, 750000 тонн; батат, 135000 тонн; ямс, 89000 тонн; и кукуруза, 89000 тонн. Экономика Гвинеи также зависит от таких товарных культур,как сахарный тростник, цитрусовые, бананы, ананасы, арахис, пальмовое ядро, кофе и кокосы. В 1999 году было произведено около 429000 тонн плантанов, 220000 тонн сахарного тростника, 215000 тонн цитрусовых, 150000 тонн бананов, 174000 тонн арахиса, 52000 тонн пальмовых ядер и 18000 тонн кокосов [2].

Производство кофе в Гвинее со временем менялось из-за нелегальной контрабанды, которая негативно сказывалась на отрасли до реформ, проведенных в стране в начале 1980-х годов. В 1999 году производство кофейных зерен оценивалось в 21000 тонн по сравнению с 14000 тонн в среднем за год с 1979 по 1981 год.



Попытки зафиксировать цены негативно сказались на сельском хозяйстве Гвинеи в 1970-х и 1980-х годах, после обретения страной независимости. Французы сократили свое присутствие на плантациях, а отмена французских тарифов повлияла на производство в 1970-х годах, когда в стране свирепствовала засуха. В 1970-х и начале 1980-х годов производство продуктов питания сократилось, а экспорт сельскохозяйственной продукции заметно упал. В 1984 году, когда засуха серьезно ударила по Гвинее, для предотвращения голода пришлось импортировать 186000 тонн зерновых [2].



С 1985 года политика свободного рынка предполагала децентрализацию государственных плантаций и сельскохозяйственной продукции, принадлежащей государству, в пользу местных частных мелких землевладельцев. К концу 1990-х годов в Гвинее насчитывалось до 500000 таких хозяйств, которые, по имеющимся данным, производили в два раза больше сельскохозяйственной продукции, чем государственные хозяйства в 1970-х годах, даже без финансовой поддержки. В 2013 году Министерство труда США оценило долю работающих детей в возрасте от 5 до 14 лет в сельскохозяйственном секторе в 76,2 % [2].

В докладе министерства о наихудших формах детского труда среди прочих видов деятельности упоминалось выращивание кешью, какао и кофе. В декабре 2014 года в перечне товаров, при производстве которых использовался детский или принудительный труд, составленном министерством, Гвинея была указана в числе 74 других стран, где наблюдались случаи использования детского труда.



В отчете по Гвинее перечислены товары: кешью, какао и кофе – основные сельскохозяйственные продукты, производимые в стране [2].

Дипломатические отношения СССР и Гвинеи установлены 7 декабря 1968 года. Посольство СССР и Российской Федерации функционировало в Малабо с 1969 по 1992 год. Его деятельность была прекращена по финансово-экономическим соображениям. Российские интересы в Гвинеи представляет посольство России в Камеруне. Посольство Гвинеи в Москве функционирует с 1981 года. В июле 2023 года в ходе саммита «Россия – Африка» президент России Владимир Путин заявил, что посольства РФ в Гвинее возобновит свою работу в ближайшее время. В настоящее время идет процесс налаживания полноценного функционирования посольства России в Малабо [4].

Между СССР и Гвинеей были заключены: Торговое соглашение (1970), Соглашение об экономическом и техническом сотрудничестве (1971), о воздушном сообщении (1973), о культурном и научном сотрудничестве (1981), Консульская конвенция (1983), Протокол о подготовке кадров (1983), Протокол об эквивалентности дипломов (1985), Соглашение о сотрудничестве в области спорта (1989).

В начале 1970-х годов СССР при содействии Гвинеи в изучении сырьевых запасов вод, было организовано совместное советско-гвинейское рыболовство для промысла рыбы и других продуктов моря.

Советские специалисты заложили основы геологоразведочной отрасли Гвинеи.

Советский Союз создал, обучил и оснастил национальную армию Гвинеи. База наблюдения, созданная испанцами во время колониального периода на вершине вулканической горы Пико-Басиле, в 1970-е годы перешла в руки советских спецслужб.

В 1977-1989 годах Гвинея закупила у СССР два самолета Як-40 и один Ан-32 (использовался как президентский самолет). Гвинея признала Российскую Федерацию в качестве правопреемника Советского Союза в 1992 году. Двустороннее взаимодействие носит традиционно дружественный характер [4].

6-9 июня 2011 года президент Гвинеи Теодоро Обианг Нгема Мбасого посетил Россию с официальным визитом, в рамках которого был подписан ряд документов, включая межправительственные соглашения о взаимной защите и поощрении капиталовложений, военно-техническом сотрудничестве, меморандум о взаимопонимании между министерствами иностранных дел относительно механизма проведения политических консультаций.

Первого июля 2013 года «на полях» второго саммита Форума стран-экспортеров газа (ФСЭГ) в Москве состоялась краткая беседа Теодоро Обианга Нгемы Мбасого с президентом России Владимиром Путиным [4].

В октябре 2019 года президент Гвинеи Теодоро Обианг Нгема Мбасого посетил Сочи для участия в саммите «Россия – Африка», в рамках которого провел встречу с Владимиром Путиным.

Президент Гвинеи Теодоро Обианг Нгема Мбасого встречался с главой МИД России Сергеем Лавровым в 2015 году в рамках третьего саммита ФСЭГ (Тегеран, Иран), на сессии Генеральной Ассамблеи ООН (Нью-Йорк, США) в 2014 и 2018 годах [4].

В ноябре 2019 года на площадке пятого газового саммита Форума стран-экспортеров газа (ФСЭГ) в Малабо (Гвинея) состоялась встреча президента Гвинеи Теодоро Обианга Нгемы Мбасого и министра горной добычи, промышленности и энергетики этой страны Габриэля Мбага Обианга Лимы с министром энергетики России Александром Новаком.

27–28 июля 2023 года делегация Гвинеи во главе с вице-президентом республики Теодоро Нгемой Обиангом Манге приняла участие в саммите Россия – Африка в Санкт-Петербурге.

2 ноября 2023 года в Ново-Огареве состоялись переговоры президента РФ Владимира Путина с президентом Гвинеи Теодоро Обиангом Нгемой Мбасого, который находился в России с официальным визитом.

Осуществляются контакты между внешнеполитическими ведомствами. В 2015 и 2016 годах глава МИД России Сергей Лавров встречался с министром иностранных дел и сотрудничества Гвинеи Агапито Мба Мокуем [4].

23 сентября 2022 года в Нью-Йорке во время 77-й сессии ГА ООН состоялась беседа Лаврова с министром иностранных дел и сотрудничества Гвинеи Симеоном Ойоно Эсоно Ангуе.

Специальный представитель президента РФ по Ближнему Востоку и странам Африки, заместитель министра иностранных дел России Михаил Богданов посещал Гвинею в 2013 году, он был принят президентом страны Теодоро Обиангом Нгемой Мбасого и министром иностранных дел РЭГ Агапито Мба Мокуем. 12 октября 2018 года Богданов принял участие в торжествах по случаю 50-летия провозглашения независимости Республики Гвинея в Малабо, где вновь встретился с президентом страны Теодоро Обиангом Нгемой Мбасого и главой МИД Симеоном Ойоно Эсоно Ангуе [4].

30 октября 2019 года в Москве состоялась встреча спецпредставителя президента РФ по Ближнему Востоку и странам Африки, заместителя министра иностранных дел России Михаила Богданова с вице-президентом Гвинеи, ответственным за вопросы обороны и государственной безопасности, Теодоро Нгемой Обиангом Манге.

Развиваются межпарламентские связи. 16 июня 2015 года председатель Совета Федерации РФ Валентина Матвиенко приняла делегацию Сената Гвинеи во главе с Председателем Тересой Эфуа Асангоно. Прошла также встреча Тересы Эфуа Асангоно с заместителем председателя Государственной Думы РФ Владимиром Васильевым.

Тереса Эфуа Асангоно принимала участие во втором Евразийском женском форуме 20–21 сентября 2018 года в Санкт-Петербурге, где было подписано Соглашение о сотрудничестве между Советом Федерации и Сенатом Гвинеи.

Делегации Гвинеи принимали участие в прошедших в России международном форуме «Развитие парламентаризма» в 2018 году, парламентских конференциях «Россия – Африка» в 2019 и 2023 годах.

В сентябре 2024 года заместитель председателя Совета Федерации Константин Косачев на четвертом Евразийском женском Форуме в Санкт-Петербурге провел встречу с заместителем председателя Сената Гвинеи Анжелиной Адой Ондо.

По данным ФТС России, товарооборот РФ и Гвинеи в 2021 году составил более 1,5 миллионов долларов (российский экспорт – 1,5 миллиона долларов, импорт – 6,1 тысяч долларов) [4].

Основу экспорта составляют мясо и пищевые мясные субпродукты, импорта – древесина и изделия из нее.

Перспективные сферы взаимодействия между двумя странами – геологоразведка, совместная добыча и переработка углеводородов, электроэнергетика.

В 2019 году российские компании «Лукойл» и «Росгеология» подписали Меморандумы о взаимопонимании с министерством горной промышленности и углеводородов Гвинеи.

В 2020 году дочерние компании АО «Росгеология» – АО «Зарубежгеология» и АО «Южморгеология» – подписали с министерством горнорудной промышленности и углеводородов Гвинеи контракты на проведение первого этапа работ по сейсмическим исследованиям в транзитной зоне и государственному картированию в районе Рио-Муни [4].

Россия и Гвинея обсуждают возможность участия российских компаний в проекте центральноафриканской газотранспортной системы.

В 2021 году было согласовано право экспорта большого перечня продукции из России в Экваториальную Гвинею (в том числе, фуражного зерна, молока и молочных продуктов, пчелиного меда и продуктов пчеловодства, рыбы, ракообразных, моллюсков и др.).

Гвинея заинтересована в сотрудничестве с Россией в сфере рыболовства, в совместном исследовании и эксплуатации Гвинейского залива.

Гвинея также заинтересована в развитии туризма с Россией.

В июле 2023 года страна запустила электронные визы для всех иностранцев, в том числе россиян [2, 3].

Россия и Гвинея также взаимодействуют в военной сфере. В 2011 году стороны подписали межправительственное соглашение о военно-техническом сотрудничестве, сформировали межправительственную комиссию по ВТС, в российских военных вузах обучаются десятки гвинейских слушателей.

В июле 2015 года в ходе визита делегации минобороны России в Гвинею было подписано межправительственное российско-гвинейское Соглашение об упрощенном порядке захода военных кораблей РФ в порты этой страны.

В 2019 году начальник Генерального штаба Вооруженных Сил России генерал армии Валерий Герасимов обсудил с вице-президентом Гвинеи Теодоро Нгемой Обиангом Манге вопросы сотрудничества двух стран [4].

12 декабря 2023 года прошли переговоры замминистра обороны РФ Александра Фомина с вице-президентом Гвинеи Теодоро Нгемой Обиангом Манге.

В июне 2024 года в Малабо в ходе встречи заместителя министра обороны России Юнус-Бека Евкурова с вице-президентом Гвинеи Теодоро Нгемой Обиангом Манге было подписано соглашение о военной подготовке. Оно позволит российским инструкторам приезжать в страну для обучения солдат из различных корпусов национальной армии [4].

Основной формой взаимодействия в сфере научного и гуманитарного сотрудничества является подготовка экватогвинейских национальных кадров. С 1968 года в СССР/России подготовлено более тысячи экватогвинейских специалистов. В 2023 году Россия увеличила квоты для студентов из Гвинеи в российских вузах до 30 [4].

Список литературы:

1. Денисова Т.С. К вопросу об особенностях жизни в Гвинее. Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук». – СПб., 2025. – 199 с.
2. Павлов А.П. Многонациональные предприятия в инвестиционной стратегии Гвинеи. Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – Санкт-Петербург. – СПб. : Изд-во «КультИнформПресс», – 2025. – 245 с.
3. Сапунцов А.П. Гвинея вчера и сегодня. – М. : Путешествия в Африку, 2024. – 98 с.
4. Траоре Альфа. Перспективы развития промышленности в Гвинее. (электронная библиотека КиберЛенинка, 2025 год).

УДК 336.6

ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ АВИАКОМПАНИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF THE HYBRID AIRLINE MODEL TO ENSURE THE QUALITY OF PASSENGER SERVICE

Медведева В.В.
магистрант,
Кубанский государственный аграрный университет
medvedevav347@gmail.com

Жучков И.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное
ордена Кутузова училище лётчиков
zhuchkovi.53@mail.ru

Аннотация. Цель этого исследования – изучить различные стратегии, принятые авиакомпаниями для адаптации к происходящим изменениям при разработке продуктов и услуг для пассажиров с целью повышения их доходности, коэффициента загрузки и удовлетворенности пассажиров. Поиск баланса между затратами и качеством услуг в авиационной отрасли является важнейшей задачей для каждой авиакомпании, желающей получить конкурентное преимущество на рынке. Кроме того, при выборе бизнес-модели перед авиакомпаниями стоит множество проблем, поскольку грань между традиционными перевозчиками и бюджетными перевозчиками становится все тоньше с точки зрения затрат и инновационных идей, направленных на создание лучшего продукта для пассажиров.

Ключевые слова: авиационная отрасль, бизнес-модель, авиакомпания, качество продукции, качество обслуживания, лоукостер, удовлетворенность пассажиров, конкуренция, гибридная модель.

Medvedeva V.V.
Master's Student,
Kuban State Agrarian University
medvedevav347@gmail.com

Zhuchkov I.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation
Order of Kutuzov Flight School
zhuchkovi.53@mail.ru

Abstract. The purpose of this study is to examine the various strategies airlines have adopted to adapt to ongoing changes in the development of passenger products and services, with the goal of increasing profitability, load factors, and passenger satisfaction. Finding a balance between costs and service quality in the airline industry is a crucial task for every airline seeking a competitive advantage in the market. Furthermore, airlines face numerous challenges when choosing a business model, as the line between traditional carriers and low-cost carriers is becoming increasingly thin in terms of costs and innovative ideas aimed at creating a better product for passengers.

Keywords: aviation industry, business model, airline, product quality, service quality, low-cost airline, passenger satisfaction, competition, hybrid model.

На непредсказуемом мировом рынке авиаперевозок, а также в условиях динамичной и крайне изменчивой коммерческой среды, как традиционные компании, так и бюджетные перевозчики претерпели множество изменений. В то время как традиционные FSC компании (Full-Service Carrier– авиакомпании, предоставляющие полный спектр услуг) внедряют программы сокращения расходов, чтобы лучше конкурировать с набирающими популярность LCC перевозчики (Low-Cost Carrier лоукостеры – бюджетные авиакомпании с ограниченным набором стандартных услуг), последние стремятся увеличить свою долю рынка на ключевых стратегических рынках, где раньше доминировали традиционные компании. То, что мы видим сегодня, – это начало новой операционной модели, так называемой гибридной модели, которая сочетает в себе элементы как традиционных, так и бюджетных перевозчиков. Гибридная модель, призванная изменить представление об авиации, используется обоими типами авиаперевозчиков. В то время как FSC компании изо всех сил пытаются снизить издержки и увеличить дополнительные источники доходов, сохраняя хорошо известное качество традиционных авиаперевозчиков, бюджетные перевозчики частично перенимают элементы традиционной модель. LCC внедряют новые дополнительные источники доходов, перенося свою деятельность в более крупные аэропорты и увеличивая частоты рейсов на бизнес-маршрутах, чтобы повысить свою рентабельность. Жесткая конкуренция на рынке заставила компании уделять особое внимание качеству обслуживания и услуг, чтобы привлечь все больше пассажиров.

С точки зрения авиационной отрасли понятие качества, может трактоваться поразному в зависимости от компании. В то время как одни инвестируют в разработку новых программ лояльности, новых возможностей для пассажиров, новых продуктов для использования на борту, другие просто используют технологический прогресс как способ получения конкурентного преимущества на рынке. Кроме этого вторые меняют свое отношение к пассажирам, инвестируя в CRM – программы, которые предназначены для создания единой базы контактов и управления продажами.

Реакция авиакомпаний на текущие проблемы в авиационной отрасли вынуждает их адаптироваться и проявлять большую гибкость. Бизнес-модель и технологические инновации можно считать основными составляющими трансформации авиакомпаний. Способность авиакомпаний к адаптации и развитию имеет решающее значение для их выживания на высококонкурентном рынке. Гибридная бизнес-модель представляет собой новое направление в сфере инноваций для авиакомпаний и, по сути, является набором возможностей для создания ценности в соответствии с экономическими и социальными целями авиакомпаний.

Амит и Зотт(Авторы) в работе [1] предлагают определение бизнес-модели, которое описывает цель, структуру и управление транзакциями, направленными на создание ценности за счет изучения рыночных возможностей. Чтобы выделится на фоне конкурентов, некоторые лоукостеры внедряют бизнес-модели, которые включают в себя переход к работе в основных аэропортах, создание хабов и дополнительных маршрутов, предложение питания и других услуг на борту, а также вступление в альянсы или создание собственных союзов [2]. Борьба за пассажиров, ориентированных на экономию средств, также заставила многие авиакомпании изменить и адаптировать свою стратегию. Борьба за экономичных пассажиров вынудила многие традиционные FSC авиакомпании изменить свою стратегию. В работе [3] авторы утверждают, что большинство перевозчиков LCC приняли гибридную рыночную стратегию и изменили основные элементы своей базовой бизнес-модели. Фактически, современные авиакомпания приняли гибридную бизнес-модель (таблица 1), которая объединяет в себе лучшие черты как традиционной, так и бюджетной бизнес-модели, и балансирует между затратами (что, как известно, является приоритетом для лоукостеров) и ценностью (чем характеризуются авиакомпании, предоставляющие полный спектр услуг).

Таблица 1 – Характеристики гибридной модели авиакомпании (основные элементы LCC и FSC)

Гибридная модель авиакомпании	
Основные элементы бюджетных компаний (лоукостеров):	Основные элементы традиционных компаний с полным спектром услуг:
Гибкость тарифов на авиабилеты	Бронирование мест
Сокращенный объём общественного питания	Плата за еду и напитки не взимается
Время выполнения заказа менее 30 минут	Аудио/видео развлечения
Агрессивная маркетинговая политика	Программы лояльности
Определение цен на сектора полетов	Трансферные рейсы
Прямые продажи авиабилетов	Регистрация пассажиров до конечного пункта
Несколько маршрутов на основе «точка – точка»	Различные системные тарифы
	Сотрудничество с туристическими агентствами (продажи)

Качество с точки зрения авиации – это достаточно сложная тема, требующая множество моделей, методов и определений. Учитывая динамику рынка, авиакомпании вынуждены переориентироваться на клиентов, чтобы понять их потребности, предпочтения и ожидания – с момента поиска билета и до послеполетного обслуживания.

Оценка качества в авиационной отрасли может оказаться сложной задачей, учитывая различия в характеристиках услуг и товаров, главным образом потому, что нельзя применить набор физических аспектов из-за их нематериальности. В работах [3, 4] предполагается, что этапы процесса обслуживания основаны на жизненном цикле пассажира авиакомпании, который состоит из пяти стадий:

– **регистрация** – покупки/еда/напитки/работа, **досмотр** – покупки/еда/напитки/работа, **полет** – покупки/еда/напитки/работа; **получение багажа** – транспорт/ проживание/еда/покупки/осмотр достопримечательностей; **возвращение домой** – транспорт, парковка.

Авиакомпания может создавать преимущества на каждом этапе жизненного цикла пассажира.

В своей работе Е. Толпа [5] соглашается с тем, что в авиационной отрасли существует восемь аспектов процесса обслуживания: покупка билета, предполетные услуги, регистрация, услуги в аэропорту, вылет, услуги на борту, прибытие и действия после прибытия. Кроме того, качество обслуживания в авиационной отрасли определяется такими факторами, как надежность, гарантии, инфраструктура, персонал, организация полета, индивидуальный подход к клиентам и оперативность реагирования. Кронин и Брэди [6] предложили модель для измерения качества обслуживания, которая включает в себя следующие факторы: качество взаимодействия, качество физической среды обслуживания и качество результата. Эти три фактора, влияющие на качество, формируются под воздействием такими элементами, как отношение, условия окружающей среды, социальные факторы и даже время.

Кроме того, для оценки качества услуг необходимо понимать их природу. Поскольку услуги отличаются от товаров по своей сути и характеристикам, поэтому для поставщиков услуг очень важно использовать маркетинговые инструменты для развития услуг и повышения их качества. С точки зрения управления бизнесом, качество услуг является достижением в сфере обслуживания клиентов, поскольку они сравнивают воспринимаемую ценность с ожидаемой ценностью.

Взаимосвязь между качеством обслуживания и удовлетворенностью клиентов очень тесная, учитывая высокий уровень ожиданий клиентов от авиакомпаний, а также связана с воспринимаемыми и ожидаемыми услугами, которые могут привести к удовлетворению или неудовлетворению [7].

Ряд авторов определяют услугу как любое нематериальное действие, которое одна сторона предлагает другой стороне, и которое не приводит к приобретению чего-либо в собственность.

Применение гибридной модели: обеспечение качества для авиапассажиров

Жесткая конкуренция на рынке и в отрасли вынудила все авиакомпании, независимо от их бизнес-модели, к реструктуризации, созданию новых продуктов, оптимизации процессов, сокращению затрат и установлению очень агрессивных цен на ключевых маршрутах. В то время как в течение многих лет компании лоукостеры сосредотачивались только на ценообразовании и предложении базовых услуг, традиционные компании, которые ориентировались на качестве услуг и продукции, изменили свои стратегии, чтобы найти баланс между качеством и ценой.

То же самое делают и компании, работающие в сегменте лоукост-авиаперевозок. Они осознали, что цена больше не является решающим фактором при выборе авиакомпании пассажирами.

Кроме этого, некоторые компании специализируются на создании альянсов/партнерств, многоканальных стратегиях или разработке продуктов, интеграции новых продуктов и услуг, разработке программ обслуживания клиентов или даже изучении рыночных возможностей для повышения узнаваемости бренда и поиска выгодных маршрутов.

В настоящее время, в связи с рыночными условиями, определение бюджетной или традиционной бизнес-модели стало сложным, поскольку гибридная модель сочетает в себе стратегии экономии затрат, необходимые для бюджетной модели, с качественным обслуживанием и системой маршрутов, необходимой для традиционной модели. Эти изменения имеют большое значение для пассажиров, которые становятся все более требовательными к ценам, но также и довольно избирательными, когда дело доходит до поиска качественного обслуживания.

Тенденция к переходу на гибридную бизнес-модель оказывает прямое влияние на все операции авиакомпаний. Этот переход означает все большее внимание к использованию технологий для обеспечения гибкости обслуживания пассажиров и быстрого бронирования билетов, а также к интеграции технологий в обслуживание на борту

самолета. Кроме того, с точки зрения авиакомпаний, инвестиции в технологии помогают авиакомпаниям получить представление о маркетинговых возможностях, а также о поведении пассажиров с точки зрения качества обслуживания. Более того, по мере того как гибридные авиакомпании продолжают расширяться на рынках, технологии также помогают авиакомпаниям предоставлять качественное обслуживание, сохраняя при этом более низкие затраты, учитывая сложность операций.

Внедрение гибридной модели авиаперевозок предоставляет пассажирам больше свободы в выборе маршрута, поскольку все больше и больше компаний заключают партнерские отношения с другими компаниями, что позволяет пассажирам пересаживаться с одного рейса на другой в крупных узловых аэропортах (например, компании, выполняющие рейсы малой и средней протяженности, сотрудничают с дальнемагистральными перевозчиками). Таким образом, во многих случаях качество означает наличие подходящего расписания рейсов по ключевым маршрутам, которые приносят наибольший доход.

Гибридная модель стимулирует компании предлагать широкий спектр услуг для всех сегментов пассажиров, увеличивая доходы за счет дополнительных источников прибыли. Это помогает пассажирам выбирать и в то же время делает их путешествие более привлекательным и комфортным.

Одним из наиболее важных аспектов, касающихся взаимосвязи между гибридными авиакомпаниями и качеством обслуживания, является управление взаимоотношениями с клиентами. Как правило, чувствительные к цене пассажиры редко остаются лояльными к какой-то одной определенной авиакомпании, поскольку цена уже не является уникальным коммерческим предложением. Чтобы предлагать качественные услуги, авиакомпании понимают важность управления взаимоотношениями с пассажирами.

Как правило, в авиационной отрасли авиакомпании работают с третьими сторонами, такими как компании, предоставляющие услуги по наземному обслуживанию, или аэропорты. Общее воспринимаемое качество обслуживания включает в себя взаимодействие авиакомпаний, компаний, предоставляющих услуги по наземному обслуживанию и аэропортов. Для удовлетворения потребностей клиентов гибридным авиакомпаниям необходимо знать своих клиентов и их ожидания.

Этот вопрос можно разделить на несколько составляющих в зависимости от типа пассажиров.

Если гибридная авиакомпания работает в крупных аэропортах, она ориентирована на бизнес-клиентов, которым важны: регулярность рейсов, быстрая посадка и качественное обслуживание. Регулярность рейсов на всех маршрутах также помогает авиакомпании снизить свои расходы, поскольку она получает большие скидки от крупных аэропортов, скидки за посадку, скидки за коэффициент загрузки и т.д. Чтобы соответствовать этим принципам, многие авиакомпании, стремясь снизить свои расходы, полностью заполняют свои самолеты местами эконом-класса, но при этом предлагают пассажирам возможность выбора места с большим пространством для ног или индивидуальный пакет услуг при бронировании. Получаемая прибыль увеличивается за счет дополнительных доходов, получаемых от клиентов которые, вылетают из крупных аэропортов.

Крупные аэропорты предлагают клиентам, выбирающим этот тип аэропорта, качественные условия обслуживания, в основном за счет более дорогостоящего оборудования. В региональных аэропортах создание качественной инфраструктуры обходится значительно дороже. Кроме того, большее количество операторов по обслуживанию грузов, обеспечивают авиакомпаниям гибкость в работе.

Если гибридная авиакомпания работает в региональном, небольшом аэропорту, она часто ориентируется на туристический или этнический поток. Знание типа клиентов, летающих из аэропортов такого типа, имеет решающее значение для разработки стратегии. Кроме того, по мере изменения предпочтений гибридным компаниям необходимо искать то, что нужно клиентам в зависимости от региона.

В авиационной отрасли качество обслуживания оценивается с момента бронирования до послеполетного обслуживания. Чрезвычайно важно анализировать каждый этап и то, что делают авиакомпании для поддержания качества.

Покупка билетов: согласно авиационной статистике 80 % пассажиров покупают билеты на сайте компании, в то время как остальные – через другие источники. В по-

следние несколько лет бюджетные авиакомпании, переходящие на более гибкую модель, делают выбор в пользу системы GDS (Global Distribution System – всемирная система бронирования), чтобы охватить широкую сеть маршрутов, особенно в небольших городах. По данным журнала Flightglobal Magazine, авиакомпания China Eastern является наглядным примером того, почему гибридные авиакомпании используют дистрибуцию GDS для изменения своей бизнес-стратегии. Они ориентируются на продажу билетов деловым путешественникам, которые по-прежнему пользуются услугами туристических агентств. Кроме того, все больше компаний уделяют особое внимание использованию технологий для создания преимуществ пассажирам на этом этапе путешествия.

Создание удобных для пользователей веб-сайтов, простых в навигации, с большим количеством способов оплаты для пассажиров, гибкими условиями оплаты или даже увеличение количества тарифных планов, включающих базовые услуги или дополнительные групповые услуги, которые часто дешевле, чем при покупке по отдельности. Поскольку все больше гибридных авиакомпаний ориентируются на клиента и для них важно создавать качественные услуги с самого начала.

Предполетное обслуживание: компании часто взимают плату с клиентов, если те хотят внести изменения в бронирование. Компании, широко представленные на ключевых стратегических рынках, делают акцент на предоставление выгодных условий, разрешая вносить изменения в бронирование бесплатно в некоторых случаях. Кроме того, такие авиакомпании становятся более лояльными к клиентам, увеличивая норму провоза багажа на борту или даже снижая тарифы. Зачастую клиенты положительно воспринимают эти небольшие изменения. Другие предлагают дополнительные услуги, такие как вызов такси, бронирование отелей, уже после оформления билета.

Услуги по регистрации на рейс: качество этих услуг зависит от инфраструктуры аэропорта, отношения сотрудников и даже политики компании. Все больше компаний предлагают пакетов услуг для пассажиров, чтобы увеличить свою прибыль и в тоже время повысить ценность своих услуг для пассажиров. Например, Etihad Airways – национальная авиакомпания ОАЭ, предлагает несколько вариантов пакета услуг: от базового пакета (билет плюс небольшой багаж) до бизнес-пакета, который включает в себя все услуги, которые может предложить авиакомпания. При этом компаниям необходимо убедиться, что инфраструктура аэропорта соответствует требованиям, поскольку все больше пассажиров предъявляют повышенные запросы: вход в бизнес-зал, индивидуальная регистрация на рейс и так далее.

Услуги в аэропорту: зачастую пассажиры оценивают качество обслуживания в аэропорту выше, чем авиакомпании. Авиакомпании должны быть уверены, что аэропорт, в котором они работают, удовлетворяет всем их требованиям. Кроме того, компании тесно сотрудничают с аэропортами для увеличения дополнительных доходов, предлагая при этом качественные услуги для пассажиров, например, возможность приятно провести время до вылета.

Отправление: момент, когда пассажир готов покинуть аэропорт и вылететь в пункт назначения. Многие авиакомпании предлагают такие услуги, как приоритетная посадка. Кроме того, некоторые компании требуют, чтобы посадка осуществлялась через телетрапы, чтобы создать у пассажира положительное представление об этом элементе полета.

Услуги по прибытию и после прибытия: компании должны обеспечить безопасную доставку багажа в пункт назначения и тесно сотрудничать с компанией, занимающейся обработкой багажа. Кроме того, крайне важно предлагать персонализированные услуги, такие как ускоренное паспортное оформление.

Обслуживание по прибытию и после прибытия: компании должны гарантировать, что багаж в целости и сохранности прибудет в пункт назначения, и тесно сотрудничать с транспортной компанией. Бюджетные авиакомпании сосредоточились на стимулировании спроса за счет низких тарифов, в то время как для авиакомпаний полного спектра услуг ключевым моментом является акцент на общем впечатлении пассажиров от перелета, а для гибридных авиакомпаний – соотношении цены и качества. По мере появления возможностей, гибридные авиакомпании предпринимают шаги по созданию виртуальной сети, напрямую сотрудничая с другими перевозчиками, независимо от их членства в альянсе. Например, авиакомпания Emirates заключила партнерские согла-

шения с American Airlines, чтобы перенаправлять пассажиропоток через свой хаб в Дубае.

Компании также разрабатывают продукты и программы лояльности, как для отдельных пассажиров, так и для крупных компаний, чтобы поощрять наиболее ценных клиентов и улучшать их впечатления от перелетов с помощью дополнительных услуг. Чтобы повысить рентабельность, компания сосредоточилась на внедрении таких элементов, как туристические пакеты (от базовых до гибких бизнес-пакетов). Не прибегая к сокращению затрат, некоторые компании решили сосредоточить усилия на предоставлении каждому типу пассажиров именно тех услуг, которые им необходимы и предлагают качественные услуги в аэропортах, например, в сегменте развлечений.

Другие перевозчики внедрили новые технологии и предложили пассажирам множество вариантов бронирования. Так Spring Airlines Китай, один из крупнейших перевозчиков, сосредоточил свои усилия на позиционировании на рынке как сверхбюджетный перевозчик. Фактически, компания работает как в крупных, так и в региональных аэропортах, в зависимости от обслуживаемого рынка. На ключевых маршрутах она предлагает гибкие условия, а также обслуживание в крупных аэропортах, предоставляя при этом базовый набор услуг на борту. Компания компенсирует недостатки базового продукта надежностью, пунктуальностью, безопасностью и другими ключевыми качествами, которые учитываются каждым пассажиром при выборе авиакомпании.

После анализа ситуации в авиационной отрасли с точки зрения гибридных авиакомпаний и их влияния на качество обслуживания, можно сделать следующий вывод. Многие авиакомпании, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке, выделяют значительно больше средств, чем в предыдущие годы, на создание комфортных условий для пассажиров, разработку новых услуг и продуктов, чтобы выделиться на фоне конкурентов. Качество обслуживания останется бесспорным ключевым элементом для авиационной отрасли на долгие годы вперед. Авиакомпаниям необходимо лучше понимать своих клиентов и повышать качество обслуживания на всех этапах полета. Использование современных технологий повысит удовлетворенность пассажиров за счет сокращения задержек рейсов и повышения уровня безопасности.

Список литературы:

1. Amit R. Creating value through business model innovation / R. Amit, C. Zott // MITSloan Management Review. – 2012. – Vol. 53 – № 3.
2. De Wit, Zuiberg. Route churn: an analysis of low-cost carrier route continuity // Journal of Transport Geography. – 2016. – № 50. – P. 57–67.
3. Klophaus R. Low costs going hybrid: Evidence from Europe / R. Klophaus, R. Conrady, F. Fichert // Journal of Air Transport Management. – 2012. – № 23. – P. 54–58.
4. Tiernan S. Airline alliance service quality performance-An analysis of US and EU member airlines / S. Tiernan, D. Rhoades, B. Waguespack // Journal of Air Transport Management. – 2008. – № 14(2). – P. 99–102.
5. Tolpa E. Measuring customer expectations of service quality: case airline industry. Master Thesis. Aalto University School of Economics. – 2012. – 187 p.
6. Brady M.K. Some new thoughts on conceptualizing perceived service quality: a hierarchical approach / M.K. Brady, Jr J. Cronin // Journal of Marketing. – 2011. – № 65(3). – P. 34–49.
7. Loyalty's Influence on the Consumer Satisfaction and (Re) Purchase Behavior Relationship / T. Leingpibul [et al.] // Journal of Consumer Satisfaction, Dissatisfaction and Complaining Behavior. – 2009. – № 22. – 36 p.

УДК 355.233.231.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ДЛЯ УСПЕШНОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПАТРИОТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ У ВОЕННОСЛУЖАЩИХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВОЕННОМ ВУЗЕ

♦♦♦♦♦

DETERMINATION OF PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE SUCCESSFUL FORMATION OF PATRIOTIC IDEAS AMONG MILITARY PERSONNEL IN THE PROCESS OF TRAINING AT A MILITARY UNIVERSITY

Катенин А.С.
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище лётчиков
mvkulikov@list.ru

Курбасов А.М.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное ордена Кутузова училище лётчиков
mvkulikov@list.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается необходимость реализации государственной задачи по воспитанию патриотизма у граждан Российской Федерации и влияние педагогических условий процесса обучения на формирование патриотизма у курсантов в военном вузе.

Ключевые слова: патриотизм, воспитание, подготовка военнослужащих, процесс обучения, условия воспитания, самосознание, выбор профессии.

Katenin A.S.
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
mvkulikov@list.ru

Kurbasov A.M.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Aviation Order of Kutuzov Flight School
mvkulikov@list.ru

Abstract. This article discusses the need to implement the state task of fostering patriotism among citizens of the Russian Federation and the impact of pedagogical conditions on the formation of patriotism among cadets at a military university.

Keywords: patriotism, education, training of military personnel, learning process, conditions of education, self-awareness, and career choice.

В настоящее время наше государство проводит специальную военную операцию (СВО) по защите конституционных прав и свобод русскоязычного населения Украины и для предотвращения военной агрессии националистическими вооружёнными формированиями против Российской Федерации (РФ). В этих не простых условиях, как никогда необходима консолидация общества и вооружённых сил с российским руководством для достижения целей СВО.

Проведение данной СВО требует восполнение мобилизационного ресурса Российской армии мотивированными, подготовленными военнослужащими различных специальностей и обеспечения нужд армии материально-техническими средствами, особенно отличающимися по номенклатуре от стандартного снабжения Вооружённых сил.

Как в годы Великой Отечественной войны, население нашей страны, в добровольном порыве начало помогать в организации восполнения материально-техническими ресурсами подразделений, выполняющих боевую задачу, поставленную Президентом Российской Федерации. Это невозможно без душевного патриотического порыва жителей нашей страны. Нашему народу свойственно объединяться для преодоления различных внешних угроз, исходящих от западного мира. А это не возможно без должного патриотического воспитания подрастающего поколения граждан страны и поднятия уровня патриотизма остального населения.

Актуальность проблемы формирования патриотизма у граждан России обозначена в Доктрине национальной безопасности РФ, в Стратегии национальной безопасности, где отмечается, что одной из угроз выступает разведывательная активность иностранных государств, направленная на внутреннюю дестабилизацию общества с целью подрыва его единства и конституционных устоев.

Анализ литературы показал, что актуализируя значимость для национальной безопасности, в учебных заведениях недостаточно уделяется внимание патриотическому воспитанию обучающихся. Особенно это проявляется в вузах, проводящих обучение граждан РФ и иностранных государств. В связи с этим становится актуальным и

остро необходимым решение проблемы патриотического воспитания молодёжи в процессе получения образования во всех образовательных учреждениях.

Решение проблем образования невозможно без реализации эффективных педагогических условий, на что указывают множество диссертационных исследований, в названиях которых содержится словосочетание «педагогические условия». Это подтверждает сформированный запрос в электронной библиотеке https://elibrary.ru в рубрикаторе «Народное образование. Педагогика», который выдал множество результатов (более 680) диссертационных исследований [2, с. 202].

В.А. Беликов отмечает, что выявление условий составляет важнейшее методологическое требование при проведении исследования любого процесса, системы или явления. Актуальность определения педагогических условий для успешности процесса патриотического воспитания обучаемых в вузах страны объясняется постоянными социокультурными трансформациями среди молодежи, в ряде случаев негативными, которые в свою очередь обусловлены процессами глобализации, интеграции, информатизации пространства.

Особенно это стало заметно сейчас, в период проведения СВО. Когда стирается грань между «фронтом» и тыловыми районами ввиду участившихся случаев нанесения ударов беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) противника по территории Российской Федерации от Донбасса до Урала. При возникновении таких угроз, для предотвращения точности поражения намеченных целей БПЛА на территории ряда субъектов РФ ограничивается доступ в интернет или полностью отключается. А отдыхающее, развлекающееся население возмущается «ущемлением своих прав» в доступе к информационному пространству и благам, связанным с ним. Не это ли является признаком снижения самосознания, патриотизма, и жизненной позиции жителей страны и её наиболее активной части – молодёжи?

Несмотря на большой объём исследований в сфере военного воспитания (А.А. Аронов, И.А. Алёхин, А.В. Барабанщиков, Ю.К. Бахтин, А.С. Вергузь, И.И. Грунтовский, Ю.В. Дорохова, С.Н. Ермоченко, О.А. Исаков, Н.В. Ипполитова, Н.С. Кутов, Д.С. Крутилин, А.В. Князев, Р.А. Лайшев, В.Ю. Микрюков, И.А. Прилюдько, О.И. Павелко, А.Ю. Судаков, И.Ф. Харламов, Л.Н. Шарахова, Г.И. Щукина и др.), ни одно из них не раскрывает подходов и условий к решению проблемы формирования патриотических представлений о защите отечества у курсантов военных учебных заведений [1, с. 122].

Проблема готовности истинного и осознанного служения Родине всегда вызывала повышенный интерес у педагогов, историков, психологов. Аспекты готовности молодежи к военной службе отражены в работах Е.В. Воробьёвой, Н.И. Гарипова, Н.И. Евсюковой, О.Е. Рындиной и др., в тоже время не раскрыты проблемы готовности молодежи допризывного возраста хранить государственную тайну, проходя в будущем военную службу.

Воспитанию патриотических чувств, ценностного отношения к военной службе у обучающихся посвящены научные исследования Н.В. Адаевой, А.В. Баранова, А.Ю. Войкина, А.П. Герасимова, Н.И..Евсюковой, Г.В. Здеревой, И.В. Кострулевой, Р.А. Лайшева, В.Ю. Микрюкова, А.Е. Мешкова, В.В. Пионтковского, С.П. Полякова, И.В. Прошек, В.А. Петринас и др., однако они не отражают условий воспитания, необходимых для принятия идей самоотверженного служения Отечеству среди курсантов военных учебных заведений.

Особенности молодежного возраста и необходимость в этот период формировать позитивное и ответственное отношение к военной службе указывается в работах Г.М. Андреевой, Б.С. Волкова, И.А. Зимней, Е.Н. Карелкина, И.С. Кона, О.В. Курышевой, Г. Крайга, В.Т. Лисовского, Е.В. Семёнова, В.А. Ситарова, Д.И. Фельдштейна, А.И. Шутенко, Е.Н. Шутенко и др. Вместе с этим, не раскрыт вопрос необходимости воспитания патриотического чувства ответственности к служению Отечеству, неся службу в Вооружённых силах РФ, готовности выполнить свой воинский долг по защите Отечества. Об этом свидетельствует некоторое число курсантов, написавших рапорта об отчислении из военных училищ в 2022 г. после начала СВО, аргументируя их ошибкой выбора профессии.

Важную роль образовательных организаций в воспитании молодежи допризывного возраста отмечают учёные: А.В. Баранова, Е.В. Гайманова, Е.А. Ланских, В.Ф. Самохин, А.А. Селуянов и др. однако не выявлены педагогические условия и подходы,

способствующие формированию патриотических представлений у допризывной молодежи накануне поступления в военные учебные заведения и курсантов вузов первых, вторых курсов при обучении на военной службе.

Несмотря на изученность проблемы формирования ответственного отношения молодежи к военной службе, нравственного долга к служебным обязанностям в период допризывной подготовки фиксируется недостаточность научного знания как в понимании и содержательном наполнении процесса формирования представлений о необходимости реального патриотического воспитания, как неотъемлемой части обязанностей военнослужащего, его обусловленности особенностями подросткового и юношеского возраста, так и в предлагаемых формах и методах реализации, в частности, в рамках образовательных организаций. А если не будет сложившегося понимания необходимости истинного патриотического чувства к Родине, как может такой человек идти на военную службу, поступать в военное училище?

Особенно это касается подготовки военнослужащих различных специальностей, которые эксплуатируют всё усложняющуюся боевую технику. В частности в авиации, в результате совершенствования летательных аппаратов коренным образом изменился характер вооружённой борьбы в воздухе. Она отличается высокой маневренностью, скоротечностью и напряжённостью, быстрым изменением обстановки, расширившимися возможностями применения вооружения и общим повышением боевой эффективности.

Чтобы действовать в таких условиях, лётчик должен отличаться решительностью, наступательным порывом и боевой дерзостью, инициативой и находчивостью, уметь взаимодействовать, проявлять тактическую внезапность, сочетать маневр с применением средств поражения. Для этого ему, как никогда ранее, необходимы сейчас глубокие теоретические знания, разносторонние профессиональные умения и навыки, физическая выносливость, высокие морально-боевые качества и психологическая устойчивость, а так же высокий уровень патриотического сознания, без которого не возможна победа при ведении боевых действий [3, с. 124]. В процессе лётной подготовки приоритет должен принадлежать вопросам формирования и развития активной творческой личности специалиста, оперативного мышления в больших системах, способности к самоанализу, физиологической и психической саморегуляции, воспитания высокого патриотизма и профессионализма.

Важно сознательное отношение преподавателя, лётчика-инструктора и курсанта к формированию и развитию в процессе обучения в ВВАУЛ необходимых лётчику профессионально важных качеств. Сознательность определяет нравственные принципы патриотизма и самоотверженности, профессионального поведения, отношение к своему профессиональному становлению, способствует превращению знаний в убеждения. Сознательное отношение к лётному обучению способствует также приобретению таких качеств, как целеустремленность, дисциплинированность, исполнительность, самопожертвование в тяжёлых боевых ситуациях.

При выборе профессии большинство обучающихся российских вузов демонстрируют неосознанную некомпетентность – т.е. проявляют довольно низкую осведомленность о современном мире профессий и системе среднего профессионального образования (СПО) или высшего образования (ВО), при невысоком уровне мотивации к выбору и освоению инструментов выбора. При самоопределении обучающихся демонстрируют зависимость от стереотипов и мнений окружающих и в целом не воспринимают выбор карьерной траектории как актуальную для себя жизненную задачу.

Анализ практического опыта, правовых актов стратегического планирования развития нашей страны и регулирующих процесс обеспечения национальной безопасности, а также научных исследований позволил выявить противоречия следующего характера:

– между запросами и потребностями общества и государства (социальным и государственным заказом) в формировании патриотических представлений о защите Отечества и недостаточным, на сегодняшний день, уровнем научных знаний о педагогических условиях, направленных на обеспечение эффективности указанного процесса, учитывая специфические особенности молодежи допризывного возраста и курсантов начальных курсов обучения в военных учебных заведениях;

– между текущим уровнем теоретического осмысления проблемы формирования патриотических представлений по защите Отечества и отсутствие проработки такого рода педагогических условий в институтах социализации;

– между потенциалами использования учебной деятельности для формирования патриотических представлений по защите Отечества у курсантов начальных курсов обучения в военном учебном заведении и слабой проработанностью вопросов о средствах, методах и походах к успешной (эффективной) реализации такого рода процессов.

Рассмотренные противоречия обусловили необходимость решения следующей проблемы: какие педагогические условия необходимо реализовать для успешного формирования патриотических представлений военнослужащего в процессе обучения в военном вузе.

Процесс формирования патриотических представлений курсантов военного учебного заведения будет успешным, если:

– будет сформирован методологический аппарат и сформулированы критерии и показатели оценки уровня сформированности патриотических представлений формирования патриотических представлений курсантов как военнослужащих в процессе обучения в военном вузе;

– военно-патриотическая и воспитательно-образовательная программы в образовательном учреждении будет включать элементы и блоки, направленные на формирование патриотических представлений курсантов как военнослужащих в процессе обучения в военном вузе;

– определить педагогические условия, способы их реализации и обеспечить их выполнение посредством разработанной модели реализации педагогических условий формирования патриотических представлений курсантов как военнослужащих в процессе обучения в военном вузе.

Для реализация процесса патриотического воспитания курсантов требуется решение следующих задач:

– определить совокупность педагогических условий воспитания курсантов начальных курсов обучения, обеспечивающих понимание и принятия идей добросовестного выполнения общих обязанностей военнослужащих курсантами в процессе обучения в военном вузе как компонентов патриотического воспитания;

– обосновать структуру модели реализации педагогических условий формирования патриотических представлений по защите Отечества у курсантов начальных курсов обучения в военном учебном заведении;

– экспериментально обосновать эффективность процесса формирования представлений по защите Отечества у курсантов начальных курсов обучения в военном учебном заведении, реализующем совокупность выявленных педагогических условий.

Список литературы:

1. Бурлакова И.И. Патриотическое воспитание: от теории к практике : метод. пособие. – М. : Перспектива, 2015. – 174 с.
2. Володин А.А. Анализ содержания понятия «организационно-педагогические условия» / А.А. Володин, Н.Г. Бондаренко // Известия Тульского государственного университета. Гуманитарные науки. – Вып. 2. – 2014. – 252 с.
3. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. – Красноярск : Поликом, 2006. – 629 с.

Научное издание

XVI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, ПОСВЯЩЕННАЯ 65-й ГОДОВЩИНЕ ПОЛЕТА Ю.А. ГАГАРИНА В КОСМОС

15–16 апреля 2026 года

Сборник научных статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – О.Я. Фоменко
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева
Дизайн обложки – М.Б. Жаренко

Подписано в печать 02.06.2026
Бумага «Снегурочка»
Печ. л. 30,13
Усл. печ. л. 28,02
Уч.-изд. л. 25,22

Формат 60×84 1/8
Печать трафаретная
Изд. № 1450
Тираж 50 экз.
Заказ № 2661

ООО «Издательский Дом – Юг»
350010, г. Краснодар, ул. Зиповская 9, литер «Г», оф. 41/3
тел. +7(918) 41-50-571

e-mail: id-yug@id-yug.com Сайт: http://id-yug.com