Министерство обороны Российской Федерации

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

XV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, ПОСВЯЩЕННАЯ 64-й ГОДОВЩИНЕ ПОЛЕТА Ю.А. ГАГАРИНА В КОСМОС

15–16 апреля 2025 года

Сборник научных статей

Краснодар
2025

УДК 629.7
ББК 39.53
М43

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

М43 **XV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос** (15–16 апреля 2025 года) / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – 478 с.

ISBN 978-5-91718-785-3

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 978-5-91718-785-3

© Коллектив авторов, 2025
© КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова, 2025
© Оформление ООО «Издательский Дом – Юг», 2025

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

Сныткин И.И., **Захаренко Г.И.**, **Захаренко Д.Г.**
Моделирование и установление свойств детерминированности частных автокорреляционных функций двукратных производных нелинейных рекуррентных последовательностей «комбинированного» типа в интересах реализации третьей решающей схемы 15

Snytkin I.I., **Zakharenko G.I.**, **Zakharenko D.G.**
Modeling and establishing the properties of determinism of partial autocorrelation functions of double derivatives of non-linear recurrent sequences of «combined» type in the interests of implementing the third decision scheme

Князев А.С., **Синёв Ф.М.**, **Фурсова В.А.**
Применение компьютерных моделей авиационных приборов и индикаторов при обучении летного состава 21

Knyazev A.S., **Sinev F.M.**, **Fursova V.A.**
The use of computer models of aircraft instruments and indicators in flight personnel training

Воробьев Е.В., **Воробьев С.С.**, **Бойко С.В.**
«Баба-Яга» – тяжёлые БПЛА коптерноготипа 28

Vorobyev E.V., **Vorobyev S.S.**, **Boyko S.V.**
«Baba Yaga» heavy UAVS of the copter type

Гордиенко С.А., **Маркелов В.И.**
Применение огнестрельного стрелкового оружия по воздушным целям с борта БПЛА 35

Gordienko S.A., **Markelov V.I.**
Use of small firearms against air targets from UAVS

Захаренко Г.И.
Синтез алгоритмов измерения дальности до воздушной цели в когерентно-импульсной РЛС, работающей в режиме квазинепрерывного излучения 40

Zakharenko G.I.
Synthesis of algorithms for measuring the range to an airborne target in coherent-pulse radars operating in the mode of quasi-continuous radiation in quasi-continuous radiation mode

Попов И.А., **Коновальцев Э.В.**
К вопросу применения прикладных программ для проведения занятий по дисциплине «Беспилотные летательные аппараты» 48

Popov I.A., **Konovaltsev E.V.**
On the issue of using application programs for conducting classes on the subject «Unmanned aerial vehicles»

Григорьев А.В.
Анализ специальных систем, комплексов и средств, внедрение в которых афар будет оптимальным по критерию «эффективность-стоимость» 52

Grigoriev A.V.
Analysis of special systems, complexes and facilities, implementation in which afar will be optimal by the criterion «efficiency-cost»

Карташев М.Н.
Применение активных фазированных антенных решеток в процессе модернизации самолетных систем дальнего радиолокационного обнаружения и систем связи 59

Kartashev M.N.
Application of active phased antenna arrays in the process of modernization of aircraft long-range radar detection and communication systems

Культурмиди К.П.
Структура банка данных радиолокационных эталонных портретов сигналов, отраженных от воздушных целей 63

Kulturmidi K.P.
Structure of a databank of radar standard portraits of the signals reflected from air targets

Конотоп В.И., **Бевераки С.А.**, **Катенин А.С.**
Настройка графического процессора для работы с нейронными сетями 69

Konotop V.I., **Beveraki S.A.**, **Katenin A.S.**
Setting up a gpu for working with neural networks

Катенин А.С., **Курбасов А.М.**
Влияние подготовки и воспитания авиационных специалистов на качество выполнения ими функциональных обязанностей 74

Katenin A.S., **Kurbasov A.M.**
Influence of effect of training and education of aviation specialists on the quality of their functional duties

Мажирин Ю.А., **Сувантхонг С.М.**
Применение Starlink в зоне боевых действий 79

Mazhirin Yu.A., **Suwanthong S.M.**
The use of Starlink in a combat zone

Окунев В.И.
Решение проблемы радиолокационного контроля территории страны как необходимый компонент успешной борьбы с дронами ВСУ 86

Okunev V.I.
The problems of radar control of the country's territory as a necessary component of the successful fight against drones of the armed forces of Ukraine

Мажирин Ю.А.
Способы борьбы с беспилотными летательными аппаратами в современных условиях 92

Mazhirin Yu.A.
Means of combating uavs in modern conditions

Кучевский С.В.
Кластерная система обеспечения жизнедеятельности экипажа 97

Kuchevsky S.V.
Cluster crew life support system

Савченко М.М.
Энергетические средства механизации крыла 101

Savchenko M.M.
Energy means of wing mechanization

Ярмыш В.А.
Экспериментальное определение бризантности
и фугасности взрывчатых веществ 106

Yarmysh V.A.
Experimental determination of brisance and high explosive properties

Ракло А.В., **Кругликов А.Е.**, **Сизов А.В.**
Проблемы изучения «человеческого фактора»
в вопросах безопасности полетов 113

Raklo A.V., **Kruglikov A.E.**, **Sizov A.V.**
Problems of studying the «human factor» in fligt safety issues

Попов А.Ю., **Кашин Я.М.**, **Князев А.С.**
Преимущества применения интеллектуальных систем электроснабжения
в полностью электрических самолетах 118

Popov A.Yu., **Kashin Ya.M.**, **Knyazev A.S.**
The advantages of using intelligent power supply systems
in fully electric aircraft

Гордиенко С.А., **Маркелов В.И.**
Условия поражения топливного бака воздушной цели содержащего канальный
пористый наполнитель пулями огнестрельного стрелкового оружия 122

Gordienko S.A., **Markelov V.I.**
Conditions for hitting the fuel tank of an air target containing
a channel porous filler with small arms bullets

Кругликов А.Е., **Сизов А.В.**, **Ракло А.В.**
Коммуникация в авиации: речевые и психологические аспекты радиообмена 127

Kruglikov A.E., **Sizov A.V.**, **Raklo A.V.**
Communication in aviation: speech and psychological aspects of radio exchange

Шипулин М.В.
Лучшие истребители вооруженных сил 131

Shipulin M.V.
The best fighters of the armed forces

Шерстюк Р.С., **Сорокин С.В.**
Современные средства индивидуальной медицинской помощи
военнослужащих вооруженных сил Российской Федерации и армии США 137

Sherstyuk R.S., **Sorokin S.V.**
Modern means of individual medical care for military personnel
of the armed forces of the Russian Federation and the United States

Сизов А.В., **Кругликов А.Е.**, **Ракло А.В.**
Перспективные компоновки беспилотных летательных аппаратов 144

Sizov A.V., **Kruglikov A.E.**, **Raklo A.V.**
Promising configurations of unmanned aerial vehicles

Шипулин М.В.
Инновация в управлении самолетом истребительной авиации
вооруженных сил Российской Федерации 153

Shipulin M.V.
Innovation in the control of fighter aircraft
of the armed forces of the Russian Federation

Петренко В.Н., **Божко С.В.**
Метод войскового ремонта элементов конструкции вертолета
при помощи клеевого соединения 157

Petrenko V.N., **Bozhko S.V.**
The method of military repair of structural elements using a glued joint

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Скивка Е.М.**
Особенности работы двигателя внутреннего сгорания
и пути его усовершенствования 162

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Skivka E.M.**
Work features internal combustion engine and ways to improve it

Божко С.В., **Цепкало Д.Р.**, **Курбасов А.М.**
Самолеты с ядерными двигателями 166

Bozhko S.V., **Tsepkalo D.R.**, **Kurbasov A.M.**
Nuclear-powered aircraft

Панков В.П., **Степанова М.В.**, **Корниенко А.А.**, **Рачук И.П.**
Исследования металломатричных композиционных материалов
и прогнозирование их свойств 172

Pankov V.P., **Stepanova M.V.**, **Kornienko A.A.**, **Rachuk I.P.**
Research of metal matrix composite materials and prediction of their properties

Гордиенко С.А., **Маркелов В.И.**
Составные части микротерминосистемы работы сверхзвукового
входного устройства силовой установки воздушного судна 178

Gordienko S.A., **Markelov V.I.**
Components of the microterminological system of operation
of the supersonic input device of the aircraft power plant

Падалка А.П., **Калюжный К.В.**, **Бородулин Д.И.**
Повышение прочности и улучшение характеристик рабочих лопаток
первой ступени осевого компрессора газотурбинного двигателя 187

Padalka A.P., **Kalyuzhny K.V.**, **Borodulin D.I.**
Increasing the strength and improving the characteristics of the working blades
of the first stage of the axial compressor of a gas turbine engine

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Васюк Л.С.**
Что влекут за собой загрязнения моторных масел авиадвигателей 191

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Vasyuk L.S.**
What does pollution entail engine oils of aircraft engines

Терехов В.В.
Анализ конструктивных особенностей устройств очистки жидкости
на основе спирали Архимеда 196

Terekhov V.V.
Analysis of the design features of liquid purification devices based
on the Archimedes spiral

Гордиенко С.А., **Маркелов В.И.**
Практика терминоведения при рассмотрении характеристик
сверхзвукового входного устройства силовой установки воздушного судна 201

Gordienko S.A., **Markelov V.I.**
Practice of terminology when considering the characteristics
of the supersonic input device of the aircraft power plant

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Япиев М.К.**
Как качество топлива влияет на летно-технические характеристики
летательного аппарата 208

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Yapiev M.K.**
How does fuel quality affect the flight performance of an aircraft

Падалка А.П., **Горбачёв Д.А.**, **Тюленов М.С.**
Ремонт лопаток ГТД методом лазерного напыления 212

Padalka A.P., **Gorbachev D.A.**, **Tyulenov M.S.**
Repair of GTD blades by laser spraying

Панков В.П., **Куликов М.В.**, **Швецов А.А.**, **Мудрецкий Р.Н.**
Исследования полимерных композиционных материалов
и прогнозирование их свойств 218

Pankov V.P., **Kulikov M.V.**, **Shvetsov A.A.**, **Mudretsky R.N.**
Research of polymer composite materials and prediction of their properties

Падалка А.П., **Янков В.А.**
Виброакустическая диагностика опор роторов турбореактивных двигателей 226

Padalka A.P., **Yankov V.A.**
Vibroacoustic diagnostics of turbojet engine rotor supports

Мутовкина Ж.В., **Степанова М.В.**, **Фурсина А.Б.**
К вопросу анализа напряженно-деформированного состояния
трехмерной конструкции с использованием САПР Компас-3D 232

Mutovkina J.V., **Stepanova M.V.**, **Fursina A.B.**
To the question of analysis of the stress-strain state
of a three-dimensional structure USING the cad system Kompas-3D

Играков Р.Е., **Закарян Р.М.**
Расчет аэродинамических характеристик цилиндрического крыла 239

Igrakov R.E., **Zakaryan R.M.**
The method of constructive calculation of a liquid
purification device made in the form of an archimedes spiral

Перов А.Р., **Букаткин Р.Н.**, **Статкевич А.Н.**
Оценка диаграммы направленности пространственно распределенной
антенной системы многопозиционной РЛС 244

Perov A.N., **Bukatkin R.N.**, **Statkevich A.N.**
Evaluation of the radiation pattern
of a spatially distributed antenna system of a multi-position radar

Жарков Г.М., **Скивка Е.М.**, **Куликов М.В.**, **Куликова Т.А.**
Производство углеродных волокон. История, перспективы 250

Zharkov G.M., **Skivka E.M.**, **Kulikov M.V.**, **Kulikova T.A.**
Carbon fibre production. History, prospects

Дейкун Д.Г., **Турчин В.А.**, **Курбонов Р.С.**
Моделирование свойств объектов средствами визуализации
(на примере летательных аппаратов) 256

Deykun D.G., **Turchin V.A.**, **Kurbonov R.S.**
Modeling of object properties by means of visualization
(by the example of aircraft)

Коссой В.А., **Терехов В.В.**, **Савицкий Ю.А.**, **Выскубов Е.В.**
Особенности моделирования спиралевидных каналов
в программе Компас-3D 261

Kossoy V.A., **Terehov V.V.**, **Savickiy Yu.A.**, **Vyskubov E.V.**
Features of spiral channel modeling in the kompass-3D program

Савицкий Ю.А.
Теоретическая механика: история, принципы и перспективы развития 266

Savickiy Yu.A.
Theoretical mechanics: history, principles and development prospects

Вовкотруб В.В., **Выскубов Е.В.**, **Гимбицкая Л.А.**
Состав восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев
первого подсемейства первого семейства пятого вида 270

Vovkotrub V.V., **Vyskubov E.V.**, **Gimbitskaya L.A.**
The composition of eight-link closed kinematic chains of movable links
of the first subfamily of the first family of the fifth type

Атрощенко В.А., **Сингаевский Н.А.**, **Сараев И.В.**, **Запорожец В.А.**
Пути повышения качества преобразования электроэнергии
в аэродромных выпрямителях 275

Atroshchenko V.A., **Singaevsky N.A.**, **Saraev I.V.**, **Zaporozhets V.A.**
Ways to improve the quality of electric power conversion in airfield rectifiers

Коханый А.Ф., **Романенко Т.М.**, **Соловьев В.В.**
Возрождение «Белых лебедей» 282

Kokhany A.F., **Romanenko T.M.**, **Soloviev V.V.**
The revival of the «White swans»

Вовкотруб В.В., **Чабров С.Е.**, **Коханый А.Ф.**
Состав восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев
третьего подсемейства первого семейства пятого вида 288

Vovkotrub V.V., **Chabrov S.E.**, **Kohany A.F.**
Structure of eight-link closed kinematic chains of moving links
of the third subfamily of the first family of the fifth type

Атрощенко В.А., **Сингаевский Н.А.**, **Сараев И.В.**, **Запорожец В.А.**
Конструкция и выбор параметров многофазных кольцевых
трансформаторов с вращающимся магнитным полем 297

Atroshchenko V.A., **Singaevsky N.A.**, **Saraev I.V.**, **Zaporozhets V.A.**
Design and parameter selection of multiphase
ring transformers with rotating magnetic field

Вовкотруб В.В.
Структурный синтез неассуровых восьмизвенных замкнутых
кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства третьего вида 305

Vovkotrub V.V.
Structural synthesis of non-assurian eight-link closed kinematic chains
of movable links of the first family of the third type

Атрощенко В.А., **Сингаевский Н.А.**, **Сараев И.В.**, **Черный Р.Р.**
Экспериментальные исследования элементов аэродромных силовых
преобразователей тока с многофазным кольцевым трансформатором 313

Atroshchenko V.A., **Singaevsky N.A.**, **Saraev I.V.**, **Cherniy R.R.**
Experimental studies of elements of airfield power
current converters with a multiphase ring transformer

Вербицкая Ю.М.
Метод конструктивного мышления в преподавании высшей математики 320

Verbitskaya Yu.M.
Method of constructive thinking in teaching higher mathematics

Голубкина М.В., **Илюшенко Н.В.**
Основные направления и перспективы использования
информационно-коммуникационных технологий
в образовательной деятельности вуза 324

Golubkina M.V., **Ilyushenko N.V.**
Main directions and prospects of using information
and communication technologies in the educational activities of the university

Голубкина М.В., **Козак Л.Г.**
Особенности использования инновационных технологий
на практических занятиях в вузе 329

Golubkina M.V., **Kozak L.G.**
Features of using innovative technologies in practical classes at the university

Вербицкая Ю.М., **Веклич Д.А.**, **Сидоров П.Е.**
Математическое моделирование в рекламе 333

Verbitskaya Yu.M., **Veklich D.A.**, **Sidorov P.E.**
Mathematical modeling in advertising

Шаров Р.А., **Фурсина А.Б.**, **Степанова М.В.**
Возможности использования некоторых
уплотняющих полимерных материалов 338

Sharov R.A., **Fursina A.B.**, **Stepanova M.V.**
Possibilities of using some sealing polymeric materials

Арутюнян М.М., **Воробьев Д.А.**, **Шаповалов М.А.**
Разработка системы обмена сообщениями в локальных сетях:
архитектура и внедрение 343

Arutyunyan M.M., **Vorobev D.A.**, **Shapovalov M.A.**
Development of a message exchange system in local networks:
architecture and implementation

Баштовая А.В.
«Эволюция дронов»: создание войск беспилотных систем в России 348

Bashtovaya A.V.
«Evolution of drones»: establishment of unmanned systems troops in Russia

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ ..... HUMANITIES SCIENCES

Стрелецкий Я.И.
Феномен русского космизма в глобальном философском процессе 357

Streletsky Ya.I.
The phenomenon of russian cosmism in the global philosophical process

Филиппов А.В.
Роль русской православной церкви
в борьбе за свободу и независимость России 363

Filippov A.V.
The role of the russian orthodox church
in the struggle for freedom and independence of Russia

Сорокина Л.В.
Приемы активизации лексического материала
на занятиях по иностранному языку 366

Sorokina L.V.
Techniques for activating lexical material in foreign language classes

Науменко А.А., **Князев А.С.**
Анализ развития психомоторики и навыков летным составом 369

Naumenko A.A., **Knyazev A.S.**
Analysis of the development of psychomotor skills and skills of flight crew

Собко В.В.
Решение воспитательных задач куратором учебной группы
в образовательной деятельности 376

Sobko V.V.
Solving educational tasks by the curator
of the study group in the educational activities

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Хамидуллин Р.Р.**
История перспективного истребителя для ВВС РФ 380

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Khamidullin R.R.**
The history of a promising fighter for the Russian air force

Нефедовский В.А., **Савицкий Ю.А.**, **Давыдова П.Д.**, **Исаев Г.Р.**
Оценка и принципы развития умственной выносливости
в образовательном процессе 384

Nefedovsky V.A., **Savitsky Yu.A.**, **Davidova P.D.**, **Isaev G.R.**
Assessment and development of mental endurance in the educational process

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Скурихин Г.Д.**
Герой России из СССР 389

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Skurikhin G.D.**
Hero of Russia from the USSR

Дунайцев А.И., **Терехов В.В.**, **Коханый А.Ф.**
Малоизвестные страницы истории космонавтики: трагедия на «Байконуре» 395

Dunaitsev A.I., **Terekhov V.V.**, **Kokhany A.F.**
Little-known pages of the history of cosmonautics: the tragedy at Baikonur

Гимбицкая Л.А., **Гимбицкий В.А.**, **Порошин В.К.**
Не большой, но великий… 400

Gimbitskaya L.A., **Gimbitsky V.A.**, **Poroshin V.K.**
Small, but great…

Масленников А.Г.
«Их знали только в лицо» (неизвестные самолеты) 407

Maslennikov A.G.
«They were known only by sight» (unknown aircraft)

Коссой В.А., **Нефедовский В.А.**, **Букаткин Р.Н.**
Концепция модернизации электронного журнала по дисциплине
«Начертательная геометрия и инженерная графика» 416

Kossoy V.A., **Nefedovsky V.A.**, **Bukatkin R.N.**
The concept of modernization of the electronic journal
on the discipline «Descriptive geometry and engineering graphics»

Лукинова М.Г., **Чернышов М.С.**
Исследование профессионально важных качеств Г.П. Брок-Бельцовой
(к 100-летию со дня рождения) 421

Lukinova M.G., **Chernishov M.S.**
A study of G.P. Brok-Beltsova's professionally important qualities
(dedicated to the 100th anniversary of her birth)

Нефедовский В.А., **Савицкий Ю.А.**, **Терехов В.В.**, **Шахрай Е.А.**
Анализ уровня развития пространственного мышления
обучающихся по результатам выполнения 8 субтеста теста Амтхауэра 427

Nefedovsky V.A., **Savitsky Yu.A.**, **Terekhov V.V.**, **Shakhray E.A.**
Analysis of the level of development of spatial thinking
of students according to the results of completing
sub-test 8 of the Amthauer test

Пирогланов Ш.Ш., **Джанхуватов М.М.**
Первый космический экипаж «Восход-1» 434

Piroglanov Sh.Sh., **Dzhankhuvatov M.M.**
The first «Voskhod-1» space crew

Анцупов И.С.
«Самолет-невидимка» для ВВС Красной Армии 438

Antsupov I.S.
«Stealth aircraft» for Red Army air force

Молчанов В.В.
Первая скрипка в оркестре ПВО Страны Советов
(сверхзвуковой перехватчик ТУ-128) 444

Molchanov V.V.
First violin in the air defense orchestra of the Country of the Soviets
(supersonic interceptor TU-128)

Николаев А.А., **Булдыгин О.В.**
Авиация в годы Великой Отечественной войны 452

Nikolaev A.A., **Buldygin O.V.**
Aviation during the Great Patriotic war

Пашков Г.Н., **Николаев А.А.**, **Кунгурцев Т.М.**
«А земля – круглая!»
(к 60-летию первого выхода человека в космическое пространство) 456

Pashkov G.N., **Nikolaev A.A.**, **Kungurtsev T.M.**
«The earth is round!»
(for the 60th anniversary of the first human spacewalk)

Савицкая Е.А., **Савицкий Ю.А.**
Использование международной ИИ-платформы Duolingo
для развития языковых компетенций одарённых обучающихся 463

Savitskaya Ye.A., **Savitskiy Yu.A.**
AI-platform duolingo for language skills Development of gifted learners

Арутюнян М.М.
Роль критического мышления
в эпоху ИИ-трансформации высшего образования 467

Arutyunyan M.M.
The role of critical thinking in the era of AI-transformation in higher education

Медведева В.В., **Жучков И.А.**, **Жучкова В.В.**
Исследование бизнес-моделей при прогнозировании
стратегии развития авиакомпаний 472

Medvedeva V.V., **Zhuchkov I.A.**, **Zhuchkova V.V.**
Research of business models in forecasting airline development strategies

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

УДК 621.391.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УСТАНОВЛЕНИЕ СВОЙСТВ ДЕТЕРМИНИРОВАННОСТИ ЧАСТНЫХ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ДВУКРАТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ РЕКУРРЕНТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ «КОМБИНИРОВАННОГО» ТИПА В ИНТЕРЕСАХ РЕАЛИЗАЦИИ ТРЕТЬЕЙ РЕШАЮЩЕЙ СХЕМЫ

♦♦♦♦♦

MODELING AND ESTABLISHING THE PROPERTIES OF DETERMINISM OF PARTIAL AUTOCORRELATION FUNCTIONS OF DOUBLE DERIVATIVES OF NON-LINEAR RECURRENT SEQUENCES OF «COMBINED» TYPE IN THE INTERESTS OF IMPLEMENTING THE THIRD DECISION SCHEME

Снyткин И.И.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
dia61o@yandex.ru

Захаренко Г.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
ZGI3791@rambler.ru

Захаренко Д.Г.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
dia61o@yandex.ru

Аннотация. В работах авторов [1, …, 6], посвящённых разработке теории «третьей решающей схемы» (ТРС) указывается, что эффективность ТРС в значительной степени зависит от свойств и закономерностей детерминированности частных автокорреляционных функций (ЧАКФ) конкретных видов и типов двукратных производных нелинейных рекуррентных последовательностей (ДК ПНЛРП). Поэтому исследование этих свойств и закономерностей является важной задачей, связанной с практическим применением ТРС в интересах повышения эффективности процедур «приёма-обработки» сложных шумоподобных сигналов, к которым относятся ДК ПНРЛП.

Ключевые слова: автокорреляционная и взаимокорреляционная функция, частные авто- и взаимокорреляционные функции, производные нелинейные рекуррентные, поиск, захват, синхронизация, третья решающая схема.

Snytkin I.I.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
dia61o@yandex.ru

Zakharenko G.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
ZGI3791@rambler.ru

Zakharenko D.G.
Krasnodar Higher Military Flight School
dia61o@yandex.ru

Abstract. In the works of the authors [1, ..., 6], devoted to the development of the theory of the «third decision scheme» (TDS), it is indicated that the effectiveness of TDS largely depends on the properties and patterns of determinism of partial autocorrelation functions (PACF) of specific types and types of double derivatives of nonlinear recurrent sequences (DNLRS). Therefore, the study of these properties and regularities is an important task related to the practical application of TRS in the interests of increasing the efficiency of the procedures for «receiving and processing» complex noise-like signals, which include DNLRS.

Keywords: autocorrelation function, cross-correlation function, particular autocorrelation function, particular cross-correlation function.

В работе [1] рассматриваются общие основы моделирования и установления обобщённых свойств детерминированности ЧАКФ ДКПНЛРП различных видов и типов в интересах реализации основных процедур ТРС, элементы теории которой излагаются в работах [2, 3], а конкретные процессы её реализации – в работах [4, 5, 6]. В работе [1] с использованием разрабатываемой классификации ДКПНЛРП с точки зрения свойств детерминированности их ДЧАКФ устанавливаются классификационные признаки различных ДКПНЛРП, и разрабатывается общая модель исследова-

ния ДЧАКФ ДКПНЛРП в режиме установления синхронизации с введением соответствующих понятий: последовательность чисел совпадения (ПЧС), период повторения ПЧС, канальная тактовая ПЧС (КТПЧС) и др., – и формулируются обобщённые утверждения, устанавливающие системные свойства ДЧАКФ.

В работе [7] рассматриваются выполненные с использованием положений работ [1, 2, 3] конкретные результаты моделирования и установления свойств детерминированности ЧАКФ ДКПНЛРП «комбинированного» типа, формулируются выводы и рекомендации по использованию данных свойств для организации эффективных процедур поиска, захвата и синхронизации ДКПНЛРП «комбинированного» типа.

Данная статья, во-первых, является логическим и системным развитием положений работы [1], а также работ [2, 3], а во-вторых, основывается на положениях и методике, используемых в [7], для моделирования и установления свойств детерминированности ДЧАКФ, но уже в отношении ДКПНЛРП «комбинированного» типа.

В таблице 4 работы [1] приводится разработанная классификация видов, типов ДКПНЛРП и групп составляющих элементов простых НЛРП, согласно которой с учётом таблиц 1, 2, 4 [1] к «комбинированному» типу относятся ДКПНРП те из них, порождающие линейки (ПЛ) которых – НЛРП 1 и НЛРП 2 – имеют длительности $\{l_1$ и $l_2\} = \{4t_1 + 2$ и $4t_2 + 1\} = \{ p$ и $p - 1\}$, где p – простое число, n = 2, 3 ..., t = 2, 3 ..., такие, которые порождают ДКПНЛРП длительности $L = l_1 \cdot l_2$.

Например, к таким ДКПНЛРП относятся – ДКПНЛРП вида СС, СД, ДД (см [1]), с длительностями: $L_1 = 18 \times 13 = 234$.

Свойства детерминированности ЧАКФ ДКПНЛРП «комбинированного» типа вида СС в режиме синхронизации

Установление данных свойств будем осуществлять на основе структурной модели анализа детерминированности ЧАКФ и в целом положений, изложенных в работе [1], а также – результатов работы [7] и приводимых ниже в таблице 1 кодовых форм простых НЛРП, порождающих ДКПНЛРП, полученных в соответствии с работой [8]: для $L_1 = 234$ – это НЛРП с $l_1 = 18$, $l_2 = 13$.

Ниже будем формулировать свойства в виде утверждений, доказываемых результатами моделирований на ЭВМ, но которые можно проследить на приведённых в таблице 1 примерах.

В дальнейшем для удобства обозначим НЛРП меньшей длительности как $l_a = l_1$, а большей как $l_b = l_2$, $l_1 < l_2$, а соответствующие каналы синхронизации: по $l_a = l_1$ как А-синхронизация, а по $l_b = l_2$ как В-синхронизация.

Для ДКПНЛРП «комбинированного» типа вида СС (см [1]) с $(l_a, l_b) = (4t_1 + 2$ *и* $4t_2 + 1)$, $L = l_a \times l_b = 234$, $l_a = 18$, $l_b = 13$; $l_a = p - 1 = 19 - 1 = 18$; $l_b = p = 13$, *характерны следующие свойства:*

Утверждение 1.

В кодовой структуре ДКПНЛРП C_m, $L = 234 = 18 \times 13$, имеется дисбаланс числа «0» и «1», т.е. «дисбаланс» ДБ = 0.

Утверждение 2.

В канале синхронизации по ПЛ1 (А-синхронизация) ПЧС a_b имеет период-длительность, равную равную l_b, т.е. $T_{a_b} = l_b = 18$, а в канале синхронизации по ПЛ2 (В-синхронизация) – ПЧС b_a имеет $T_{b_a} = 13$ и значение ПЧС $b_a = l_a = 13$.

Утверждение 3.

Канальная тактовая последовательность чисел совпадения (КТПЧС) для А-синхронизации $\{a_{t_i}\}$ для фиксированных *i*, т.е. $\{a_{t_i=const}\}$, имеет длину $T_{a_{t_i=const}} = 7$, а для В-синхронизации – $T_{b_{t_i=const}} = 8$.

Утверждение 4. Среди всех $\{a_{t_i}\}$ выделяются 3 группы с одинавыми (в группе) составом и количеством, и последовательностью циклически повторяющихся чисел,

при этом данные групп различны: первая – [{a_{t_i}}, {a_{t_2}}, {a_{t_3}}, …] с составом чисел (5686668); вторая – [{a_{t_i}}, {a_{t_2}}, {a_{t_3}},…] с составом чисел (5687658); третья – [{a_{t_i}}, {a_{t_2}}, {a_{t_3}},…] с составом чисел (6678).

Утверждение 5. Среди всех {b_{t_i}} выделяются 3 группы с одинаковыми (в группе) составом и количеством, и последовательностью циклически повторяющихся чисел, при этом данные групп различны:

– первая – [{b_{t_1}},{b_{t_2}},{b_{t_3}},…] с составом чисел (898);

– вторая – [{b_{t_1}}, {b_{t_2}}, {b_{t_3}},…] с составом чисел (9, 8, 7, 10, 7);

– третья – [{b_{t_1}},{b_{t_2}},{b_{t_3}},…] с составом чисел (9, 9, 7, 10, 7).

Утверждение 6.

Поиск (нахождение) «числа-номера» такта «m» в последовательности C_m и соответствующих им тактов i (циклически повторяющихся), при которых повторяется число совпадений в последовательности {a_b}, $m_c^{(a)}$, и соответствующих им тактов *j* (циклически повторяющихся) в последовательности {b_a}, $m_c^{(b)}$, при которых повторяется число совпадений в последовательности {b_a} осуществляется по формулам:

– для {a_b}: $m_c^{(a)} = [i_1 + (k_a - 1) \cdot l_b = k_a \cdot (\mathrm{mod}\, l_a)$,

– для {b_a}: $m_c^{(b)} = [j_1 + (k_b - 1) \cdot l_a = k_b \cdot (\mathrm{mod}\, l_a)$,

где {k_a, k_b} – «номера-числа» периодов последовательности тактов при корреляционном анализе соответственно в каналах А и В (см. определение 12 в работе [1]), «1» при *i* и *j* означает значение тактов *i*, *j* в первом цикле.

Утверждение 7.

Поиск чисел совпадений в ПЧС a – {a_b} и в ПЧС *b* – {b_a} осуществляется по правилам соответственно: для ПЧС a эти числа равны числу символов «0» – $M_{"0"}$ – на длине l_b участка сегментов последовательности {b_j} в соответствующие последовательности c_a и {a_b}:

$$\text{ЧС}\, a_{b,m} = M_{"0",l_b}[b_j, \mathrm{i}, c_m],\ \mathrm{m} = \overline{1, L},\ \mathrm{i} \equiv \mathrm{m}(\mathrm{mod}\, l_a),$$

для ПЧСb: эти числа равны числу символов «0» (M_0) на длине l_a участка, сегментов последовательности {a_i} в соответствующие такты *j* сдвигов последовательности c_a и {b_a}:

$$\text{ЧС}\, b_{a,m} = M_{"0",l_a}[a_i, \mathrm{j}, c_m],\ \mathrm{m} = \overline{1, L},\ \mathrm{j} \equiv \mathrm{m}(\mathrm{mod}\, l_b).$$

Теперь сформулируем и проанализируем обобщающие выводы, касающиеся установленных выше свойств и закономерностей. Важнейшие данные, касающиеся этих выводов, сведены в таблице 2.

Для ДКПНЛРП «комбинированного» типа IX-го вида СС, $(l_a, l_b) = (4t_1 + 2, 4t_2 + 1)$, $l_a = p\text{-}1, l_b = p$.

1. Имеет место баланс числа «0» и «1» в структуре кодовой формы ДКПНЛРП, т.е. ДБ = 0.

2. ПЧС a_b являются 5-уровневыми, большими и с большим разбросом уровней (до 3-х раз), ПЧС b_a являются одноуровневыми со значением {b_a} = l_a, причём $\{a_b\}_{\max} \approx 38\% L$, а {$b_a$} = 50 % *L*.

Таблица 1 – Примеры результатов моделирования

Длина																															
L = 18 × 13 = 234	l_1 = 18	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		a_i	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0
	l_2 = 13	j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4
		b_j	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1
	L = 234	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		c_m	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Длина																																
L = 18 × 13 = 234	l_1 = 18	i	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6
		a_i	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
	l_2 = 13	j	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8
		b_j	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	L = 234	m	31	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	60
		c_m	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Длина																																
L = 18 · 13 = 234	l_1 = 18	i	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		a_i	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	l_2 = 13	j	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		b_j	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1
	L = 234	m	61	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	90
		c_m	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1
	l_1 = 18	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		a_i	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1
	l_2 = 13	j	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3
		b_j	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1
	L = 234	m	91	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	120
		c_m	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
Длина																																
L = 18 × 13 = 234	l_1 = 18	i	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6
		a_i	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1
	l_2 = 13	j	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7
		b_j	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	L = 234	m	121	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	150
		c_m	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1

Окончание таблицы 1

ДЖГПИ/ЛР																														
L = 18 × 13 = 234	l_1 = 18	i	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		a_i	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	l_2 = 13	j	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		b_j	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
	L = 234	m	151	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	180
		c_m	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
ДЖГПИ/ЛР	l_1 = 18	i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		a_i	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	l_2 = 13	j	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2
		b_j	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0
	L = 234	m	181	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	210
		c_m	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0
ДЖГПИ/ЛР	l_1 = 18	i	13	14	15	16	17	18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	1	2	3	–	–	–
		a_i	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	–	–	–
	l_2 = 13	j	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	–	–	–
		b_j	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	–	–	–
	L = 234	m	211	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	234	1	2	3	–	–	–
		c_m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	–	–	–

Таблица 2 – Обобщающие данные

Вид ДКПНЛРП «комбинированного» типа	Состав ПНЛРП	ДБ	$(a_b)\min$	$(a_b)\max$	$(b_a)\min$	$(b_a)\max$
IX (СС), $(l_a, l_b) = (4t_1+2,\ 4t_2+1)$	$l_a = p–1$, $l_b = p$	0	2 %L	3 %L	3 %L	4 %L

Анализ указанного в п. 4 положения позволяет сформулировать следующие обобщающие свойства детерминированности ЧАКФ ДК ПНЛРП «комбинированного» типа:

1. С точки зрения дисбаланса числа «0» и «1» (ДБ) в структуре ДКПНЛРП наиболее предпочтительнее по признаку «скрытности» структуры C_m являются ДКПНЛРП вида СС с $(l_a, l_b) = (4t_1 + 2,\ 4t_2 + 1)$, т.к. для них ДБ = 0, остальные виды ДКПНЛРП «комбинированного» типа, видов СС, СД, ДД обладают небольшой «скрытностью» структуры, т.к. для них ДБ >> 0.

2. С точки зрения уровня помехоустойчивости, обеспечиваемого применяемыми ДКПНЛРП «комбинированного» типа очевиден вывод, что из-за высокого уровня $\{a_b\}$ и $\{b_a\}$ такие ДКПНЛРП не являются приоритетными по сравнению с другими типами ДКПНЛРП.

Представленные выше результаты исследований имеют фактический, конкретный методологический характер и представляют собой набор фактов и данных о свойствах ЧАКФ ДКПНРЛРП «комбинированного» типа, которые непосредственно могут быть положены в основу разработки технико-алгоритмических предложений и схем по реализации как ТРС, так и обеспечения её эффективности в процессе поиска, обнаружения, синхронизации, эффективного приёма сложных шумоподобных сигналов (СШС), использующих последовательности в виде ДКПНЛРП «комбинированного» типа. Разработке таких предложений и схем посвящены последующие работы авторов.

Список литературы:

1. Сныткин И.И. Общие основы моделирования свойств детерминированности частных автокорреляционных функций двукратных производных нелинейных рекуррентных последовательности в интересах реализации «третьей решающей схемы» / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин // Нелинейный мир. – 2022. – № 3. – С. 54–61.
2. Сныткин И.И. Разработка элементов теории третьей решающей схемы приёма производных нелинейных рекуррентных последовательностей / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин // Нелинейный мир. – 2015. – Т. 13. – № 5. – С. 78–84.
3. Сныткин Т.И. Аналоговые режимы принятия решения о приёме в теории третьей решающей схемы // Нелинейный мир. – 2018. – № 6. – С. 27–30.
4. Сныткин И.И. Алгоритм реализации «третьей решающей схемы» повышения эффективности поиска и синхронизации сложных широкополосных шумоподобных сигналов / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин // Электромагнитные волны и электрические системы. – 2021. – № 3. – Т. 26. – С. 54–62.
5. Сныткин И.И. Способ «третьей решающей схемы» повышения эффективности поиска и синхронизации сложных широкополосных шумоподобных сигналов / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2021. – № 26. – Т. 26. – С. 44–56.
6. Сныткин И.И. Техническое решение «третьей решающей схемы» повышения эффективности поиска и синхронизации сложных широкополосных шумоподобных сигналов / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин // Нелинейный мир. – 2022. – № 7. – С. 13–23.
7. Сныткин И.И. Моделирование и установление свойств детерминированности частных автокорреляционных функций двукратных производных рекуррентных последовательностей «невложенного» типа в интересах реализации «третьей решающей схемы» / И.И. Сныткин, Т.И. Сныткин, Д.Г. Захаренко // Успехи современной радиоэлектроники. – М. : Радиотехника, 2023. – Т. 77. – № 5. – С. 35–48.
8. Свердлик М.Б. Оптимальные дискретные сигналы. – М. : Сов. Радио, 1975. – 200 с.

УДК 371.693

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ И ИНДИКАТОРОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ЛЕТНОГО СОСТАВА

♦♦♦♦♦

THE USE OF COMPUTER MODELS OF AIRCRAFT INSTRUMENTS AND INDICATORS IN FLIGHT PERSONNEL TRAINING

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Синёв Ф.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Фурсова В.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. При изучении кабин воздушных судов летным составом большое внимание необходимо уделять изучению органов индикации. При отсутствии или невозможности применения реальных образцов авиационной техники целесообразно применение компьютерных моделей бортовых систем и их приборов, индикаторов. В статье описано применение в учебном процессе цифровых моделей блоков авиационных приборов и индикаторов в российской среде моделирования SimInTech. Описаны примеры применения некоторых блоков при обучении летного состава.

Ключевые слова: авиационные приборы, авиационные индикаторы, SimInTech.

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Sinev F.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Fursova V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. When studying aircraft cabins by flight personnel, great attention should be paid to the study of display organs. In the absence or impossibility of using real samples of aviation equipment, it is advisable to use computer models of on-board systems and their instruments and indicators. The article describes the use of digital models of aircraft instrument blocks and indicators in the Russian SimInTech modeling environment in the educational process. Examples of the use of some blocks in flight crew training are described.

Keywords: aviation instruments, aviation indicators, SimInTech.

При обучении летного состава большое внимание уделяется изучению приборных панелей воздушного судна (ВС), на котором предстоит выполнять полеты. Органы управления и индикации являются основными элементами информационно-управляющего поля кабины ВС, изучению которых стоит уделять особое внимание.

Как показывает опыт освоения учебной программы обучающимися летного училища, при изучении приборов наилучший результат усвоения учебного материала достигается при обучении с применением действующих образцов авиационной техники. Усвоение учебного материала по работе элементов авиационных приборов и электронных индикаторов может быть эффективным только в случае, если описываемые органы индикации демонстрируются в динамике.

Для демонстрации авиационных приборов могут использоваться действующие стенды. Однако, для электропитания некоторых приборов необходимы специализированные источники питания, например, трехфазное напряжение 36 В 400 Гц для питания гироскопов, источник которого найти крайне затруднительно. Кроме того. Совместно с приборами целесообразно визуализировать работу некоторые другие элементы авиационных систем, параметры работы которых отображаются на приборах. Кроме того, в современных ВС остается все меньше приборов из-за реализации концепции «стеклянной кабины», в которой вся (или почти вся) информация представлена на многофункциональных индикаторах (МФИ).

В связи с этим современная подготовка летного состава включает применение компьютерных технологий и активно использует компьютерное моделирование приборов и индикаторов, что значительно повышает эффективность обучения, снижает затраты и минимизирует риски.

В целях обучения летного состава могут применяться Виртуальные тренажеры (CBT – Computer-Based Training), к которым относятся цифровые копии реальных кабин или интерактивные симуляторы (X-Plane, Microsoft Flight Simulator, Flight Gearи др.), а также аппаратно-программные комплексы (FPTD – Flight Procedure Training Devices), которые сочетают реальные элементы управления с виртуальной средой.

Для разработки обучающих программ, имитирующих работу авиационных приборов и индикаторов, отображаемых на дисплеях многофункциональных индикаторов (МФИ), может применяться различное программное обеспечение, позволяющее сформировать графическое отображение элементов индикации и реализовать логику их работы в виде программного кода, позволяя создавать целые панели или пульты управления, а также информационные кадры на МФИ. Для этих целей может применяться следующее ПО: Qt Meta Language+Qt+JavaScript, C#+Unity, Python, C++ и дополнительные библиотеки для разработки GUI, Delphi и др.

В конструкторских бюро в России и за рубежом для создания приборов и алгоритмов управления ранее применялось иностранное ПО Esterel SCADE Display, сертифицированное для разработки авиационных систем, представляющее собой набор инструментов для графического проектирования и генерации кода для разработки критически важных для безопасности встраиваемых систем отображения.

Однако, в связи с постановлением Правительства РФ от 16.11.2015 г. № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» и Приказом Минцифры от 18.01.23 № 21 «Об утверждении методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения, в том числе на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации» в настоящее время применение иностранного ПО в российских предприятиях и вузах недопустимо.

В связи с этим целесообразно использовать отечественное ПО. В качестве среды для разработки компьютерных моделей авиационных приборов и индикаторов в КВВАУЛ была применена российская среда динамического моделирования технических систем SimInTech.

SimInTech позволяет создавать компьютерные модели различных бортовых систем ВС, содержащих как графическую, так и программную часть, в том числе компьютерные модели приборов и индикаторов. В меню программы SimInTech содержится библиотека «Индикаторы» с подгруппами «Авиационные приборы» и «Авиационные индикаторы», содержащие блоки «Авиагоризонт с прямой индикацией», «Авиагоризонт со смешанной индикацией», «Указатель курса», «Указатель скорости», «Указатель вертикальной скорости», «Указатель высоты», «Указатель угла атаки», «Авиационные часы», «Индикатор авиагоризонта с прямой индикацией», «Индикатор авиагоризонта со смешанной индикацией», «Индикатор курса», «Индикатор скорости», «Индикатор вертикальной скорости», «Индикатор высоты», «Индикатор угла атаки», «Индикатор перегрузки» (рисунок 1).

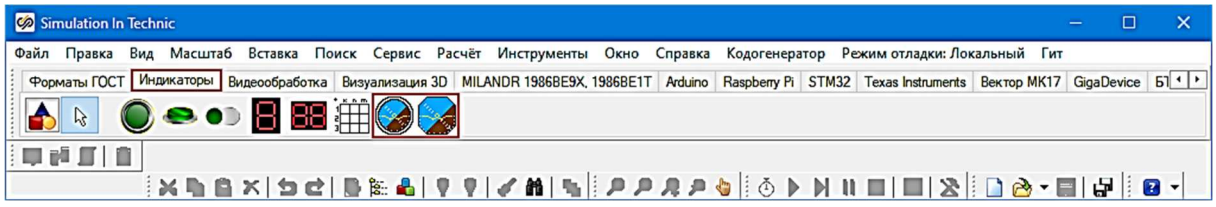
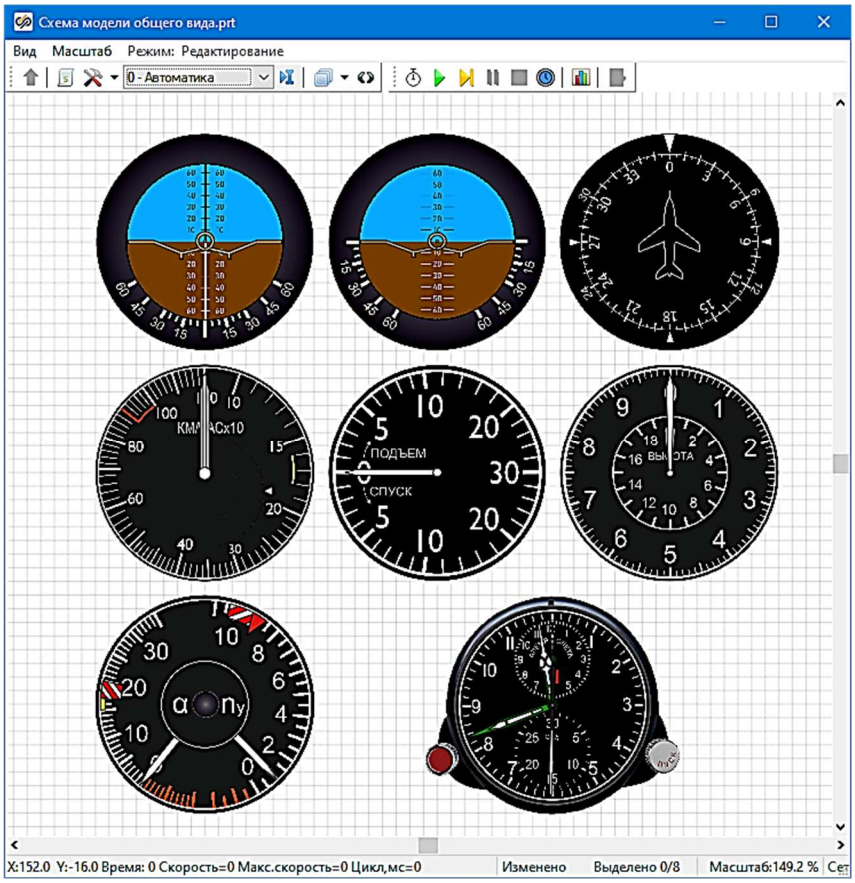
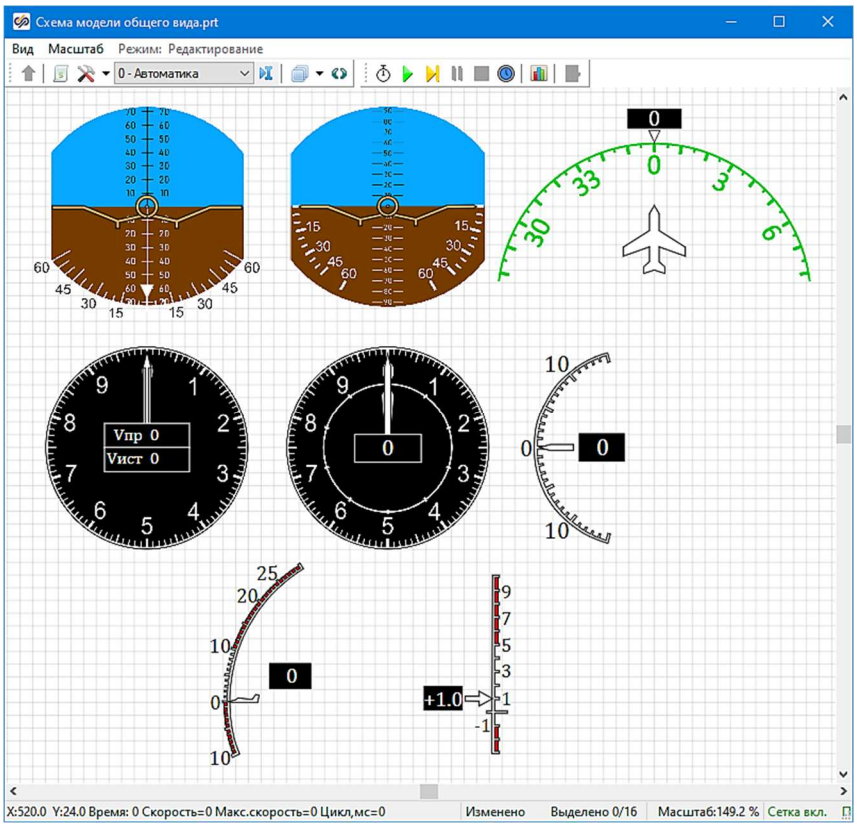


Рисунок 1 – Подгруппы «Авиационные приборы» и «Авиационные индикаторы» из библиотеки «Индикаторы» среды моделирования SimInTech



а)



б)

Рисунок 2 – Блоки с моделями авиационных приборов (а) и индикаторов (б) из библиотеки «Индикаторы» среды моделирования SimInTech

Некоторые из вышеперечисленных блоков могут использоваться в учебном процессе отдельно от других без привязки к конкретному типу ВС для изучения логики их работы. Например, блоки «Авиагоризонт с прямой индикацией» и «Авиагоризонт со смешанной индикацией» (рисунок 3) могут применяться при проведении учебного занятия «Авиагоризонты» по дисциплине «Авиационное оборудование воздушных судов».

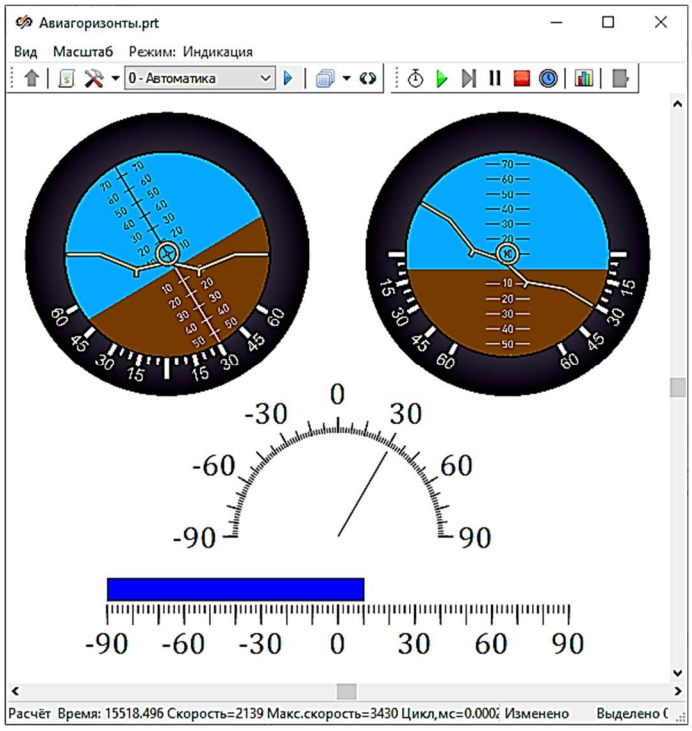


Рисунок 3 – Окно проекта «Авиагоризонты» в SimInTech с добавленными в модель блоками «Авиагоризонт с прямой индикацией», «Авиагоризонт со смешанной индикацией» и органами управления для задания углов тангажа и крена

С точки зрения безопасности полетов для летного состава важно уметь быстро определять положение воздушного судна в пространстве по значениям углов крена и тангажа, отображаемых на авиагоризонте. В авиагоризонтах углы крена и тангажа могут отображаться двумя способами – «вид с самолета на землю» (прямая индикация) и «вид с земли на самолет» (обратная индикация). При прямой индикации силуэт самолета остается неподвижным, линия горизонта отклоняется по крену. При обратной индикации по крену отклоняется силуэт самолета, линия горизонта остается горизонтальной.

К любой индикации можно привыкнуть, однако, при переходе с одного типа ВС на другой, где применяется иной способ отображения, у летного состава иногда возникают затруднения в быстром определении положения самолета в пространстве в условиях отсутствия видимости естественного горизонта или земной поверхности. Известно, что неоднократно возникали случаи неправильной интерпретации показаний приборов (для сравнения на рисунке 1 представлены два способа отображения одних и тех же углов тангажа и крена), что при отсутствии визуального контакта с землей может привести к авиакатастрофе.

Демонстрация разных способов отображения индикации в авиагоризонтах при переходе от горизонтального полета к полету с правым и левым креном позволяет сформировать понимание и запоминание визуального образа показаний приборов в разных положениях ВС в пространстве. Применение программных средств обучения позволяет использовать компьютерные классы и мобильные ПК в виде планшетов и ноутбуков для индивидуального обучения при реализации учебных интерактивных программ с элементами индикации.

Еще одним важным с точки зрения безопасности полетов примеров отображения информации является недопущение выхода на запредельные режимы полета. Для

изучения органов индикации, позволяющих летному составу контролировать текущие значения угла атаки и вертикальной перегрузки, могут применяться блоки «Указатель угла атаки и перегрузки» (рисунок 4), а также блоки «Индикатор угла атаки» и «Индикатор перегрузки», отображаемые на МФИ.

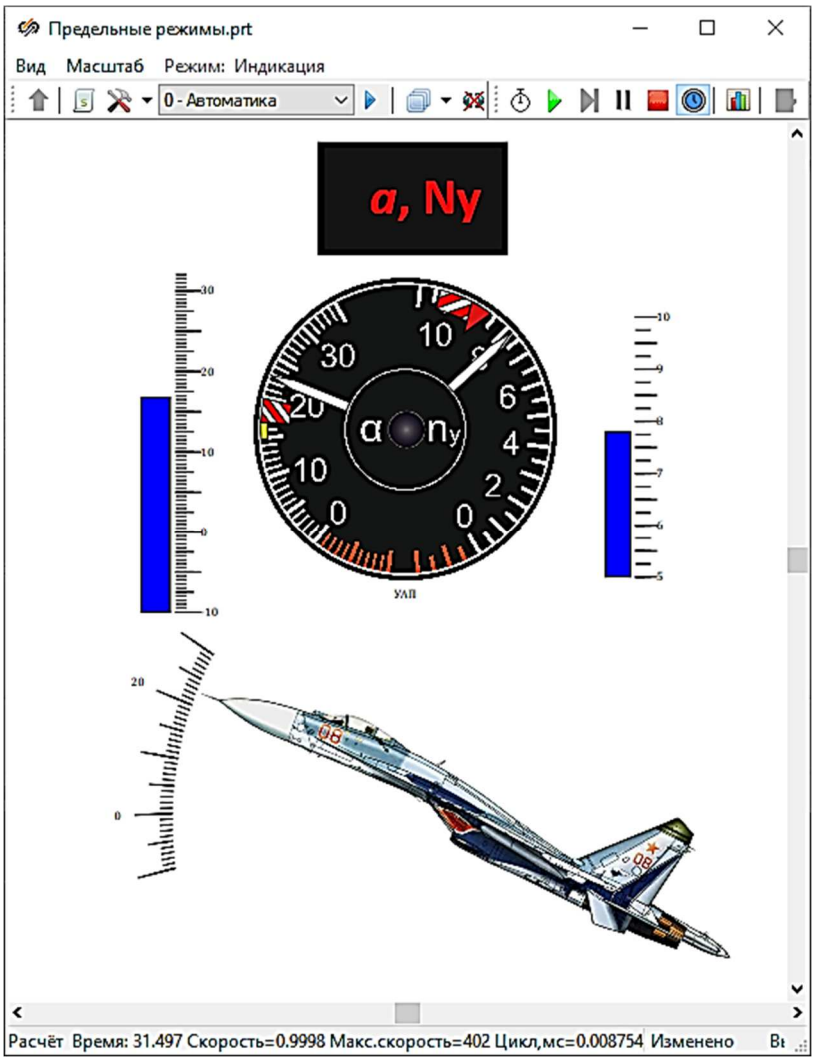


Рисунок 4 – Окно проекта «Предельные режимы» в SimInTech с добавленными в модель блоками «Указатель угла атаки и перегрузки», органами управления для задания угла атаки и вертикальной перегрузки с помощью блоков «Линейный прибор», «Стрелочный прибор»

Представленные блоки могут быть изменены и доработаны под задачи обучения, что позволяет создавать цифровые копии целых приборных панелей и пультов учебных самолетов. Применение компьютерных моделей бортовых систем, работающих совместно с моделями приборов и индикаторов, позволяет значительно повысить наглядность изложения и качество усвоения учебного материала без применения реальных образцов авиационной техники.

В рамках изучения конкретного ВС в КВВАУЛ разработана компьютерная модель в виде цифрового интерактивного плаката кабины самолета Л-39 (рисунок 5). В проекте каждый орган управления и индикации в кабине воспроизводится встроенными средствами SimInTech и с помощью программного кода в скриптах задается логика его работы.

Каждый прибор может быть включать несколько подвижных элементов индикации, каждый из который настраивается независимо от других. Для примера на рисунке 6 представлен графический контейнер блока «Авиационные часы» из библиотеки «Индикаторы».



Рисунок 5 – Окно проекта «Цифровой интерактивный плакат кабины самолета Л-39»

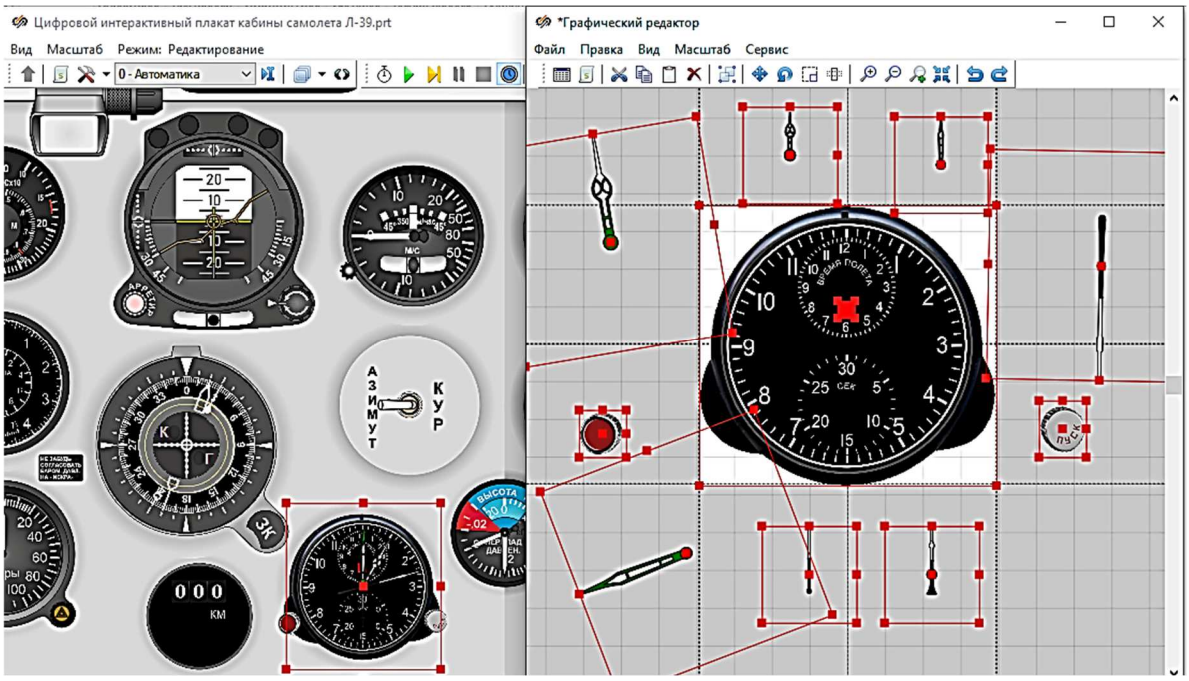


Рисунок 6 – Элементы графического контейнера блока «Авиационные часы»

Подобным образом может быть воспроизведена модель любого прибора и индикатора. Создав набор необходимых органов управления и индикации можно создать цифровую модель всей кабины ВС.

Компьютерные модели бортовых систем, работающие совместно с блоками авиационных индикаторов, позволяют изучать не только логику их работу, но и назначение каждого элемента индикации на приборе, его связь с датчиками или смежными системами, имитировать отказы, «оживлять» схемы и рисунки из учебных пособий.

Применение российской среды моделирования SimInTech позволяет разрабатывать учебные интерактивные обучающие программы, которые могут применяться при изучении любого типа ВС как летным, так и инженерно-техническим составом. Боль-

шие возможности по моделированию технических систем в динамике их работы повышает наглядность обучения, делает его более наглядным, доступным и интересным. Применение цифровых моделей бортовых систем имеет большие перспективы при обучении авиационных специалистов по летной и технической эксплуатации воздушных судов.

Список литературы:

1. Головырин Д.А. Моделирование элементов электрической сети для расчета установившегося режима в программе SimInTech / Д.А. Головырин, О.А. Воинов // В сборнике: Информационные технологии, энергетика и экономика. Труды XX Международной научнотехнической конференции студентов и аспирантов. – Смоленск, 2023. – С. 11–13.
2. Князев А.С. Совместное использование авиасимулятора X-Plane 9 и программной среды C++Builder 6 для разработки и исследования систем автоматического управления летательных аппаратов // II Всероссийская научно-практическая конференции «АВИАТОР»: Сборник научных статей (Воронеж, 11–13 февраля 2015). – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – Т. 2. – С. 81–85.
3. Парфирьев И.В. Краткий обзор программных средств моделирования технических систем и актуальность внедрения отечественных программных продуктов в вузах на примере среды динамического моделирования технических систем SimInTech // Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2018» (Томск, 16–18 мая 2018). – Томск : В-Спектр, 2018. – Ч. 3. – С. 297–300.
4. Применение программного комплекса SimInTech для математического моделирования различных бортовых систем летательных аппаратов / Д.И. Смагин [и др.] // В книге: Системный анализ, управление и навигация. – 2018. – С. 157–159.
5. Моделирование системы кондиционирования воздуха перспективного пассажирского самолета в программном комплексе SimInTech / Д.И. Смагин [и др.] // Computational nanotechnology. – 2018. – № 3. – С. 24–31.
6. Цифровой двойник – рецепты приготовления. Модельно-ориентированное проектирование системы электроснабжения самолета. – URL : https://habr.com/ru/artic les/662908 (дата обращения 29.03.25).

УДК 629.73

«БАБА-ЯГА» – ТЯЖЁЛЫЕ БПЛА КОПТЕРНОГОТИПА
♦♦♦♦♦
«BABA YAGA» HEAVY UAVS OF THE COPTER TYPE

Воробьев Е.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
evvorobyev@yandex.ru

Воробьев С.С.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
v.serge.79@mail.ru

Бойко С.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
stas_boyko_85@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен сравнительный анализ и возможности беспилотных летательных аппаратов разного назначения с различными характеристиками, позволяющими покрыть все потребности вооруженных сил противника. По результатам использования беспилотных летательных аппаратов определены их слабые и сильные стороны.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, авиационные средства поражения, боевое применение, авиационный комплекс, время нахождения в воздухе, практический потолок, дальность применения и возможность поражения цели, локальные войны.

Vorobyev E.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
evvorobyev@yandex.ru

Vorobyev S.S.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
v.serge.79@mail.ru

Boyko S.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
stas_boyko_85@mail.ru

Abstract. The article examines the comparative analysis and capabilities of unmanned aerial vehicles of different names with different characteristics, allowing them to cover all the needs of the enemy's armed forces. The analysis of the use of unmanned aerial vehicles has been carried out and the weaknesses and strengths have been identified.

Keywords: complex of the tethered unhanded system, aviation facilities are affected, combat use, aviation complex, flight duration service ceiling, range of application and the possibility of hitting the target, local wars.

Использование БпЛА уже сейчас серьезно меняет тактику ведения БД традиционными воинскими формированиями СВ и ВВС, что, в свою очередь, требуют модификации технических и технологических решений, определяющих использование этого нового вида вооружения [1]. В том числе создания отрасли с локализацией комплектующих на сто процентов собственного производства включая программное обеспечение. Тем самым мы достигнем лидерство в сфере БпЛА.

В штабе бригад СВ ВСУ уже несколько лет сформированы и применяются роты ударных беспилотных авиационных комплексов. Известно также, что, проанализировав опыт их боевого применения и признав его успешным преобразует эти роты в батальоны и бригады. При этом В.А. Зеленский запустил три национальных проекта: Акселератор Минобороны, Армия дронов, Brave I («Храбрый») целью которых является достичь лидерство в сфере беспилотных систем [2].

Акселератор Минобороны ВСУ ускоряет процессы обработки ведомством инновационных проектов в интересах ВСУ. Организационно объединяет экспертизу, полномочия профильных подразделений ВСУ и специального проектного офиса с использованием современных управленческих методов и ИТ-решений. Направлениями Акселератора являются: модернизация и повышение эффективности существующих боеприпасов и образцов ВВТ, роботизация, искусственный интеллект, защищенная связь, РЭБ/РЭР, сбор, обработка, анализ информации, кибероборона/атака, автоматизация процессов и анализ данных для принятия решений и ВСУ.

Brave l («Храбрый») – это единая координационная платформа, созданная для содействия сотрудничеству всех заинтересованных сторон оборонно-технической отрасли путем предоставления им организационной, информационной и финансовой поддержки оборонно-технологических проектов. Принимает заявки от разработчиков в сфере оборонных технологий на любой стадии готовности, проводит экспертизу, легализацию, встречи разработчиков, тестирование, ищет гранты и инвестиции. От оформления разработки и после первичного согласования, проект попадает на военную экспертизу в Генштаб ВСУ и в течение 5–7 рабочих дней получает развернутый вывод с оценкой. Если разработка определена приоритетной и получила высокую оценку, она автоматически попадает в работу к Акселератору Минобороны, обеспечивающего скорейшее рассмотрение, международную кодификацию, а также государственный заказ. Срок от подачи заявки к их кодификации и допуску к эксплуатации – 45 дней. Направлениями Brave l являются: система оружия, защита и безопасность, снабжение и логистика, беспилотные летательные аппараты, роботы, разминирование, информационная безопасность, интеллект, навигация.

Армия дронов это обучение, поставки, производство, разработанный Генштабом ВСУ, Мининцифрой и Госспецсвязью Украины. Он регулярно поставляет аппараты в армию. Развивает производства. Устраняются бюрократические барьеры (от отмены таможенных пошлин, органов контроля). Формируется новая система обучения инструкторов и операторов, были разработаны стандартизированные учебные программы. Разрабатывается обновленная доктрина БпЛА.

В феврале 2024 появился отдельный род войск ВСУ – Силы беспилотных систем. В составе которых появились новые структурные единицы, на примере 414 полка 12 бригады это:

– подразделение перехвата и уничтожения БпЛА (высотный перехват);
– подразделение экспериментальных беспилотных систем;
– технические радиоэлектронные подразделения РЭР и РЭБ;
– наземные роботизированные системы;
– подразделение разработок и внедрение новых систем;
– собственные возможности обучения операторов;
– собственные производственные мощности;
– производство боеприпасов и поражающих элементов;
– ремонтно-восстановительные подразделения [2].

Со стороны противника стало заметно увеличение использования крупных БпЛА которые являются аналогом больших гражданских аграрных квадрокоптеров, гексокоптеров и октокоптеров, обладающие гораздо большей грузоподъемностью от 40 до 150 килограмм.

Квадрокоптеры – это многороторные БпЛА с четырьмя электродвигателями, лета-ющие по вертолётной схеме. Эти БпЛА стабилизируют свой полет с помощью электронных датчиков и системы управления. Есть три типа квадрокоптеров: квадрокоптер в форме плюса; квадрокоптер крестообразной формы и квадрокоптер формы в виде буквы Н. Все формы стабильны в прямом полете, но квадрокоптеру требуется управление рысканием в прямом полете. Принципы управления рысканием идентичны для всех конфигураций, но принципы управления по тангажу и крену различны в случае поперечной конфигурации.

Гексокоптеры и октокоптеры – это БпЛА коптерного типа с шестью и восемью пропеллерами соответственно, они значительно мощнее квадрокоптера. По сравнению с предыдущими, они могут нести более тяжелую полезную нагрузку. Октокоптеры также чрезвычайно устойчивы в воздухе. Они используются для узкоспециализированных задач, которые могут потребовать перемещений под дождем или сильными порывами ветра. Прочность такого БпЛА позволяет выдерживать суровые погодные условия, не сбиваясь с курса. Преимуществом большого количества роторов является и то, что такие машины способны сохранять устойчивый полет при выходе из строя одного двигателя [3, 4].

ВСУ модернизировали эти крупные БпЛА, адаптировав их для выполнения боевых задач. Как пример, такими БпЛА являются: Agric RDE616 Prof (Украина), R-18

(Украина), Вампир (Украина), Хэви шот (Украина), Кажан Е-630 (Украина), Револьвер 860 (Тайвань), Маллоу Т150» (Великобритания), DJI Agros MG-1 (КНР). БпЛА EFT E 610 (КНР), технические характеристики которых представлены в таблице 1. Данные БпЛА стали использоваться преимущественно в ночное время, на малых высотах до 350 метров. Они издают довольно громкий специфический звук похожий на вертолёт, благодаря чему за ними закрепилось прозвище «Баба-Яга».

Таблица 1

Наименование	Габаритные размеры, см	Вес, кг	Масса полезной нагрузки, кг	Дальность км	Тип двигателя
 EFT E 610	140 × 140	15	10	20	электрический
 Кажан Е-630	190 ×170	52	20	8	электрический
 Хэви шот	200 × 200	75	40	20	электрический
 Р-18	220 × 220	17	10,5	5	электрический
 Револьвер 860	106 × 106	42	140	20	электрический

Насчитывается целый ряд способов применения таких тяжёлых БпЛА в зависимости от установленной полезной нагрузки на борт, которая определяется поставленными задачами. Полезная нагрузка – это оборудование, которое БпЛА несет на себе для выполнения различных боевых задач, может включать в себя видеокамеры, тепловизоры, дальномеры, системы сброса, средства поражения, ретрансляторы, и т.д. [5, 6].

В качестве средств поражения используются боеприпасы различного назначения. Взрывные устройства сброса с БпЛА предназначены для уничтожения бронированной техники и других транспортных средств, живой силы, разрушения объектов, создания очагов пожаров на местности и на объектах.

Средства поражения доставляются в цели при помощи тяжелого БпЛА «Баба Яга» и являются боеприпасами свободного падения, осколочные, кумулятивные, зажигательные.

Поднимают такие БпЛА ВОГи, РКГ-3Е, РКГ-3ЭМ, БП-ОК-2.5, ТМ, различные варианты мин адаптивные к сбросу, а также большой перечень авиационных бомб малых калибров, изготовленных при помощи 3D печати. Внешний вид таких бомб представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Авиационные бомбы малых калибров, изготовленные при помощи 3D печати

Кроме того, активно осуществляется минирование дорог, замаскированными под предметы на местности минами (куски грунта, стволы деревьев) с различными типами взрывателей.

Имеют место случаи установки на БпЛА стрелкового оружия: нарезного автоматического (со стрельбой одиночными выстрелами) для поражения живой силы на земле и гладкоствольного – для уничтожения БпЛА противника в воздухе (так называемого «летающего многозарядного дробомета»), что приведет в скором времени к ведению воздушного противостояния между БпЛА.

Технические характеристики и конструкция одного из таких боеприпасов представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

БП-ОК-2.5 предназначен для уничтожения легкобронированной и бронированной техники, личного состава и огневых сооружений [6, 7].

Таблица 2

Тип	Кумулятивно-осколочный
Масса, кг	2,5
Длина, мм	400
Диаметр БЖ, мм	93
Количество обломков, шт	не менее 750
Масса обломка, гр	2,3
Радиус сплошного поражения, м	до 12,5
Подрывник	механический, инерционный; комбинированный

Перед выполнением боевых задач ВСУ адаптируют и модернизируют и эти крупные БпЛА.

Модернизация включает в себя:

– автономность (возможность летать по запрограммированным маршрутам и совершать конкретные действия в определенных точках пути без участия оператора (без каналов управления);

– повышение точности навигации, (использование GPS L1/L2, ГЛОНАСС F1/F2, BeiDou B1/B2 и Galileo E1/E5 с технологий РТК, что повышает защищенность от помех по навигации.

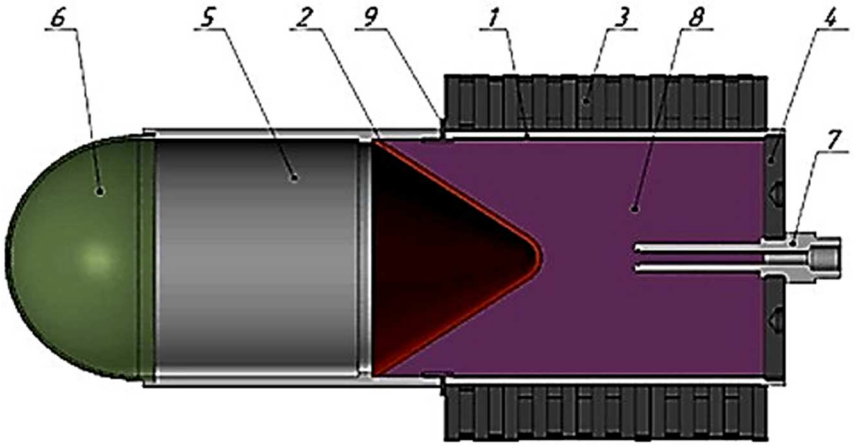


Рисунок 2 – Конструкция БП – ОК – 2,5:
1 – корпус; 2 – кумулятивная облицовка; 3 – осколочная рубашка; 4 – резьбовая крышка;
5 – дистанционная втулка; 6 – обтекатель; 7 – втулка; 8 – заряд ВР; 9 – упорное кольцо

РТК (кинематика реального времени) – это система предназначенная для обеспечения точности позиционирования в 1–2 см [8]. Работает она следующим образом: два приемника РТК (первый на БпЛА, второй на пульте или на базовой станции), каждый из которых принимает сигналы ГНСС, затем они «вычитаются» друг из друга и получается корректура. Сигналы ГНСС проходя до приемника подвергаются ионосферному искажению появляется задержка из-за пройденного расстояния. «Вычитая» принятые сигналы эти ошибки вычисляются, и на выходе получается «чистый» сигнал ГНСС с высокой точностью. Если приемник стоит только на БпЛА он работает как обычный ГНСС приемник, но обеспечивает двихдиапазонный прием сигналов навигации:

– резервирование систем, управление через Starlink, использование тактических модемов производства Silvus на частотах 1350–1440 МГц, 2200–2500 МГц, 4400–4940 МГц, мощностью 8 Ватт, поставляемые из США как средство связи, автопилот и инерциальная система навигации (включающая два барометра и два магнитных компаса) в случае подавления навигации может лететь по компасам. Использование оптических датчиков системы обзора в качестве машинного зрения, т.е. в полете БпЛА делает снимки местности по маршруту, после чего идет сравнение изображения с сохраненными файлами снимков, для возврата по пройденному маршруту в автономном режиме;

– использование антенны CRPA с узконаправленной диаграммой направленности (рисунок 3). Антенна представляет собой 2-4-8 и более приёмные антенны, размещённые симметрично и на расстоянии, кратном 1/4 длины волны. Принцип работы основан на вычислении, фиксируя смещение фазы приходящего сигнала, приёмник может вычислить направление на него. Зная направление - выделить и проигнорировать сигналы помех и переотражений (источники помех, обычно, внизу, а спутники, находятся сверху). Дополнительно, приходящие с нижней полусферы сигналы гасятся кондуктивными кольцами. Сама по себе технология гражданская и предназначена для подавления переотражений в геодезических приёмниках при применении в застройке, в городах и т.п. Обычный GPS приёмник строит курс проводя вектор через точки координат в движении. Если приёмник стоит на месте, то курс крутится за счёт погрешности определения координат. CRPA определяет курсовое положение по сдвигу фаз сигналов, поэтому точность определения координат не влияет на точность определения курса. CRPA даже может использовать сигнал подавления как маяк для курса. Зная курс, можно вернуться в сторону дома даже не зная своих координат. CRPA может определять угол курса в статике [8, 9];

– для обеспечения устойчивого управления от воздействия средств РЭБ и гарантированного поражения цели на дальности до 30 км (в отдельных образцах до 40 км) внедряются БпЛА «Баба-Яга» на оптико-волоконном кабеле. Характерной чертой их использования является четкость видеоизображения до конечной точки маршру-

та. При обрыве кабеля происходит автоматический сброс катушки, после чего активируется дублирующий канал;

– устанавливаются элементы бронирования в виде стальных листов, что позволяет ему быть более стойким не только к стрелковому вооружению, но и к осколкам зенитных ракет.

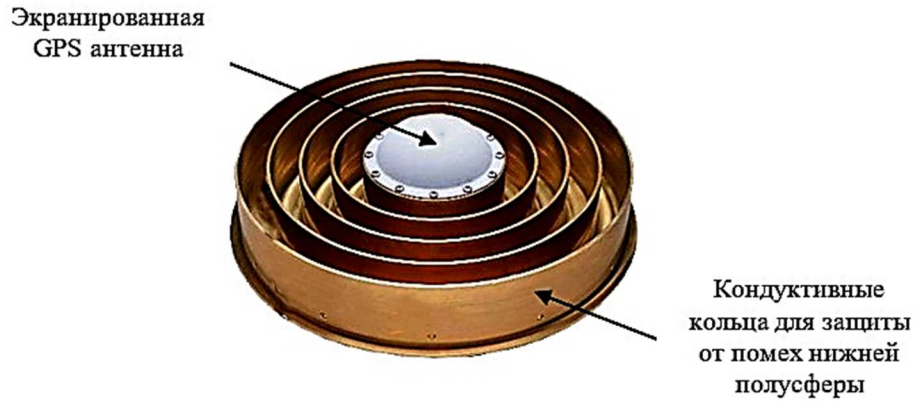


Рисунок 3 – Устройство CRPA антенны

Идентификация тяжёлых БпЛА «Баба-Яга» связанна со следующими особенностями:

– высокий уровень издаваемого акустического шума, похожий на вертолет слышен за 1–2 км., что обеспечивает возможность обнаружить БпЛА такого типа без радиоэлектронного оборудования;

– низкий практический потолок, диапазон высот от 2–100 м, позволяет тяжелым БпЛА «Баба-Яга» скрытно подходить к позициям (при полной загрузке поднимаются на 30 метров) также необходимо остановиться в воздухе на одном месте для осуществления наведения;

– низкая скорость перемещения около 45 км/час;

– высокая заметность и размер.

– зачастую БпЛА «Баба-Яга» работает в паре с мини или средним БпЛА-разведчиком коптерного типа.

Рекомендации по противодействию тяжелым БпЛА «Баба-Яга»:

– необходимо выставлять круглосуточно посты наблюдения воздушного пространства (ПВН);

– использовать контроля радиоизлучений (СКРИ) для обнаружения БпЛА;

– использовать стрелковое вооружение с телевизором, так как БпЛА «Баба-Яга» для скрытности в основном применяется в ночное время суток. Через телевизионный прицел тяжёлые БпЛА отчетливо видны из-за сильного нагрева;

– стрелять из укрытия;

– трассирующие боеприпасы не сбивают БпЛА коптерного типа, т.к. рикошетят от рамы или бронелистов, а также их использование приведёт к обнаружению стрелка противником;

– огонь из стрелкового оружия целесообразно вести из разных позиций, возможно в движении, чтобы избежать вскрытия позиции.

Таким образом, в статье рассмотрена классификация, характеристики тяжёлых БпЛА «Баба-Яга» противника, номенклатура применяемых ими средств поражения, определены условия их боевого применения. Материалы статьи носят познавательный и рекомендательный характер для военнослужащих ВС РФ с целью повышения эффективности опознавания таких тяжёлых БпЛА и противодействия им.

Список литературы:

1. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам : монография. – СПб. : Наукоемкие технологии, 2020. – С. 13.

2. URL : https://t.me/Z_komitet
3. Маркелов.В.И. Гибридная двигательная установка для дистанционно пилотируемых авиационных систем / В.И. Маркелов, Д.С. Третьяченко, Р.Р. Асадуллин // Межвузовский сборник научных трудов. – Вып. 27. – Краснодар, 2023. – С. 166–181.
4. Оптико-электронная система коррекции инерциальных навигационных систем / В.И. Конотоп // Межвузовский сборник научных трудов. – Вып. 23. – Краснодар, 2019. – С. 93–99.
5. URL : https://DronNews.ru
6. URL : https://t.me/texotdelBPLA
7. URL : https://t.me/rusich_army
8. URL : https:// t.me/Mestb_Dobroj_Voli
9. URL : https://t.me/UAVDE

УДК 623.746-519

ПРИМЕНЕНИЕ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ ПО ВОЗДУШНЫМ ЦЕЛЯМ С БОРТА БПЛА

♦♦♦♦♦

USE OF SMALL FIREARMS AGAINST AIR TARGETS FROM UAVS

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

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

Аннотация. Рассмотрен вопрос об оснащении современных БПЛА самолетного и коптерного типа огнестрельным стрелковым оружием. Приведены примеры БПЛА различных стран, оснащенные скорострельным стрелковым оружием. Пописаны области возможных атак по воздушным целям и зоны эффективной стрельбы с борта БПЛА по наземным целям. Статья предназначена для преподавательского состава вузов.

Ключевые слова: БПЛА, огнестрельное стрелковое оружие.

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

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
napalkoff@yandex.ru

Abstract. The issue of equipping modern UAVs of aircraft and copter type with firearms is considered. Examples of UAVs of various countries equipped with rapid-fire small arms are given. Areas of possible attacks on air targets and zones of effective fire from UAVs on ground targets are described. The article is intended for the teaching staff of universities.

Keywords: UAVS, firearms.

Боевое огнестрельное стрелковое оружие (далее – ОСО) по воздушным целям может применяться как с земли, так и с воздуха в случае оборудовании им беспилотных летательных аппаратов.

Сценарий поражения композиционно состоит из необходимых условий воздействия ОСО на топливные баки ВС и достаточных условий для развития пожара и взрыва топливовоздушной смеси.

Под необходимыми условиями воздействия метаемых элементов ОСО по воздушным целям следует понимать совокупность характеристик стрелкового оружия, боеприпасов, топливных баков и параметров профиля полета воздушной цели.

К огнестрельному стрелковому оружию относится ствольное оружие калибром менее 20 мм, предназначенное для поражения живой силы и (или) техники в котором для метания поражающего элемента используется энергия газов, образующихся при горении метательного заряда в стволе [1]. Различают стрелковое оружие малого (до 6,5 мм включительно), нормального (свыше 6,5 до 9 мм включительно) и крупного калибра (от 9 до 20 мм включительно). В качестве поражающего метаемого элемента в боевом огнестрельном стрелковом оружии используется пуля.

В вооруженных силах НАТО понятие «стрелковое оружие» распространяется на все огнестрельное оружие, которое не имеет свойственных для артиллерии устройств гашения импульса отката, включая калибр 30 мм [2]. Но при калибре свыше 20 мм для метания используется уже не пуля, а снаряд или граната.

Первый случай противостояния БПЛА самолету зафиксирован во время американо-иракской войны 23 декабря 2002 года. Беспилотник MQ-1 Predator обстрелял иракский МиГ-25. На момент столкновения БПЛА был вооружен ракетами «Стингер». Иракский самолет первым выпустил ракету класса «воздух-воздух». Беспилотник ответил пуском «Стингера», но не достал воздушную цель. БПЛА развернулся в сторону базы, однако его догнала вторая иракская ракета.

В настоящее время БПЛА как самолетного, так и коптерного типа (рисунок 1), также оснащаются ОСО.



Рисунок 1 – Турецкий БПЛА коптерного типа Songar оснащенный пулеметом (калибр 5,56) и гранатометом

Беспилотный летательный аппарат General Atomics Aeronautical Systems с коротким взлётом и посадкой «Мохаве» (рисунок 2) оснащён парой модулей Dillon Aero DAP-6 (шестиствольный) с скорострельными пулеметами M134 Minigun («Миниган»).



Рисунок 2 – Расположение ОСО на борту БПЛА «Мохаве»

Скорострельность пулеметов M134D-H, которыми вооружили Mojave, составляет три тысячи выстрелов в минуту. Тогда общая скорострельность двух капсул, которые Mojave несли во время демонстрации, составляла 6000 выстрелов в минуту (рисунок 2). Максимальная емкость магазина DAP-6 также составляет 3000 патронов, что дает ему 60 секунд общего времени стрельбы. Патроны 7,62 × 51 мм, которыми стреляет «Миниган», не являются разрывными. 13 апреля 2024 года уничтожил несколько целей в ходе демонстрации стрельбы (рисунок 3).

Модуль можно заряжать меньшим количеством боеприпасов для уменьшения его общего веса. В разряженном состоянии DAP-6 весит 162 фунта (73,5 килограмма), но при полной загрузке этот вес увеличивается примерно до 350 фунтов (158,8 килограмма).



Рисунок 3 – Применение ОСО с борта БПЛА «Мохаве»

Кроме того, компания GA-ASI планирует предложить армии США нечто вроде гибрида «Мохаве» и своего MQ-1C (Gray Eagle STOL) в качестве новой вооружённой разведывательной платформы, оснащенной в том числе скорострельным ОСО (рисунок 4).



Рисунок 4 – Средневысотный БПЛА MQ-1C «Серый орел»

Американские компании Asterion Systems и IronNet представили свою новейшую разработку – беспилотный авиационный комплекс с функцией перехвата воздушных целей, получивший название Hitchhiker. Основная задача нового дрона – перехват российских ударных беспилотников, таких как «Герань-2». Hitchhiker был специально разработан для усиления противовоздушной обороны. Дрон-перехватчик оснащен встроенными пулеметами калибра 5,45 или 5,56 мм, каждая установка имеет боекомплект на 30–50 патронов.

На иранских крупномасштабных учениях беспилотной авиации впервые был продемонстрирован ударный БПЛА Karrar (рисунок 5).



Рисунок 5 – БПЛА Karrar с функцией перехвата воздушных целей

На эти дроны массой 400 кг устанавливаются турбореактивные двигатели Toloue-4, выпускаемые оборонной промышленностью Ирана. В результате их максимальная скорость может достигать 900 километров в час, а крейсерская – 700 км/ч. Высота полета – 9000 метров. Дальность применения зависит от выполняемых задач. В варианте разведчика или воздушной мишени он может преодолевать дистанцию до 1000 км. При подвеске неуправляемых или корректируемых бомб – около 400 км.

Средства поражения применяются в автоматическом режиме, с помощью имеющихся бортовых спутниковых и инерциальных систем. Karrar успешно испытывался как истребитель, в том числе, помимо шестиствольных пулеметом, вооруженный ракетами «воздух-водух» Azarakhsh с инфракрасной головкой самонаведения, представляющими собой копию AIM-9 Sidewinder производства США.

Возможность по борьбе с другими БПЛА, вертолетами и некоторыми типами самолетов БПЛА самолетного типа Karrar расширятся за счет установки шестиствольного 7,62-мм пулемета Akhgar. Считается, что это клон американского M134 Minigun. Его масса – 15,8 кг, длина – 800 мм. Темп стрельбы – до 6000 выстрелов в минуту. Прицельная дальность стрельбы – 1000 метров.

Условия применения ОСО по воздушным целям с борта БПЛА могут регламентироваться руководящими документами: высота, дальность, скорость ветра, курсовые углы воздушной цели и возможные ракурсы стрельбы.

Размеры области возможных атак БПЛА с применением ОСО на больших высотах полета воздушной цели значительно уменьшаются, ввиду чего атаки целей на больших ракурсах становятся невозможными.

Огонь по самолету из ОСО с земли рекомендуется вести патронами с зажигательно-бронебойными пулями, а при их отсутствии – с обыкновенными пулями. По самолету, пикирующему в сторону стреляющего предписывается вести стрельбу непрерывным огнем, прицеливаясь в головную часть цели [3].

По самолету, летящему в стороне или над стреляющим, огонь ведется заградительным или сопроводительным способом. Огонь заградительным способом применяется по низко летящим самолетам, имеющим высокую скорость полета. По медленно летящим воздушным целям – вертолетам и транспортным самолетам – огонь ведется сопроводительным способом.

В случае применения ОСО по воздушным целям с земли и с БПЛА рассматривается противодействие в случае применения самолетом противника бортового оружия по наземным целям с пикирования, с горки и в случае полета в районе аэродрома в случае захода для повторной атаки.

Реальные высоты и скорости применения управляемого оружия с борта ВС по наземным целям приведены на рисунке 6.

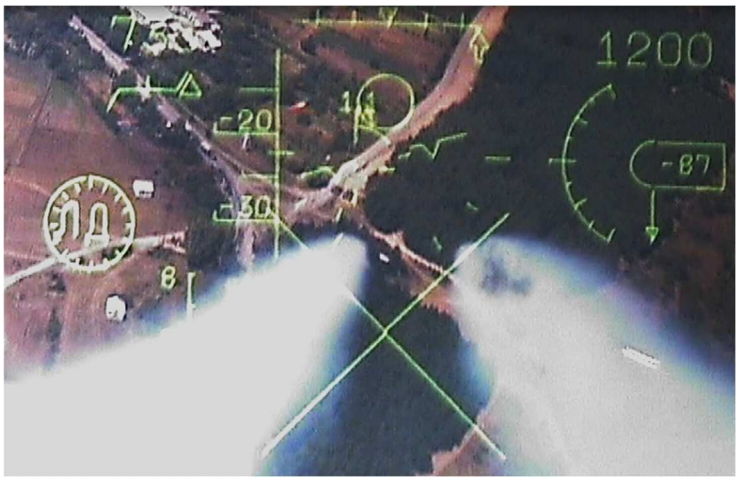


Рисунок 6 – Атака наземной цели самолетом наземной цели с пикирования

Анализ приведенных вариантов применения ОСО позволяет предположить, что ВС может находиться в зоне эффективной дальности стрельбы в следующих случаях:

– при стоянке на аэродроме вне железобетонного укрытия (ЖБУ);
– при взлете – посадке, полете по кругу и по маршруту;
– при боевом применении неуправляемого и управляемого оружия;

Для того, чтобы рассчитать достаточна ли скорость встречи боеприпаса ОСО и ВС для пробивания стенки топливного бака и проникновения метательного элемента в надтопливное пространство представляется целесообразным воспользоваться баллистическим вычислителем. Полученные результаты могут быть использованы для анализа результатов возможного взаимодействия наземных средств ОСО и средств ОСО, размещенных на БПЛА самолетного и коптерного типа, с воздушными целями.

Список литературы:

1. ГОСТ 28653-90.
2. Standart ACodP – 2.
3. Воробьев Е.В. Гибридный энергетический комплекс привязной беспилотной системы / Е.В. Воробьев, Ю.В. Кашлев, С.А. Бевераки // Межвузовский сборник научных трудов. Сборник статей. – Краснодар, 2024. – С. 35–39.

УДК 629.7.05

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ИЗМЕРЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДО ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ В КОГЕРЕНТНО-ИМПУЛЬСНОЙ РЛС, РАБОТАЮЩЕЙ В РЕЖИМЕ КВАЗИНЕПРЕРЫВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

♦♦♦♦♦

SYNTHESIS OF ALGORITHMS FOR MEASURING THE RANGE TO AN AIRBORNE TARGET IN COHERENT-PULSE RADARS OPERATING IN THE MODE OF QUASI-CONTINUOUS RADIATION IN QUASI-CONTINUOUS RADIATION MODE

Захаренко Г.И.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
ZGI3791@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматривается порядок синтезирования алгоритмов измерения дальности до воздушной цели в когерентно-импульсной рлс, работающей в режиме квазинепрерывного излучения, путем построения модели движения цели с синтезом оптимального алгоритма измерения дальности.

Ключевые слова: высокая частота повторения импульсов, априорная плотность вероятности, белый гауссовский шум, апостериорная плотность вероятности, функции правдоподобия.

Zakharenko G.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
ZGI3791@rambler.ru

Abstract. The article deals with the procedure of synthesizing algorithms for measuring the range to an airborne target in a coherent-pulse RLS operating in the mode of quasi-continuous radiation in the mode of quasi-continuous radiation, by building a model of the target motion with synthesis of the optimal algorithm of range measurement.

Keywords: high pulse repetition rate, a priori probability density function, white Gaussian noise, posterior probability density function, likelihood functions.

Постановка задачи. Модель движения

Для синтеза алгоритмов обработки сигнала прежде всего необходимо определиться с моделями сигналов и помех. Будем считать, что имеется когерентная бортовая РЛС, которая излучает зондирующий сигнал в виде импульсной последовательности, частота следования Fп которых меняется через некоторый фиксированный тактовый интервал $T_т$. Всего за период наблюдения $T_н$ происходит K изменений частоты повторения импульсов (ЧПИ). Определим статистические модели сигналов, отраженных от целей, и помех [1, 70]. Сигнал, отраженный от цели, при использовании зондирующего сигнала на k-ой ЧПИ можно представить в виде пачки импульсов и записать как:

$$S_k(t) = A_k s_k(t_з)\cos(2\pi(f - f_{дп})(t - t_з) - \varphi)\ ,\ k \in [1, N_k], \quad (1)$$

где $S_k(t_з)$ – амплитудный множитель; A, f, φ – амплитуда, частота и фаза отраженного сигнала; $t_з$ – время запаздывания отраженного сигнала, которое полагается постоянным в течение измерения; N_k – количество накапливаемых импульсов на k – ой частоте повторения.

В режиме излучения с высокой частотой повторения импульсов (ВЧПИ) существует неоднозначность измерения времени запаздывания отраженного сигнала. При этом истинное время запаздывания $t_з$ и наблюдаемое (неоднозначное) $t_{зн}$ связаны соотношением:

$$t_з = N_{кр} T_{пк} + t_{зн}, \quad (2)$$

где $N_{кр}$ – коэффициент кратности неоднозначности; $T_{пк}$ – период повторения на k-ой ЧПИ. В отличие от задержки, частота доплера при использовании сигналов с ВЧПИ измеряется однозначно.

При написании (1) полагалось, что линейное разрешение РЛС по дальности и угловым координатам значительно больше линейных размеров наблюдаемой воздушной цели. В этих условиях цель можно считать точечной. При современных скоростях движения воздушных целей и небольшом времени когерентного накопления можно считать, что в течении накопления сигнала на одной ЧПИ дальность не изменяется.

Значение амплитуды сигнала, отраженного от воздушной цели, в общем случае, является случайной величиной. Исследования показали, что время корреляции амплитуды отраженного от цели сигнала сотни миллисекунд. Поэтому полагается, что за время длительности одной пачки амплитуда остается постоянной, а от пачки к пачке изменяется по рэлеевскому закону с параметром σ_a:

$$p(A)=\begin{cases}\dfrac{A}{\sigma_a^2}\exp\left(-\dfrac{A^2}{2\sigma_a^2}\right), A>0\\ 0, A<0\end{cases}. \quad (3)$$

Обоснованность выбора подобной модели изменения амплитуды отраженного сигнала можно объяснить цикличным характером формирования и обработки принимаемого сигнала [1, 74] в современных когерентно-импульсных РЛС на различных частотах повторения (рисунок 1). Как правило, один цикл «формирование-обработка» на одной частоте повторения определяется фиксированным интервалом – $T_ц$, который состоит из двух подциклов: перестройки (от 0 до $T_{нф}$ – времени начала фильтрации) и когерентного накопления (от $T_{нф}$ до $T_ц$). Величина первого подцикла определяется временем, необходимым на перестройку передатчика и приемника для работы на заданной частоте повторения и временем формирования стационарности отраженного от земли сигнала. В течение этого времени приемник БРЛС не функционирует. Длительность первого подцикла выбирают больше, чем время, необходимое для приема сигнала отраженного от цели на максимальной дальности. Величина второго подцикла определяется необходимым временем когерентного накопления. В течение данного временного интервала приемник открыт и производится обработка отраженного сигнала. В современных БРЛС длительность подцикла перестройки составляет единицы миллисекунд, а подцикла когерентного накопления – единицы – десятки миллисекунд.

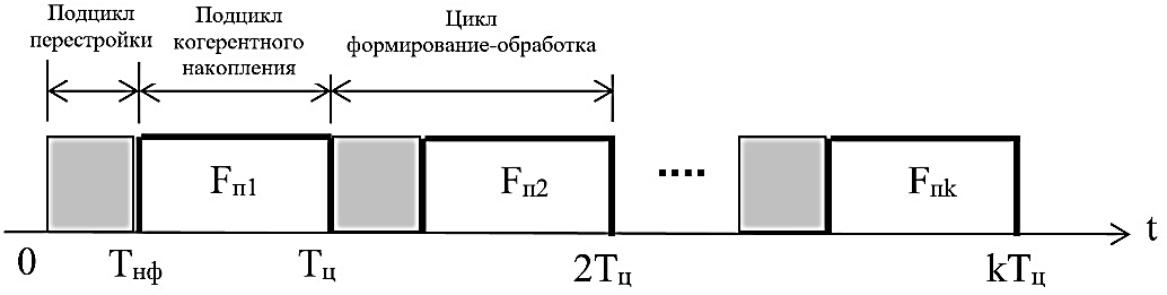


Рисунок 1 Временной цикл формирования и обработки принимаемого сигнала

На рисунке 1 начальная фаза сигнала φ независима от амплитуды и равновероятна на интервале [–*π*; *π*]:

$$p(\varphi)=\frac{1}{2\pi}, \varphi\in[-\pi;\pi]. \quad (4)$$

В режиме квазинепрерывного излучения с ВЧПИ обнаружение и атака цели на встречных и встречно-пересекающихся курсах ведется на фоне внутренних шумов приемника, поэтому шум наблюдения можно считать стационарным белым гауссовским шумом (БГШ) с известными характеристиками:

$$M\{n(t)\}=0 \ , \ M\{n(t_1)n(t_2)\}=\frac{N_0}{2}\delta(t_2-t_1), \quad (5)$$

где N_0 – спектральная плотность БГШ.

Принимаемый сигнал на k-той ЧПИ представляет собой аддитивную смесь полезного сигнала (1) и белого гауссовского шума:

$$\xi_k(t) = S_k(t) + n(t)\ ,\ t \in [0, T], \tag{6}$$

где n(t) – БГШ с характеристиками (5), $S_k(t)$ –сигнал, отраженный от цели на k-ой ЧПИ.

В пределах периода повторения $T_{пk}$, соответствующего k-ой частоте повторения отраженный сигнал определен на всём периоде повторения $[nT_{пk}; T_{пk}(n+1)]$, а процесс ξ_k существует на интервале $[nT_{пk} + t', T_{пk}(n + 1)]$, где n = 1, 2, 3, …, N_k, N_k – количество накапливаемых импульсов на k-ой частоте повторения (рисунок 2).

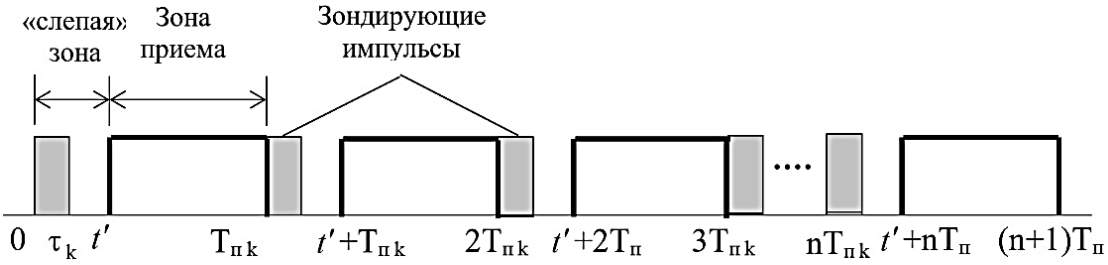


Рисунок 2 – Период накопления отраженного сигнала

Предполагается, что задача обнаружения цели решена и обеспечено однозначное определение доплеровского смещения частоты отраженного сигнала в момент обнаружения.

Таким образом, предполагаются известными следующие априорные сведения о наблюдаемом процессе ξ(t) [2, 286]:

1. Известен способ комбинирования сигнала и помехи. Измерение ведется на фоне внутренних шумов, аддитивно складывающихся с сигналом, отраженным от воздушной цели (ВЦ);
2. Сигнал $S_k(t)$ является детерминированной функцией аргументов t, $t_з$ и $f_{дп}$;
3. Известны все необходимые вероятностные характкеристики случайного процесса и помехи n(t).

Ставится задача: найти оптимальный алгоритм измерения дальности до маневрирующей ВЦ, при заданном количестве частот повторения импульсов K ϵ [1, K*], K* – число определяющее номер верхнего дискретного значения ЧПИ, используемого в режиме излучения с ВЧПИ (количество ЧПИ).

Синтез оптимального алгоритма измерения дальности

Для синтеза оптимального алгоритма рассмотрим модель вектора состояния при маневре носителя:

$$\lambda = \begin{bmatrix} Д \\ V \\ a \end{bmatrix}, \tag{7}$$

где Д – дальность от РЛС до цели, V – скорость сближения носителя РЛС и цели, a – ускорение сближения.

Сделаем предположение об относительном движении носителя РЛС и цели с постоянным ускорением сближени. При этом модель относительного движения в дискретном виде выглядит следующим образом:

$$\begin{bmatrix} Д_k \\ V_k \\ a_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Д_{k-1} + V_k T \\ V_{k-1} + a_k T \\ a_{k-1} \end{bmatrix}. \tag{8}$$

Приведем уравнение состояния к стандартному виду:

$$\lambda_k = \Phi\lambda_{k-1}, \tag{9}$$

где Ф – переходная матрица, λ_{k-1} – вектор состояния на k-м шаге.

Как известно, исчерпывающее описание оцениваемой случайной величины дает апостериорная плотность вероятности (АПВ). За оптимальную оценку λ будем принимать значения вектора состояния, при котором априорная плотность вероятности АПВ достигает своего максимального значения.

Запишем формулы, позволяющие рекуррентно вычислять апостериорную плотность вероятности при известном начальном распределении вектора состояния:

$$p(\lambda_k|\xi_0^k) = Cp(\lambda_k|\xi_0^{k-1})p(\xi_k|\lambda_k), \tag{10}$$

$$p(\lambda_k|\xi_0^{k-1}) = \int p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1})p(\lambda_k|\lambda_{k-1})d\lambda_{k-1}. \tag{11}$$

где $p(\lambda_k|\xi_0^k)$ – АПВ на k-ом шаге, $p(\lambda_k|\xi_0^{k-1})$ – у словная плотность вероятности экстраполированного значения λ_k в отсутствие отсчета наблюдения ξ_k, С – нормировочный множитель, не несущий информации о векторе состояния, $p(\xi_k|\lambda_k)$ – текущее значение функции правдоподобия, $p(\lambda_k|\lambda_{k-1})$ – условная плотность вероятности, которая может быть найдена из уравнения состояния.

Для уравнения состояния (8) при отсутствии шумов:

$$p(\lambda_k|\lambda_{k-1}) = \delta(\lambda_k - \Phi\lambda_{k-1}) = \delta(Д_k - (Д_{k-1} + V_{k-1}T); V_k - (V_{k-1} - a_{k-1}T); a_k - a_{k-1}) \tag{12}$$

– представляет собой трехмерную дельта – функцию. Подставим (11) в (12), получим априорную плотность:

$$p(\lambda_k|\xi_0^{k-1}) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1})\delta(\lambda_k - \Phi\lambda_{k-1})d\lambda_{k-1} = \tag{13}$$

$$= \iiint_{\infty} p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1})\delta(Д_k - (Д_{k-1} + V_{k-1}T); V_k - (V_{k-1} + a_{k-1}T); a_k - a_{k-1})dД_{k-1}dV_{k-1}da_{k-1}$$

При наличии гауссовских шумов АПВ $p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1})$ на (k-1)-м будет нормальной и иметь вид:

$$p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1}) = c_1 \exp\left\{-\frac{(\lambda_{k-1} - \hat{\lambda}_{k-1})^2}{2R_{k-1}}\right\}, \tag{14}$$

где $\hat{\lambda}_{k-1}$ – оценка вектора состояния на (k-1) – м шаге, R_k-1 – матрица дисперсий ошибок, c_1 – нормировочный множитель. При подстановке $p(\lambda_{k-1}|\xi_0^{k-1})$ в (13):

$$p(\lambda_k|\xi_0^{k-1}) = \int_{-\infty}^{\infty} c_1 \exp\left\{-\frac{(\lambda_{k-1} - \hat{\lambda}_{k-1})^2}{2R_{k-1}}\right\}\delta(\lambda_k - \Phi\lambda_{k-1})d\lambda_{k-1}. \tag{15}$$

Введем новую переменную $x = (\Phi\lambda_{k-1} - \Phi\hat{\lambda}_{k-1})$, тогда $d\lambda_{k-1} = \frac{dx}{\Phi}$. В этом случае:

$$p(\lambda_k|\xi_0^{k-1}) = \int_{-\infty}^{\infty} c_1\Phi^{-1} \exp\left\{-\frac{x^2}{2\Phi R_{k-1}\Phi^T}\right\}\delta(\lambda_k - \Phi\hat{\lambda}_{k-1} - x)dx. \tag{16}$$

Используя фильтрующее свойство дельта-функции $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\delta(x-x_0)dx = f(x_0)$ получим:

$$p(\lambda_k \left| \xi_0^{k-1} \right.) = c_2 \exp\left\{ -\frac{(\lambda_k - \Phi\hat{\lambda}_{k-1})^2}{2\Phi R_{k-1}\Phi^T} \right\} \quad (17)$$

или же:

$$p(\lambda_k \left| \xi_0^{k-1} \right.) = p(\lambda_{k-1} \left| \xi_0^{k-1} \right.)\Big|_{\lambda_{k-1}=\tilde{\lambda}_k},$$

где $\tilde{\lambda}_k = \begin{bmatrix} Д_{k-1} + V_{k-1}T \\ V_{k-1} + a_{k-1}T \\ a_{k-1} \end{bmatrix}$ экстраполированный вектор состояния.

Таким образом, условная плотность вероятности экстраполированного значения в отсутствии отсчета наблюдения равна апостериорной плотности вероятности на предыдущем шаге, сдвинутой на величину экстраполяции параметра, согласно уравнению состояния [2, 144].

После получения первого измерения АПВ на первом шаге вычисляется по формуле:

$$p(\lambda_1 \left| \xi_0^1 \right.) = Cp(\lambda_1 \left| \xi_0 \right.)p(\xi_1 \left| \lambda_1 \right.), \quad (18)$$

где $p(\lambda_1 \left| \xi_0 \right.)$ – является экстраполированной априорной плотностью на момент получения ξ_k.

Получим вид этой плотности, исходя из условий постановки задачи. Априорной информации о значении неоднозначной дальности (неоднозначной задержки) нет. Поэтому на интервале от 0 до $Д_{одн}$ ($t_{одн}$) плотность можно считать равномерной (19).

$$p(\tilde{Д}_1) = \begin{cases} \dfrac{1}{Д_{одн}}, \text{при } \tilde{Д}_1 Î[0; Д_{одн}]; \\ 0, \text{при } \tilde{Д}_1 Ï[0; Д_{одн}]. \end{cases} \quad (19)$$

В момент t_0 цель обнаружена на некоторой частоте $f_{обн.}$ достаточно точно (с точностью до доплеровского фильтра) и плотность $p_{pr}(V_0)$ будет иметь вид, близкий к дельта-функции (гауссова с малой дисперсией). Однако, плотность распределения скорости $p(\tilde{V}_1)$ будет распределена равномерно в силу следующих обстоятельств. Экстраполированное значение скорости на первом шаге вычисляется по формуле:

$$\tilde{V}_1 = V_0 + a_0 T_{зад}. \quad (20)$$

Захват начинается не сразу после обнаружения, а спустя некоторое время задержки $T_{зад.}$ (рисунок 3)

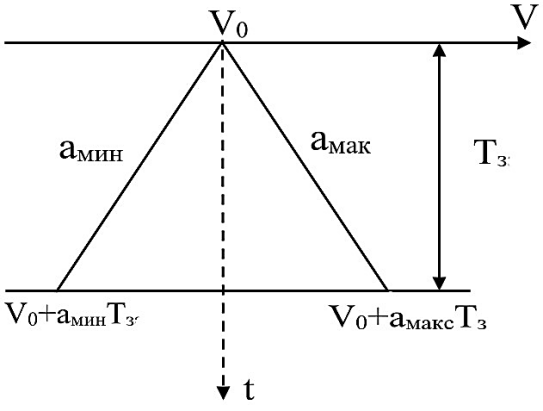


Рисунок 3 – График зависимости времени задержки от скорости

За это время скорость сближения изменяется по формуле (20). Априорные сведения об ускорении сближения достаточно грубые и величина a_0 распределена равномерно на интервале от $a_{мин}$ до $a_{макс}$. Величина экстраполированного значения $\tilde{a}_1$ распределена по тому же закону вследствие принятой модели состояния: $\tilde{a}_1 = a_0$.

Таким образом, экстраполированное значение скорости на первом шаге будет равномерно распределено:

$$p(\tilde{V}_1) = \begin{cases} \dfrac{1}{T_{зад}(a_{макс} - a_{мин})}, \text{при } \tilde{V}_1 \in [V_0 + a_{мин}T; V_0 + a_{макс}T]; \\ 0, \text{при } \tilde{V}_1 \notin [V_0 + a_{мин}T; V_0 + a_{макс}T]. \end{cases} \quad (21)$$

Априорная плотность вероятности вектора λ будет равняться произведения априорных плотностей отдельных параметров:

$$p(\lambda_1 | \xi_0) = p(\tilde{Д}_1)\, p(\tilde{V}_1)\, p_{рг}(\tilde{a}_1). \quad (22)$$

Подставим (22) в (10). В области возможных значений скорости и ускорения получим (при остальных значениях этих параметров апостериорная плотность равна нулю вследствие начального распределения):

$$p(\lambda_1 | \xi_1) = Cp(\lambda_1 | \xi_0) p(\xi_1 | \lambda_1) = C2p(\xi_1 | \lambda_1). \quad (23)$$

Таким образом, на первом шаге оценка вектора состояния получается по максимуму функции правдоподобия $p(\xi_1 | \lambda_1)$. На втором шаге аналогично, используя (15):

$$p(\lambda_2 | \xi_1) = p(\lambda_1 | \xi_1)\Big|_{\lambda_1 = \tilde{\lambda}_2}. \quad (24)$$

т.е. представляет собой АПВ на первом шаге, экстраполированную на второй, получаемую путем сдвига на величину экстраполяции согласно (10):

$$\Delta\lambda_2 = \tilde{\lambda}_2 - \hat{\lambda}_1 = \begin{bmatrix} V_1 T \\ a_1 T \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (25)$$

АПВ на втором шаге:

$$p(\lambda_2 | \xi_2) = Cp(\lambda_1 | \xi_1)\Big|_{\lambda_1 = \tilde{\lambda}_2} p(\xi_2 | \lambda_2). \quad (26)$$

Аналогичным образом можно получить алгоритм вычисления АПВ на k-ом шаге:

$$p(\lambda_k | \xi_k) = Cp(\lambda_{k-1} | \xi_{k-1})\Big|_{\lambda_{k-1} = \tilde{\lambda}_k} p(\xi_k | \lambda_k). \quad (27)$$

Таким образом, АПВ вычисляется путем последовательного умножения АПВ всех частот повторения, предварительно сдвинутых на величину экстраполяции на функцию правдоподобия каждой ЧПИ. При этом от 0 до $Д_{макс}$ ФП периодически повторяется на интервалах однозначности $[kД_{одн}; (k+1)Д_{одн}]$, при k от 0 до $k_{макс}$, $k_{макс} = \text{int}\left(\dfrac{Д_{макс}}{Д_{одн}}\right)$,

где int( ) – операция взятия целой части числа:

$$p(Д, V, a) = p(Д, V, a) = \frac{1}{k_{макс}} \sum_{k=0}^{k_{макс}} p(Д + kД_{одн}, V, a). \quad (28)$$

Получим алгоритм вычисления функции правдоподобия $p(\xi_k | \lambda_k)$.

Функция правдоподобия неоднозначного времени запаздывания и частоты доплера отраженного импульса на k-ой частоте повторения:

$$p_н(t_{зн},f_{дп},A,f)=c1\ \exp\left\{-\frac{1}{N_0}\int_0^{T_{пk.}}[\xi_k(t,t_{зн},f_{дп})-S(t,t_{зоп},f_{оп})]^2dt\right\}, \quad (29)$$

где c1 – нормирующий множитель, S (t, $t_{зоп}$, $f_{оп}$) – опорный сигнал, $t_{зоп}$, $f_{оп}$ – время запаздывания и частота доплера на которые настроен приемник.

Для исключения зависимости функции правдоподобия от случайного изменения амплитуды и фазы проведем усреднение (29) с учетом априорных распределений амплитуды (3) и фазы (4):

$$p_н(t_{зн})=\int_A\int_f p_н(A,f,t_{зн},f_{дп})p(A)p(f)dAdf\ . \quad (30)$$

Тогда, с учетом выражений (1), (3), (4), (6), получим функцию правдоподобия неоднозначной задержки и частоты доплера импульса на k-ой частоте повторения:

$$p_н(t_{зн},f_{дп})=\frac{c1}{1+\frac{\sigma_a^2}{N_0}\int_0^{T_{пk.}}[S(t,t_{зоп},f_{оп})]^2dt}\exp\left\{\frac{\left|\int_0^{T_{пk.}}\dot{\xi}_k(t,t_{зн},f_{дп})\dot{S}^*(t,t_{зоп},f_{оп})dt\right|^2}{\frac{2N_0^2}{\sigma_a^2}+2N_0\int_0^{T_{пk.}}[S(t,t_{зоп},f_{оп})]^2dt}\right\}, \quad (31)$$

где $\xi_k(t, f)$ – комплексная амплитуда реализации случайного процесса, величина $\int_0^{T_{пk}} S_{оп}^2(t,t_{зоп},f_{оп})\,dt$ – характеризует распределение энергии сигнала в пределах периода повторения и по частоте доплера, $\left|\int_0^{T_{пk}}\dot{\xi}_k(t,t_{зн},f_{дп})\dot{S}^*(t,t_{зоп},f_{оп})\,dt\right|$ – сигнал на выходе корреляционного приемника. Таким образом, существенной операцией вычисления функции правдоподобия (а в отсутствии априорных сведений и апостериорной плотности вероятности соответственно) получение корреляционного интеграла. Особенностью режима излучения с ВЧПИ является то, что на интервале существования отраженного сигнала от 0 до D_{max} зона приема отраженного импульса имеет дискретный характер (рисунок 1), а также запирание приемника в момент излучения передатчика.

Корреляционный интеграл, с учетом аддитивной смеси сигнала и шума (6), можно представить в виде [2, 215]:

$$\left|\int_0^{T_{пk}}\dot{\xi}_k(t,t_{зн},f_{дп})\dot{S}^*(t,t_{зоп},f_{оп})\,dt\right|=\left|\int_0^{T_{пk}}(\dot{S}_k(t,t_{зн},f_{дп})+\dot{n}(t))\dot{S}^*(t,t_{зоп},f_{оп})\,dt\right|=$$
$$=\left|q_s(t_{зн},f_{дп})+q_n(t_{зн},f_{дп})\right|, \quad (32)$$

где q_s и q_n – соответственно сигнальная и шумовая составляющие выхода корреляционного приемника.

Сигнальная составляющая выхода корреляционного приемника $\left|q_s(t_{зн},f_{дп})\right|=\left|\int_0^{T_{пk}}\dot{S}_k(t,t_{зн},f_{дп})\dot{S}^*(t,t_{зоп},f_{оп})\,dt\right|$, представляет собой автокорреляционную функцию прямоугольной пачки неперекрывающихся радиоимпульсов без модуляции несущей.

Рассмотрим вид тела двумерной автокорреляционной функции. Для представления ее формы покажем вид сечений по осям F = 0 и т = 0. Сечение по оси частоты представлено на рисунке 4.

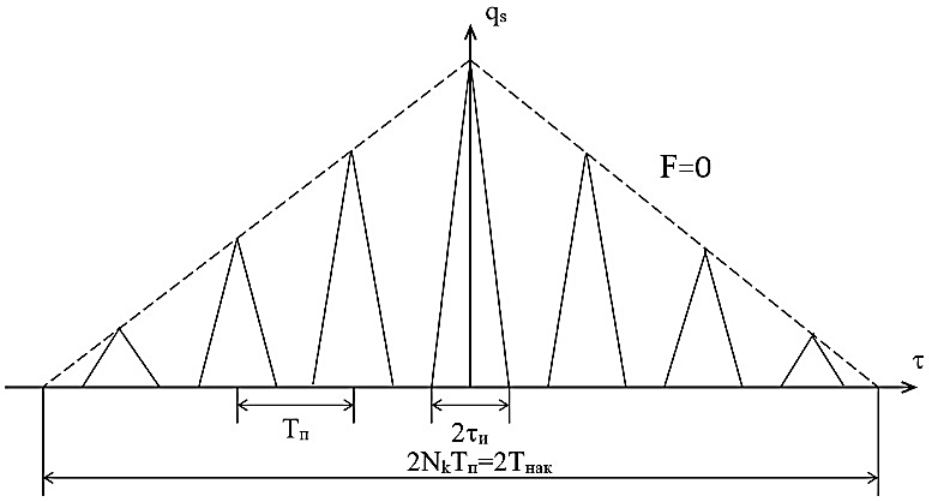


Рисунок 4 – Сечение двумерной автокорреляционной функции

Каждый пик сечения и огибающая имеют треугольную форму. Ширина огибающей составляет величину, равную времени накопления импульсов составляет 20 мс (в перспективных РЛС до 80 мс), а время задержки отраженного сигнала даже на максимальной дальности (300 километров) не превышает двух миллисекунд. В режиме ВЧПИ количество отраженных импульсов составляет значительную величину, поэтому для рассматриваемого диапазона дальностей можно пренебречь влиянием огибающей. Сечение функции определяется автокорреляционной функцией отраженного импульса в пределах периода повторения.

Сечение по оси задержки показано на рисунке 5. Оно представляет собой ряд гребней, взаимно сдвинутых на $F_п = 1/T_п$ (160...220 кГц).

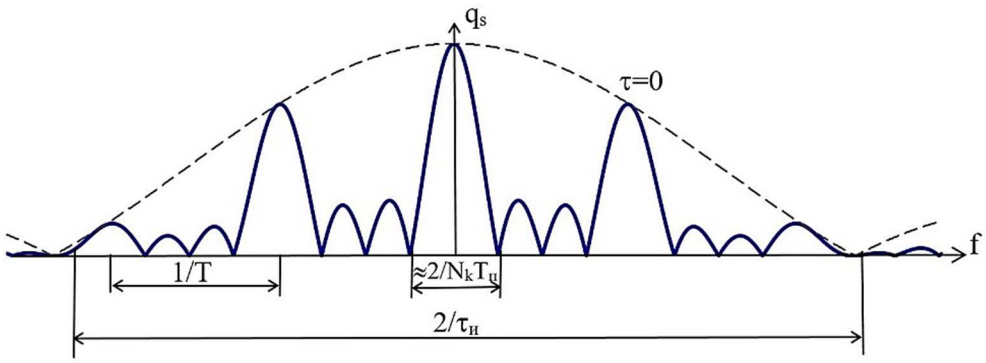


Рисунок 5 – Сечение двумерной автокорреляционной функции по оси задержки

Величина частоты Доплера равна $f_{дп} = \frac{2V_{сбл}}{\lambda}$ и даже при максимальных значениях скорости сближения $V_{сбл}$ (≈1500 м/с) составляет величину не более 100 кГц. Таким образом, вследствие однозначности измерений частоты Доплера на ВЧПИ, мы используем только центральный «лепесток» корреляционной функции.

Список литературы:

1. Культурмиди К.П. Повышение точности измерения дальности и скорости воздушной цели бортовой РЛС в режиме средних частот повторения импульсов путем оценивания уровня сигнала мешающих отражений. «Радиотехника». – 2022. – Т. 86. – № 3.
2. Авиационные радиолокационные системы / П.И. Дудник [и др.]; Под ред. П.И. Дудника. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2003.

УДК 004.42

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ»

♦♦♦♦♦

ON THE ISSUE OF USING APPLICATION PROGRAMS FOR CONDUCTING CLASSES ON THE SUBJECT «UNMANNED AERIAL VEHICLES»

Попов И.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Коновальцев Э.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье представлена возможность использования ранее представленной программной реализации распознавания летательного аппарата по его силуэту способом кругового сканирования изображения в процессе изучения дисциплины «Беспилотные летательные аппараты».

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, силуэт, способ кругового сканирования..

Popov I.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Konovaltsev E.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article presents the possibility of using the previously presented software implementation of aircraft recognition by its silhouette using the method of circular scanning of the image in the process of studying the discipline «Unmanned aerial vehicles».

Keywords: unmanned aerial vehicle, silhouette, circular scanning method.

Ранее в работах [1; 2] была рассмотрена программная реализация распознавания летательного аппарата по его силуэту способом кругового сканирования изображения. В качестве выводов данных работ была отмечена возможность использования представленного подхода для обучения расчетов противодействия как классическим летательным аппаратам, так и к беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) [1].

Кроме того, реализованные в программе идеи распознавания лежат в основе работы современных радиоэлектронных следящих систем, что позволяет использовать программу при проведении исследований данных систем как в интересах оборонно-промышленного комплекса, так и в системе образования, в том числе военного [4; 5].

В данной статье рассмотрим особенности использования представленной ранее программной реализации в процессе изучения дисциплины «Беспилотные летательные аппараты» в рамках приобретения теоретических навыков визуального опознавания БПЛА по эго силуэту.

Работа программы подразделяется на ряд этапов:

– ввод исходных данных;

– круговое сканирование изображения (расчет среднеквадратического отклонения (СКО) значений усредненных составляющих цвета RGB в элементах линейки сканирования);

– сравнение путем вычитания полученных значений СКО и перебираемых в базе данных;

– вывод результата сравнения.

Суть способа кругового сканирования изображения заключается в следующей последовательности действий:

– расчет параметров линейки сканирования, исходя из размеров изображения, радиуса сканирования и размера элемента квадратной области линейки сканирования;

– усреднении значений цвета в квадрате линейки сканирования. Рассматривается не цвет каждого пикселя, а цвет по всей площади элемента линейки сканирова-

ния. По мнению авторов такой подход ускорит обработку цветных изображений наблюдаемых объектов и его целесообразно применять при первичной идентификации;

– разложение усредненного цвета на составляющие RGB и запись этих значений во временный массив (строка массива для каждого цвета RGB содержит двадцать значений от 0 до 255);

– поворот изображения на один градус;

– расчет значений СКО каждой составляющей RGB при полном повороте изображения и запись во временные массивы R_σ, G_σ, B_σ (массив для каждого цвета состоит строки с двадцатью значениями СКО). Следует отметить, что алгоритм работает как для цветных изображений, так и для монохромных.

Предлагаемый принцип распознавания заключается в сравнении обработанного изображения с базой данных БПЛА. Математический аппарат оцифровки изображения и формирования базы данных БПЛА идентичен и представлен в [2]. Принципы и подходы формирования базы данных могут быть различными, например, представленные в [6; 7], но при этом они должны быть идентичны как при формировании базы данных, так и на втором и третьем этапе работы программы. Выполнение этого условия также необходимо для сопряжения разработанной программы с математическими моделями пультов управления, например, представленного в [3].

На рисунке 1 представлен фрагмент массива входных изображений, а на рисунке 2 фрагмент базы данных БПЛА.

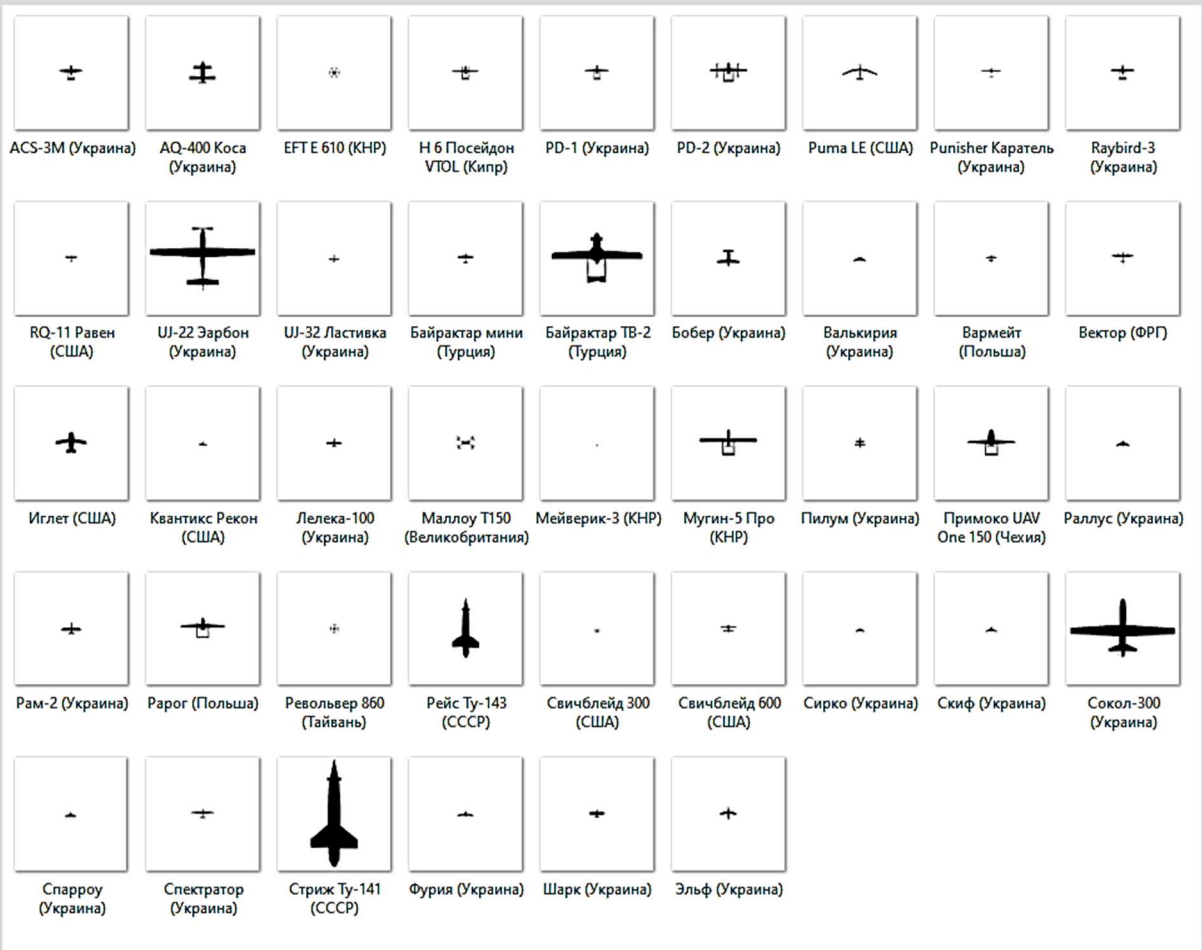


Рисунок 1 – Фрагмент массива входных изображений БПЛА

```
ACS-3M (Украина)
65.1029395223253  120.671564046983  122.952086220752  69.1868703362614  13.4219813057798  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
AQ-400 Коса (Украина)
97.8144998830941  153.980879973457  157.4264349721 51  130.048835106412  97.0093514861635  30.45519564055  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
EFT E 610 (КНР)
42.6313990913568  22.0167889851015  13.3317745142634  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
H 6 Посейдон VTOL (Кипр)
84.90336948254 36  103.591690868036  76.2230636471329  56.2148154687012  34.4377238578936  1.69859163982763  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PD-1 (Украина)
93.8757964443204  108.645900346143  89.9337912868544  56.8732941523852  21.2191093952673  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
PD-2 (Украина)
66.6606526999579  143.042650901007  110.943710371241  108.620720444743  83.9011549793621  58.3023998098194  41.0267455284192  6.10595854923811  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Puma LE (США)
63.6114596915165  113.342481470319  87.9927320371683  68.9535387491845  56.1221732356366  41.0177280670759  18.964326575211  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Punisher Каратель (Украина)
101.260740572268  67.1705267638878  44.8264827548912  21.0029489020291  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Raybird-3 (Украина)
77.9993713221337  126.421322893252  116.613842564 35  67.797393288208  18.7423794479871  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
RQ-11 Равен (США)
61.699737173805  58.7130454312061  16.0689777943017  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
UJ-22 Зарбон (Украина)
33.7449208668247  140.3704385169015  177.667319754706  184.795135885614  169.412631857454  162.433847616312  152.183974268453  144.64958129751  160.5606067 07199  169.102232652937
UJ-32 Ластивка (Украина)
62.4121650210789  63.8615826686677  2.55223971769927  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Байрактар мини (Турция)
108.294152188974  96.2914263488751  65.5590866978306  1.84405365714677  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Байрактар TB-2 (Турция)
0  72.375390784935  173.739899942243  169.988092870455  159.077943133684  157.06741333118  148.910984530473  171.840444445599  153.687442754289  109.958943021556  100.2715892974
Бобер (Украина)
53.0621506269305  153.890999541944  133.4744648846  85.6416623853067  31.1057198566348  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Валькирия (Украина)
81.9114815383011  100.39513843209  29.565318838031  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Вармейт (Польша)
27.4251234371548  46.5908314052308  3.25750330196344  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Вектор (ФРГ)
73.7216300500271  96.4143014574803  75.5967161094758  45.0482089852219  8.140388343437961  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Иглет (США)
5.750570194973 42  117.494341316556  149.379432817681  146.346308352588  99.1719560007274  62.7080513031289  0.222044187426542  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Квантикс Рекон (США)
77.7573661150114  50.3561125257836  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Лелека-100 (Украина)
27.5562057510575  95.7115122130151  64.7173841379305  0.3636194813333 48  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Маллоу T150 (Великобритания)
45.7728310892375  71.4462898305281  46.1667114996983  47.6799917743165  0.298518471158858  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Мейверик-3 (КНР)
13.1344866674937  6.777064110 46028  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
Мугин-5 Про (КНР)
63.0392191597805  125.283911467551  127.184251739106  121.217024826163  134.786851230467  90.4628733410038  84.6064519864 44  78.455887309251  73.9982419362545  70.4307472475329
Пилум (Украина)
47.3570269239053  54.4872611674184  17.6436378700302  0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

Рисунок 2 – Фрагмент базы данных БПЛА

Обработка входного изображения начинается запуском алгоритма кругового сканирования выбранного изображения (рисунок 3).

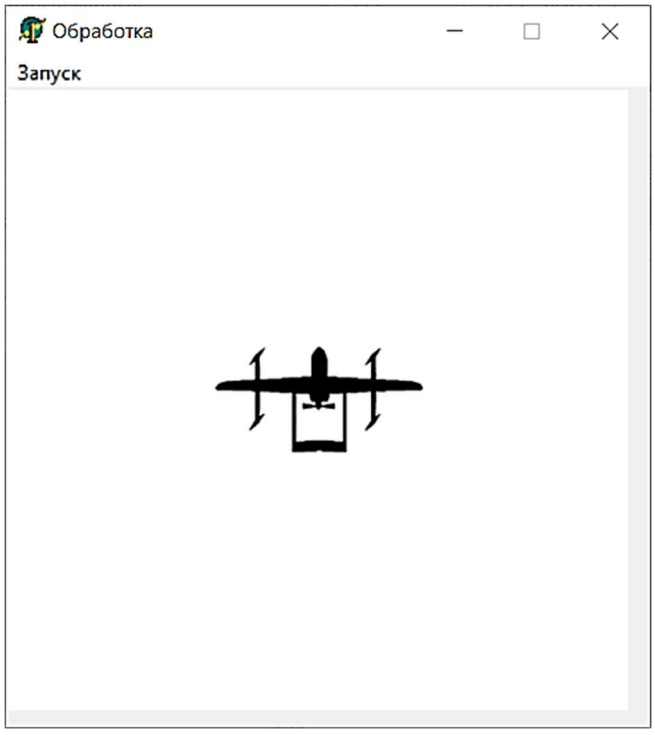


Рисунок 3 – Начало обработки выбранного изображения БПЛА

После обработки входного изображения происходит сравнение значений оцифрованного исходного изображения со значениями базы данных путем получения разности этих значений. При этом минимальное значение разности соответствует названию исследуемого силуэта БПЛА. Результат сравнения представлен на рисунке 4.

На данной форме отображается как круговая проекция исследуемого БПЛА, так и его основные характеристики, а именно: название, страна производитель, назначе-

ние, тип двигателя, масса полезной нагрузки, масса самого БПЛА, дальность, скорости и время полета.

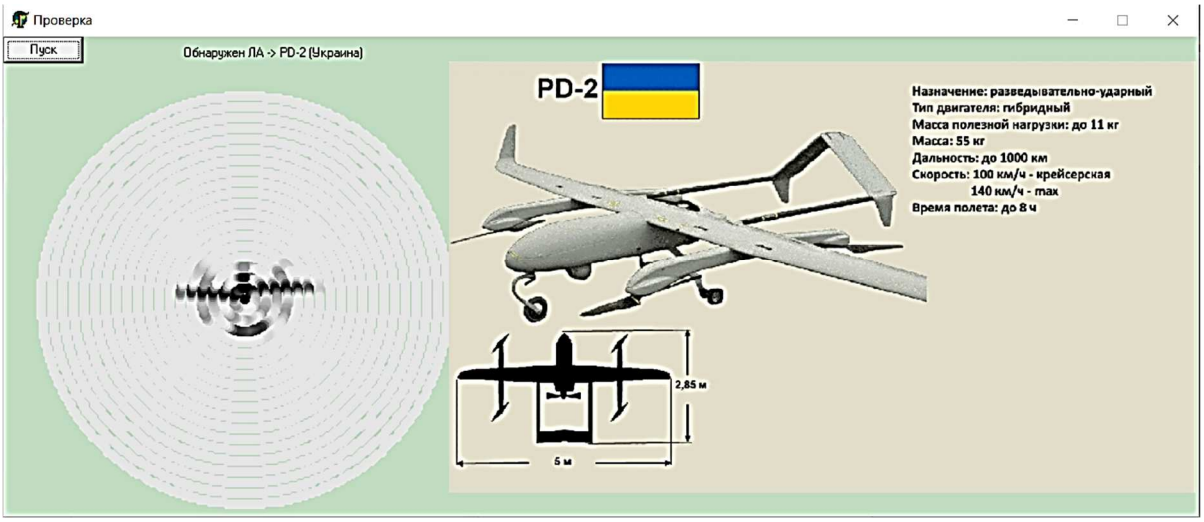


Рисунок 4 – Форма вывода данных идентифицированного БПЛА

Следует отметить, что в статье приняты ряд допущений:

– изображения получены под прямым углом к БПЛА (БПЛА находится над точкой получения изображения);

– высота нахождения БПЛА в пространстве – одинаковая для всех (что видно из геометрических размеров БПЛА на изображении);

– положение по курсу – постоянное для всех БПЛА;

– в процессе обработки использован силуэт БПЛА (монохромное изображение);

– база данных сформирована исходя из вышеперечисленных условий.

Таким образом на примере дисциплины «Беспилотные летательные аппараты» подтверждена возможность применения способа кругового сканирования изображения в образовательном процессе.

Список литературы:

1. Колесников И.А. Программная реализация распознавания летательного аппарата по его силуэту способом кругового сканирования изображения / И.А. Колесников, Э.В. Коновальцев, Н.А. Куприянов // Технологии получения и обработки информации о динамических объектах и системах: Тезисы V Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 03 октября 2024 года. – М. : ФГБНУ «Экспертно-аналитический центр», 2024. – С. 59–64.
2. Колесников И.А. Программная реализация распознавания летательного аппарата по его силуэту способом кругового сканирования изображения / И.А. Колесников, Э.В. Коновальцев, Н.А. Куприянов // Технологии получения и обработки информации о динамических объектах и системах: Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 03 октября 2024 года. – М. : ФГБНУ «Экспертно-аналитический центр», 2024. – С. 108–116.
3. Коновальцев Э.В. Программная реализация математической модели пульта управления и индикации учебно-боевого самолета / Э.В. Коновальцев, Д.А. Ермаков // Межвузовский сборник научных трудов: Сборник статей. – Краснодар : КВВАУЛ, 2022. – С. 71–77.
4. Медведев В.И. Военное образование – движение вперед // Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: Сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2018 года / КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : ООО «Издательский Дом – Юг», 2018. – С. 13–15.
5. Медведев В.И. ОПК и система военного образования: неотъемлемая часть военной организации государства // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2018. – № 2. – С. 323–326.
6. Молчанов А.С. Цифровые портреты типовых объектов воздушной разведки / А.С. Молчанов, В.А. Коломоец. – М. : Издательство «Перо», 2025. – 194 с.
7. Теория и практика дешифрирования объектов авиационной техники иконических оптико-электронных систем : монография / А.С. Молчанов [и др.]. – М. : Издательство «Перо», 2020. – 171 с.

УДК 629.7.05

АНАЛИЗ СПЕЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И СРЕДСТВ, ВНЕДРЕНИЕ В КОТОРЫХ АФАР БУДЕТ ОПТИМАЛЬНЫМ ПО КРИТЕРИЮ «ЭФФЕКТИВНОСТЬ-СТОИМОСТЬ»

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF SPECIAL SYSTEMS, COMPLEXES AND FACILITIES, IMPLEMENTATION IN WHICH AFAR WILL BE OPTIMAL BY THE CRITERION «EFFICIENCY-COST»

Григорьев А.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
9615238242@mail.ru

Аннотация. В статье проводится анализ систем вооружения и военной техники в которых при внедрении АФАР резко повысит эффективность по сравнению с ФАР по критерию «эффективность-стоимость».

Ключевые слова: эффективность систем, дальности обнаружения, многофункциональные комплексные, энергетический потенциал, скрытность работы.

Grigoriev A.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
9615238242@mail.ru

Abstract. The article analyzes weapon and military equipment systems in which the implementation of AFAR will dramatically increase the efficiency compared to FAR by the criterion «efficiency-cost».

Keywords: system efficiency, detection ranges, multifunctional complex, energy potential, stealthy operation.

Бурное развитие систем вооружения и военной техники, существенное усложнение алгоритмического и программного обеспечения, расширение режимов работы предъявляют более жесткие требования к объему, качеству и своевременности информационного обеспечения.

Оптимальными системами, комплексами и средствами по критерию «эффективность-стоимость» при использовании в них АФАР могут являться однотипные изделия, имеющие альтернативные варианты построения антенных систем или комплекса в целом. Стоимость жизненного цикла изделия включает в себя: стоимость разработки, закупочную стоимость, стоимость испытаний, эксплуатации и модернизации, а также стоимость утилизации. Оценить стоимость жизненного цикла вооружения и военной техники на начальной стадии разработки принципиально новых систем практически невозможно, поскольку дальнейший цикл разработки этой техники может включать как научные, технологические, так и политические скачки.

Более того, многолетние статистические данные свидетельствуют, что основные затраты (более 50 %) в стоимости жизненного цикла приходятся на этап эксплуатации. Следовательно, снижение стоимости эксплуатации может привести к значительной суммарной экономии, несмотря на высокую стоимость разработки, закупки и испытаний. Поэтому на этапе научных исследований проектирования вооружения и военной техники целесообразно оценить прирост эффективности систем по отношению к предыдущим разработкам.

Очевидно, что переход к использованию АФАР обусловлен значительным их преимуществом по сравнению с зеркальными и волноводно-щелевыми антеннам, наиболее важными из которых являются: быстрое переключение положения диаграмм направленности, адаптивное управление формой диаграммы направленности, формирование нуля диаграммы направленности на источник излучения и т.д. Более сложным представляется обоснование преимуществ АФАР по сравнению с ФАР. Во-первых, такое преимущество АФАР как повышение надежности РЛС за счет устранения мощных передатчиков и высоковольтных источников питания, а также волноводных переходов и циркуляторов может быть сведено к минимуму путем задания сравнительно недорогих работ по повышению надежности этих узлов, либо путем резервирования.

В дальнейших исследованиях по поиску систем, комплексов и средств, внедрение в которых АФАР резко повысит эффективность, ограничимся тактическими пре-

имуществами АФАР по сравнению с ФАР. К этим преимуществам следует отнести [1, 135]:

– повышенный энергетический потенциал;
– более высокая скрытность работы;
– обеспечение комбинированных режимов;
– многофункциональные комплексные режимы.

Энергетический потенциал

Дальность действия наземных средств обнаружения $D_{обн}$ должна перекрывать весь высотный потолок целей [2, 98], т.е.:

$$D_{обн} = 4{,}12\sqrt{H_{max}} \approx 250\text{км}. \quad (1)$$

В соответствии с формулой дальности радиолокации:

$$D_{обн} = \sqrt[4]{P_{ср} S_A T_Н \frac{2\sigma_ц}{4\pi R_0 \alpha_П N_0}}, \quad (2)$$

где $P_{ср}$ – средняя мощность, S_A – площадь антенны; $T_н$ – время накопления, R_0 – параметр обнаружения, $\alpha_п$ – коэффициент потерь, N_0 – спектральная плотность шума.

Обеспечить требуемую дальность можно путем увеличения времени накопления сигнала, либо увеличением средней мощности. Увеличению времени накопления полезного сигнала с 5 до 20...100 миллисекунд соответствует увеличение времени обзора стандартного сектора 10º по углу места и 60º по азимуту (рисунок 1, а) до 40 секунд, что неприемлемо в условиях возрастающей динамики воздушного боя. Увеличение средней мощности за счет использования сигналов сложной формы приводит к увеличению «слепой» зоны обнаружения до трети дальности, а в зоне приема функция неопределенности сигнала имеет боковые лепестки по дальности и частоте (рисунок 1, б), что приводит к ложным целям и затрудняет получение качественного радиолокационного изображения местности.

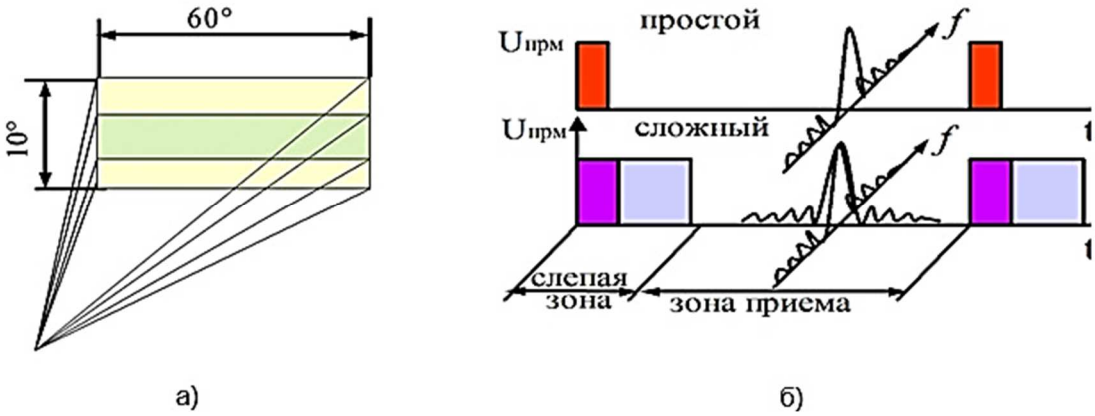


Рисунок 1:
а) зона обзора стандартного сектора;
б) график распределения зон приема и положения функции неопределенности

Зависимость дальности обнаружения от средней мощности (рисунок 2) показывает, что требуемая дальность действия РЛС достигается при средней мощности не менее 5 кВт, что является предельной для существующих электронно-вакуумных приборов. Для активных ФАР принципиальных ограничений нет, поскольку каждый элемент АФАР представляет собой мини ФАР.

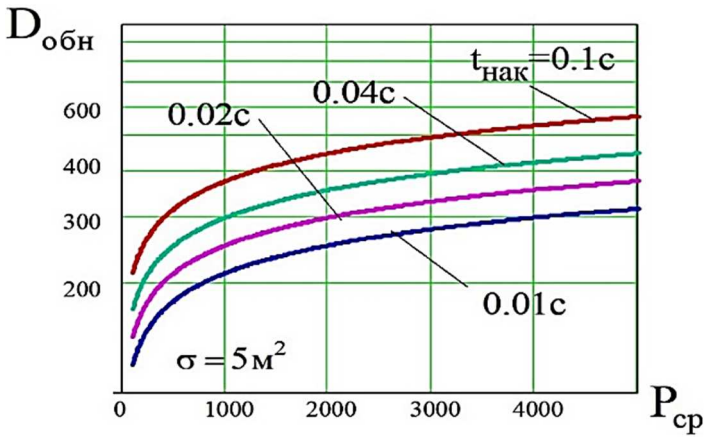


Рисунок 2 – График зависимости дальности обнаружения от средней мощности

В заключении энергетических преимуществ отметим меньший коэффициент потерь ($\alpha_п$) у активных ФАР по сравнению с пассивными, особенно на циркуляторе «прием-передача» и защитных устройствах из-за малой мощности излучения. У пассивных ФАР фазовращатели на ферритах или pin-диодах также имеют больший коэффициент потерь, чем транзисторные у АФАР.

Скрытность работы

Скрытность работы систем с АФАР достигается независимым управлением диаграмм направленности на прием и передачу, а также применением многолучевых систем.

Независимое управление диаграммами направленности на прием и передачу позволяет сформировать провалы (рисунок 3, а) не только в режиме приема (как у ФАР), но и в режиме излучения (рисунок 3, б), что затрудняет средствам РТР разведку параметров излучаемых сигналов. На рисунке 4 показана зависимость дальности обнаружения системой РТР излучаемого средства от коэффициента направленного действия передающей антенны ($G_{изл}$), из которой следует, что формирование в диаграмме направленности провала в 3 дБ (с 4000 до 2000) снижает дальность разведки РЛС с 420 до 300 километров.

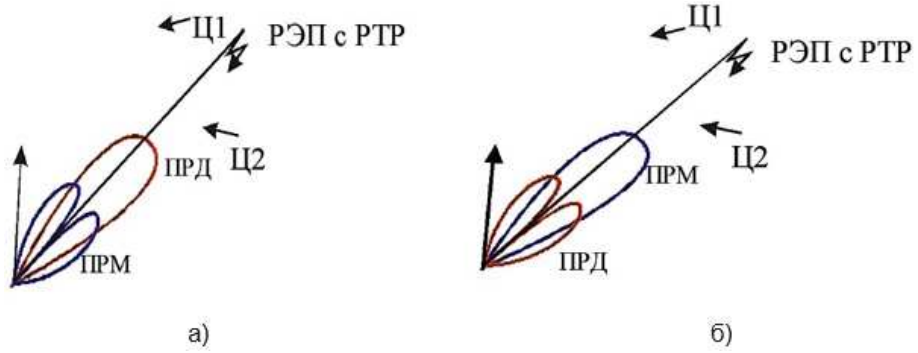


Рисунок 3 – Графики диаграммами направленности:
а) Режим приема; б) Режим излучения.

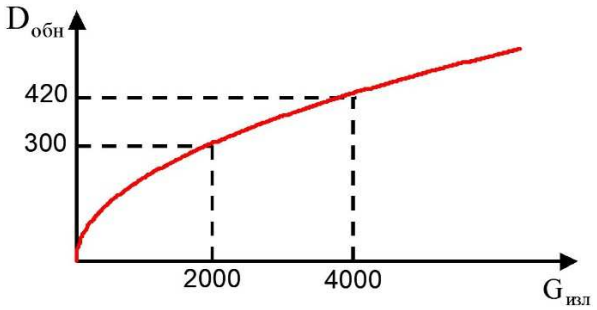


Рисунок 4 – График зависимости дальности обнаружения от коэффициента направленного действия передающей антенны

Скрытность работы РЛС достигается уменьшением пространственной плотности потока мощности излучения путем применения широкой диаграммы направленности на передачу, а сохранение разрешающей способности по угловым координатам и энергетического потенциала достигается многолучевой системой на прием (рисунок 5). Такой режим работы характерен и для ФАР. Однако, формирование многолучевой диаграммы направленности на прием, когда число элементов ФАР велико, а количество приемных каналов (например АЦП) ограничено количеством лучей, не представляется возможным. Дело в том, что при формировании сравнительно небольшого (по сравнению с количеством элементов антенной решетки) количества лучей приходится объединять элементы решетки в блоки или секции, что приводит к появлению побочных дифракционных максимумов в диаграмме направленности. Для их подавления необходимо формировать передающую диаграмму направленности специальной формы, обеспечивая подавление всех побочных максимумов. Следовательно, только независимое управление диаграммой направленности на прием и передачу обеспечивает формирование многолучевой антенны при ограниченном числе приемных каналов.

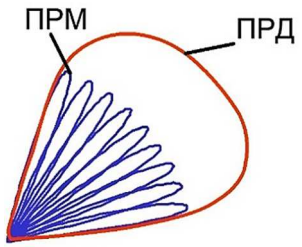


Рисунок 5 – Диаграмма направленности многолучевой системы

Следует отметить, что управление мощностью передатчика в заданном направлении (формирование диаграммы направленности специальной формы) позволяет более эффективно работать РЛС, особенно в условиях помех. Например (рисунок 6), можно сформировать высокую плотность излучения в направлении Ц2 и пониженную в направлении Ц1, что также затрудняет применение средств РЭП из вынесенной зоны.

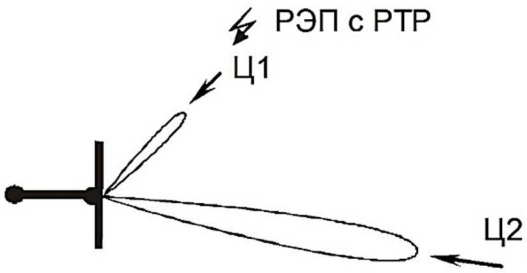


Рисунок 6 – Формирование мощности передатчика в заданном направлении. Комбинированные режимы

Комбинированные режимы работы предназначены для эффективного контроля воздушной и наземной тактической обстановки [2, 134]. Для контроля воздушного пространства РЛС имеют два режима работы: режим с высокой частотой повторения импульсов (ВЧП) для обнаружения целей, летящих на встречу и режим со средней частотой повторения импульсов (СЧП) для обнаружения целей. Когда ракурс цели неизвестен эти режимы чередуют, что приводит к снижению характеристик РЛС. При решении задач уничтожения наземных целей используется режим низкой частоты повторения импульсов (НЧП), обзор воздушного пространства при этом не ведется и возникают проблемы с защитой самолета. Поэтому комбинация частот повторения сигнала одновременно имеет весьма важное значение, например, при решении задач уничтожения наземных целей с одновременным контролем воздушного пространства (рисунок 7).

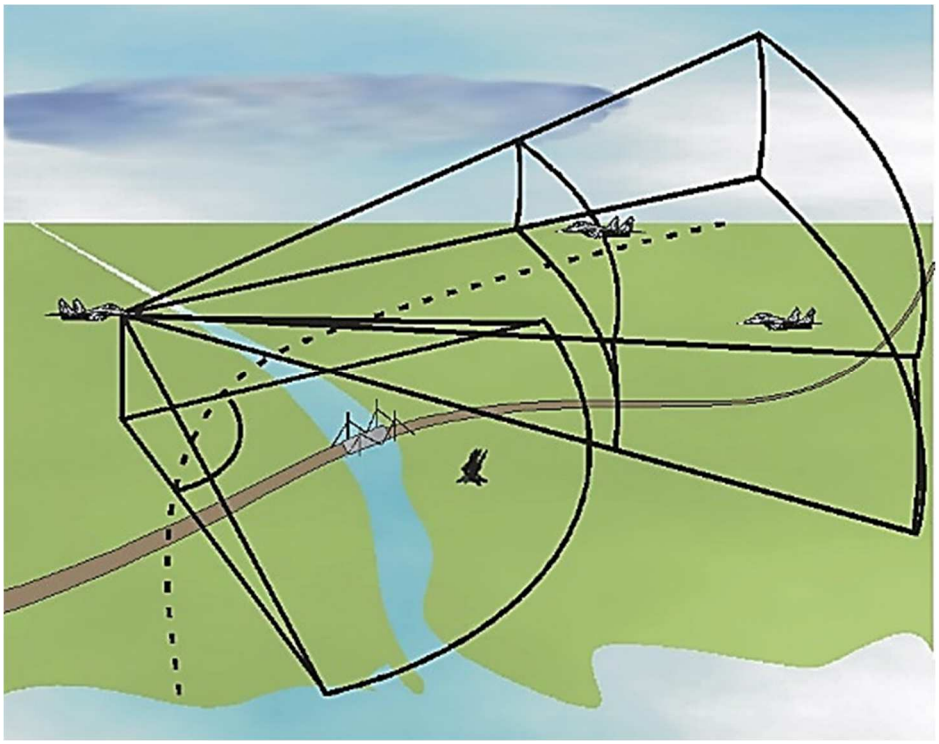


Рисунок 7 – Режим обзора при комбинации частот повторения сигнала

Техническое обеспечение двух и более режимов возможно путем излучения двух и более сигналов на разных несущих частотах (два и более литеров). При этом можно распределить полотно антенны АФАР пополам, либо частотами (рисунок 8, а). При полном использовании полотна антенны излучение на двух несущих частотах возможно одновременно путем использования двух фазовращателей в каждом элементе АФАР (рисунок 8, б).

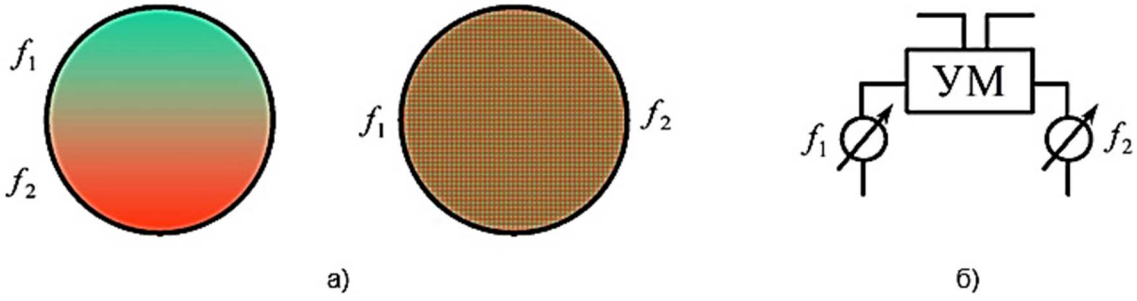


Рисунок 8:
а) частотное деление полотна антенны АФАР;
б) использование фазовращателей при двухчастотном применении

В ФАР время перефазировки составляет десятки и сотни микросекунд (вследствие большой мощности необходимо время на рассасывание зарядов) и поэтому комбинированные режимы на нескольких частотах невозможны.

Комплексные режимы

Применение АФАР в системах вооружения наряду с радиолокационными задачами (излучение и прием собственного сигнала) позволит решить и другие радиотехнические задачи. К ним относятся [2, 201]:

– пассивное пеленгование источников излучения;
– радиоэлектронное подавление систем вероятного противника;
– подсвет и передачу сигналов управления на ракеты с полуактивным и командным наведением;

– выполнение функции обмена данных и передачи информации на командные пункты с помощью узконаправленной антенны;

– навигационные режимы, в частности измерение высоты и скорости носителя.

За рубежом разрабатываемый локатор получил название NORA (Not Only Radar – не только радар). NORA будет представлять собой сложную радиотехническую систему, которая значительно улучшит многие параметры современной РЛС и придаст бортовому комплексу новые свойства.

Для оценки эффективности комплексного режима радиотехнической системы с АФАР представим себе следующую тактическую ситуацию (рисунок 9). В дальнем ракетном бою самолеты 1 и 2 имеют одинаковые характеристики РЛС, в частности дальности обнаружения (D1 = D2). Однако, самолет 1 не имеет АФАР, а самолет 2 имеет АФАР и часть своей мощности он использует для подавления противника, естественно теряя в дальности обнаружения (рисунок 10).

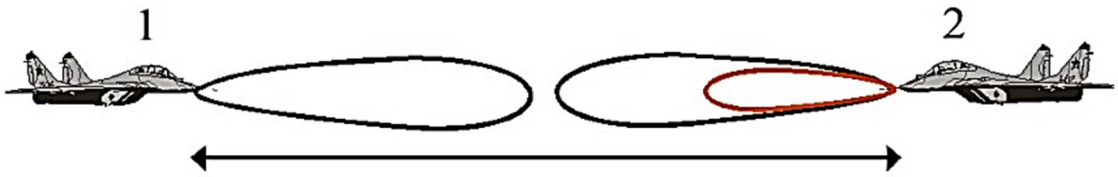


Рисунок 9 – Диаграмма направленности при применении АФАР

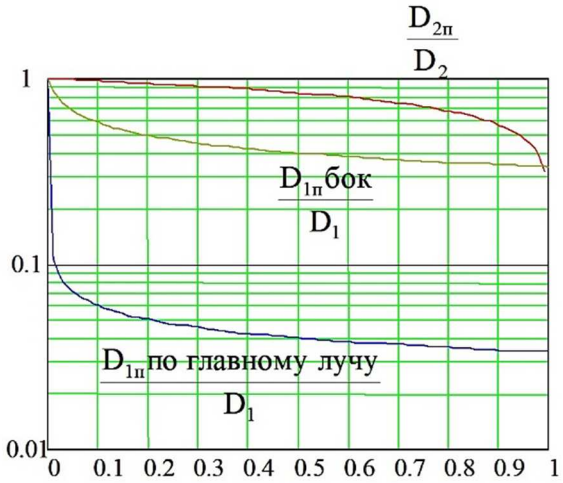


Рисунок 10 – График зависимости уменьшения дальности обнаружения РЛС 1 самолета при действии помех по боковому и главному лепестку приемной антенны

$$D_{2п} = D_2 \sqrt[4]{1-k}, \tag{3}$$

где k – коэффициент, характеризующий долю мощности излучения, приходящегося на создание помехи.

В условиях радиоэлектронного подавления дальность действия РЛС первого самолета ($D_{1п}$) уменьшается в зависимости от мощности излучения (на частоте помехи) $kP_{п2}$, КНД передающей антенны второго самолета G_2, КНД приемной антенны первого самолета $G_1=4\pi S/\lambda^2$ и полосы помехи Δf_2:

$$D_{1п} = D_1 / \sqrt[4]{1+\frac{kP_{п2}G_2G_1\lambda^2}{(4\pi)^3 D_1^2 \Delta f_2 N_0}}. \tag{4}$$

На рисунке 10 изображены зависимости уменьшения дальности обнаружения РЛС1 самолета при действии помех по боковому и главному лепестку приемной антенны в зависимости от коэффициента k. Из рисунка следует, что при действии помехи по

боковому лепестку дальность обнаружения уменьшается в 4 раза, а по главному лучу – более чем в 30 раз. При этом (рисунок 11) в случае отсутствия режима РЭП на втором самолете (k = 0) дальности обнаружения равны, то при включении даже 10 % мощности на помеху второй самолет имеет в 15 раз большую дальность действия при совпадении диаграмм направленности (помеха по главному лучу) и в 2 раза при действии ее по боковому лепестку.

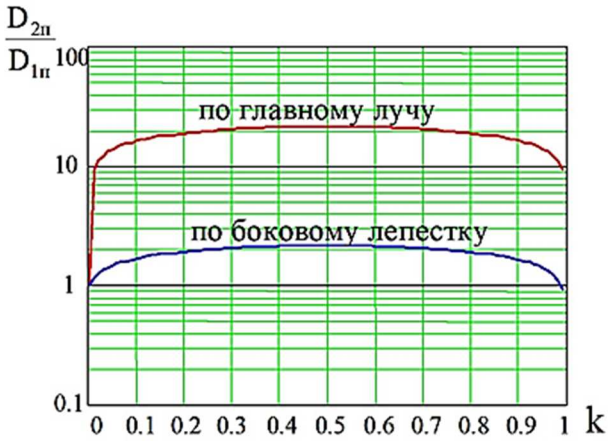


Рисунок 11 – График зависимости уменьшения дальности обнаружения РЛС в зависимости от коэффициента k

Таким образом, системы с АФАР будут оптимальными по критерию «эффективность-стоимость» в тех случаях, когда необходима большая дальность обнаружения, высокая скрытность и многофункциональность при решении поставленных задач.

Список литературы:

1. Культурмиди К.П. Многофункциональные РЛС на основе активной фазированной антенной решетки / К.П. Культурмиди, Г.И. Захаренко // Сборник XI Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2021.
2. Авиационные радиолокационные системы / П.И. Дудник [и др.]; Под ред. П.И. Дудника. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2003.

УДК 629.7.05

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК В ПРОЦЕССЕ МОДЕРНИЗАЦИИ САМОЛЕТНЫХ СИСТЕМ ДАЛЬНЕГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ОБНАРУЖЕНИЯ И СИСТЕМ СВЯЗИ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF ACTIVE PHASED ANTENNA ARRAYS IN THE PROCESS OF MODERNIZATION OF AIRCRAFT LONG-RANGE RADAR DETECTION AND COMMUNICATION SYSTEMS

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

Аннотация. В статье производится анализ существующих систем дальнего радиолокационного обнаружения построенных с применением активных фазированных антенных решеток, а также рассматриваются возможные пути модернизации самолетных систем дальнего радиолокационного обнаружения и систем связи.

Ключевые слова: активные фазированные антенные решетки, радиолокатор дальнего обнаружения, активный модуль, ретранслятор.

Kartashev M.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kmn.7501@mail.ru

Abstract. The article analyzes the existing systems of long-range radar detection built with the use of active phased antenna arrays, as well as considers possible ways of modernization of aircraft long-range radar detection systems and communication systems.

Keywords: active phased antenna arrays, long-range detection radar, active module, repeater.

Повышение требований к эффективности и надежности современных радиолокационных комплексов и систем связи обуславливает непрерывное совершенствование схем их построения и технологии изготовления.

Активные фазированные антенные решетки (АФАР) первоначально нашли применение в радиолокаторах дальнего обнаружения, где необходимы высокие значения энергетического потенциала, не достижимые в пассивных ФАР вследствие ограниченности уровня мощности, пропускаемой фидерным трактом.

Первый радиолокационный комплекс дальнего обнаружения с АФАР AN/FPS-85 (США) работает в полосе частот 442 ± 5 МГц. Он выполнен с разнесенными передающей и приемной АФАР. Передающая антенна РЛС состоит из 5184 одинаковых активных модулей. Излучающим элементом является укороченный резонансный вибратор с пассивным директором. Управляющие фазовращатели включены в цепи промежуточной частоты. Приемная решетка содержит 4660 одинаковых активных модуля, пространственное размещение которых представляет собой постепенно разреживающуюся к периферии структуру. В приемной АФАР осуществляется раздельная обработка сигналов горизонтальной и вертикальной поляризаций скрещенных вибраторов, что обеспечивается использованием для каждого поляризационного канала гетеродинов с отличающимися частотами.

Многофункциональный радиолокатор AN/FPS-108 (США) включает широкополосную АФАР дециметрового диапазона с антенным полотном диаметром 29 м. Сектор сканирования – конус с углом при вершине 120°. Излучатели выполнены на круглых волноводах с двойной поляризацией. Широкая полоса пропускания достигается разбиением антенного полотна на 96 подрешеток, каждая из которых содержит 160 излучателей и при управлении лучом с помощью фазовращателей во всем секторе сканирования пропускает сигналы с полосой 200 МГц. Одновременность приема или излучения сигналов подрешеток обеспечивается управляемыми линиями задержки, раздельными для приемного и передающего каналов. В режиме передачи каждая подрешетка возбуждается усилителем на лампе бегущей волны (ЛБВ) с выходной мощностью 160 кВт, а в режиме приема сигнал с подрешетки поступает на малошумящий параметрический усилитель. Разделение приемных и передающих каналов АФАР осуществляется переключателями «прием-передача», установленными на входах подрешеток. В системе

первичной обработки сигнала формируются суммарный и два разностных сигнала, которые поступают в приемное устройство.

Корабельный радиолокационный комплекс AN/SPQ-11 более компактный вариант радиолокатора AN/FPS-108. Его антенная решетка имеет диаметр около 8 м и содержит 12288 излучателей. Обеспечение широкополосности достигается разбиением полотна излучателей на 16 подрешеток, каждая из которых возбуждается ЛБВ и содержит линию задержки.

Один из первых радиолокационных комплексов дальнего обнаружения, полностью выполненный на твердотельных элементах – радиолокатор AN/FPS-115 (США). Радиолокатор работает на 24 дискретных частотах, лежащих в диапазоне 420...450 МГц, что позволило использовать для управления лучом при сканировании только фазовращатели. В радиолокаторе использована АФАР, в канале каждого излучателя которой установлены твердотельные приемопередающие модули с выходной мощностью 330 Вт. Радиолокатор имеет две приемопередающие решетки, расположенные в здании высотой около 37 м на панелях, отклоненных от вертикали на 20°. Антенные решетки обеспечивают обзор по азимуту в секторе от 0° до 240°, а по углу места от 3° до 85°. Каждая АФАР диаметром 22 м содержит 2677 крестообразных турникетных излучателя, из которых 1792 являются активными, а 885 нагружены на согласованные нагрузки, что реализует при идентичных АМ спадающее к краям раскрыва амплитудное распределение. Приемопередающие АМ установлены на охлаждаемой жидкостью плате, которая одновременно является и несущей конструкцией. Коэффициент полезного действия передающей части АМ около 40 %. Приемная часть модуля содержит малошумящий транзисторный усилитель с коэффициентом усиления 29 дБ и коэффициентом шума 2.9 дБ. Как в приемном, так и в передающем канале модуля используются четырехразрядные дискретные фазовращатели.

Активные ФАР предполагается использовать при модернизации самолетной системы дальнего радиолокационного обнаружения, содержащей крупногабаритную вращающуюся антенну дециметрового диапазона, существенно ухудшающую аэродинамические характеристики самолета. При неподвижных решетках излучателей круговой обзор будет обеспечен установкой нескольких конформных АФАР, размещенных на фюзеляже и крыльях самолета. Разработанная для установки на фюзеляже АФАР работает в диапазоне частот 1235...1364 МГц с шириной полосы сигнала 10 МГц, что позволяет выполнять ее по обычной схеме построения без использования линий задержки [2, 69]. С целью уменьшения стоимости и повышения потенциала и надежности все 192 печатных вибраторных излучателя соединены с идентичными твердотельными приемопередающими модулями, обеспечивающими выходную мощность 125 Вт при коэффициенте полезного действия (КПД) около 30 % и воздушном охлаждении. В дальнейшем выходную мощность предполагается увеличить до 200 Вт.

В радиолокаторах дальнего обнаружения снижение уровня боковых лепестков при идентичных активных модулях достигается соединением части периферийных излучателей с согласованными нагрузками при размещении всех излучателей в узлах периодической сетки, что упрощает алгоритм управления лучом. В самолетной АФАР с жесткими ограничениями на габаритные размеры антенной системы разработчики остановились на решетке с эллиптическим раскрывом (7.6 × 1) $м^2$ и неэквидистантным размещением излучателей, расстояние между проекциями, которых на ориентированную вдоль фюзеляжа большую ось эллиптического раскрыва лежит в пределах $0{,}25\lambda_0...2\lambda_0$ (λ_0 – средняя длина волны). Для сканирования в азимутальной плоскости в секторе ± 45° используются 5-разрядные диодные фазовращатели. Коэффициент шума приемной части модуля составляет около 3 дБ, а максимальный коэффициент усиления – 20 дБ. Коэффициент усиления регулируется в пределах 14 дБ, что совместно с неравномерным распределением излучателей позволяет во всем секторе сканирования обеспечить двухсторонний (т.е. с учетом передающей и приемной диаграммы направленности) уровень боковых лепестков (УБЛ) не более – 60 дБ.

Отличительными особенностями большинства самолетных РЛС являются высокие рабочие частоты (2...4 – сантиметровый диапазон длин волн) и жесткие требования к массогабаритным характеристикам [1, 142]. Ввиду значительной стоимости активных

модулей сантиметрового диапазона и низкого их КПД в современных серийно выпускаемых многофункциональных самолетных РЛС используются только пассивные ФАР, а АФАР разрабатываются в виде отдельных экспериментальных образцов, на которых совершенствуется технология изготовления активных модулей и улучшаются их параметры. В первых программах по разработке бортовых твердотельных РЛС передающие каналы активных модулей содержали умножители частоты и при выходной мощности около 1 Вт их КПД не превышал 10 %.

Дальнейшим развитием бортовых АФАР является создание активного модуля с выходной мощностью около 40 Вт и КПД равном 20 % [1, 232].

Возрастающие, требования к повышению дальности радиосвязи, качества, оперативности и объемов передаваемой информации, осуществление программ глобального радио и телевидения, организация обмена данными между сетями ЭВМ в общенациональном масштабе предопределили качественное изменение в структуре построения систем связи. Увеличение объема выполняемых современной радиоаппаратурой связи задач потребовало разработать новые подходы к проектированию связных антенных систем и, в частности, широкому использованию активных антенных решеток.

В настоящее время можно выделить следующие области применения АФАР в системах связи: облучатели гибридных зеркальных антенн спутниковых ретрансляторов, антенные системы бортовых самолетных радиокомплексов и радиоаппаратуры наземных мобильных пунктов, базирующихся на транспортных средствах и осуществляющих связь через искусственные спутники земли (ИСЗ).

Подавляющее большинство известных в настоящее время или проектируемых спутниковых радиосистем работает в режиме многостанционного доступа с временным разделением каналов. Наиболее эффективно режим многостанционного доступа реализуется в том случае, когда антенная система ретранслятора может одновременно формировать глобальный и зональные лучи специальной формы, повторяющие контур обслуживаемой области на поверхности Земли, систему фиксированных лучей, направленных на основные центры абонентской связи и несколько независимо сканирующих лучей. Общее число лучей в зависимости от назначения радиосистемы может меняться от 10 до 1000. Особенностью сканирующих антенных систем спутниковых ретрансляторов являются малые углы отклонения лучей ± (3°...10°).

При использовании в ретрансляторах на ИСЗ многолучевых антенных систем возникает проблема распределения потока информации в режиме с временным многостанционным доступом и коммутацией лучей в условиях возможного перекрытия зон обслуживания. Требуемая развязка между лучами (более 30 дБ) достигается пространственным разделением диаграмм направленности с низким УБЛ (меньше – 20 дБ), частотным разделением каналов и использованием ортогональной поляризации. Развязка по поляризации более 30 дБ позволяет реализовать принцип повторного использования частот в луче в целях наиболее эффективного использования ресурса геостационарной орбиты и частотного спектра, повышения пропускной способности каналов связи.

В настоящее время наиболее перспективными схемами построения антенн космических ретрансляторов считаются гибридные зеркальные антенны с облучателями в виде антенных решеток. На рисунке 1 представлена типичная схема антенной системы спутника связи, работающего в диапазоне 12/14 ГГц.

Антенна содержит основной рефлектор (зеркало) 1, выполненный в виде части параболоида вращения диаметром 3,7 м, и двух вспомогательных рефлекторов, один из которых (сетчатый) служит поляризационным фильтром 2, другой 3 – сплошной. Антенна имеет три решетки облучателей: одна из них 4 служит для формирования фиксированных лучей и работает на вертикальной (В) поляризации, две других (приемная 5 и передающая 6) используют горизонтальную (Г) поляризацию и формируют сканирующие лучи. Для разделения приемного и передающего каналов применяется частотно-селективная поверхность 7.

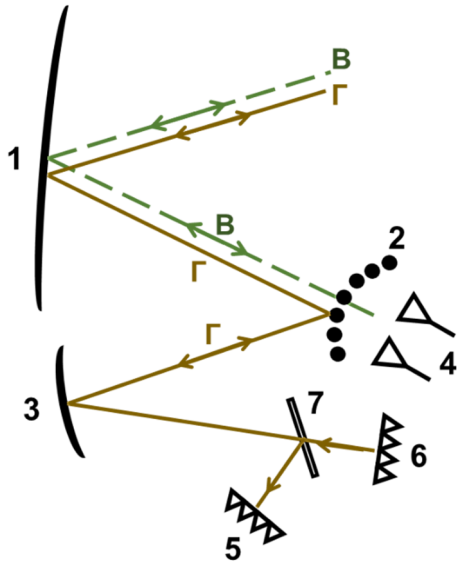


Рисунок 1 – Антенная система спутниковой системы связи

Современные ретрансляторы на ИСЗ, обеспечивающие режим многостанционного доступа, проводят частичную обработку сигналов на борту, включающую, модуляцию и демодуляцию сигналов, коммутацию каналов и др. Функционирование ретранслятора осуществляется с помощью бортового процессора. Обеспечение высокой надежности работы радиолинии связано с увеличением уровня принимаемых сигналов на входе бортовых устройств обработки и повышением энергетического потенциала передающего канала. Так как увеличение размеров спутниковых антенных систем связано с существенными конструкторско-технологическими трудностями, единственной альтернативой является использование активных АР.

Использование АФАР позволяет проектировать систему формирования лучей на низком уровне мощности, что обеспечивает высокую скорость переключения каналов (время формирования луча в АФАР составляет около 10 нс). Это является необходимым условием для систем передачи больших объемов информации с высокой скоростью.

Способность гибкого изменения характеристик направленности АФАР путем регулирования амплитуд и фаз возбуждения отдельных излучателей открывает новые возможности адаптивного управления системой связи в зависимости от интенсивности загрузки радиолиний.

Список литературы:

1. Авиационные радиолокационные системы / П.И. Дудник; Под ред. П.И. Дудника. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2003.
2. Культурмиди К.П. Повышение точности измерения дальности и скорости воздушной цели бортовой РЛС в режиме средних частот повторения импульсов путем оценивания уровня сигнала мешающих отражений. «Радиотехника». – 2022. – Т. 86. – № 3.

УДК 621

СТРУКТУРА БАНКА ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ЭТАЛОННЫХ ПОРТРЕТОВ СИГНАЛОВ, ОТРАЖЕННЫХ ОТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ

♦♦♦♦♦

STRUCTURE OF A DATABANK OF RADAR STANDARD PORTRAITS OF THE SIGNALS REFLECTED FROM AIR TARGETS

Культурмиди К.П.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kulturkonst@yandex.ru

Аннотация. Показана возможность повышения эффективности применения авиационных комплексов при реализации радиолокационного распознавания воздушных целей. Рассмотрена логическая структура банка данных радиолокационных эталонных портретов сигналов, отраженных от воздушных целей, полученных по результатам летных экспериментальных исследований.

Ключевые слова: банк данных радиолокационных сигналов, отраженный сигнал, информационная система, радиолокационное распознавание, радиолокационная станция, спектральных портрет, статистические характеристики.

Kulturmidi K.P.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kulturkonst@yandex.ru

Abstract. The capability of a raise of operational effectiveness of aviation complexes is shown at implementation of a radar discernment of air targets. The logic structure of a databank of radar standard portraits of the signals reflected from air targets, received by results of flight experimental researches is considered

Keywords: databank of radar signals, reflected signal, intelligence system, radar discernment, radar, spectral a portrait, statistical performances.

Радиолокационное распознавание (РЛР) воздушных целей (ВЦ) является одной из самых сложных и актуальных проблем современной радиолокации.

Реализация РЛР ВЦ повышает адекватность оценки складывающейся воздушно-целевой обстановки (ВЦО), что позволяет оптимизировать принимаемые решения, а также автоматизировать процесс их принятия и создать условия для перехода к «интеллектуальным» видам вооружения, способным анализировать складывающуюся ВЦО и принимать решения на применение оружия без участия человека.

Использование результатов РЛР ВЦ позволит существенно увеличить объем и повысить качество информации о ВЦО, поднять уровень автоматизации и значительно повысить эффективность применения оружия.

Распознавание есть отнесение ВЦ к одному из классов, входящих в заданный алфавит. Класс ВЦ описывается эталоном в конкретном признаковом пространстве. Однако размер используемого признакового пространства определяется возможностями бортовой радиолокационной станции (РЛС), условиями наблюдения, помеховой обстановкой и т.д.

В этом случае актуальной является задача создания банка данных как интегрированной системы знаний о свойствах сигналов, отраженных от ВЦ конкретного класса. Банк данных должен не только хранить информацию об отраженных сигналах, но и сопоставлять конкретную реализацию сигнала с условиями наблюдения, такими как ракурс ВЦ, вид поляризации и т.д.

Информация, хранящаяся в банке данных, будет использоваться для формирования эталонов, используемых при построении алгоритмов РЛР ВЦ, кроме того, банк данных может быть использован для обучения адаптивных распознающих систем, например, на базе нейросетей. Выдаваемый по запросу интегрированный эталон класса ВЦ должен содержать только те параметры отраженного сигнала, которые доступны регистрации и обработке в данном типе бортовой РЛС.

Создание банка данных радиолокационных эталонных портретов сигналов обеспечит снижение затрат на обеспечение РЛС эталонными описаниями распознаваемых классов объектов по сравнению с формированием таких описаний для каждого типа РЛС в отдельности.

Создание банка данных радиолокационных эталонных портретов сигналов должно достигаться за счет:

– изготовления и использования специализированной контрольно-измерительной аппаратуры (КИА) и систем объективного контроля (СОК) для получения радиолокационных характеристик ВЦ в натурных условиях;

– разработки для штатных РЛС аппаратуры регистрации отраженных радиолокационных сигналов;

– разработки алгоритмов статистической обработки данных летных экспериментов и полигонных испытаний;

– создания аппаратно-программного комплекса формирования, хранения и обработки радиолокационных эталонных портретов ВЦ;

– разработки программных средств обработки запросов на выдачу формуляров эталонов ВЦ.

Банк данных является разновидностью информационной системы, в которой реализованы функции централизованного хранения и накопления обрабатываемой информации, организованной в одну или несколько баз данных [1].

Как уже отмечалось, необходимым условием решения задачи радиолокационного распознавания является наличие эталонных портретов ВЦ, включающих в себя наборы координатных, сигнальных и тактических признаков. Формирование эталонных портретов целей должно производиться на основе анализа и статистической обработки результатов летных экспериментальных исследований, априорной и справочной информации о целях, полигонных измерений отражающих свойств объектов различного типа. Поэтому банк данных радиолокационных эталонных портретов сигналов (рисунок 1) должен представлять собой программные и технические средства, предназначенные для централизованного накопления и коллективного использования информации, размещенной в нескольких связанных между собой базах данных.

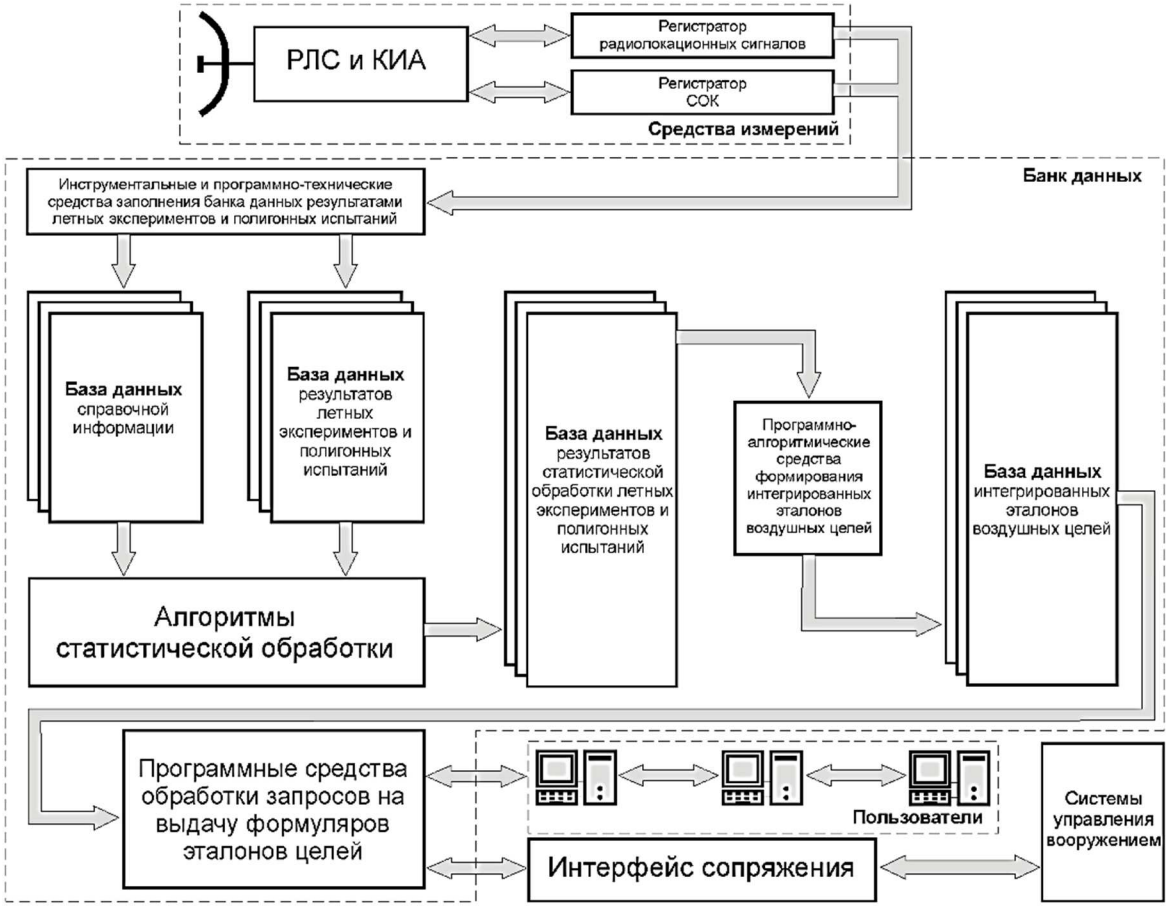


Рисунок 1 – Структура банка данных радиолокационных эталонных портретов сигналов

– База данных априорной и справочной информации об объектах радиолокационного распознавания.

– База данных первичных результатов полигонных испытаний и летных экспериментов.

– База данных результатов анализа и статистической обработки первичных результатов полигонных испытаний и летных экспериментов.

– База данных интегрированных эталонов объектов радиолокационного распознавания.

Обеспечение функций накопления и коллективного использования информации, размещенной в этих базах данных, возможно при наличии следующих программных и технических средств [2]:

– инструментальные программно-технические средства заполнения базы данных первичных результатов полигонных испытаний и летных экспериментов с выхода соответствующих регистраторов (регистратора радиолокационных сигналов, регистратора системы объективного контроля и т.д.).

– программные средства, реализующие алгоритмы анализа и статистической обработки результатов летных экспериментов.

– программные интерфейсы и интерфейсы пользователей, обеспечивающие просмотр, управление и заполнение баз данных.

– программные средства, обеспечивающие формирование интегрированных эталонов объектов радиолокационного распознавания.

– программные средства визуализации эталонов объектов и программные средства выдачи формуляров эталонов объектов в системы управления вооружением конкретных типов.

База данных априорной и справочной информации об объектах радиолокационного распознавания должна содержать таблицы данных, описывающих основные тактико-технические характеристики объектов, их конструктивные особенности, параметры регистраторов и средств измерения. Часть информации может отражать некоторые, существенные при решении задачи распознавания, особенности поведения объектов [3]. Например, это может быть наиболее вероятный диапазон высот на различных этапах боевого применения летательных аппаратов или величина дистанции и интервала при конкретном виде боевого порядка. Данные таблиц могут быть представлены как в виде текстового файла (например, документ MS Word), так и в виде отдельных значений конкретного параметра.

В *базе данных первичных результатов полигонных испытаний и летных экспериментов* должны накапливаться результаты летных экспериментов и полигонных испытаний, как в виде таблиц, так и в виде совокупности отдельных файлов, сортировка и поиск которых обеспечивается с использованием специальных таблиц ключей и индексов.

Необходимым полем данных таблиц, является ссылка на тип объекта распознавания из базы данных справочной информации.

Результаты регистрации отраженных сигналов, оценки эффективной поверхности рассеяния (ЭПР) и диаграммы рассеяния цели, параметры системы обработки представлены в базе данных как в виде числовых массивов значений времени, ракурсов, амплитуд, частот и т.д., связанных между собой, так и в виде файла непрерывной во времени записи эталонного сигнала. В дальнейшем эти массивы будут подвергнуты статистической обработке для определения радиолокационных характеристик воздушной цели.

Радиолокационные портреты цели будут получены после применения преобразования Фурье над записанным сигналом.

База данных результатов анализа и статистической обработки первичных результатов полигонных испытаний и летных экспериментов должна содержать следующие характеристики воздушной цели:

– спектральные статистические характеристики эталонных сигналов (рисунок 2): амплитудные, частотные, дальностно-доплеровские портреты, отражения от характерных блестящих точек, отражения от вращающихся частей двигательной установки, таких как компрессоры низкого давления (КНД) и т.д. [4, 5];

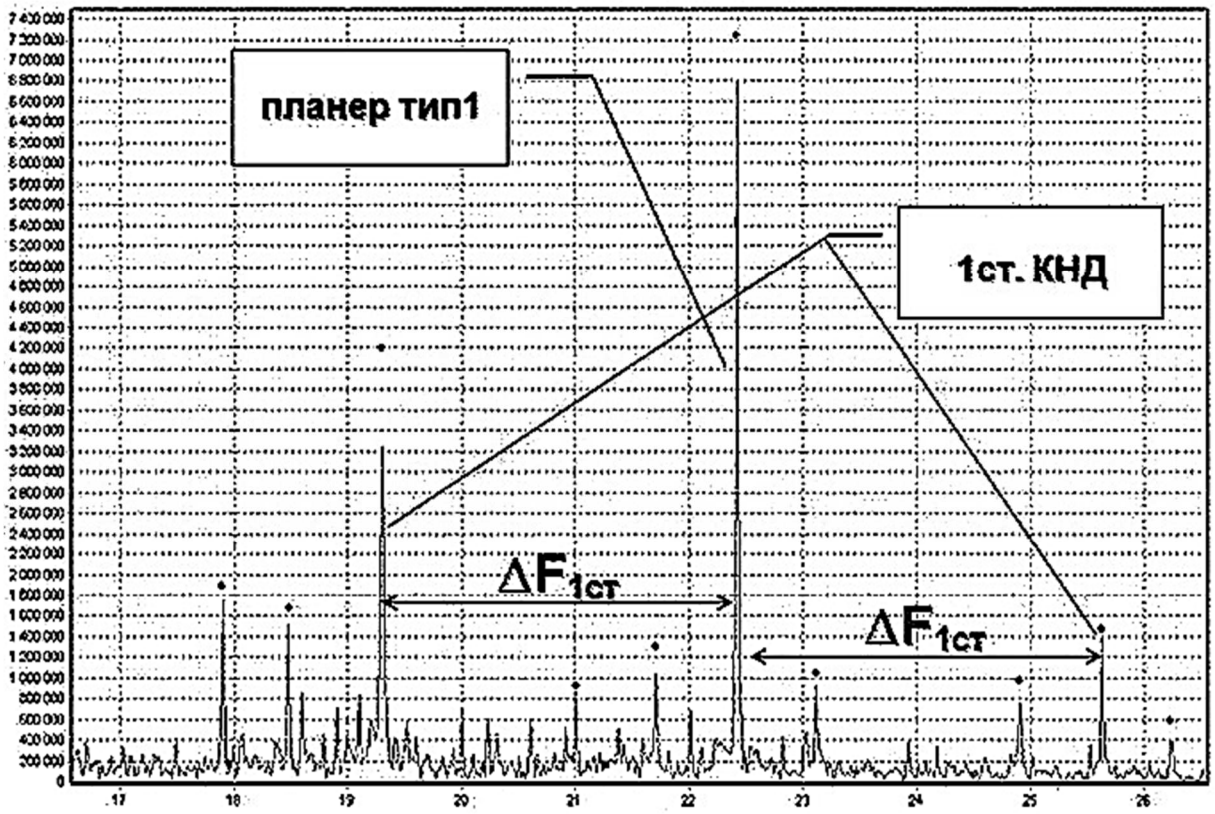


Рисунок 2 – Спектральный портрет ВЦ

– траекторные статистические характеристики (рисунок 3): траекторные доплеровские портреты при характерных маневрах, СКО флюктуаций, время корреляции, собственная частота флюктуаций и т.д.;

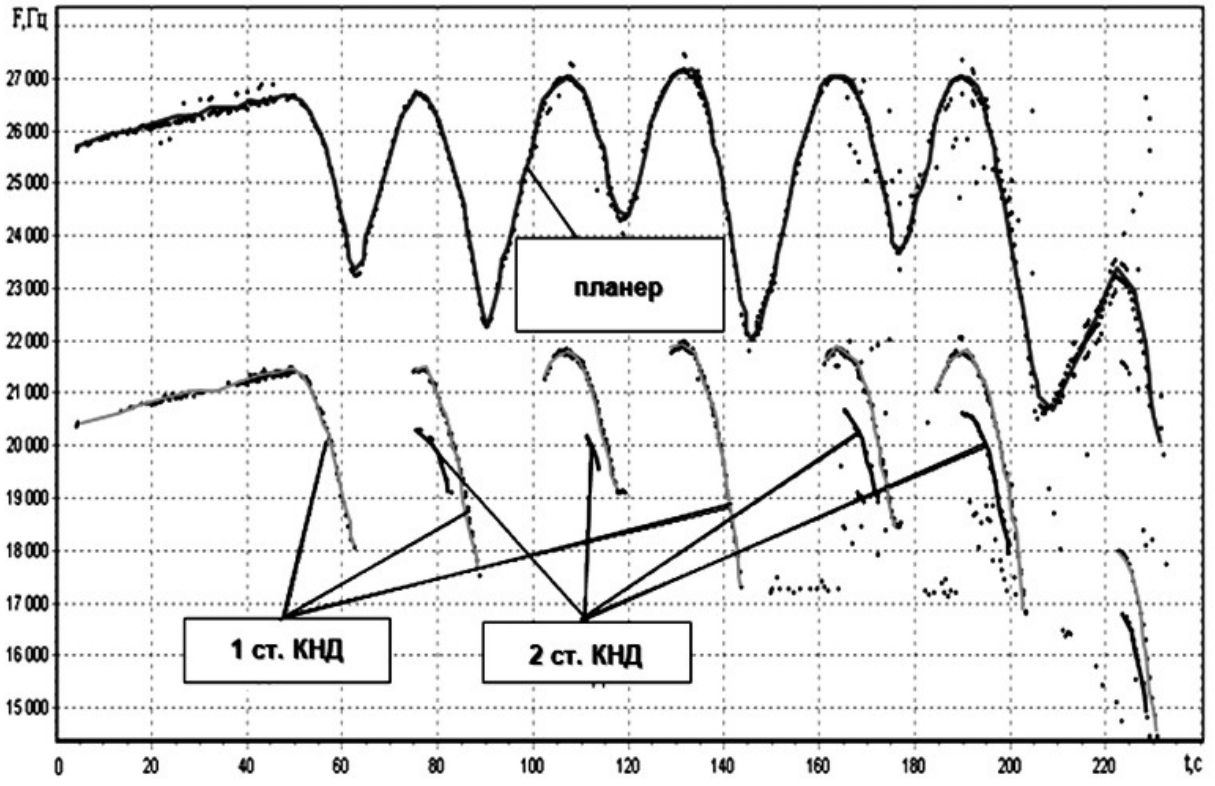


Рисунок 3 – Траекторный доплеровский портрет ВЦ при маневре

– ЭПР, усредненная диаграмма рассеяния цели в зависимости от частоты сигнала, типа поляризации (рисунок 4) и т.д.

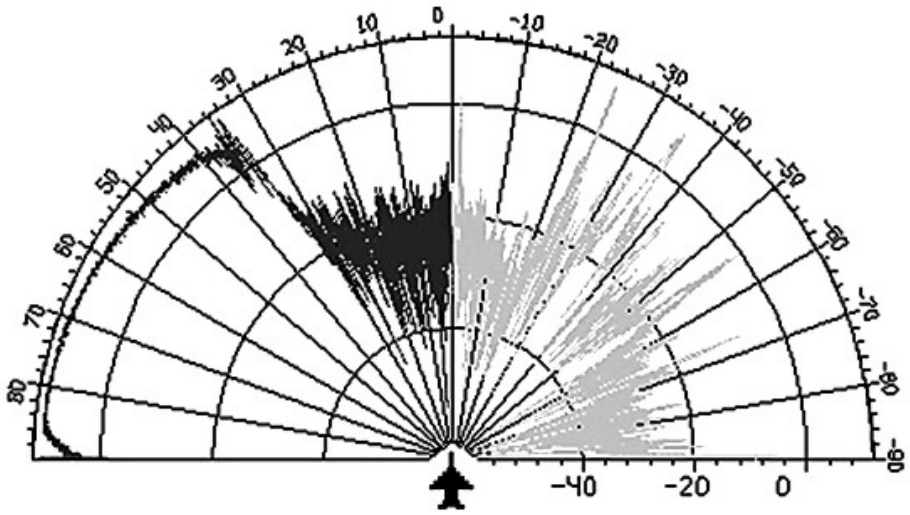


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния ВЦ

База данных интегрированных эталонов объектов радиолокационного распознавания должна содержать все интегрированные параметры для класса (типа) воздушной цели, а также допустимые условия наблюдения каждого из параметров.

Формуляр эталонов целей выдается пользователю или системе управления вооружением только по запросу с указанием требуемых интегрированных параметров и (или) условий наблюдения. Формуляр эталонов целей содержит только те интегрированные параметры, которые доступны регистрации при указанных пользователем или системой управления вооружением условиях наблюдения.

Интегрированный эталон класса (типа) объекта радиолокационного распознавания должен содержать:

– Интегрированные параметры (спектральный портрет, дальностно-доплеровский портрет, диаграмма рассеяния, значение ЭПР, траектории доплеровских частот отраженных сигналов при характерных маневрах и т.д.);

– Допустимые условия наблюдения (ЗПС, ППС, диапазон высот, диапазон скоростей, диапазон ракурсов и т.д.).

Таким образом, банк данных радиолокационных эталонных портретов сигналов, отраженных от реальных воздушных целей, полученных по результатам летных экспериментальных исследований, позволит обеспечить:

1. Развитие технологий и создание аппаратуры (устройств, средств) распознавания целей для оснащения вновь разрабатываемых и модернизируемых радиолокационных средств.

2. Разработку унифицированных алгоритмов и аппаратуры автоматического распознавания целей в реальном масштабе времени по первичной информации от радиолокационных средств, в том числе при комплексном использовании этой информации.

3. Снижение затрат на разработку и эксплуатацию аппаратуры (устройств) распознавания за счет реализации последних достижений в области обработки сигналов и технологии принятия классификационных решений, в том числе на базе нейросетей.

4. Определение путей реализации обмена данными распознавания в интересах комплексного использования разнородной информации о воздушных объектах, включая оценку возможности организации сети обмена данными распознавания на базе состоящих на вооружении или разрабатываемых систем связи.

5. Разработку и внедрение алгоритмов работы средств вооружения с учетом использования информации (данных) распознавания для решения задач автоматизации процессов управления оружием, выявления наиболее важных (опасных) целей, целераспределения, наведения на цель и т.п.

Список литературы:

1. Райордан Р. Основы реляционных баз данных. – М. : Русская редакция, 2001.
2. Гайдамакин Н.А. Автоматизированные информационные системы, базы и банки данных. – М. : Гелиос АРВ, 2002.
3. Конотоп В.И. Методика определения погрешностей совместных измерений параметров положения самолета / В.И. Конотоп, М.Н. Карташев, М.Ю. Перегудов // Сборник XIV Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 63-й годовщине полета Ю.А.Гагарина в космос. – Краснодар, 2024.
4. Васильев О.В. Метод радиолокационного распознавания воздушной цели по турбинному эффекту / О.В. Васильев, В.Е. Макаев // Радиотехника. – 2000. – № 11.
5. Васильев О.В. Распознавание воздушной цели класса «самолет с винтовым двигателем» / О.В. Васильев, А.Г. Аганин, В.Е. Макаев // Радиотехника. – 2001. – № 8.

УДК 004.032.26

НАСТРОЙКА ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРА ДЛЯ РАБОТЫ С НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

♦♦♦♦♦

SETTING UP A GPU FOR WORKING WITH NEURAL NETWORKS

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

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

Катенин А.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kandrec@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы, возникающие при обучении моделей искусственных нейронных сетей на графическом процессоре, представлены некоторые пути их решения, позволяющие ускорить процесс обучения.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, Python, PyTorch, графический процессор, обучение нейронных сетей.

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

Beveraki S.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
beweraki@mail.ru

Katenin A.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kandrec@mail.ru

Abstract. The article discusses the problems that arise when training models of artificial neural networks on a graphics processor, and presents some ways to solve them that allow accelerating the learning process.

Keywords: artificial neural network, Python, PyTorch, graphics processor, training neural networks.

В настоящее время всё больше решаются задач с использованием систем искусственного интеллекта. Широкое применение они нашли в различных беспилотных аппаратах, как воздушного типа, так и наземного, морского [1, с. 69; 2, с. 77; 3, с. 222; 4, с. 45; 5, с. 167]. Системы искусственного интеллекта обрабатывают изображения, видео, звук, тексты, графы временных рядов, то есть применяются тогда, когда изучаемые данные не обладают четкой структурой. Структурированные данные зачастую обрабатываются с помощью систем машинного обучения. Нейронная сеть представляет собой математическую модель последовательного соединения нейронов с помощью синапсов. Такая структура нейронной сети пришла из биологии, и напоминает устройство мозга живого организма. Общий вид нейросети представлен на рисунке 1. Достоинствами нейросети являются способность находить сложнейшие закономерности в любых базах данных, переобучать модели под новые задачи, возможность нахождения собственных представлений для данных, которое потом можно переиспользовать. Основные задачи, которые решают нейросети, это предсказание непрерывной величины – регрессия, предсказание метки классов – классификация, детектирование, генерации текстов.

Нейтронные сети отличаются тем, что они могут обучаться в отличие от традиционных алгоритмов обработки данных с жесткой структурой. Качественно обученные нейросети выдают правильные результаты даже при условии отсутствия определенных данных в обучающей выборке, с шумами и искажениями.

Для обработки данных с помощью нейросетей используют различные языки программирования. В статье рассмотрим использования высокоуровневого языка программирования общего назначения Python. Данный язык отличается универсальность, простотой изучения, наличием большого количества высокоразвитых библиотек и

фреймворков, имеет широкое распространение. В нем для обучения моделей используются различны библиотеки: PyTorch, Spark, Scikit-Learn, TensorFlow, Keras и другие. Настройку произведем для фреймворка PyTorch, который используется для решения различных задач машинного обучения, обработка изображений, звука, естественного языка, компьютерного зрения, классификации данных.

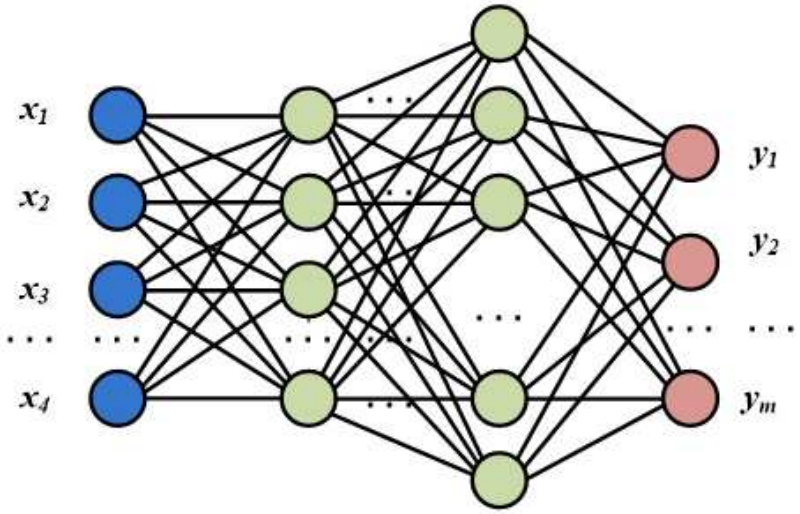


Рисунок 1 – Структурная схема нейросети

PyTorch может работать как с центральным процессором, так и с графическим. Использование графического процессора обусловлено неоспоримым преимуществом – распараллеливание вычислений. Информация представляется в виде тензора, который похож на матрицу. Работа над элементами матрицы – это несложные операции, но элементов очень много, а центральный процессор выполняет операции последовательно. Используя это преимущество графического процессора (GPU) вычисления ускоряются на порядки в сравнении с центральным процессором (CPU). Сравнение характеристик GPU и CPU представлены на рисунке 2.

Технические характеристики	***AMD Ryzen 7 5700X3D***	***Технические характеристики***
Тактовая частота	***3 ГГц***	***2,05 ГГц***
Количество ядер	***8 (16 потоков)***	***3584***
Пропускная способность памяти	***25,6 ГБ/с***	***512 ГБ/с***

Рисунок 2 – Сравнение технических характеристик центрального (CPU) и графического (GPU) процессоров

Основная часть материалов по работе нейронных сетей имеется для графических процессоров производства NVIDIA с поддержкой CUDA (Compute Unified Device Architecture), технология на базе программно-аппаратной архитектуры, которая позволяет повысить производительность параллельных вычислений на графическом процессоре [6, с. 44; 7]. Другие производители, такие как AMD и Intel, могут обучать нейронные сети на своих процессорах, но поддержка актуальных библиотек для них осуществляется группой энтузиастов и несет некоммерческий характер, поэтому рассмотрим настройку графического процессора Intel® Arc™ A-Series GPUs для Windows 10.

Первое, что необходимо сделать, установить драйвера на видеокарту версии 32.0.101.5768. Далее устанавливается программное обеспечение Intel® oneAPI Base Toolkit 2024.2.1, Python 3.8 – 3.11, компилятор Build Tool for Visual Studio 2022.

Далее необходимо установить расширение Intel PyTorch (рисунок 3) на Windows для обучения моделей с их графическими процессорами Arc.

```
pip instal torch = = 2.3.1+cxx11.abi torchvision = = 0.18.1+cxx11.abi torchaudio = = 2.3.1+cxx11.abi intel-extension-
    for-python = = 2.3.110+xpu - - extra-index-url https://pytorch-extension.intel.com/relase-whl/stable/xpu/us/
```

Рисунок 3 – Установка Intel® Extension for PyTorch

Расширение обеспечивает новейшие оптимизации функций Intel и аппаратную поддержку до того, как они будут добавлены в PyTorch (рисунок 4) [8]. Оно включает поддержку графических процессоров Intel серии Arc и оптимизацию для использования их расширений Xe Matrix Extensions (XMX). Движки XMX – это специализированное оборудование для выполнения матричных операций, подобных тем, что используются в рабочих нагрузках глубокого обучения. Расширение PyTorch от Intel позволяет использовать графический процессор с минимальными изменениями в существующем коде PyTorch.

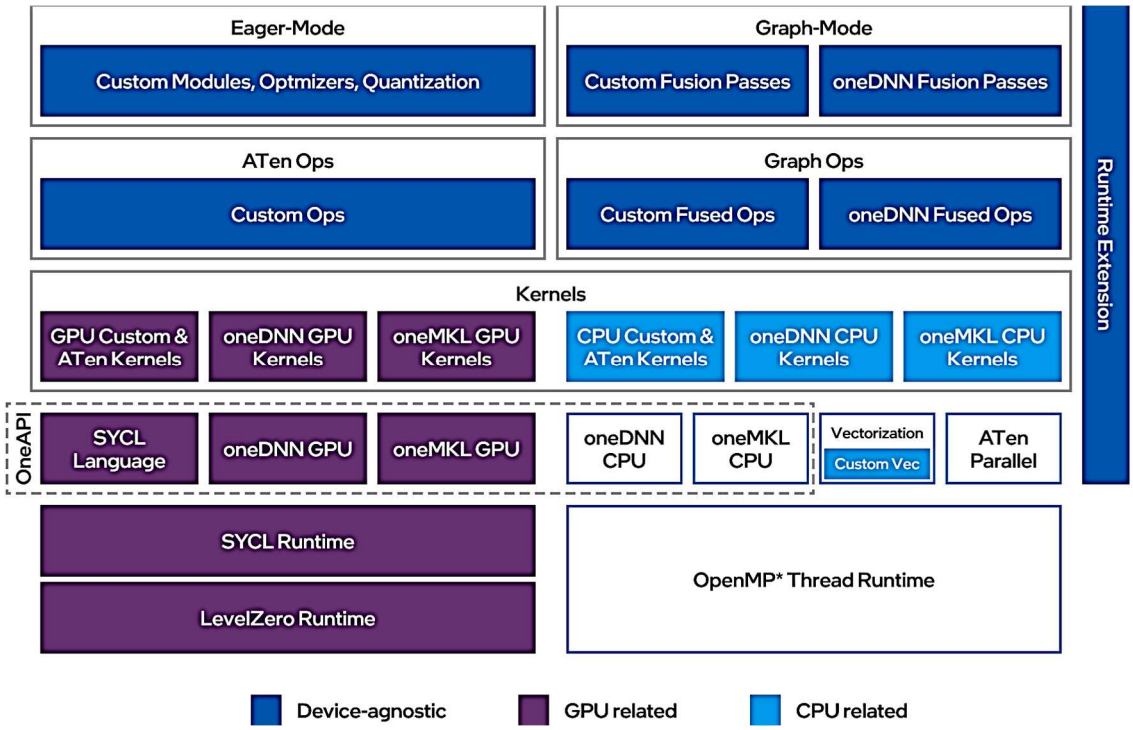


Рисунок 4 – Архитектура Intel® Extension for PyTorch

В случае, если в процессоре имеется встроенная видеокарта может возникнуть следующая ошибка: «RuntimeError: Can't add devices across platforms to a single context. -33 (PI_ERROR_INVALID_DEVICE)». Необходимо отключить встроенную видеокарту через Диспетчер устройств Windows.

Код настройки графического процессора выполнялся в программной среде Jupyter Notebook. Для того чтобы начать использовать Intel® Extension для PyTorch в своем коде, вам необходимо внести следующие изменения:

1. Импортируйте расширение с .import intel_extension_for_pytorch as ipex
2. Переместите модель и данные на графический процессор с помощью to('xpu'), если вы хотите запустить приложение на графическом процессоре.

Ниже представлен код для выполнения этих операций (рисунки 5, 6).

```
import torch
import intel_extension_for_pytorch as ipex
print(torch.__version__)
print(ipex.__version__)
[print(f'[{i}]: {torch.xpu.get_device_properties(i)}') for i in range(torch.xpu.device_count())]
```

Рисунок 5 – Код для проверки установки библиотек и функционирования графического процессора

```
2.3.1+cxx11.abi
2.3.110+xpu
[0]: _XpuDeviceProperties(name='Intel(R) Arc(TM) A750 Graphics', platform_name='Intel(R) Level-Zero', type='gpu',
driver_version='1.3.29803', total_memory=7918MB, max_compute_units=448, gpu_eu_count=448,
gpu_subslice_count=56, max_work_group_size=1024, max_num_sub_groups=128, sub_group_sizes=[8 16 32],
has_fp16=1, has_fp64=0, has_atomic64=1)
```

Рисунок 6 – Результат выполнения ячейки кода

Теперь для выполнения кода на графическом процессоре необходимо задать имя устройства «xpu» (рисунки 7, 8).

```
# Обновите имя устройства
divice = 'xpu'
dtype = torch.float32
divice, dtype
```

Рисунок 7 – Обновление имени устройства

```
( 'xpu' , torch.float32)
```

Рисунок 8 – Результат выполнения обновления имени устройства

В примере ниже приведен пример листинга программы использования расширение Intel® for PyTorch [9]:

```
import torch
import intel_extension_for_pytorch as ipex

model = Model()
model.eval() # Set the model to evaluation mode for inference, as required
by ipex.optimize() function.
data = ...
dtype=torch.float32 # тип данных torch.bfloat16, torch.float16 (float16 only
works on GPU)

##### Run on GPU ######
model = model.to('xpu')
data = data.to('xpu')
########################

model = ipex.optimize(model, dtype=dtype)

########## FP32 ############
with torch.no_grad():
####### BF16 on CPU ########
with torch.no_grad(), torch.cpu.amp.autocast():
##### BF16/FP16 on GPU #####
with   torch.no_grad(),   torch.xpu.amp.autocast(enabled=True,   dtype=dtype,
cache_enabled=False):
############################
 ###### Torchscript #######
 model = torch.jit.trace(model, data)
 model = torch.jit.freeze(model)
 ###### Torchscript #######

 model(data)
```

Таким образом, произведена настройка программного обеспечения высокоуровневого компьютерного языка Python с библиотекой PyTorch для обучения нейронных сетей на графическом процессоре Intel® Arc™ A-Series GPUs для Windows 10, что позволит ускорить процесс обучения моделей на основе искусственных нейронных сетей. Так если обучение модели на центральном процессоре может занимать несколько дней, то при использовании графического процессора для аналогичных задач потребуется несколько часов. Ускорение процесса обучения существенное, что выводит использование видеокарта на первостепенную позицию при работе с нейросетями.

Список литературы:

1. Культурмиди К.П. Повышение точности измерения дальности и скорости воздушной цели бортовой РЛС в режиме средних частотповторения импульсов путем оценивания уровня сигнала мешающих отражений // Радиотехника. – 2022. – Т. 86. – № 3. – С. 68–76.
2. Культурмиди К.П. Особенности использования матрицы шумов состояния в алгоритме фильтрации системы многоцелевого сопровождения воздушных целей / К.П. Культурмиди, Г.И. Захаренко, А.В. Григорьев // Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 23–24 декабря 2020 года. КВВАУЛ – Краснодар : Издательский Дом – ЮГ, 2021. – С. 76–89.
3. Гордиенко С.А. Опыт боевого применения самолета Су-25 в локальных конфликтах за пределами РФ / С.А. Гордиенко, А.М. Курбасов, В.В. Терехов // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2020. – С. 221–227.
4. 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.
5. Маркелов В.И. Гибридная двигательная установка для дистанционно пилотируемых авиационных систем / В.И. Маркелов, Д.С. Третьяченко, Р.Р. Асадуллин // Межвузовский сборник научных трудов. Сборник научных трудов. – Вып. 27. – Краснодар, 2023. – С. 166–181.
6. Воробьев Е.В. Гибридный энергетический комплекс привязной беспилотной системы / Е.В. Воробьев, Ю.В. Кашлев, С.А. Бевераки // В сборнике: Межвузовский сборник научных трудов. Сборник статей. – Краснодар, 2024. – С. 35–39.
7. Что такое CUDA? – URL : https://help.reg.ru/support/servery-vps/oblachnyye-servery/ustanovka-programmnogo-obespecheniya/chto-takoye-cuda
8. Intel® Extension for PyTorch*. – URL : https://intel.github.io/intel-extension-for-pytorch/xpu/latest/index.html
9. Quick Start. – URL : https://intel.github.io/intel-extension-for-pytorch/xpu/latest/in dex.html

УДК 629.7.072

ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ И ВОСПИТАНИЯ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ НА КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ ИМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ОБЯЗАННОСТЕЙ

♦♦♦♦♦

INFLUENCE OF EFFECT OF TRAINING AND EDUCATION OF AVIATION SPECIALISTS ON THE QUALITY OF THEIR FUNCTIONAL DUTIES

Катенин А.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Курбасов А.М.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Katenin A.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kurbasov A.M.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье авторами рассматриваются вероятные причины возникновения отказов и неисправностей, влияние качества подготовки специалистов на их количество.

Abstract. In the article, the authors consider the probable causes of failures and malfunctions, the impact of the quality of training of specialist on their number.

Ключевые слова: безопасность, отказы, неисправности, подготовка персонала, ответственность.

Keywords: safety, failures, air transport, malfunctions, personnel, training, liability.

Организация работы инженерно-технического состава (ИТС) и правила технической эксплуатации авиационной техники (АТ) устанавливаются Федеральными авиационными правилами инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации (ФАП ИАО), указаниями начальника вооружения-заместителя главнокомандующего военно-воздушных сил (ВВС) по вооружению, эксплуатационной документацией (ЭД) [3, с. 24].

В процессе эксплуатации АТ на ней выполняются определенные виды работ:

– подготовка к полётам (предварительная подготовка, предполётная, к повторному полёту, послеполётная, день работы на АТ);
– периодические работы;
– регламентные работы;
– контрольно-восстановительное обслуживание (КВО);
– контрольно-восстановительные работы (КоВР);
– целевые осмотры и проверки;
– сезонное обслуживание (подготовка к зимней (летней) эксплуатации);
– работы при хранении;
– войсковой ремонт;
– работы по бюллетеням.

Работы на АТ выполняются по технологическим картам, разработанным инженерами части по специальности на основе действующих руководств по технической эксплуатации (РЭ), регламентов технического обслуживания (РО), регламентов по хранению (РХ). Определение необходимости разработки технологических карт выполнения целевых осмотров, работ по бюллетеням и разработку этих технологических карт осуществляют инженеры части по специальности.

Уменьшать установленный объем работ, увеличивать периодичность выполнения подготовки ВС к полёту и регламентных работ, кроме случаев, оговоренных данными Правилами, запрещается [3, с. 25, 26].

Для качественного выполнения различных видов работ и эксплуатации АТ необходим подготовленный квалифицированный персонал (лётный и инженерно-

технический состав (ИТС) имеющий допуск, а также, прошедший теоретическое изучение (переучивание), а ИТС – и стажировку, после проверки знаний им конструкции АТ, правил ее эксплуатации, требований безопасности и практических навыков работы в объеме должностных обязанностей [3, с. 46].

Все это в теории, а что на практике?

В нескольких авиационных воинских частях, за полугодовой период выявлено большое число отказов и неисправностей 5,5 % из которых зафиксированы как авиационные инциденты (АИ) разной степени сложности, часть из них проявились в полёте. Такое количество отказов и неисправностей существенно влияет на безопасность полётов.

Данные по отказам и неисправностям, работам, при которых они выявлены и их распределению по видам подготовок сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Количество обнаруженных отказов при выполнении видов подготовок и работ на авиационной технике за полугодие

№ п/п	Вид работ на авиационной технике	Количество отказов и неисправностей	Примечания
1.	Полёт	16,6 %	
2.	Предполётная подготовка	13,7 %	
3.	Подготовка к повторному вылету	32,6 %	
4.	Послеполётная подготовка	8,3 %	
5.	День работ на АТ	9,2 %	
6.	Парковый день	3,0 %	
7.	Регламентные работы	13,0 %	
8.	Периодические роботы, ЦО и др.	13,6 %	

Если рассматривать эти данные можно сделать вывод, что основной объём отказов и неисправностей выявляется во время проведения полётов, при выполнении целевых осмотров и проверок (ЦОП), а так же регламентных работ (РР).

Вроде бы логика ясна: основное время работы самолета – это полёт, а при выполнении ЦОП и РР производится более углубленный контроль состояния АТ, поэтому и такое количество отказов и неисправностей. Но есть, как говорится, «другая сторона медали» – это качество выполнения работ на АТ обслуживающим персоналом и добросовестное исполнение своих функциональных обязанностей, как специалистами инженерно-авиационной службы (ИАС), так и наземных аэродромных служб.

Руководящий состав ИАС должен постоянно проводить работу с личным составом подчиненных частей: контроль состояния АТ, различного вида занятия и тренажи, проверки уровня обученности. Но, несмотря на проводимую работу руководящим составом ИАС в частях, большая доля отказов и неисправностей выявляется при выполнении подготовок АТ к полётам. Немалое количество отказов АТ выявляется в период предполётной подготовки. Это свидетельствует о формальном подходе к выполнению других видов подготовки АТ, таких как день работ на авиационной технике (ДРАТ), парковый день, целевые осмотры и проверки и т.п.

Руководящий состав ИАС частей при разработке перечней работ в парковый день, в ДРАТ не учитывает результаты анализа отказов и неисправностей (либо его не проводит), а использует перечни отработанные много лет назад.

Практически все виды работ на АТ направлены на поддержание заданного уровня её надежности и тем самым, на обеспечение технической безопасности полётов. Объём и периодичность выполнения большинства работ на АТ определяются исходя из характеристик её надежности и возможного их изменения в процессе эксплуатации. Даже такие виды работ, как заправочно-снаряжательные, работы по вводу (смене) данных в устройствах и системах бортового оборудования и вооружения и т.д., влияют не только на выполнение конкретного задания – от их качества существенно зависит и безопасность полёта.

Анализ некоторых неисправностей и отказов свидетельствует об упущениях в работе руководящего ИТС по исследованию отказов АТ и авиационных инцидентов. Требования ФАП ИАО (анализ надёжности АТ и безопасности полётов [3, с. 133]) в полной

мере не выполняются. Вместо планомерной работы по исследованию причин отказов с рассмотрением всех возможных версий выполняется типовой перечень работ. Инженерный анализ обнаруженных при работах неисправностей производится не достаточно эффективно, вследствие чего фактическая причина отказа АТ определяется как наиболее вероятная, и приводит к повторяемости.

«В любой области человеческой деятельности профилактика как социальная организация труда начинается с анализа угрозы объекту или субъекту, которые мы хотим обезопасить. Проведенный сотрудниками межгосударственного авиационного комитета анализ причин аварийности за последние 10 лет установил, что отказы АТ, наземного оборудования в генезисе лётных происшествий (ЛП) занимают далеко не ведущее место. Однако социально-психологический анализ ЛП показывает, что так называемый «человеческий фактор» приобрёл некое другое измерение, познание которого поможет нам принципиально по новому реконструировать методологию профилактики аварийности. Прежде всего, следует видоизменить философию подходов к обеспечению надёжности системы «человек–машина». Имеется в виду резкое усиление нашего внимания к законам функционирования системы «человек–человек». Её функционирование регулируется способностью должностных лиц профессионально участвовать в воспитании, обучении и подготовке авиаторов, опираясь на научные знания о человеке как субъекте труда» [2, с. 125].

Из года в год, снижается качество подготовки выпускников военных учебных заведений, уменьшение уровня их моральной и психологической готовности к службе в авиационных частях и Вооруженных силах в целом. Например, среди некоторых выпускников есть «лидеры» со средним баллом диплома 3,0. О каком уровне подготовки такого специалиста можно говорить? Возникают резонные вопросы:

Для чего государство тратит деньги на подготовку «таких специалистов»? Для чего выпускать таких военнослужащих? Чьё место занимают на службе и занимали при обучении такие специалисты?

Если вспомнить, как готовили специалистов 15–20 лет назад и сравнить с нынешними специалистами, приходящими в строевые части, заметна большая разница в подготовке военнослужащих. Да, и сейчас есть военнослужащие добросовестные, стремящиеся освоить АТ, но их не много.

Новоиспеченные специалисты приходят обслуживать АТ которая с годами становится всё сложнее, капризнее и дорогостоящее. Ведь за последние пять-десять лет в авиационные части пришло огромное количество новейшей техники и её количество продолжает увеличиваться.

Приходят военнослужащие, которых нужно заставлять работать. Они ничего не хотят, ни к чему не стремятся. Их интерес заключается в желании поскорее уйти со службы домой. Профессиональный рост их интересует только в качестве получения новой должности с более высоким окладом, но чувства ответственности за проделанную работу практически нет.

При этом возникают случаи сокращения объёма операций проводимых во время выполнения работ на АТ, а формально они выполняются. В результате, основной вид подготовки к полётам – послеполётная подготовка, сводится к быстрому завершению работ, заправке и буксировке самолёта на стоянку. Но потом, почему-то, в предполётную подготовку возникает какой-либо отказ, хотя его могли бы обнаружить и своевременно устранить по завершению полётов – как это требует ФАП ИАО.

Возможно сокрытие отказов на АТ после их выявления на полётах, особенно по окончании второй смены, с целью их устранения «по-тихому, потом» при выполнении других работ вне полётов, что недопустимо.

Этому способствует и отношение лётного состава к фиксированию отказов и неисправностей на самолёте – не все их записывают в Журнал подготовки воздушного судна, доводят на словах, с желанием выполнить ещё один полёт: «Успеете сделать – хорошо, нет и так слетаю, а потом запишу».

На фоне таких событий образуется повышенная нагрузка на всех начальников и командиров различных степеней, ведь необходимо выполнять свои обязанности, но и контролировать нерадивых подчиненных практически во всех вопросах жизнедеятельности и выполнении ими функциональных обязанностей.

В связи с возросшей интенсивностью проведения полётов за последние несколько лет, нагрузка на весь личный состав тоже увеличивается. Полёты проводятся по 3–4 лётных дня в неделю в две смены. Дополнительно к этому, параллельно плановой работе, проводятся различные мероприятия по подготовке и обеспечению специальных полётов и задач. Возникают моменты, когда личный состав находится на аэродроме до шестнадцати часов и более, что не способствует нормальной работе специалистов.

Подразделения авиационных частей не полностью укомплектованы личным составом. На офицерских должностях вакансий нет, а на должностях младших авиационных специалистов и механиков вакансии присутствуют. В частях воздушно-космических сил (ВКС) часть личного состава ежедневно заступает на различные виды суточных дежурств, при этом возникают сложности в формировании расчётов подготовки самолётов к полётам.

Количество внутренних нарядов на личный состав тоже возросло. Например, практически половина эскадрильи ежедневно находится в каком либо наряде, число которых велико. И если вдруг проводится тренировка, то задействованный личный состав даже убывает с полётов.

О каком качестве подготовки АТ можно говорить в этих условиях. Да, реалии нашей жизни изменились, но технику нужно обслуживать внимательно и вдумчиво, а не бросать на «полпути» выполнение работ и бежать к месту сбора по сигналу. В таких условиях возможно ухудшение отношения людей к своей работе.

В частях обеспечения тоже есть проблемы в работе с личным составом. Если ознакомиться с различными актами проверок, можно увидеть практически совпадение замечаний из года в год. Это говорит о том, что исполнители и руководящий состав, в силу каких либо причин (слабые знания; отсутствие нормального, рабочего, личного плана работы; отсутствие желания работать с руководящими документами; отсутствие времени и лень; «сделаю завтра» и т.д.) не уделяют должного внимания выполнению своих элементарных обязанностей. И это всё сказывается на качестве ежедневной работы.

Проблемы обеспечения полётов частями тыла заметны по качеству подготовки водителей автомобильной специальной техники. Самолёт, «в живую», многие из них видят впервые – внимание рассеивается. Были случаи, когда водитель, военнослужащий по призыву, при обслуживании полётов, сутками находился на аэродроме (если проводились двухсменные полёты) ввиду нехватки водителей. И он, полусонный, заторможенный, на своём автомобиле передвигается по лётному полю. Возникает риск человеческой ошибки.

Для снижения количества отказов при эксплуатации АТ, требуется проведение целого комплекса мероприятий на всех без исключения уровнях. Довести укомплектованность воинских частей до 100 %. Снять с личного состава обеспечивающего проведение полётов наряды и дежурства не свойственные ИАС.

Руководящий ИТС частей должен постоянно анализировать техническое состояние АТ, причины появления её неисправностей. Основное назначение такого анализа состоит в глубоком изучении обстоятельств и причин возникновения неисправностей, установить тенденции и закономерности их проявления, выработать пути (способы) своевременного выявления неисправностей и предупреждения отказов АТ.

При планировании перечней парковых дней, ДРАТ, целевых осмотров и проверок, учитывать выводы анализа. При проведении контрольных осмотров обязательно проверять полноту и качество проведения межполётного анализа работоспособности АТ. Исключить формализм при выполнении работ на АТ.

Командиры и начальники всех степеней должны планомерно проводить работу с личным составом в целях формирования личной ответственности за результаты своей работы.

Инженерно-технической подготовка (ИТП) лётного и инженерно-технического состава должна способствовать повышению уровня подготовки авиационных специалистов. Необходимо выделение времени в распорядке дня части для проведения реальных занятий по ИТП. Исключить формализм при проверке знаний конструкции АТ и правил её эксплуатации.

«Для успешного овладения специальностями, включая руководство подчиненными, необходимо:

– развивать профессиональную мотивацию (ценностные ориентации);

– при организации деятельности создать условия для проявления у персонала творчества, инициативы, ответственности;

– развивать интересы, стремление подчинённых повышать свой профессионализм способами деятельности в различных сферах;

– совершенствовать систему регулирования честного, качественного труда» [1, с. 155].

Повысить качество отбора конкурсантов на поступление в военные заведения. Необходимо тщательно подходить к вопросу будущего соответствия человека его выбираемой профессии, специальности, наличия у него необходимых морально-деловых качеств, чувства требовательности к себе и окружающим.

Повысить качество обучения курсантов в военных учреждениях. На это напрямую влияет требовательность командиров и начальников всех степеней процесса подготовки специалиста, а так же педагогического персонала.

Быть жёстче в оценке знаний, способностей и умений курсантов, исключить формализм во время его обучения.

Перечень мероприятий можно продолжать еще долго. Когда все эти пункты будут воплощены в жизнь, тогда мы получим качественно подготовленного, обученного и воспитанного, мотивированного авиационного специалиста способного должным образом выполнять все виды обслуживания АТ и грамотно её эксплуатировать. А техника, в свою очередь, будет полностью выполнять свои функции по предназначению в течение всего срока эксплуатации.

Список литературы:

1. Дорофеев С.П. Психология и педагогика. Психология человека. – Краснодар, 2013. – С. 254.
2. Пономаренко В.А. Психология человеческого фактора в опасной профессии. Красноярск : Поликом, 2006. – С. 629.
3. Федеральные авиационные правила производства полётов государственной авиации. – М., 2005. – С. 256.

УДК 629.78

ПРИМЕНЕНИЕ STARLINK В ЗОНЕ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

♦♦♦♦♦

THE USE OF STARLINK IN A COMBAT ZONE

Мажирин Ю.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сувантхонг С.М.
Республика Лаос,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы применение Starlink в зоне боевых действий. Состав космической группировки НАТО. Использование спутников для наведения высокоточного оружия. Противоспутниковое оружие ВС РФ.

Ключевые слова: система Starlink, группировка спутников, противоспутниковое оружие ВС РФ, противоспутниковое оружие ВС РФ, ракетные комплексы.

Mazhirin Yu.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Suwanthong S.M.
Republic of Laos,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the use of Starlink in a combat zone. The composition of the NATO space group. The use of satellites to guide precision weapons. Anti-satellite weapons of the Russian Armed Forces.

Keywords: Starlink system, satellite constellation, Anti-satellite weapons of the Russian Armed Forces, Anti-satellite weapons of the Russian Armed Forces, Missile systems.

1. Применение Starlink в зоне боевых действий

Starlink – это система спутникового интернета от американской компании, которую возглавляет Илон Маск. Скорость передачи данных у Starlink выше, чем у любого другого способа связи. Спутники находятся на очень низкой орбите – всего 550 километров. Для сравнения: сигнал от обычного спутникового интернета идет с высоты 36 тысяч километров. Задача у Starlink что ни на есть мирная – обеспечивать людей скоростным интернетом даже в самых заброшенных уголках Земли. С той же целью несколько терминалов Илон Маск отправил на Украину – якобы чтобы у мирных граждан был доступ в сеть.

StarLink – проект американской компании SpaceX, который предусматривает предоставление доступа к широкополосному интернету в любой точке планеты. С появлением спутниковых терминалов StarLink у противника в первую очередь значительно улучшилась и стала доступной спутниковая связь. Кроме этого дополнительно появились такие возможности:

– доступ удаленных абонентов к Электронной коммутационной сети;

– открытый и защищенный VoIP – телефонная связь в единой номерной системе абонентов ВСУ;

– открытая и защищенная передача данных для функционирования автоматизированных систем управления ВСУ;

– организация видеоконференцсвязи;

– организация документооборота;

– организация передачи данных между сайтами в системе транкинговой связи по технологии IP Site Connect;

– доступ к сети Интернет.

Данная технология отличается от VSAT (применение одного спутника на геостационарной орбите) применением нескольких тысяч низкоорбитальных спутников, что увеличивает скорость передачи и устойчивость системы в целом. Простота настройки и быстрота развертывания комплекта, при условии возможности подачи электропитания открытого пространства – позволяет любому желающему развернуть станцию StarLink и выйти на связь. Также к преимуществам можно отнести высокую скорость передачи

данных и небольшие габаритные размеры комплекта. Однако накрытие антенны StarLink защитной сеткой зеленого цвета 60 % плотности и более (непрозрачной пленкой) – снижает скорость до 45–60 Мбит/с, но этого достаточно для обеспечения потребностей узлов связи, определенных должностных лиц пунктов управления и значительно уменьшает трудозатраты по предоставлению интернет-ресурса по сравнению с развертыванием радиорелейных интервалов и существенно не влияет на качество связи. В некоторых подразделениях ВСУ станции StarLink устанавливали на автомобильную технику для обеспечения связи в движении. Во время движения до 60 км/ч скорость передачи уменьшалась, но была достаточной чтобы станция обеспечивала связь.

В начале февраля 2024 года на различных интернет-ресурсах и в «Телеграм»-каналах стали появляться сообщения о том, что отдельные подразделения Вооружённых Сил Российской Федерации (ВС РФ) стали активно применять в ходе боевой работы терминалы спутниковой связи Starlink. Достоверно неизвестно, соответствует ли это истине и количество терминалов Starlink у ВС РФ (если они вообще есть), а также задачи, для решения которых указанные терминалы используются.

Есть один нюанс – согласно заявлениям компании SpaceX, спутниковая связь Starlink не работает на территории России в границах до февраля 2022 года, однако она работает над бывшими регионами Украины, вошедшими в состав России по результатам референдума, проведённого в сентябре 2022 года, а также над акваторией Чёрного моря, что потенциально позволяет использовать возможности Starlink обеими воюющими сторонами.

Теперь, предположительно, мы можем использовать оружие противника, точнее – оружие американского пособника противника, против него самого.

Какие преимущества предоставит ВС РФ использование спутниковой связи Starlink и какие риски оно несёт? Каковы будут последствия использования спутниковой связи Starlink ВС РФ?

При рассмотрении будем считать, что информация о появлении у ВС РФ некоторого количества терминалов Starlink является достоверной.

Начнём с рисков.

Риски

Необходимо понимать, что даже если терминалы Starlink в рядах ВС РФ появятся, то их количество будет ограничено – паритета с ВСУ, которым терминалы Starlink тысячами поставляются централизовано, нам добиться не удастся. Кроме того, терминалы Starlink сообщают компании SpaceX о своём местоположении (это необходимо для их функционирования), и неизвестно, куда эти данные утекают потом.

Из этого можно сделать вывод – какого-либо влияния на обеспечение связью ВС РФ терминалы Starlink не окажут, поскольку их будет немного, помимо этого, их применение будет сопряжено со значительными рисками для ВС РФ.

Если терминалов будет мало, использовать их будет только офицерский состав среднего и/или высшего звена, а тогда, в случае утечки их координат, ВСУ могут использовать полученные данные для нанесения точечных ударов высокоточным оружием и обезглавить полки/бригады/дивизии ВС РФ. Кроме того, противником могут быть вскрыты места дислокации боевой техники и живой силы, склады боеприпасов и горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Необходимо учесть, что ВСУ могут не нанести удары сразу, для того, чтобы у ВС РФ сформировалось ложное мнение о безопасности использования связи Starlink, а через какое-то определённое время, когда появится достаточное количество подтверждённых мест установки терминалов Starlink, когда будет вскрыто значительное количество объектов ВС РФ, будет нанесён массированный удар с применением всех имеющихся у ВСУ типов вооружений.

Не исключено, что такой удар мог бы быть использован ВСУ как база для осуществления очередной попытки контрнаступления на том участке, где «благодаря» использованию терминалов Starlink им удастся нанести ВС РФ максимальный ущерб. Ведь «контрнаступ» для Украины жизненно важен – он позволит подтвердить «кредитоспособность» ВСУ, то есть вероятность обеспечивать победу при соответствующей материально-технической поддержке США и других стран Запада.

Возможности

Несмотря на существующие риски, спутниковая связь Starlink при грамотном использовании может предоставить ВС РФ достаточно интересные возможности и преимущества. Разумеется, речь идёт о симметричном применении терминалов Starlink на БПЛА-бомбардировщиках, БПЛА-камикадзе большой дальности и БЭК-камикадзе.

Предположение о возможности такого использования терминалов Starlink базируется на двух допущениях.

Первое – это то, что терминалов Starlink на Украине очень много, поэтому обеспечить контроль за всеми ими может быть достаточно сложно.

Второе – это близость расположения подразделений ВС РФ и ВСУ на линии боевого соприкосновения (ЛБС), сложность построения боевых порядков и их постоянное обновление (изменение конфигурации ЛБС).

Потенциально это позволит ВС РФ оснащать БПЛА-бомбардировщики терминалами Starlink, как это делают ВСУ, для нанесения ударов в глубине территории противника – даже маркировку можно нанести украинскую, так что в случае уничтожения БПЛА противник может даже не понять, что его атаковали ВС РФ – спишет на «дружественный огонь». Стартуя вблизи ЛБС, БПЛА-бомбардировщик с терминалом Starlink обходными путями может выйти в ближние тылы противника и обеспечить уничтожение техники и живой силы, командных пунктов, складов боеприпасов и ГСМ, прибывающих подкреплений и эвакуируемой на ремонт в тыл повреждённой техники.

Возможно, что таким образом удастся обеспечить уничтожение с подтверждением пусковых установок (ПУ) HIMARS или зенитных ракетных комплексов (ЗРК) Patriot.

Ещё большие возможности ВС РФ получат в случае установки терминалов Starlink на БПЛА-камикадзе самолётного типа, имеющих дальность порядка 1000 километров и более. В этом случае уничтожение особо важных целей с подтверждением может осуществляться уже в глубине территории Украины – тех же ПУ HIMARS, ЗРК Patriot, боевых самолётов (скоро на Украину могут прибыть истребители F-16) и вертолётов на аэродромах, а также многого другого.

Сейчас обеспечить уничтожение целей с подтверждением в глубине территории противника потенциально мы можем, только используя связку из БПЛА-носителя большой дальности с ретранслятором связи и БПЛА-камикадзе типа «Ланцет», а это жизненно важно для того, чтобы сложную и дорогую технику Украине больше не давали.

Ну и, разумеется, терминалы Starlink могут быть установлены и на БЭК-камикадзе. У самой Украины флота нет, так что топить там особенно-то и нечего, разве что обеспечить уничтожение портовых сооружений БЭК-камикадзе с боевыми частями повышенного могущества, но можно абсолютно безнаказанно вдарить по их союзникам – боевым кораблям стран Запада, ранее мы об этом подробно говорили в материале «Уничтожение боевых кораблей ВМС Великобритании неопознанными безэкипажными катерами – сигнал для всех стран НАТО».

Учитывая ситуацию на Ближнем Востоке, можно не только поставить хуситам противокорабельные ракеты (ПКР), но и самим нанести удары по боевым кораблям стран Запада с помощью БЭК-камикадзе, доставленных в регион каким-либо неприметным транспортным судном и управляемых через сеть Starlink. Собранные из комплектующих стран Запада, управляемые через американские терминалы Starlink, БЭК-камикадзе могут быть использованы не только против боевых кораблей, но и против инфраструктуры наших настоящих врагов.

Последствия

Здесь всё зависит от чувства меры. Применение ВС РФ терминалов Starlink в краткосрочной перспективе может нанести значительный ущерб, как Украине, так и странам Запада, разумеется, если использовать их разумно.

Это значит – не использовать их для организации связи между подразделениями ВС РФ, а в случае применения терминалов Starlink для управления БПЛА и БЭК, соблюдать меры предосторожности – запускать БПЛА и БЭК вблизи ЛБС или в отдалении от «старых» российских границ, выносить терминалы Starlink в сторону от расположения операторов, использовать VPN-тоннели и иные способы маскирования трафика, и так далее и тому подобное.

Но главное – возможность использования связи Starlink не должна привести к задержкам или приостановкам создания российских глобальных высокоскоростных широкополосных космических сетей связи, более того, их разработка и развёртывание должны стать одним из приоритетов нашей науки и промышленности, поскольку именно системы связи типа Starlink являются одним из краеугольных камней обеспечения национальной безопасности в ближайшей и среднесрочной перспективе.

2. Использование Вооружёнными силами Украины системы Starlink при ведение боевых действий против ВС РФ

Вооружённые силы Украины (ВСУ) максимально полно используют Starlink, для них это один из критических компонентов, обеспечивающих способность противостоять ВС РФ. По сути именно Starlink снабжают ВСУ глобальной, шифрованной, помехоустойчивой высокоскоростной связью, не только обеспечивающей голосовую связь и передачу текстовых сообщений, но и возможность передачи больших массивов графических данных и видеоизображений.

Не стоит забывать и об использовании терминалов Starlink в составе украинских комплексов вооружений:

Во-первых, это применение терминалов Starlink на безэкипажных катерах-камикадзе (БЭК), ставших крайне серьёзной угрозой для Черноморского флота (ЧФ) ВМФ РФ, а также российской инфраструктуры в Чёрном море, в том числе Крымского моста.

Во-вторых, с помощью Starlink осуществляется управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) бомбардировщиками типа «Баба-Яга», имеющими значительно большую дальность и помехозащищённость, по сравнению с дронами, использующими типовые средства радиосвязи.

Можно предположить, что если SpaceX распространит зону работы Starlink на всю территорию России, то удары украинским высокоточным оружием большой дальности станут на порядок эффективнее и опаснее – размещение самолётов и вертолётов на открытых площадках станет равносильно их добровольному уничтожению, а главное управление разведки (ГУР) Украины значительно увеличит количество ударов, наносимых по критическим узлам российской инфраструктуры.

Если терминалов будет мало, использовать их будет только офицерский состав среднего и/или высшего звена, а тогда, в случае утечки их координат, ВСУ могут использовать полученные данные для нанесения точечных ударов высокоточным оружием и обезглавить полки/бригады/дивизии ВС РФ. Кроме того, противником могут быть вскрыты места дислокации боевой техники и живой силы, склады боеприпасов и горюче-смазочных материалов (ГСМ).

Необходимо учесть, что ВСУ могут не нанести удары сразу, для того, чтобы у ВС РФ сформировалось ложное мнение о безопасности использования связи Starlink, а через какое-то определённое время, когда появится достаточное количество подтверждённых мест установки терминалов Starlink, когда будет вскрыто значительное количество объектов ВС РФ, будет нанесён массированный удар с применением всех имеющихся у ВСУ типов вооружений.

Не исключено, что такой удар мог бы быть использован ВСУ как база для осуществления очередной попытки контрнаступления на том участке, где «благодаря» использованию терминалов Starlink им удастся нанести ВС РФ максимальный ущерб. Ведь «контрнаступ» для Украины жизненно важен – он позволит подтвердить «кредитоспособность» ВСУ, то есть вероятность обеспечивать победу при соответствующей материально-технической поддержке США и других стран Запада.

3. Космическая группировка НАТО

Сегодня российская космическая группировка насчитывает более 160 аппаратов гражданского, военного и двойного назначения. НАТО в совокупности имеет на орбите в три раза больше спутников. Из них львиная доля приходится на США – около 200 космических аппаратов. И вся эта группировка работает на Украину, передавая ВСУ данные о российских позициях.

«Они обеспечивают перекрытие всей территории Восточной Европы, скажем так, и позволяют получать актуальную, с темпом несколько раз в сутки, фотографическую информацию с разрешением пять метров примерно, которого очень даже достаточно для того, чтобы выявлять состояние наших авиационных частей на аэродромах, перемещение крупных группировок войск», – отметил научный сотрудник Центра подготовки космонавтов.

Вся разведывательная информация со спутников собирается в центрах обработки информации НАТО. Данные расшифровывают и передают в штабы управления и связи ВСУ через систему Starlink. Это значит, что националисты прекрасно знают, куда бьют, нанося удары по мирным жителям.

«С помощью Starlink Вооруженные силы Украины получают доступ к интернету и через этот доступ получают данные с западных и натовских спутников, которые находятся на орбите. Также они, разумеется, используют Starlink для связи между подразделениями», – пояснил военный обозреватель.

4. Использование спутников для наведения высокоточного оружия

Спутники используют не только для разведки. Они играют большую роль в наведении высокоточного оружия. Россия имеет на орбите группировку из четырех аппаратов «Барс-М», которые оборудованы стереоскопическими камерами. Спутники делают снимки высокого разрешения для создания точных цифровых карт, загружаемых в системы наведения крылатых ракет. Именно благодаря им «Калибры» и Х-101 могут лететь, огибая рельеф местности. Стоит лишь задать ракете координаты цели.

Благодаря навигации из космоса высокоточным оружием стали даже реактивные системы залпового огня «Торнадо». Снаряды летят по сигналам со спутников ГЛОНАСС.

Украинские войска используют спутниковую навигацию, чтобы наносить удары по Донбассу британскими ракетами Storm Shadow, а американцы – чтобы управлять своими стратегическими беспилотниками Global Hawk, которые проводят разведку у южных границ России. При помощи спутников украинские националисты атаковали морскими беспилотниками российский корабль «Иван Хурс».

Есть ли связь между спутниками Starlink и обстрелами российских городов? Какая орбитальная группировка НАТО шпионит за войсками РФ? Как Россия наращивает свое присутствие на орбите? И что за новый спутник «Кондор» теперь следит за Украиной.



Рисунок 1

Этот аппарат позволяет обнаруживать на Земле радиолокационно-контрастные цели, скопления танков, бронетехники, артиллерийских *орудий и таким образом давать полноценную разведывательную информацию.*

5. Как работают средства РЭБ

На Земле самый эффективный способ противостоять космическим аппаратам – это средства радиоэлектронной борьбы, которые вносят помехи в передачу данных со

спутника. Как это работает, недавно могли наблюдать жители Москвы. Во время налета беспилотников на столицу несколько дронов были подавлены комплексами РЭБ. В это время автомобилисты заметили сбой в работе автомобильных навигаторов.



Рисунок 2

«С учетом того, что применялись беспилотники достаточно упрощенного типа, они пользовались GPS-навигацией. Это приведет к тому, что беспилотные летательные аппараты с GPS-навигацией будут ослеплены и не смогут долететь до цели, и, может быть, даже не смогут просто продолжить свое движение», – подчеркнул Бутырин.

Российским дронам-камикадзе «Герань» комплексы РЭБ не помеха. Беспилотник имеет комбинированную систему наведения: спутниковую и инерциальную, то есть автономную, навигацию. Если сигнал со спутника исчез, дрон включает автопилот и дальше летит по заранее заложенной программе. По тому же принципу работают и крылатые ракеты. Они способны достигать цели даже при отсутствии спутниковой навигации.

«Высокоточное оружие при наведении на цель использует несколько аналогичных способов получения информации и координат, которое включает в себя и РЛС, и топографические данные. И если один из этих элементов выпал, это кардинально не повлияет на работу», – говорит военный эксперт.

Сейчас все чаще звучат призывы отключить Россию от американской навигационной системы GPS, но сделать это над какой-то отдельной страной невозможно – аппараты покрывают огромные территории. Можно отключить наземные станции, которые расположены в разных регионах страны. В таком случае сигнал GPS станет слабее, хоть и не исчезнет совсем. Но в России этого даже не заметят – всю работу на себя возьмут отечественные спутники ГЛОНАСС.

6. Противоспутниковое оружие

Многие эксперты уверены, что в случае глобальной войны под удар в первую очередь попадут именно спутники противника, лишив его космического слуха и зрения. Сегодня противоспутниковое оружие уже существует, и Россия здесь находится в лидерах гонки. Так, комплекс «Нудоль» способен доставать цели на высоте 500 километров. Примерно на такой орбите работает большинство военных спутников. Свои возможности «Нудоль» продемонстрировал два года назад, когда уничтожил уже недействующий советский космический аппарат «Целина».



Рисунок 3

До спутников дотянется и новейший российский комплекс С-500. Но самое перспективное средство для борьбы с космическими аппаратами – это лазерное оружие. Российский комплекс «Пересвет» своим лучом может ослеплять спутники противника.

«У России есть технические средства, которые могут производить кибератаку на спутники. Например, были случаи, когда оптическая аппаратура американских спутников по странному стечению обстоятельств начинала смотреть на Солнце, и сгорали все системы. Либо же спутники начинали летать не по той орбите, по которой их запустили», – поделился подробностями историк авиации Михаил Кудинов.

Список литературы:

1. Журнал «Военное обозрение.» от 18 февраля 2024 г. – URL : https/torwa.r ru/2024/02/18 (дата обращения 23.03.2024).
2. Клименко Н.Н. Псевдокосмические аппараты для длительного непрерывного наблюдения локальных районов // Вестник НПО имени С.А. Лавочкина. – 2017. – № 4. – С. 122–123.
3. Петров П. Звукометрическая разведка: «большое ухо» артиллерии. – URL : https://rostec.ru/news/zvukometricheskaya-razvedka-bolshoe-ukho-artillerii (дата обращения 20.01.25).
4. Морозов В. Разведка доложила точно.Армейский сборник. – 2024. – № 9. – С. 26–31.
5. Программа «Совбез» с Игорем Шевчуком на РЕН ТВ. – URL : https://topwar. ru/236558-svjaz-starlink-v-vooruzhennyh-silah-rossii-riski-vozmozhnosti-posledstvija.html
6. Куликова И. Статья научного сотрудника Центра подготовки космонавтов в журнале Авиация и космонавтика. – 2024. – № 4.

УДК 355/5:323.2

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ТЕРРИТОРИИ СТРАНЫ КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ УСПЕШНОЙ БОРЬБЫ С ДРОНАМИ ВСУ

♦♦♦♦♦

THE PROBLEMS OF RADAR CONTROL OF THE COUNTRY'S TERRITORY AS A NECESSARY COMPONENT OF THE SUCCESSFUL FIGHT AGAINST DRONES OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE

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

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

Ключевые слова: технологии, ударный дрон, информационная система, лазеры, радиочастотное оружие.

Okunev V.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The problems of airspace control, the use of active air defense systems, methods and means of combating drones are considered.

Keywords: technologies, attack drone, information system, lasers, radio frequency weapons.

Анализ информации, приводимой в СМИ в последнее время показывает, что ВСУ в своих действиях перешли к новой тактике действий с помощью БЛА. Статистика неумолимо свидетельствует о численном нарастании боевого применения данного средства вооруженной борьбы. Так, за последние 2 недели апреля зафиксирован абсолютный максимум использования ударных дронов: 330 БЛА сбито нашими средствами ПВО за сутки. А цифры 150–200 уже никого не удивляют. Причем, целями как обычно выбираются сугубо гражданские объекты и объекты энергосистемы страны-нефтебазы, газовые хранилища и распределительные станции, инфраструктура электроэнергетики как менее защищенные. Все это при 30-дневном моратории на аналогичные действия с нашей стороны. Периодически достается Самарской и Саратовской областям, там повторяются удары по военным аэродромам Дальней авиации. Предпринималась атака и на АЭС в Ростовской области. БЛА дальнего действия ВСУ сегодня достают до Казани, Ленинградской области, Московской области, Ярославля, 16.04 атаку дронов отражали в Ивановской области, а в последние дни в Астрахани.

Все это свидетельствует о том, что в стране не все в порядке с контролем воздушного пространства и ее радиолокационной подсистемой.

Почему воздушный противник пропускается так далеко? Ведь казалось бы, после последнего реформирования и создания ВКС мы только выиграли. Однако приведенные факты упрямая вещь. Да, энное число БЛА сбивается (поражается РЭБ) о чем мы слышим, но часть их достигает своих целей. Так, в ответ на наш ракетный удар по Сумам (погибло около 65 военнослужащих ВСУ), противник ответил массированным ударом 15.04 по Курску (сбито 107 дронов, прорвался 1 БЛА), при этом повреждены 24 многоквартирных дома, 11 машин станции «Скорой помощи», ряд частных домов, погибла женщина и 10 человек ранено. Это подтверждает, что противник посчитал экономически целесообразным использование вместо крылатых ракет и РСЗО XIMARS дешевые, но достаточно эффективные ударные дроны (рисунок 1), которых у него достаточно благодаря ЕС и Китаю, именно эта страна – основной поставщик данного типа военной продукции для ВСУ (официальный источник). Новшеством является и факт применения тяжелого дрона-матки, запускающего со своей платформы несколько FPV дронов-камикадзе, что расширяет их радиус действия. Ранее имело место ряд случаев запуска с освобожденных территорий. И все же, что делать? Ряд военных экспертов предлагают меры борьбы, в частности, совместное использование возможностей ПВО ВКС и ПВО Сухопутных войск, насыщение боевых порядков эффективными средства-

ми ПВО и РЭБ такими как «Тор», «Панцирь» [1], использование комплексной защиты от БЛА крупными предприятиями. Использование опыта прикрытия Москвы в ВОВ 1941–1945 гг. (посты оповещения ВНОС).



Рисунок 1 – БЛА ВСУ самолетного типа

Итак, по порядку. В Войсках ПВО и до объединения и после имеются радиотехнические войска (РТВ), это «глаза» системы. В благополучные годы войска ПВО (страны) имели достаточно сил и средств для полного контроля воздушного пространства страны. Нормой было 2–3 перекрытие радиолокационных полей на наиболее ответственных и приграничных направлениях. РЛИ дополнялась данными РЛ-постов ГА, других источников дальнего оповещения. Потому и граница была на замке: самолет-шпион Пауэрса сбили над Уралом, а за ним был холодный душ с пролетом Руста на малой высоте и посадкой в Москве. Это был один из звоночков. В период реформирования после распада СССР была нарушена целостность радиолокационного поля страны и только недавно восстановлено прикрытие границ по всему периметру. Введены в эксплуатацию несколько РЛС т.н. высокой заводской готовности (Армавир – в крае) но это средство предупреждения о ракетном нападении (СПРН), а сами станции требуют такой же защиты от БЛА как военный объект средствами ПВО ближней дальности.

Проводимая специальная военная операция (СВО) потребовала создания полноценной группировки Войсковой ПВО и надо сказать, что войска, полигоны, оперативный тыл действующих группировок войск прикрыты достаточно надежно. Однако враг с помощью разнородных средств разведки США и НАТО прощупал слабо прикрытые районы, в т.ч. в глубоком тылу и стал наносить неожиданные и болезненные удары. Реальность такова, что сегодня мы должны обезопасить тыловые районы на глубину до 3000 км (предельная дальность БЛА самолетного типа ВСУ). Средства космической разведки США вскрывают работу наших средств РТВ, анализируют слабо прикрытые (неприкрытые) районы, участки, предоставляют эти сведения органам разведки и планирования боевых действий бригад БЛА ВСУ. Алгоритм известный. Что можно сделать в этой обстановке? Прежде всего, конечно, не ждать возможного замирения, что уже сказалось на объемах поставок БЛА в наши войска. Необходимы организационные и технические меры.

1. Прежде всего, необходимо обеспечить рациональное построение и взаимодействие группировок войсковой ПВО, ПВО ВКС (РТВ и ЗРВ, радиоразведки и РЭБ), ПВО Черноморского флота, Каспийской флотилии в зоне боевых действий, ближайшем (оперативном) тылу и далее на глубину 1000 км и более. В войсках ПВО в зоне боевых действий имеется определенный положительный опыт т.н. стихийного построения группировки войсковой ПВО. Требуется обеспечить надежное прикрытие в глубине

объектов (аэродромы, крупные города, военно-промышленные центры, объекты атомной и химической промышленности) и территорий, где дело обстоит хуже.

2. Необходимо наращивать промышленный выпуск РЛС малых высот типа «Каста-2», «Подкат» (Н до 1000 м), работающих по малоскоростным целям с малой отражающей поверхностью, всевысотных обнаружителей ЗРК, РЛС артиллерийской и комплексной разведки, в т.ч. малогабаритные, наладить информационное взаимодействие с силами ПВО Черноморского флота, береговыми ракетными комплексами «Бастион» и «Бал», имеющими средства РЛ-разведки. Кроме этих РЛС свой вклад могут внести звукометрические комплексы «Зоопарк» и радиопеленгаторы работы БЛА (обнаружители), посты визуального обнаружения в боевых порядках войск, объектов. Не снимается вопрос использования РЛС на привязных аэростатах для полноценного контроля маловысотных целей. Основные типы ударных БЛА ВСУ, действующие на 800–1000 км, БЛА самолетного типа «Бобр», UJ-22, «Лютый». Полет к цели выполняют по программе с коррекцией на маршруте, скорость – 150–200 км/ч, высота малая и средняя (2500 м по г. Шуя), БЧ = 50 кг. Материал – композит, пластик. В плане обнаружения их наблюдают РЛС прежде всего малых высот, оптико-электронные и телевизионные каналы ЗРК и средств разведки (рисунок 2).



Рисунок 2 – РЛС «Каста2-2»

3. Для полноценной автоматизированной обработки информации о воздушных целях крайне важно объединение РЛИ, пеленгационной, визуальной, другой информации на КП фронтовых, армейских (тыловых) зенитно-ракетных бригад в автоматическом режиме с выдачей целеуказания на КП активных средства ПВО (ПУ ЗРК, ЗРПК, ПЗРК, ЗА, подразделений СВ, выделенных для борьбы с БЛА). Опыт СВО показал, что наиболее эффективны в перехвате крылатых ракет, управляемых бомб, ракет РСЗО HIMARS, БЛА различного типа наши ЗРК «Тор-2М», «Бук-М3», ЗРПК «Панцирь-С1». На долю которых приходится более 75 % уничтоженных БЛА ВСУ. Однако, при использование большого числа БЛА в воздухе может наступать перенасыщение каналов боевого управления, превышающие возможности конкретного ЗРК (его ЭВМ), что приводит к

работе в автономном режиме и снижению боевых возможностей и уязвимости. В этих условиях очень важна роль взаимоприкрытия и самоприкрытия (при перезарядке БК) этих ЗРК (антидроновые и обычные ружья, стрелковое вооружение).

4. О роли истребительной авиации как компонента ВКС в решении задач ПВО. Современные истребители типа СУ-35 имеют хорошие возможности по обнаружению и перехвату прежде всего аэродинамических целей, т.е. носителей КР, самих ракет и ограниченно БЛА в виду их слабой радиолокационной и тепловой заметности. Так, ЭОП КР = 0,3–0,5 м^2, ЭОП БЛА на порядок меньше. Кроме того БЛА – малоскоростные и маловысотные цели, что делает маловероятным их перехват.

Определенные возможности по борьбе с БЛА имеются у боевых вертолетов армейской авиации Ка-52, Ми-8АМТШ (Ми-17): подходящий диапазон высот и скоростей, пушечное и ракетное вооружение, система поиска и уничтожения наземных и воздушных целей. Пример: за счет за счет целеуказания с моря (земли) в хороших погодных условиях вертолеты успешно действуют ныне по морским безэкипажным катерам (БЭК) ВСУ, атакующих наши морские объекты и корабли.

5. Нельзя не сказать, что задачи ПВО сложнее решать в тыловой глубине по причине ее тяготения к объектовому принципу прикрытия. В этом случае и появляются разрывы в РЛП, либо недостаточная высота его нижней границы обнаружения (в Южном федеральном округе – ЮФО, это 3000 м). А пролет БЛА к г. Шуя Ивановской области неспроста осуществлялся на Н = 2500 м [2]. Следовательно, в Ивановской области враг выбрал подходящую безопасную для обнаружения высоту для своих ударных БЛА.

Ряд ученых в России еще несколько лет назад предлагали использовать для обнаружения самолетов – «невидимок» поле радиовещания, поля покрытия операторов мобильной связи, другие физические поля, когда искали способ обнаружения ЛА с малой ЭОП (технология «Стэлс»). Однако дальнейшего широкого применения этот метод не получил в связи с решением проблемы «невидимок» более простыми средствами. В отношении БЛА это снова актуально. В комплексе с РЛ-обнаружением он дал бы хороший результат. Естественно, объединение этой информации должно производиться на КП ЗРВ определенного уровня в режиме реального времени, или даже путем автономной работы средств ПВО, замкнутых на указанные источники информации, прикрывающих район, объект.

Еще одно направление: ряд крупных предприятий прибрели, развернули, испытали собственные системы защиты от атак БЛА (Указание Правительства РФ).

Они предполагают наличие подсистемы обнаружения (мини-РЛС) и перехвата атакующих БЛА (БЛА-перехватчик). Радиус действия этих систем обеспечивает защиту промышленного объекта. Однако прикрытие районов, глубинки страны остается открытым. Выход здесь в размещении дополнительных средств РТВ, либо использование информации гражданских источников. Поиски эффективных средств борьбы с БЛА продолжаются.

Перспективным средством борьбы с БЛА сегодня называют лазерные установки, размещаемые на различных подвижных платформах. Например, на боевой машине «Страйкер» (США) установлен лазер мощностью 50 кВт, способный уничтожить БЛА (ЛА в перспективе) на дальности 4 км с временем экспозиции порядка 5 сек. Ведут такие разработки Израиль, Китай, РФ, Германия, Франция. В РФ создан лазерный комплекс «Пересвет», объявлена основная цель применения – мешать работе военных спутников оптической разведки США. Аналогичные комплексы могут быть созданы как для мобильных ЗРК (лазер, ракеты, пушки), так и стационарных комплексов. Важно, что лазер может совмещать систему обнаружения («лазерный забор») и поражения. В РФ создан боевой лазер «Задира-16», способный успешно применяться для борьбы с БЛА (рисунок 3).

Другим перспективным направлением создания эффективных средств борьбы с БЛА является радиочастотное – сверхвысокочастотное (СВЧ) и крайневысокочастотное оружие (КВЧ) – РЧО.

РЧО способно выводить из строя одновременно несколько воздушных объектов (БЛА), действуя на электронику. У этого оружия отсутствует необходимость в боеприпа-

сах, высокая производительность, установка может быть размещена на различных носителях. Кроме того, комплекс РЧО «Адс» (США) выводит временно из строя живую силу противника на Д = 1 км (частота излучения 94 ГГц).



Рисунок 3 – Боевой лазер против БЛА (концепт «Задира»)

Комплекс «Тор» (США) – мобильный комплекс РЧО для защиты авиабаз, важных государственных объектов от ударов БЛА (рисунок 4).



Рисунок 4 – Комплекс РЧО «Тор» (США) на войсковых испытаниях

Комплекс РЧО «Фазер» (США) способен поражать БЛА с массой до 25 кг на высоте от 370 до 1100 м и скорости до 370 км/ч.

Ведут аналогичные работы в Германии, Франции, Китае, Великобритании [3].

Выводы:

1. В защите войск и объектов (районов) тыла от ударов с воздуха должны превалировать целесообразные подходы прикрытия – зонально-объектовый или объектовый в зависимости от их важности (потребности).

2. Группировки войск ПВО, задействованных для прикрытия, должны сочетать разумную достаточность и высокую эффективность, обеспечиваемую прежде всего высокоавтоматизированной информационной подсистемой, объединенной для всех видов и родов прикрываемых войск единой системой боевого управления.

3. На сегодняшний день в борьбе с БЛА ВСУ должен преобладать комплексный подход в выборе средств обнаружения и поражения (вывода из строя).

Список литературы:

1. Длугоцкий Д. Комплексы оружия направленной энергии наземного базирования ведущих зарубежных стран / Д. Длугоцкий, А. Бочкарев // ЗВО. – 2025. – № 3. – С. 47–56.
2. Шуйский Ю. БЛА самолетного типа большой дальности ВС Украины / Ю. Шуйский, В. Истанов // ЗВО. – 2025. – № 3. – С. 61–68.
3. Вооружение и военная техника Российской Федерации. – URL : https:// dzen.ru/video/watch/66884da08167104d9618d267?share_to=link (обращения 16.04.2025).

УДК 623.746.4-519

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

♦♦♦♦♦

MEANS OF COMBATING UAVS IN MODERN CONDITIONS

Мажирин Ю.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается структурная система комплексного противодействия БпЛа, способы борьбы с БпЛА ВС РФ, способы ведения разведки, современные средства борьбы с БпЛа.

Ключевые слова: разведка, БпЛА, РЭБ, огневые средства, лазерное оружие.

Mazhirin Yu.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the structural system of integrated counteraction to UAVs, means of combating UAVs in the Russian Armed Forces, means of conduction reconnaissance modern means of combating UAVs.

Keywords: reconnaissance, unmanned aerial vehicle (UAV), electronic warfare, fire means, lazer weapon.

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. Структурная система комплексного противодействия БпЛА

2. Способы борьбы

Структурная система комплексного противодействия БпЛа Структурная система комплексного противодействия БпЛа включает подсистемы:

– Разведки;
– Управления;
– Активного противодействия;
– Активного противодействия.

В качестве способов борьбы с БпЛА применяются:

– способы ведения разведки разнородными силами и средствами;
– способы управления разнородными силами и средствами;
– способы активного противодействия БпЛА;
– способы пассивного противодействия БпЛА [1].

Обнаружение БпЛА можно осуществлять несколькими способами ведения разведки:

– Постами воздушного наблюдения;
– Радиолокационными средствами;
– Станциями РТР и оптико-электронными средствами;
– Совместным использованием активных и пассивных средств [1].

с БпЛА в ВС РФ

2.1 Средства войсковой ПВО и ПВО ВКС

Для борьбы с дронами используют зенитные ракетные комплексы (ЗРК):

– «БукМ3 поражает цели на высоте от 15 м до высоты 35 км, на дальности от 2.5 км до 70 км:

– «Тор» поражает цели на дальности от 500 метров до 16 километров, по высоте – от 10 метров до 10 километров;

– «Тунгуска» по высоте от 15 м до 3500 м, по дальности от 200 до 8000 м;

– «Панцырь С1» по высоте от 15 м до 6000 м, по дальности от 200 м до 12000 м;

– «Стрела-10-МН» поражает цели на высоте от 25 м до 5 км. Скорость полёта ЗУР до 520 м/с.;

– ПЗРК «Игла» высота поражения цели от 15 м до 3 км, дальность до 5 км;

– ПЗРК «Верба» высота поражения цели до 4 км, дальность до 6 км;

– ЗУ-23-2 по высоте от 0–1500 м, по дальности от 0 до 2500 м.

– Противодронные ружья «Аргус», дальность действия 1000–1500 м по каналам управления,

– «Гарпун-3» дальность поражения до 2000 м;

– гладкоствольный автомат 12 калибра «МР 155» [6].

2.2 Войска РЭБ

Основной задачей войск РЭБ является целенаправленное воздействие электромагнитными излучениями на радиоэлектронные объекты в системах управления войсками и оружием противника для разрешения циркулирующей в них полезной информации.

Второй задачей является – защита своих радиоэлектронных систем от воздействия сил и средств радиоэлектронной борьбы противника.

На время проведения СВО в ВС РФ поступило более двадцати новых образцов вооружения РЭБ. С созданием и включением в состав войск системы «Поле-21» стало возможным прикрытие важных военных и государственных объектов от ударов БпЛА путем радио подавления систем навигации и программ заложенным в искусственном интеллекте беспилотных средств. В них, помимо уже существующих возможностей, реализованы также задачи РЭБ войска оснащены современными комплексами: «Борисоглебс-2»; «Москва-1»; «Ртуть-БМ»; «Свет-КУ»; многофункциональные модули помех «Краснуха-20» и «Краснуха-С4», аппаратные технического обеспечения «Лесостепь» а также роботизированный комплекс противодействия БпЛАведения разведки и подмены координат В войска также поступает подвижный комплекс «Реппелент» способный обнаруживать миниатюрные БпЛА по сигналам управления ими на расстоянии более 35 км и подавлять эти каналы управления мощными заградительными или направленными помехами.

Войска РЭБ получили многофункциональную станцию-трансформер «Дивноморье». Она способна подавлять бортовые радиоэлектронные системы БпЛА.

Планируется, что «Дивноморье» заменит в войсках сразу три комплекса ПЭБ «Москва»; «Краснуха-20» и «Краснуха-С4».

Также для прикрытия наиболее важных объектов инфраструктуры от БпЛА комплекс «Сапсан-Бекас», «Купол» и «Рубеж-Автоматика». Первый из них способен обнаруживать БпЛА на дальности до 20 км и подавлять каналы управления и навигации БпЛА на дистанции до 30 км [2].

3. Ведение разведки тактических микро и мини-БпЛА противника

Способы ведения разведки БпЛА микро и мини БпЛА противника:

– Постами воздушного наблюдения;

– Радиолокационными средствами;

– Станциями РТР и оптико-электронными средствами;

– Совместным использованием активных и пассивных средств.

Создание трёхлинейной системы ПВН обеспечивает обнаружение малоразмерных БпЛА от переднего края на дальности от 6 до 14.5 км.

4. Способы противодействия тактическим микро и мини БпЛА противника

Для противодействия БпЛА решением МО РФ Белоусова А.Р. в ВС РФ будит создаваться как род ВС РФ структуру по противодействию БпЛА.

Вариант эшелонирования боевого применения подразделения противодействия БпЛА.

– в мср – отделение противодействия БпЛА;

– мсб – взвод противодействия БпЛА;

– мсп – взвод РэБ и расчёт БпЛА.

В состав групп противодействия БпЛА включить группу ПВО:

Совершенствование способов борьбы с малоразмерными БпЛА, в том числе с роем БпЛА управляемым с помощью искусственного интеллекта применение в ЗРК

ближнего действия и малой дальности взрывомагнитных- генераторов (ВМГ), которыми необходимо оснастить ЗУР вместо классической боевой части [1].

ВМГ обеспечивает прямое преобразование энергии взрыва в энергию электромагнитного импульса. При массе МВГ 12–15 кг. Что приемлемо для ЗУР «Тор М2», энергии , излучаемой СВЧ-боеприпасами, достаточной для функционального поражения бортовой злектроники роя БпЛА. В радиусе 800–1000 м и более от точки подрыва, то есть функционального поражения группой цели к чему и стремились

Для защиты от ударных БпЛА (FPV-дронов, сбрасываемых снарядов) применяются следующие способы;

– оборудование образцов ВВСТ защитными сетками и козырьками – оборудование позиций сетками-рабицей и установка по периметру позиций рыболовных сетей:

– использование дымовых гранат чёрного дыма с целью затруднения прицельного сброса:

– оснащение образцов ВВСТ средствами радиоэлектронного подавления каналов управления и навигации электронных систем FPV – дронов, установкой на технике комплексов РЭБ «Волнорез» РП-377УВМ1Л «Лесочек» [3].

5. Борьба с БПЛА применением лазерного оружия

Лазерное оружие – это особый вид оружия направленной энергии, суть которого заключается в термомеханическом и ударно-импульсном воздействии на цель. Некоторые виды лазеров могут быть использованы в качестве оружия не летального действия. По сравнению с традиционным огнестрельным оружием, как например, снаряды или ракеты, боевые лазеры и некоторые другие виды оружия направленной энергии имеют ряд существенных преимуществ [4].

«**Пересве́т**», лазерный комплекс, многоцелевое самоходное средство противовоздушной обороны (ПВО) дальнего действия. Предназначен для обнаружения и поражения различных воздушных целей на расстоянии до 200 км (по некоторым данным, до 1500 км), начиная с малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и заканчивая искусственными спутниками Земли (ИСЗ). Основное предназначение – защита стратегических ядерных сил Российской Федерации от воздушно-космического нападения.

В 2025 году будет развёрнуто серийное производство малогабаритного боевого лазерного комплекса «Слепыш». Такой лазер в основном предназначен для борьбы с малоразмерными БПЛА. В частности, «Слепыш» способен засвечивать видеокартинку, которую получает оператор вражеского беспилотника, что не позволяет навести его на цель. Максимальная дальность действия комплекса составляет 100 м.



Рисунок 1 – Опытный образец лазера «Слепыш»

Ранее для нужд ВС РФ были созданы антидроновые лазерные комплексы «Рать», «Задира» и «Лучезар». По мнению экспертов, это оружие – наиболее перспективное средство противодействия FPV-дронам и другим малоразмерным БПЛА.

Мобильный комплекс для борьбы с беспилотниками «Рать» оборудована «полным спектром средств обнаружения и подавления дронов» для защиты от несанкционированного вторжения беспилотников. Комплекс может применяться для защиты как стационарных, так и подвижных объектов. Мобильный комплекс обнаруживает дроны на расстоянии до 3,5 км и осуществляет направленное подавление каналов управления в радиусе до 2,5 км. Спустя три года на форуме «Армия-2023» госкорпорация представила две модификации «Рати» – с пушечным вооружением и системой лазерного уничтожения. В первом варианте используется дистанционно управляемый боевой модуль с 30-мм орудием и системой управления подрывом снарядов. Во втором исполнении «Рать» получила активную РЛС, которая способна обнаруживать беспилотники размером с птицу на расстоянии 4 км. и осуществляет направленное подавление каналов управления в радиусе до 2,5 км [8].



Рисунок 2 – Мобильный лазерный комплекс «Рать» / пресс-служба «Ростеха»

Лазерная система «Задира» буквально сжигает БпЛА. «боевой лазер инфракрасного (ИК) диапазона» обеспечил физическое уничтожение дронов, а именно, прожигал аэродинамические поверхности аппаратов или сжигал их корпуса вместе с бортовой аппаратурой [9].

6. Артиллерия

Для уничтожения БпЛА применяют артиллерию постановкой заградительного барьера на пути полёта БпЛА.

7. Инженерные подразделения.

Организуют инженерное оборудование позиций, устройство ложных позиций и макетов, маскировку объектов.

8. Подразделения РХБЗ

Применением над позициями подразделений и в ходе боевых действий штурмовыми группами черных дымов и установкой аэрозольных завесов.

Таким образом, для успешной борьбы с БпЛА противника необходимо создавать целенаправленную систему комплексного противодействия БпЛА, имеющую в своем составе подсистемы разведки, управления, активного и пассивного противодействия.

Для поиска и обнаружения малоразмерных БпЛА необходимо использовать комплекс средств, работающих на различных принципах, объединенных аппаратурой автоматизированного информационного обмена о воздушной обстановке в масштабе реального времени. Наиболее эффективными способами активного противодействия малоразмерным целям являются:

– эшелонированное применение средств РЭБ;
– применение мобильных смешанных групп;

Перспективными направлениями развития активных и пассивных способов противодействия являются:

– применение в ЗРК ближнего и малой дальности ВМГ;
– создание мобильных комплексов противодействия воздушной разведки БпЛА
– необходима дальнейшая модернизация боевых лазеров, повышение их технических и качественных характеристик, мощности лазерных систем, дальнейшее уменьшение веса и габаритов.

Список литературы:

1. Меркуленко Д. Способы борьбы с БпЛА в современных условиях // Армейский сборник. – 2024. – № 8. – С. 49–55.
2. Каинбеков Н. На невидимом поле брани умело сражаются войска // Армейский сборник. – 2024. – № 4. – С. 14–17.
3. Военно-техническая подготовка. Военно-технические основы построения средств и комплексов РЭП : учебник / А.С. Осипов [и др.]; Под научн. ред. Е.Н. Гарина. – Красноярск : Сиб. федер. унт. 2013. 344 с.
4. Сысуев С. Боевые лазеры // Армейский сборник. – 2021. – № 5. – С. 60–69.
5. Литвиненко В. Ретроспективный анализ БпЛА российского производства // Армейский . – 2023. – № 5. – С. 69–75.
6. Боровков Н. Для крылатой пехоты. Армейский сборник. – 2022. – № 2. – С. 61–65.
7. Жданова Д. директор по развитию проекта «Лазеры», сообщение в RT 2025 г.
8. Пресс-служба «Ростех». – URL : https://rostec.ru (дата обращения 24.02.2025).
9. РИА «Новости». – URL : https://ria.ru (дата обращения 24.02.2025).

УДК 629.7.05

КЛАСТЕРНАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКИПАЖА

♦♦♦♦♦

CLUSTER CREW LIFE SUPPORT SYSTEM

Кучевский С.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье предложено построение кластерной системы обеспечения жизнедеятельности экипажа воздушного судна. Рассматриваемые уровни, входящие в состав системы, обеспечивают поддержание безопасных и комфортных условий для экипажа в различных условиях полета, а также сочетают в себе гибкость, надежность и способность адаптироваться к внешним и внутренним изменениям в полете.

Ключевые слова: воздушное судно, защитное снаряжение, кластерный тип, система обеспечения жизнедеятельности, противоперегрузочные устройства, комплект кислородного оборудования.

Kuchevsky S.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article proposes the construction of a cluster system for ensuring the vital activity of the aircraft crew. The considered levels, which are part of the system, ensure the maintenance of safe and comfortable conditions for the crew in various flight conditions, as well as combine flexibility, reliability and the ability to adapt to external and internal changes in flight.

Keywords: aircraft, protective equipment, cluster type, life support system, overload protection devices, oxygen equipment set.

Современные авиационные технологии требуют высокой степени автоматизации процессов управления воздушными судами. Однако, несмотря на достижения в области автоматики, роль человека-летчика остается ключевой в обеспечении безопасности полетов. Функциональная надежность летчика – один из важнейших факторов, влияющих на успешное выполнение полетных заданий [1]. Функциональная надежность летчика включает в себя комплекс физиологических, психологических и профессиональных характеристик, обеспечивающих эффективное управление воздушным судном (ВС) в различных условиях полета. К основным аспектам относятся:

Физическое здоровье: летчик должен обладать хорошей физической формой, устойчивостью к перегрузкам и стрессовым ситуациям.

Психологическая устойчивость: способность сохранять концентрацию внимания, быстро принимать решения и справляться с эмоциональным напряжением.

Профессиональные навыки: высокий уровень подготовки, знание техники пилотирования и умение применять полученные знания на практике.

Усталость и утомляемость: важный фактор, который может существенно влиять на работоспособность и принятие решений.

Состояние здоровья во время полета: мониторинг показателей жизнедеятельности (например, пульс, артериальное давление) позволяет своевременно выявлять проблемы со здоровьем.

Для повышения уровня этой надежности применяется система обеспечения жизнедеятельности экипажа (СОЖ). Существующие и вновь разрабатываемые СОЖ включают в свой состав несколько отдельных систем, основными из них являются: система кондиционирования воздуха в кабине ВС и, входящая в ее состав, система автоматического регулирования давления воздуха (САРД); противоперегрузочные устройства (ППУ), комплект кислородного оборудования (ККО) [2]. Они работают как в составе целой системы, так и являются относительно самостоятельными системами – кластерами, а их интеграция с информационно-управляющими системами позволяет отслеживать состояние пилота в режиме реального времени и оперативно реагировать на возможные отклонения от нормы [3, 4]. Исходя из вышесказанного, становиться необходимым рассматривать СОЖ как кластерную автоматизированную систему.

Кластерная автоматизированная система обеспечения жизнедеятельности экипажа – это комплекс взаимосвязанных технических и программных средств, предназначенных для сбора, обработки, анализа и визуализации информации о факторах, влияющих на функциональную надежность летчика, а также их объединение для по-

вышения надежности и эффективности контроля и управления системами воздушного судна (авиационного комплекса).

Основная цель таких систем – повышение эффективности управления рисками в авиации за счет своевременного выявления потенциальных угроз и предотвращения авиационных происшествий, в том числе предоставления экипажу необходимой информации для принятия решений.

Ключевым принципом является распределение функций между несколькими вычислительными узлами (кластерами), что позволяет системе продолжать работу даже при выходе из строя одного или нескольких элементов [4]. Так как все компоненты системы защиты являются относительно самостоятельными – кластерами, то такая архитектура обеспечивает отказоустойчивость, масштабируемость и повышенную производительность. Это особенно важно для обработки больших объемов информации, поступающих от различных источников, таких как система кондиционирования воздуха (и входящую в нее систему автоматического регулирования давления воздуха), противоперегрузочные устройства, комплекта кислородного оборудования, параметры полеты и внешней среды, системы мониторинга функциональной надежности летчика [5]. Функциональность кластерной системы включает в себя мониторинг состояния всех вышеперечисленных систем.

На основе этой информации система выявляет отклонения от стандартных процедур, прогнозирует возможные опасные ситуации, выдает предупреждения летчикам и диспетчерам, в случае необходимости автоматически корректирует параметры полета для предотвращения инцидентов.

Важным аспектом построения кластерных систем является их способность к интеграции с другими информационными системами ВС. Это позволяет создать единую информационную среду, обеспечивающую полную и актуальную картину происходящего с воздушным судном и летчиком в полете, что не маловажно при выполнении долгих высотных или высокоманевренных полетов.

На рисунке 1 представлена схема построения кластерной системы обеспечения жизнедеятельности экипажа.



Рисунок 1 – Кластерная система обеспечения жизнедеятельности

Система включает следующие уровни:

1. Сенсорный уровень – включает датчики контроля параметров ФС экипажа (температура, частота дыхания, частота пульса, давление, уровень сатурации крови), параметры полета (высота, скорость, давление атмосферное, давление в кабине, перегрузка), датчики контроля работы элементов, входящих в СОЖ и ЗС, датчики контроля работы систем ВС.

2. Уровень сбора данных – включает локальные контроллеры в каждом кластере, обрабатывающие информацию от датчиков.

3. Центр принятия решений – главный сервер (реализован на борту ВС в виде БЦВМ с соответствующим программным обеспечением), координирующий кластеры и синхронизирующий их работу. Осуществляет анализ и оценку рисков, прогнозирование изменения измеряемых параметров полета, внешней среды, ФС летчика и кабинного пространства.

4.Исполнительные устройства – включают в себя регуляторы давления в кабине, автоматы давления ППУ, регуляторы в ККО, голосовая поддержка. В случае необходимости переход управления ВС в автоматический режим и снижение на безопасную высоту, либо переход на ручное управление, в случае сбоя.

5. Обратная связь и оптимизация – включает мониторинг эффективности изменений (стабилизация ФС летчика).

Одним из немаловажных аспектов построения такой системы является получение справочных данных (создания базы данных):

1. Индивидуальное функциональное состояние и надежность летчика (переносимость перегрузок, влияние на ФС перепадов давления, уровень допустимого кислородного голодания).

2. Технические данные и функциональные возможности защитного снаряжения, применяемого на борту ВС в полете (ГК с САРД, ККО, ППУ).

3. Тактико-технические характеристики ВС и параметры полетного задания.

4. Возможность перераспределения ресурсов в случае отказа одного из компонентов системы защиты.

5. Безопасность и надежность включает в себя резервирование системы, каждый кластер дублирует ключевые функции соседних модулей. При отказе одного кластера его задачи перераспределяются. Обеспечивает кибербезопасность путем шифрования данных, защиты каналов связи от помех и хакерских атак (если актуально) или изоляция критических систем от внешних сетей (автономная работа).

6. Отказоустойчивость реализуется автоматическим переходом на резервные системы при сбоях, а также включает режимы «аварийного минимума» для сохранения базовых функций.

7. Интеграция с бортовыми системами обеспечивает взаимодействие с навигацией и управлением полетом: учет данных о высоте, скорости, внешних условиях для корректировки работы систем жизнеобеспечения; синхронизация с топливной системой обеспечивает оптимизацию энергопотребления в зависимости от запасов топлива; связь с наземными службами обеспечивает передачу данных о состоянии экипажа и систем в реальном времени.

8. Моделирование сценариев включает как штатные режимы, так и критические режимы работы: аварии (разгерметизация, отказ кластера), сверхманеврирование, длительный высотный полет. В процессе моделирования осуществляется проверка времени реакции системы и экипажа.

Использование кластерной архитектуры позволяет обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени, что критически важно для обеспечения безопасности полетов в условиях высокой интенсивности маневренного полета.

Внедрение кластерных автоматизированных систем позволяет значительно повысить уровень безопасности полетов и оптимизировать работу системы обеспечения жизнедеятельности экипажа.

Одним из ключевых преимуществ кластерных систем является возможность применения методов машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа больших данных. Это позволяет выявлять скрытые закономерности и прогнозировать возникновение опасных ситуаций с высокой точностью.

Таким образом, кластерные системы будут играть все более важную роль в обеспечении безопасности полетов, поскольку они позволяют оперативно реагировать на возникающие угрозы и предотвращать авиационные происшествия. Развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта позволяет повысить эффективность таких систем, тем самым повысить безопасность полетов.

Список литературы:

1. Методика определения потенциальной ненадежности действий и резервного времени сохранения работоспособности летчика в высотном полете / Ю.А. Кукушкин [и др.] // Проблемы безопасности полетов. – 2002. – № 11. – С. 32.
2. Илюшин Ю.С. Системы обеспечения жизнедеятельности и спасения экипажей летательных аппаратов. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985. – 24 с. – С. 123–140.
3. Слесаренок С.В. Предложения по построению информационно-измерительной системы обеспечения жизнедеятельности экипажа / С.В. Слесаренок, С.В. Кучевский, А.Ю. Хромин // Межвузовский сборник научных трудов. – Вып. № 26. – Краснодар : КВВАУЛ, 2022. С. 40–43.
4. Кучевский С.В. Оптимизация работы системы обеспечения жизнедеятельности экипажа распределенного типа / С.В. Кучевский, А.Ю. Хромин // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2023: сборник трудов XVI Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов, посвященной празднованию 100-летия отечественной гражданской авиации, 7–8 декабря 2023 г. – Иркутск : Иркутский филиал МГТУ ГА, 2024. – Т. 1. – С. 114–120.
5. Кучевский С.В. Состояние и перспективы развития системы обеспечения жизнедеятельности экипажа боевого воздушного судна / С.В. Кучевский, М.В. Дворников, А.А. Писарев; Под ред. В.Н. Букова // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки : монография. – Воронеж : «Научная книга», 2020. – С. 270–287.

УДК 629.7.02

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ КРЫЛА

♦♦♦♦♦

ENERGY MEANS OF WING MECHANIZATION

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

Аннотация. В статье анализируются энергетические средства механизации крыла для улучшения взлетно-посадочных свойств самолета. Рассмотрены системы со сдувом и отсосом пограничного слоя, отмечены их достоинства и недостатки. Приведены сведения по эффективности различных способов увеличения коэффициента подъемной силы на режимах взлета и посадки.

Ключевые слова: пограничный слой, управление пограничным слоем, коэффициент количества движения струи, циркуляция, суперциркуляция, сдув с закрылка, реактивный закрылок.

Savchenko M.M.
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article analyzes the energy means of wing mechanization to improve the take-off and landing properties of the aircraft. Systems with boundary layer injection and suction are considered, their advantages and disadvantages are noted. Information is provided on the effectiveness of various ways to increase the lift coefficient in takeoff and landing modes.

Keywords: boundary layer, boundary layer control, jet motion coefficient, circulation, supercirculation, flap deflation, jet flap.

Одним из эффективных методов уменьшения взлетно-посадочных скоростей самолетов является увеличение несущей способности крыла $c_{ya}S$, для чего могут использоваться две группы средств механизации: аэродинамические и энергетические. Различие между ними заключается в основном в степени воздействия на пограничный слой для уменьшения интенсивности его отрыва [1]. К энергетическим средствам механизации относятся устройства, которые производят активное воздействие на пограничный слой при помощи подводимой к нему энергии воздушных или газовых потоков. Эти устройства получили общее название систем управления пограничным слоем (УПС).

Идея УПС известна давно и заключается в сообщении пограничному слою дополнительной кинетической энергии за счет специальных источников энергии. В 1904 г. Л. Прандтль экспериментально показал эффективность отсоса пограничного слоя на течение жидкости в трубах, а в 1926 г. Б.Н. Юрьев предложил крыло с подвижной поверхностью. Особенно активно эксперименты со сдувом и отсосом пограничного слоя на крыле проводились после второй мировой войны. Однако до появления турбореактивных двигателей (ТРД) создание системы УПС на самолетах оставалось проблематичным, поскольку для этого требовались дополнительные насосы или компрессоры со сложным приводом от основных или специальных двигателей, тяжелые каналы и другие устройства. Большой вес собственно поршневых двигателей не допускал дополнительных утяжелений конструкции, а спутная струя от воздушных винтов отрицательно влияла на работу системы. Условия для практического применения системы УПС на самолете возникли в середине 40-х годов XX века с появлением ТРД – двигателей небольшого удельного веса, позволяющих к тому же получать сжатый воздух непосредственно от компрессора двигателя. Новые перспективы перед системами УПС открылись с появлением двухконтурных реактивных двигателей (ТРДД) с большим коэффициентом двухконтурности, позволяющих отбирать от компрессоров двигателей очень большое количество сжатого воздуха.

Чаще всего разные варианты систем УПС применяются в комбинации с обычной аэродинамической механизацией. При этом УПС на носке крыла действует подобно предкрылку и делает его ненужным, а УПС перед закрылком усиливает его эффект и позволяет упростить схему закрылка. Возможны системы со сдувом и отсосом пограничного слоя. Первые получили наибольшее распространение потому, что они проще

систем с отсосом, хотя последние считаются более экономичными. Кроме того, система со сдувом обладает еще одной существенной особенностью. Отсос пограничного слоя удаляет замедленный пограничный слой и восстанавливает тем самым количество его движения, которое не может превысить количество движения невозмущенного потока, а $c_{ya\,\max}$ не может превзойти значение, определяемое теорией потенциального обтекания. Сдув пограничного слоя сообщает пограничному слою количество движения, превышающее значение, определяемое теорией потенциального обтекания, и как бы увеличивает циркуляцию вокруг профиля (явление сверх- или суперциркуляции). При этом величина $c_{ya\,\max}$ может превысить «нормальные» значения и даже быть больше, чем при отсосе [4].

Отсос может осуществляться через щели, перфорированную или пористую обшивку верхней поверхности крыла. Отсос, распределенный по поверхности, более экономичен, чем дискретный (щелевой), и применяется чаще. Сдув или отсос пограничного слоя (рисунок 1) через щели (или перфорацию) 1 в обшивке интенсифицирует течение в пограничном слое и позволяет сохранить ламинарное течение на значительной части поверхности крыла, что позволяет существенно снизить сопротивление трения, затянуть срыв потока на большие углы атаки, повысить аэродинамическое качество несущей поверхности.

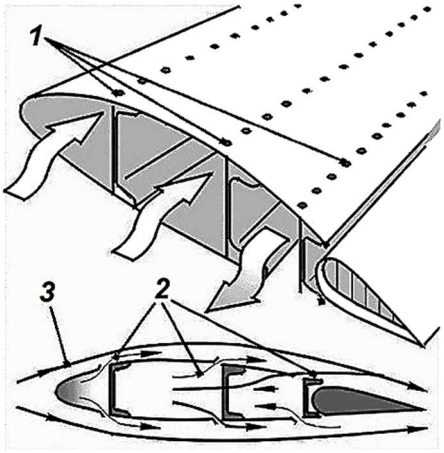


Рисунок 1 – Управление пограничным слоем

Соответствующим выбором положения щелей на поверхности и количества выдуваемого (или отсасываемого) воздуха можно обеспечить такое взаимодействие газовых струй 2 с основным потоком 3, которое приведет к образованию суперциркуляции (дополнительной циркуляции потока), сущность которой состоит в дополнительном разгоне (или торможении) потока и, соответственно, уменьшении (или увеличении) давления на отдельных участках несущей поверхности с целью получения приращения подъемной силы [2].

Конструкциям систем УПС с отсосом присущи следующие общие недостатки:

– сложность изготовления обшивки, приводящая к увеличению массы крыла;

– необходимость установки специальных компрессоров с приводом от основных или специальных двигателей самолета;

– требования высокой герметичности трубопроводов системы для обеспечения достаточного запаса по разрежению из-за пульсации давлений на поверхности обшивки, что увеличивает массу трубопроводов;

– опасность засорения и обледенения щелей и отверстий в обшивке, а также засасывания в систему воды.

Более простой в конструктивном отношении является система сдува пограничного слоя с крыла (рисунок 2, а) или закрылка (рисунок 2, б).

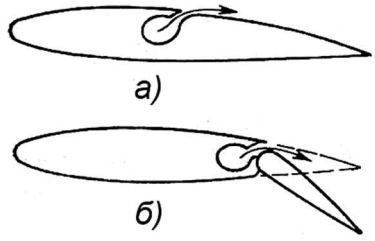


Рисунок 2 – Сдув пограничного слоя

Эффект сдува зависит не только от расхода воздуха, но и от его скорости. Поэтому интенсивность сдува оценивается коэффициентом количества движения струи сдува:

$$c_\mu = \frac{mW_c}{qS},$$

где m – массовый секундный расход воздуха; W_c – скорость струи на срезе сопла; q – скоростной напор.

На рисунке 3 показана зависимость прироста коэффициента подъемной силы Δc_{ya} от коэффициента импульса c_μ и угла отклонения закрылка $\delta_з$.

Кривые $\Delta c_{ya} = f(c_\mu)$ имеют характерный излом, за которым интенсивность приращения Δc_{ya} резко уменьшается. Точка излома определяет величину коэффициента импульса $c_{\mu A}$, при которой обеспечивается безотрывное обтекание профиля. Дальнейшее увеличение Δc_{ya} происходит за счет изменения циркуляции [3].

Широкое внедрение систем УПС на современных самолетах требует решения ряда сложных проблем. К ним относятся: создание соответствующих силовых установок, развитие теории расчета пограничного слоя, проблема надежности и безопасности при полетах на малых скоростях, проблема веса и др.

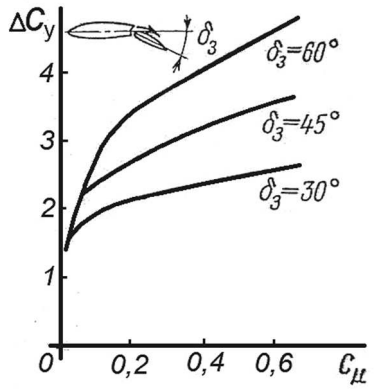


Рисунок 3 – Зависимость Δc_{ya} при УПС от коэффициента импульса c_μ и угла отклонения закрылка $\delta_з$

Самолет с системой УПС должен иметь двигатели, позволяющие без существенных потерь тяги (не более 3–5 %) отбирать необходимое количество сжатого воздуха от компрессоров. Кроме того, необходимо обеспечить устойчивую работу входных устройств ТРД на больших углах атаки. При посадке самолета с УПС необходимо разрешить противоречие между необходимостью, с одной стороны, уменьшать тягу двигателей по траектории планирования для уменьшения скорости, а, с другой стороны, увеличивать ее для обеспечения работы системы УПС. При установке на самолете нескольких ТРД коллекторы отбора воздуха должны быть соединены между собой, чтобы

получить одинаковые характеристики системы на обоих консолях крыла и обеспечить ее работоспособность при отказе любого двигателя. Должна быть обеспечена безопасность также при отказе всей системы УПС.

Для самолетов с УПС характерны трудности в пилотировании на малых скоростях в сильно скошенном потоке и в непосредственной близости от земли, существенно влияющей на работу системы. Полет в этих условиях характеризуется нарушением всех видов устойчивости и управляемости. Поэтому, как правило, требуется автоматизация управления самолетом на этих режимах и применение различных специальных устройств для повышения продольной устойчивости и управляемости.

Расчеты показывают, что применение системы УПС на самолете увеличивает массу пустого самолета примерно на 2–4 %, если применяется отсос, и на 1–2 %, если применяется сдув, что является весьма значительным.

Если на кормовой кромке крыла обеспечить достаточно мощный сдув поверх закрылка, то $c_{ya\,\max}$ крыла может достигать значения 7–7,5 и даже более. Еще больший эффект ожидается от применения так называемых реактивных закрылков. В этих устройствах струя газов, отбираемых от основных или дополнительных двигателей, выдувается через узкую щель (рисунок 4), расположенную снизу крыла вблизи от задней кромки под некоторым углом θ к направлению движения самолета.

При этом газовая струя работает частично как механический закрылок, оказывая благоприятное влияние на весь поток, обтекающий крыло, и создает реактивную силу $R_{\text{с}} = mV_{\text{с}}$, вертикальная составляющая которой $R_y = mV_{\text{с}}sin\theta$ увеличивает подъемную силу крыла, а горизонтальная составляющая может даже компенсировать потерю тяги двигателя, вызванную отбором воздуха от компрессора.

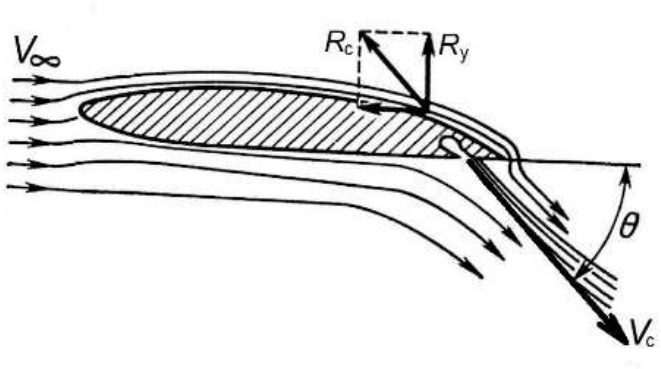


Рисунок 4 – Схема реактивного закрылка

В таблице 1 приведены сравнительные данные об эффективности различных средств механизации и систем УПС [4].

Таблица 1 – Примерная эффективность способов увеличения $c_{ya\,\max}$

Тип механизации	$c_{ya\,\text{взл}}$ ($c_{ya\,\text{взл}} < c_{ya\,\max}$)
Отклоняемый носок	1,2–1,4
Предкрылок	1,5–1,6
Закрылок	1,7–1,8
Щелевой закрылок	2,0
Двухщелевой закрылок	2,6
Отклонение спутной струи	3 + 0,8c_μ (4,5)
Сдув пограничного слоя (потеря тяги не более 5 %)	3 + 30c_μ (5,0)
Струйный закрылок (затрата тяги не более 30 %)	5 + 1,5c_μ (6,5)
Реактивный закрылок (затрата тяги не более 30 %)	5 + 2,5c_μ (7,5)

Таким образом, из таблицы видно, что на современном этапе более перспективными представляются энергетические методы обеспечения взлетно-посадочных характеристик самолета.

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. Егер С.М. Основы авиационной техники : учебник / С.М. Егер, А.М. Матвеенко, И.А. Шаталов. – М. : Машиностроение, 2003. – 720 с.
3. Проектирование самолетов : учебник / А.А. Бадягин [и др.]. – 2-е изд., перер. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 516 с.
4. Шейнин В.М. Проблемы проектирования пассажирских самолетов / В.М. Шейнин, В.И. Козловский. – М. : Машиностроение, 1972. – 308 с.

УДК 623.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БРИЗАНТНОСТИ И ФУГАСНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ

♦♦♦♦♦

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF BRISANCE AND HIGH EXPLOSIVE PROPERTIES

Ярмыш В.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
vayarmysh@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу экспериментального определения специальных характеристик взрывчатых веществ – бризантности и фугасности. Бризантность и фугасность являются основными специальными характеристиками взрывчатых веществ, на основании которых проводится их сравнительная оценка и выбор для поражения конкретных целей.

Ключевые слова: взрывчатые вещества, специальные характеристики взрывчатых веществ, бризантность, фугасность, работоспособность взрывчатых веществ.

Yarmysh V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
vayarmysh@mail.ru

Abstract. This article is devoted to the experimental determination of the special characteristics of explosives – brisance and high explosive. Brisance and high explosive are the main special characteristics of explosives, on the basis of which their comparative assessment and selection for hitting specific targets are carried out.

Keywords: explosives, special characteristics of explosives, brisance, high explosive, operability of explosives.

В настоящее время известно огромное число химических веществ, способных к реакциям взрывчатого разложения. Они существенно отличаются друг от друга по составу, физико-химическим и взрывчатым свойствам, способности к возбуждению в них взрывной реакции и особенностям её самораспространения. Учитывая это, все взрывчатые вещества (ВВ) принято подразделять на группы по различным признакам.

Наиболее распространенными классификациями ВВ являются классификации по составу и назначению.

По составу все ВВ подразделяются на взрывчатые химические соединения (однородные ВВ) и взрывчатые смеси (неоднородные или многокомпонентные ВВ).

По назначению все ВВ разделяются на четыре группы: инициирующие ВВ, бризантные ВВ, метательные ВВ (пороха и твердые ракетные топлива) и пиротехнические составы.

Инициирующие ВВ применяются в различных инициирующих устройствах (капсюлях-воспламенителях, капсюлях-детонаторах и др.) и предназначены для возбуждения взрывчатого превращения других ВВ.

Бризантные ВВ применяются в качестве разрывных зарядов в боеприпасах и подрывных средствах. По сравнению с инициирующими ВВ они обладают большим запасом энергии, отличаются меньшей восприимчивостью к внешним воздействиям и большим периодом нарастания скорости разложения до максимального значения.

Основным видом реакции химического разложения инициирующих и бризантных ВВ является детонация.

Метательные ВВ (пороха и твердые ракетные топлива) применяются главным образом для метания снарядов в огнестрельном оружии и создания реактивной силы в ракетах. Характерным видом реакции химического разложения этих ВВ является горение.

Пиротехнические составы предназначены для создания звуковых, световых, дымовых, тепловых, лучевых и других эффектов и применяются для снаряжения боеприпасов как основного, так и вспомогательного назначения. Как правило, пиротехнические составы представляют собой смеси неорганических окислителей с органическими или металлическими горючими веществами, а также специальными добавками, создающими нужный эффект. Основным видом реакции взрывчатого превращения пиротехнических составов является горение [3, с. 12].

Свойства ВВ определяются совокупностью числовых значений их общефизических и специальных характеристик.

К общефизическим характеристикам можно отнести плотность ВВ, удельную теплоемкость, коэффициент теплопроводности, модуль упругости, допустимые напряжения при сжатии и растяжении, коэффициент вязкости (для жидких и газообразных ВВ) и др. Эти характеристики определяют вполне конкретные физические свойства любого вещества и обычно приводятся в справочниках.

Специальные характеристики ВВ определяют их взрывчатые свойства. К ним относятся: чувствительность, стойкость, удельная энергия ВВ, скорость детонации, температура взрыва (горения), объем и состав газообразных продуктов взрыва, сила ВВ, а также фугасность и бризантность взрывчатых веществ [4, с. 17].

Газообразные продукты взрыва (ГПВ) играют роль рабочего тела, т.е. выделяющаяся при взрыве энергия реализуется в работу на разрушение за счет расширения ГПВ. Кроме того, знание состава ГПВ позволяет сделать рекомендации по возможности практического применения ВВ и определить некоторые их термодинамические характеристики (показатель адиабаты, газовую постоянную и др.). Естественно, что взрывчатые вещества, при реакции разложения которых образуются агрессивные составляющие ГПВ по отношению к окружающему их материалу или ядовитые для людей, животных и растений, применять на практике не рекомендуется.

Объем и состав ГПВ существенно изменяются даже для одного и того же ВВ, что объясняется существенным влиянием начальных условий и способа возбуждения взрыва, которые определяют вид реакции взрывчатого превращения.

Основными составляющими ГПВ, широко применяемых на практике ВВ, являются углекислый и угарный газы, пары воды, водород, азот, углерод (в виде сажи) и др. Удельный объем ГПВ этих ВВ равен 700–900 л/кг.

Разрушающее действие взрыва обусловлено работой, которую совершают газообразные продукты взрыва при своем расширении. Различают две основные формы внешней работы взрыва – бризантное и фугасное действие.

Бризантностью называется способность ВВ к местному разрушающему действию, которое является результатом резкого удара продуктов взрыва по окружающим заряд ВВ предметам. Бризантное действие проявляется лишь на близких расстояниях от места взрыва, где давление и плотность энергии продуктов взрыва еще достаточно велики. За счет бризантного действия происходит измельчение, пробивание или дробление среды, соприкасающейся с зарядом ВВ. Чаще всего бризантность определяется экспериментально.

Фугасностью называется способность ВВ к разрушающему действию за счет расширения продуктов взрыва до сравнительно невысоких давлений и прохождения по среде ударной волны. Фугасное действие проявляется в форме раскалывания и отбрасывания среды, в которой происходит взрыв. Очень часто фугасность называют работоспособностью взрывчатого вещества – полная удельная (на один килограмм взрывчатого вещества) работа взрыва.

Как отмечалось выше, бризантность взрывчатого вещества – это его способность к местному разрушительному действию, при котором нагружение среды осуществляется именно продуктами детонации. С удалением от места взрыва механическая эффективность резко снижается вследствие падения давления, скорости и других параметров продуктов взрыва. Проявление бризантности – это осколочное действие боеприпасов, эффекты кумуляции, бронепробивное действие продуктов детонации и другие виды местных разрушений [2].

Бризантность является одной из важных характеристик взрывчатого вещества, на основании которой проводится их сравнительная оценка и выбор для конкретных целей (боеприпасы, кумулятивные заряды, взрывчатые вещества для резки и обработки металлов взрывом и т.д.). Бризантные свойства взрывчатого вещества не определяются полностью теми же параметрами, что и фугасность данного взрывчатого вещества. В частности, фугасность взрывчатого вещества возрастает с увеличением удельной теплоты взрывчатого превращения $Q_в$, удельным объемом V_0 и теплоемкостью c_v газообразных продуктов взрыва.

Для оценки бризантности определяющими факторами являются другие параметры – скорость детонации D и давление детонации p. Изменение плотности заряда слабо влияет на фугасность, но зато оказывает сильное влияние на его бризантность. Это связано с тем, что скорость и давление детонации резко возрастают с увеличением начальной плотности взрывчатого вещества.

Экспериментальное определение бризантности

При экспериментальном определении бризантности взрывчатого вещества используются различные методы. Рассмотрим наиболее распространенные методы – обжатие свинцовых столбиков и обжатие медных крешеров.

1. Метод обжатия свинцовых столбиков (метод Гесса) является наиболее распространенным и простым методом испытания взрывчатых веществ на бризантность (рисунок 1).

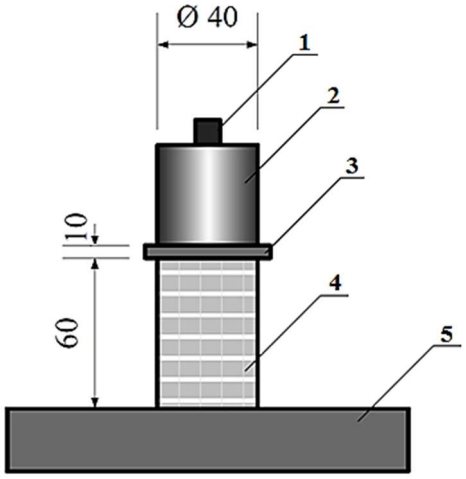


Рисунок 1 – Метод обжатия свинцовых столбиков:
1 – детонатор; 2 – заряд взрывчатого вещества; 3 – стальная пластина;
4 – свинцовый столбик; 5 – стальная плита

Для испытаний применяется свинцовый столбик (4) диаметром 40 мм и высотой 60 мм, который вертикально установлен на массивной стальной плите (5). На столбик помещают стальную пластину диаметром 41 мм и высотой 10 мм, на которой установлен заряд взрывчатого вещества диаметром 40 мм, массой 50 г в бумажной оболочке. Заряд снабжен капсюлем-детонатором (1). При взрыве вещества столбик деформируется. Мерой бризантности является величина

$$\alpha = \frac{\Delta h}{h_k} = \frac{\Delta h}{(h_0 - \Delta h)}.$$

где $\Delta h = h_0 - h_к$ – величина обжатия; h_0, $h_к$ – начальная и конечная высота столбика.

Функция α учитывает увеличение сопротивления столбика по мере его обжатия. В таблице 1 приведены величины Δh и α, характеризующие бризантность, для некоторых взрывчатых веществ.

Таблица 1 – Значения бризантности для различных ВВ при плотности 1 г/см^3

Взрывчатые вещества	Аммонит 6ЖВ	Тротил	Детонит М	Аммонит скальный
Δh, мм	14	16	17	18
α	0,305	0,364	0,396	0,430

С увеличением плотности заряда (при той же массе), величина Δh линейно возрастает. Величина обжатия столбика зависит от скорости детонации для данного вещества, которая возрастает с измельчением компонентов и увеличением их гомогенности.

2. Метод обжатия медных крешеров (метод Каста) приведён на рисунке 2.

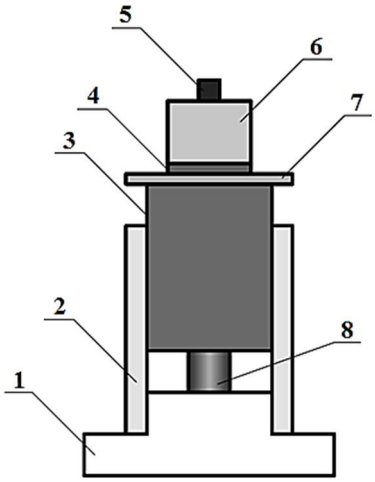


Рисунок 2 – Метод обжатия медных крешеров:
1 – стальное основание; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – свинцовый диск; 5 – детонатор;
6 – заряд взрывчатого вещества; 7 – стальная накладка; 8 – крешер

На стальное основание (1) установлен стальной цилиндр (2) со стальным поршнем (3) массой 680 г. На поршне имеется стальная накладка (7) толщиной 20 мм и массой 320 г, покрытая для защиты от непосредственного действия продуктов взрыва свинцовым диском (4) толщиной 4 мм. Заряд взрывчатого вещества (6) диаметром 20 мм и высотой 70 мм снабжен капсюлем-детонатором (5). Под поршнем установлен медный крешер (8) диаметром 7 мм и высотой 10,5 мм.

При подрыве заряда поршень получает динамический удар и обжимает крешер. При этом его высота уменьшается на величину $\Delta h = h_0 - h_к$. Величина обжатия Δh служит мерой бризантности исследуемого взрывчатого вещества. Результаты испытаний для некоторых веществ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования бризантности методом обжатия медных крешеров

Взрывчатые вещества	Пироксилин	Тротил	Динамит	Нитроглицерин
Δh, мм	3,0	3,6	3,9	4,6

Сравнение результатов метода обжатия свинцовых столбиков и метода обжатия медных крешеров показали их идентичность (разброс результатов не превышает 2–4 %) [1, с. 110].

Экспериментальные методы определения фугасности ВВ

Для экспериментальной оценки фугасности (работоспособности) взрывчатого вещества на практике используют следующие методы:

– метод свинцовой бомбы;
– метод баллистического маятника;
– метод баллистической мортиры;
– определение объема воронки выброса грунта;
– измерение параметров воздушных ударных воли.

Рассмотрим некоторые основные методы определения фугасности ВВ.

1. Метод свинцовой бомбы наиболее широко применяется для определения относительной работоспособности взрывчатого вещества. Бомба изготавливается по Международному стандарту.

Стандартная бомба (бомба Трауцля) соответствует ГОСТ 4546-81 и представляет собой массивный свинцовый цилиндр с несквозным осевым каналом (рисунок 3).

Бомба отливается из рафинированного свинца при Т = (390–400) °С. На дно канала помещается заряд исследуемого взрывчатого вещества массой 10 г в бумажной гильзе. Свободная часть канала засыпается сухим кварцевым песком (рисунок 3, а). Заряд взрывчатого вещества инициируется электродетонатором. После взрыва в бомбе образуется характерное вздутие (рисунок 3, б).

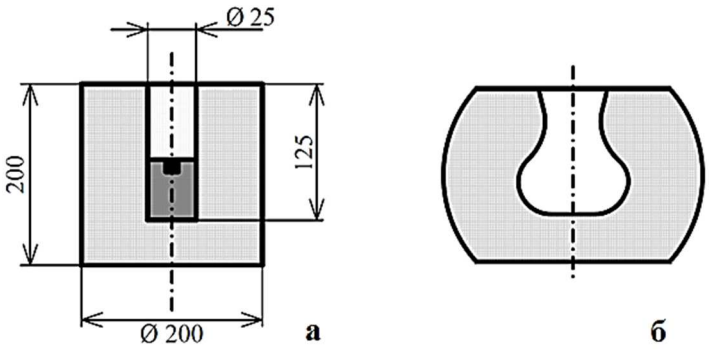


Рисунок 3 – Метод свинцовой бомбы:
а – до испытания; б – после испытания

Расширение бомбы ΔV (см^3), за вычетом начального объема канала и расширения, производимого детонатором (30 см^3), является мерой относительной работоспособности взрывчатого вещества.

Испытания проводят в стандартных условиях (Т = + 10 °С), используя одинаковые песок и детонатор. При градуировке бомбы в качестве эталонного взрывчатого вещества может служить дважды перекристаллизованный из спирта тротил. В таблице 3 приведены некоторые данные по работоспособности ВВ, полученные методом свинцовой бомбы.

Таблица 3 – Работоспособность некоторых ВВ, полученных методом свинцовой бомбы

Взрывчатые вещества	Тротил	Аммонит 6ЖВ	Аммонал скальный	Гексоген
ΔV, см^3	285–310	360–390	460–480	475–495

Расхождение между параллельными испытаниями в соответствии с ГОСТ 4546-81 не должно превышать 10 см^3, однако на практике они достигают 30 см^3 и более. Одним из недостатков метода является то, что работоспособность взрывчатого вещества выражается в некоторых условных единицах приращения объема. Кроме того, по величине ΔV нельзя количественно сравнивать взрывчатые вещества, а можно лишь расположить их в некоторый относительный ряд. Это связанно с тем, что величина ΔV связана с истиной работоспособностью взрывчатых веществ нелинейной зависимостью.

2. Метод баллистического маятника.

Основой маятника является груз, подвешенный на жестких тягах к неподвижной опоре. При воздействии на маятник продуктов взрыва или ударной волны, он получает некоторый импульс силы и отклоняется на соответствующий угол φ (рисунок 4).

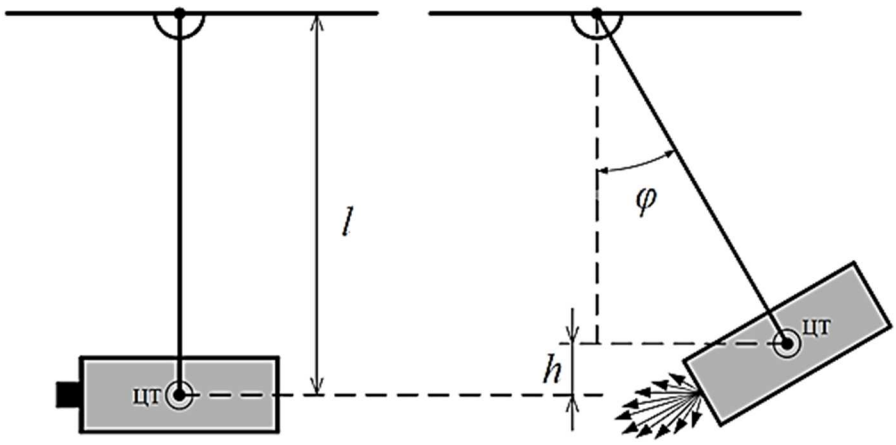


Рисунок 4 – Схема баллистического маятника

При подрыве заряда исследуемого взрывчатого вещества, размещенного на торце маятника, центр тяжести маятника поднимается на высоту h (рисунок 4). Таким образом, работа взрыва $A_в$ затрачивается на подъем центра тяжести маятника и может быть рассчитана с помощью выражения

$$A_в = mgh = mgl\,(1 - \cos\varphi),$$

где m – масса маятника; l – длина подвеса маятника; h – высота подъема центра тяжести маятника; g – ускорение свободного падения.

По известным значениям m, l и измеренному углу отклонения Δφ можно рассчитать величину $A_в$. При испытаниях обычно определяют массу заряда исследуемого взрывчатого вещества, который дает отклонение маятника, равное отклонению при взрыве стандартного взрывчатого вещества массой 200 г. Обычно в качестве эталонного вещества используется тротил. При этом определяется тротиловый эквивалент исследуемого взрывчатого вещества.

Достоинство метода заключается в возможности проводить испытания крупных зарядов массой более 200 г.

3. Оценка работоспособности взрывчатых веществ по воронке выброса.

При взрыве сосредоточенного заряда взрывчатого вещества, расположенного в грунте на некоторой глубине, образуется воронка конической формы радиусом R и глубиной h (рисунок 5).

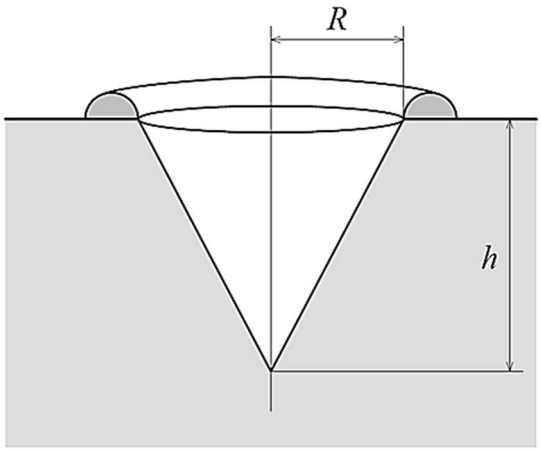


Рисунок 5 – Метод оценки работоспособности ВВ по воронке выброса

Как показали результаты многочисленных экспериментов, объем образовавшейся воронки V пропорционален работоспособности заряда взрывчатого вещества:

$$A_в \sim V = \frac{1}{3}R^2 h.$$

На этом принципе основан метод оценки относительной работоспособности взрывчатого вещества. В песчаном грунте на фиксированной для данной серии опытов глубине, зависящей от потенциальной энергии взрыва, подрывают заряды исследуемого и эталонного взрывчатых веществ. При этом заряд исследуемого взрывчатого вещества имеет фиксированную массу М, а масса эталонного заряда МЭ варьируется до тех пор, пока объем воронки, образуемой при взрыве эталонного и исследуемого зарядов, не будет одинаковым. Относительная работоспособность определяется по формуле:

$$\overline{A}_в = \frac{M_Э}{M},$$

где МЭ – масса эквивалентного заряда, то есть масса заряда эталонного взрывчатого вещества, при взрыве которого совершается та же работа, что и при взрыве заря-

да исследуемого взрывчатого вещества массой М. В качестве эталонного вещества обычно используется аммонит 6ЖВ [1, с. 105].

Следует отметить, что по отдельности бризантные или фугасные формы работы взрыва на практике встречаются редко. В большинстве случаев работа взрыва носит комбинированный характер – фугасно-бризантный. При этом реальное время совершения работы взрыва, то есть время отбора энергии от продуктов взрыва, при комбинированном воздействии, больше, чем при его бризантном действии (10^{-6} – 10^{-5} с), но меньше, чем при фугасном действии взрыва (10^{-4} – 10^{-3} с).

Величина бризантности определяет, насколько быстро образуются при взрыве газы. Чем выше бризантность того или иного ВВ, тем более оно предрасположено для снаряжения авиабомб, снарядов, мин. Такое ВВ при взрыве с большим эффектом раздробит корпус боеприпаса, придаст осколкам наибольшую скорость, создаст более сильную кумулятивную струю и ударную волну.

Характеристика фугасности (работоспособности ВВ) определяется количеством, образующихся при взрыве газов, способностью разрушить и выбросить из области взрыва, окружающие материалы (грунт, бетон, кирпич и т.п.). Чем больше образуется газообразных продуктов взрыва, тем большую работу способно выполнить данное ВВ.

Таким образом, для различных целей подходят различные взрывчатые вещества. Например, для взрывных работ в грунте (в шахте, при устройстве котлованов, разрушении ледяных заторов и т.п.) больше подойдет взрывчатое вещество, обладающее наибольшей фугасностью, а бризантность подойдет любая. И наоборот, для снаряжения снарядов в первую очередь важна высокая бризантность ВВ и уже во вторую – фугасность.

Список литературы:

1. Архипов В.А. Горение и взрывы. Опасность и анализ последствий : учеб. пособие / В.А. Архипов, Е.С. Синогина. – Томск : Издательство Томского государственного педагогического университета, 2008. – 156 с.
2. Инженерная подготовка. Взрывчатые вещества. – URL : https://zakon-grif.ru/svat/arming/articles/view/121.htm (дата обращения 17.03.2025).
3. Миропольский Ф.П. Авиационные средства поражения. – М. : Военное издательство, 1995. – 255 с.
4. Ярмыш В.А. Неуправляемые авиационные средства поражения : учеб. пособие. – Краснодар : МО РФ КВВАУЛ, 2020. – 306 с.

УДК 355

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА» В ВОПРОСАХ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

♦♦♦♦♦

PROBLEMS OF STUDYING THE «HUMAN FACTOR» IN FLIGT SAFETY ISSUES

Ракло А.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кругликов А.Е.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сизов А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Raklo A.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kruglikov A.E.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Sizov A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается необходимость более пристального изучения понятия «человеческий фактор», как одного их основополагающих причин авиационных событий в государственной безопасности.

Ключевые слова: человеческий фактор, безопасность полетов, авиационное происшествие, опасный фактор.

Abstract. In the article, considers the need for a closer study of the concept of the «human factor» as one of the underlying causes of these events in state security.

Keywords: human factor, flight safety, aviation accident, dangerous factor.

Понятие «человеческий фактор» (ЧФ) часто и в прессе и в официальных документах используется при анализе ошибочных действий и причин авиационных происшествий и инцидентов. Зачастую недисциплинированность, ошибки в технике пилотирования и элементарную плохую подготовку объясняют ЧФ. Это далеко не полное использование этого понятия в авиационной деятельности. Оно активно используется уже при проектировании авиационных систем. В гражданской авиации, и в международной и российской, знание понятий о ЧФ применяется при выдаче свидетельств и допуске летного состава к выполнению своих профессиональных обязанностей.

Впервые столкнулись с этой проблемой уже во время первой мировой войны при освоении новобранцами достаточной сложной техники, как танки, артиллерия и автомобили. Уже тогда отбор и обучение начали ставить на научную основу. Уже тогда был сделан вывод о том, что возможности человеческого организма весьма ограничены при освоении стремительно развивающейся техники. Особенно это касается авиации. Первые наборы в этот род войск производились из кавалерии, которая отличалась наиболее подготовленным личным составом, в отличие от пехоты [1].

Первой организацией, развивающей концепцию ЧФ явилось «Общество эргономических исследований», созданное в 1949 году. В 1957 году образовалось «Общество исследований в области человеческого фактора и эргономики», а уже в 1959 году образовалась «Международная ассоциация специалистов по эргономике».

В международной авиации были организованы обязательные курсы по обучению основам ЧФ и выдаче специальных свидетельств [2]. Один раз в три года авиационный персонал должен проходить эту процедуру и соответствующее тестирование, после которого он допускается к полетам. Необходимость этой процедуры подтвержда-

ется результатами расследований многих авиационных происшествий, в которых игнорировались многих аспекты из области ЧФ. В государственной авиации такая процедура не проводится, а ее необходимость требуют те негативные события, которые выявляются в ходе расследованиях авиационных происшествиях.

Формулировка и понятие ЧФ требует большей четкости и должна быть выделена из общего понятия безопасности полетов. В авиационной системе человек является наиболее гибким и адаптивным элементом. В то же время он уязвим и подвержен отрицательному влиянию. Примером негативного влияния на принятие решения является нашумевшая катастрофа польского самолета ТУ-154 под Смоленском, где командир экипажа находился под психологическим и административным давлением службы протокола президента и опасался негативных последствий.

Из международной статистики следует, что каждые три из четырех происшествий происходит из-за сбоев в работе летчика. Часто причины авиационных происшествий объясняются элементарной «ошибкой летчика». А это далеко не полная трактовка причин авиационного происшествия.

Понятие «ошибка человека» не совсем полно объясняет причину авиационного происшествия. Это понятие может только показать, где в авиационной системе произошел сбой, но не установить почему. Ошибка может, к примеру, объясняться плохой подготовкой летчика к полету.

Основные аспекты ЧФ все больше используются при отборе летного состава, а также в целях повышения безопасности полетов. Проводимый в нашем училище профотбор является важным подспорьем для летчика-инструктора. Курсанты с первой и второй группой профотбора планируются на полеты в первом потоке. В данном случае преследуется цель быстрее выпустить их самостоятельно по кругу с последующим переводом к полетам в зону на простой пилотаж. Тем самым более рационально используется время, а инструктор приступает к полетам с другими курсантами.

Таким образом, летчику-инструктору перед началом вывозной программы необходимо знать с кем ему предстоит работать. Большую помощь в информировании инструкторского состава могли бы оказать преподаватели училища. У многих уже в процессе теоретического обучения сложились соответствующие характеристики на большинство курсантов. Особенно у тех преподавателей, которые в прошлом имели опыт инструкторской работы.

Важное значение в теории ЧФ имеют основные понятия из области психологии. Знания о параметрах и двигательных характеристиках человеческого тела, используются при проектировании и размещения органов управления, при определении оптимальных характеристик рабочих мест в кабине экипажа. Сейчас при проектировании много внимания уделяется идентичности оборудования кабин, с тем, чтобы летчик при переучивании не испытывал затруднений в изучении приборного оборудования.

Понятие «человеческий фактор» тесно связано с биологией и в частности хронобиологией. Эта связь позволяет понять характер биоритмов и чередования циклов сна и бодрствования человека и их влияние на поведение человека в условиях ночных полетов и при смене часовых поясов. В документах государственной и гражданской авиации регламентированы отдельные вопросы из этой области, но должного внимания им не уделяется. В качестве характерных примеров могут быть следующие авиационные происшествия.

Катастрофа Боинга в Перми (там пассажиром был генерал Трошев), которая произошла в 5 часов утра. А накануне летчики летали 3 ночи подряд. Авиационному происшествию способствовала хроническая усталость.

В похожих условиях произошла катастрофа ТУ-154 в Адлере. Также 5 часов утра, также после длительных перелетов и при накопившейся усталости.

Аналогично хроническая усталость проявилась при катастрофе в 5 часов утра в Ростове в 2016 году Боинга-737.

Для более четкого представления понятия ЧФ можно использовать следующую концептуальную схему [3].

Человек. В центре модели находится человек – наиболее критический и гибкий компонент системы.

Для усвоения этого компонента необходимо знать некоторые важные его характеристики:

а) Физические размеры и форма. Это в первую очередь учитывается при проектировании рабочего места и оборудования кабины, а соответствующие данные заимствованы из антропометрии и биомеханики;

б) Физиологические потребности. Сведения о потребностях человека в еде, воде и кислороде могут быть заимствованы из физиологии и биологии;

в) Особенности восприятия информации. Функции всех органов чувств могут быть нарушены, и источниками информации в данном случае являются физиология и биология;

г) Обработка информации. Возможности человека в этой области значительно ограничены. Здесь необходимо учитывать такие факторы, как кратковременная и долговременная память, а также мотивация и стресс. Эти знания заимствуются из психологии;

д) Особенности реакции летчика на полученную информацию. После получения информация органами чувств и обработана, организму передается сигнал о начале действия. На данном этапе необходимо иметь представление о побудительных силах и направлении движения. Эту информацию мы заимствуем из биомеханики, психологии и физиологии;

е) Окружающая среда. Температура, давление, влажность, шум, время дня, степень освещенности сказываются на работоспособности и самочувствии летчика. Знания в этой области мы получаем из физиологии, биологии и психологии.

Человек – машина. Первоначально эту взаимосвязь используют при проектировании самолета. О знании особенностей авиационной техники и грамотной ее эксплуатации летчики должны в обязательном порядке использовать при подготовке и выполнении полетов. Ошибки в ее эксплуатации зачастую приводят к авиационным катастрофам. Ярким примером в этой области является катастрофа АН-26 в Балашове 30 мая 2017 года.

Человек – процедуры. Под этим компонентом подразумевается взаимосвязь летчика с элементами системы, как правила, руководства, нормативные документы и инструкции. Эта взаимосвязь явно прослеживаются в отчетах о происшествиях. Невыполнение основного требования уйти на второй круг при достижении своего уровня явилась катастрофа Ту-22М3 в январе этого года.

Человек – среда. Важность этого элемента в развитии авиации была установлена одной из первых. Вначале принимались меры по адаптации человека к окружающей среде (шлемы, летные костюмы, кислородные маски, противоперегрузочные костюмы). Позднее перешли к другому решению – приспособить окружающую среду к возможностям человеческого организма (системы герметизации и кондиционирования воздуха, звукоизоляция).

В связи с тем, что причины большинства авиационных происшествий связаны с неадекватным восприятием обстановки и потерей ориентации, то при изучении элемента «человек – среда» целесообразно обращать внимание на ошибки восприятия, например, эффектами обмана зрения на этапе подхода или во время посадки, при полетах в облаках и возникновении иллюзий.

Человек-человек. В последние годы все большее внимание уделяется анализу сбоев в работе экипажей. Взаимоотношения, складывающиеся в коллективе, накладывают свой отпечаток на его поведение и работоспособность. Особое внимание обращается на проблемы лидерства, взаимодействия членов экипажа, умение работать в коллективе и на межличностные отношения. В какой-то степени это проявилось в катастрофе Ту-154 в Адлере и катастрофе двух Боингов в Тенерифе.

По документам международной авиации ИКАО потребность авиации в ЧФ основывается на его влиянии в двух четко определенных, но довольно широких областях:

- Качество функционирования системы:
  - обеспечение безопасности полетов;
  - эффективность.
- Самочувствие авиационного персонала.

Лучше всего проиллюстрировать влияние ЧФ на безопасность полетов можно на примере авиационных происшествий. В качестве таких примеров необходимо рассмотреть информацию о следующих авиационных происшествиях.

В 1977 году два самолета В-747 столкнулись на ВПП в Тенерифе. Погибло 583 человека. Причинами катастрофы явились сбои в обмене информацией между руководителем полетов и командиром экипажа. Командир, имея большой опыт полетов, был признанным лидером, не прислушался к другим членам экипажа и начал взлет при занятой полосе. А руководитель полетов разрешил выруливание на ВПП сразу 2 экипажам, не имея необходимого радиолокационного оборудования.

По аналогичной причине произошло столкновение двух ИЛ-76 авиации МВД в Махачкале. Данная катастрофа показала, что негативные явления в других подразделениях не изучаются, имеет место элементарное повторение одних и тех же ошибок. Если бы летчики и лица группы руководства полетами в Махачкале изучили обстоятельства авиационного происшествия в Тенерифе, они бы возможно остались живы.

В 1982 году в Вашингтоне после взлета в условиях обледенения потерпел катастрофу самолет В-737. В качестве причин катастрофы были установлены ошибочные показания датчика тяги двигателя (больше, чем на самом деле). Кроме того, командир экипажа не прислушался к мнению второго пилота при взлете. Похожая картина имела место в катастрофе Як-42 в Ярославле.

Другой характерной и поучительной является катастрофа Боинга-737 в Перми 14.09.08 в авиакомпании «Аэрофлот-Норд».

Межгосударственный авиационный комитет «МАК» опубликовал своё расследование катастрофы. Погибли все 88 человек, бывших на борту. Среди них 2 пилота, 4 бортпроводника и 82 пассажира. Это, пожалуй, самый подробный отчёт о катастрофе, который МАК когда-либо выкладывал на всеобщее обозрение [4].

Вот выдержки из этого документа.

«Сам процесс полёта шёл более-менее штатно. А вот при посадке началась настоящая эквилибристика. Пилоты «раскачали» огромный лайнер. Один тянул штурвал влево, другой-вправо. После срабатывания предупреждающей сигнализации и окрика: «А! Ты куда? Ты что делаешь?» экипаж, вероятно совместными усилиями, вернул самолёт в горизонтальный полёт. Однако при этом самолёт опять был переведён в набор высоты, который никем из пилотов замечен не был. В результате вновь произошла потеря скорости. При этом оба пилота, похоже, не вполне понимали, что происходит. В 23.08.55 второй пилот попросил командира взять управление «…возьми, а!» очевидно понимая, что он сам не справляется с управлением самолётом. Однако и командир воздушного судна (КВС) к этому моменту не был готов взять управление: «Да что «возьми»…. Я ж тоже не могу!». Тем не менее, спустя секунду резким движением штурвала влево КВС увеличивает крен с 30 град. до 76. КВС не только неправильно определил направление вывода из крена, но и сделал необычное для нормального пилотирования резкое отклонение штурвала. Это свидетельствует о наступившем нервном срыве и потере хладнокровия. Второй пилот немедленно среагировал на ошибочные действия командира: «Наоборот, в другую сторону!» – и, скорее всего, в очередной раз помог КВС вывести самолёт из глубокого крена.

С момента времени 23.09.03 и до конца полёта самолётом управлял КВС. Резкие, несоразмерные движения штурвалом то в одну сторону, то в другую при полном отсутствии контроля и управления говорят о том, что КВС потерял пространственную ориентировку из-за неправильной трактовки крена на авиагоризонте. Второй пилот, видя такие действия командира, пытался остановить его: «….что мы делаем-то?!..». Однако КВС уже был не в состоянии адекватно оценивать ситуацию. В 23.09.14 он совершает критическую ошибку – резко отклоняет штурвал влево, практически до упора».

Так почему же пилоты не смогли нормально произвести посадку?

«Оба пилота не имели опыта работы в составе двухчленного экипажа на воздушных судах, оснащённых современным электронным оборудованием. Специальную подготовку по программе вывода самолёта из сложных пространственных положений никто из пилотов не проходил.

При переучивании КВС на тип Боинг-737 был выявлен ряд недостатков:

– после переучивания, перед прохождением программы ввода в строй, КВС в течении 4 месяцев продолжал полёты на прежнем типе ТУ-134, который имеет принципиальные отличия от Боинга-737.

При перерыве после переучивания более 90 дней обязательная тренировка на тренажёре не проводилась».

Но виноваты не только пилоты, а ещё и те, кто вообще разрешил им летать.

«Комплектование экипажа было выполнено без учёта уровня профессиональной подготовки КВС и второго пилота. К командиру ВС, имеющему малый опыт работы в этой должности, в состав двухчленного экипажа был назначен второй пилот, имеющий малый опыт работы на данном типе ВС, причём оба ранее выполняли полёты только в составе многочленного экипажа».

«Продолжительность предполётного отдыха экипажа соответствовала установленным требованиям. Однако за последние три дня КВС выполнял 7-й полёт, из которых 3-й, включая аварийный, проходили в ночное время. В период времени 11–12 сентября КВС выполнил 4 полёта со значительными нарушениями установленной продолжительности рабочего времени и времени отдыха. Таким образом, накопившаяся усталость могла оказать негативное влияние на психоэмоциональное состояние и действия КВС.

По результатам судебно-медицинской экспертизы установлен факт наличия этилового алкоголя в крови в организме КВС перед смертью. В течение, по крайней мере, 30 минут полёта уровень психоэмоционального напряжения КВС на 40–70 % превышал нормальный рабочий уровень. Наиболее вероятными причинами явилось наличие алкоголя в организме и/или накопленная усталость, а, скорее всего, комбинация этих факторов.

Сфера применения человеческого фактора не ограничивается лишь аспектами безопасности полетов

Эффективность системы также в значительной степени зависит от применения знаний в области ЧФ или от их игнорирования. При производстве полетов, например, игнорирование влияния ЧФ может привести к падению эффективности выполнения задач ниже оптимального уровня. В последующих пунктах приведены конкретные примеры использования знаний в области ЧФ в интересах достижения эффективности.

Квалифицированные и находящиеся под постоянным контролем члены экипажа, как представляется, эффективнее выполняют свои обязанности. С точки зрения возможности повышения эффективности стандартные эксплуатационные процедуры, разработанные как раз для того, чтобы обеспечить наиболее эффективные методы эксплуатации, рассматриваются как средство для измерения эффективности деятельности экипажа.

Правильное применение принципов взаимоотношений в коллективе укрепляет руководящее положение командира. Его роль лидера крайне важна в деле сплочения экипажа, и, следовательно, в повышении эффективности его деятельности.

Список литературы:

1. Шамшин С.С. Обеспечение безопасности полётов. Учебник. – 2010. – 327 с.
2. Циркуляр. ИКАО 217 АН-132. Основные сведения о человеческом факторе. – С. 23–24.
3. Коваленко П.А., Пономаренко В.А. Авиационная дилеалогия // Иллюзии полета. – С. 12–15.
4. Окончательный отчет расследования катастрофы. – URL : https://mak-iac.org/iblock/c2d/vp-bko_report.pdf (дата доступа 18.02.2025).

УДК 621.31

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В ПОЛНОСТЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ САМОЛЕТАХ

♦♦♦♦♦

THE ADVANTAGES OF USING INTELLIGENT POWER SUPPLY SYSTEMS IN FULLY ELECTRIC AIRCRAFT

Попов А.Ю.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
aendrupo@mail.ru

Кашин Я.М.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
jlms@mail.ru

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Аннотация. В настоящее время на борту воздушных судов системы электроснабжения обеспечивают энергией потребители из числа бортовых систем без возможности управления работой каждого из них, за исключением случаев срабатывания аппаратуры защиты. При этом перераспределение электрической энергии в полете невозможно. В полностью электрических самолетах с электрическими силовыми установками появляется необходимость интеллектуального управления процессами распределения электроэнергии. Особенностью системы электроснабжения в таком воздушном судне является возможность диагностики источников и потребителей электроэнергии, оптимизация циклограммы электропотребления, реконфигурация питательной сети.

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

Popov A.Yu.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
aendruPo@mail.ru

Kashin Ya.M.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
jlms@mail.ru

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Abstract. Currently, on board aircraft, power supply systems provide energy to consumers from among the on-board electrical systems without the ability to control the operation of each of them, except in cases when the protection device is activated. At the same time, it is impossible to redistribute electrical energy in flight. In fully electric aircraft with electric propulsion systems, there is a need for intelligent control of power distribution processes. A special feature of the power supply system in such an aircraft is the ability to diagnose sources and consumers of electricity, optimize energy consumtion patterns, and reconfigure the supply network.

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

В системе электроснабжения (СЭС) воздушного судна (ВС) с традиционной силовой установкой управление распределением электроэнергии осуществляется по принципу подключения источников к центральным распределительным устройствам, если их параметры электроэнергии удовлетворяют заданным требованиям. Мощность источников электроэнергии должна покрывать потребление от всех источников, подключенных к шине питания. При этом все потребители одновременно могут быть подключены к шинам питания и включены в любой момент времени [1]. На самом деле потребители включаются в полёте не случайным образом, а в соответствии с потребностями, зависящих как от этапа полёта, так и от задач, решаемых ВС.

Рассмотрим пример структурной схемы традиционной СЭС. На схеме (рисунок 1) приняты следующие обозначения: ГОСН – основной генератор, БРЗУ – блок регулирования, защиты и управления, ДМР – дифференциально-минимальное реле, ЦРУ – центральное распределительное устройство, АИП – аэродромный источник питания, ГВСУ –

генератор ВСУ, АВЭК – авиационный ветроэнергетический комплекс, ВТЭ – водородный топливный элемент, АБ – аккумуляторная батарея, БКЗ – блок защиты от коротких замыканий [2, 3].

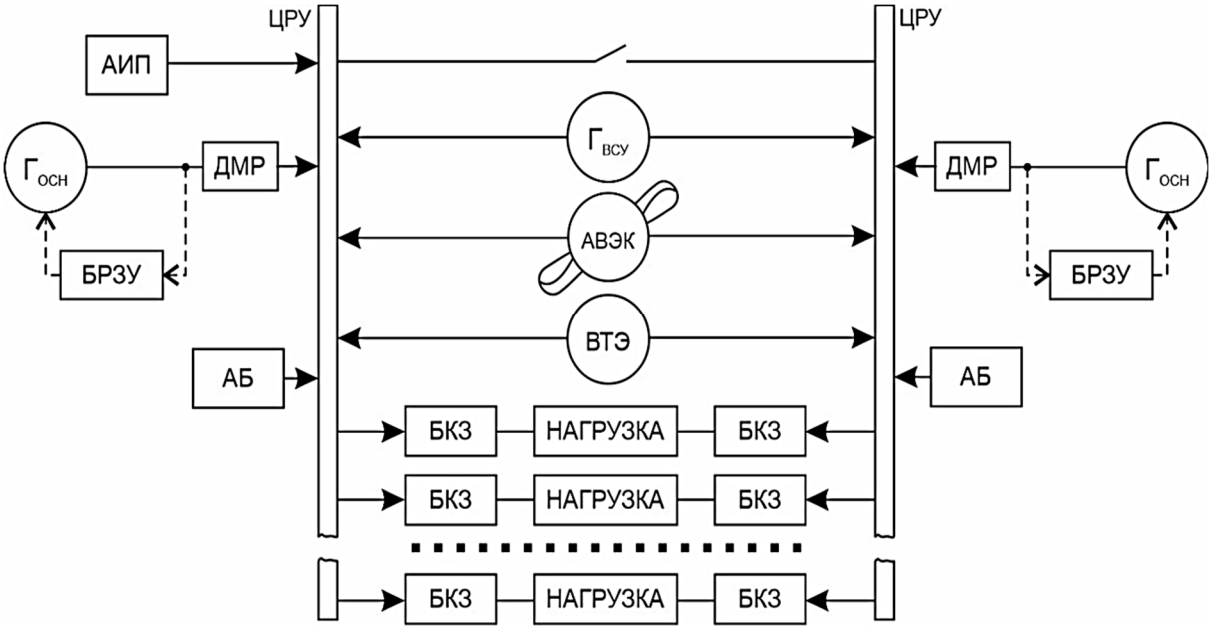


Рисунок 1 – Пример структурной схемы традиционной СЭС

В полностью электрических самолетах (ПЭС) система электроснабжения предназначена не только для питания традиционных потребителей электроэнергии, но и электрической силовой установки. При этом возникает ряд особенностей в работе СЭС, которые не могут быть реализованы с использованием обычной СЭС. В частности, электрическая силовая установка потребляет более чем в 40 раз больше энергии, чем остальное электрооборудование на борту. При этом важно отслеживать текущие параметры каждого элемента СЭС, а именно ток, напряжение, температуру. При отклонениях от нормальных значений необходимо отключать неисправный агрегат и перераспределять энергию через другие каналы или подключать обесточенный потребитель на работающие источники [3, 4].

При подключении электрической силовой установки к СЭС в момент коммутации возникают значительные скачки напряжения и тока, возникает необходимость стабилизации напряжения при больших токах коммутации. При этом современное электронное оборудование является достаточно чувствительным к качеству электропитания. В СЭС ПЭС возникает необходимость принятия быстрых и решений при возникновении различных ситуаций, обеспечения потребителей достаточным количеством высококачественной электроэнергии, минимизации последствий отказов, повышения надёжности распределительной сети, оперативное реагирование на любые изменения в бортсети, использование в процессе работы рекуперативного режима работы электрической силовой установки.

В связи с этим, существующие СЭС ВС не удовлетворяют требованиям, предъявляемым в ПЭС, поэтому необходимо использовать более современные решения в виде интеллектуальной энергетической системы (ИЭС). Отличительной особенностью ИЭС является использование информационно-коммуникационных технологий. Предпосылками для образования таких сетей являются следующие технологии и свойства: системы скоординированного управления и распределенной автоматизации и контроля, распределенный интеллект устройств, интеграция системы управления с операционными устройствами и датчиками для управления электроснабжением потребителей и принятия решений [5].

Для обеспечения работы ИЭС, энергосистема должна иметь программное обеспечение, созданное на основе методов искусственного интеллекта. Интеллектуальный

учёт позволяет осуществлять передачу данных о количестве потреблённой электроэнергии в режиме реального времени. Счётчики такой системы способны отследить данные по каждому бортовому устройству и установить определённые правила работы во время максимальных нагрузок. Интеллектуальные счетчики электроэнергии позволяют оценивать расход энергии и передавать данные бортовому интеллектуальному вычислительному устройству. Счетчики электроэнергии можно запрограммировать на коммуникацию с различной бортовой аппаратурой и управлять ей с учетом различных условий полёта и решаемых в полёте задач. Интеллектуальные счетчики позволяют обнаруживать потери энергии в сетях, облегчая, таким образом, поиск и устранение дефектов на линии.

Для ИЭС можно выделить следующие режимы работы [6,7]:

– нормальный режим работы с возможностью диагностики источников электроэнергии, преобразователей, защитно-коммутационной аппаратуры и потребителей, электроэнергии;
– управление распределенной генерацией электроэнергии;
– оптимизация циклограммы электропотребления;
– реконфигурация питательной сети.

В нормальном режиме работы ИЭС все каналы генерирования электроэнергии работают в штатном режиме и питают часть потребителей, работающих в штатном, крейсерском режиме полета воздушного судна. В данном режиме работы ИЭС имеет возможность диагностирования состояния всех устройств: двигателей-генераторов, преобразователей, коммутационных устройств, а также потребителей электрической энергии. При необходимости кратковременного обеспечения питания потребителя с пиковой мощностью ИЭС осуществляет подключение нескольких источников электроэнергии на питание одного мощного потребителя.

В режиме управления распределенной генерацией электроэнергии обеспечивается питание мощных потребителей с помощью нескольких источников, номинальная мощность каждого из которых меньше, чем мощность потребителя.

В режиме оптимизация циклограммы электропотребления ИЭС обеспечивает перераспределение циклограммы электропитания потребителей за счет смещения по времени моментов включения различных потребителей электроэнергии. Данный режим позволяет выровнять пиковые нагрузки диаграммы электропотребления и обеспечить меньшую загруженность источников электрической энергии [8].

При возникновении нештатных и аварийных режимов ИЭС автоматически осуществляет реконфигурацию питательной сети и переключает потребителей, питающихся от аварийной сети на исправную сеть. Данный режим обеспечивает бесперебойную и надежную работу потребителей первой категории, разрыв в электроснабжении которых не допускается.

Построение интеллектуальных сетей должно стать стратегическим курсом развития бортовой системы распределения электроэнергии, поскольку подразумевает три основных направления совершенствования: силового оборудования и технологий передачи и распределения электроэнергии; автоматизации технологического управления, специализированных коммуникационных и информационных технологий.

Список литературы:

1. Кашин Я.М. Авиационные ветроэнергетические комплексы: современное состояние и перспективы развития : монография / Я.М. Кашин; А.С. Князев, А.А. Широков; Под общ. ред. Я.М. Кашина; ФГКВОУ ВО «КВВАУЛ им. А.К. Серова». – Краснодар : Изд. ФГКВОУ ВО «КВВАУЛ», 2022. – 245 с.
2. Мясоедов Ю.В. Интеллектуальные системы электроснабжения: методические указания к лабораторно-практическим занятиям. – Благовещенск : Изд-во АмГУ, 2013. – 82 с.
3. Концепция создания полностью электрического самолета за рубежом. – URL : http://www.aviationtoday.com (дата обращения 24.03.2025).
4. Воронович С.И. Полностью электрический самолет // Авиапанорама. – 2009. – № 2. – С. 23–27.
5. Гусаков Д.В. Многопульсные выпрямители, используемые в бортовой системе электроснабжения более и полностью электрического самолета / Д.В. Гусаков, Д.Р. Масалимов //

Электротехнические комплексы и системы: материалы Международной научно-практической конференции. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2021. – С. 243–252.

6. Жмуров Б.В. Интеллектуальная энергосистема беспилотных летательных аппаратов // Сборник докладов и статей по материалам II научно-практической конференции «Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами». – Коломна : 924 ГЦ БпА МО РФ, 2017. – С. 72–79.
7. Патент RU 2531907C1 Интеллектуальное распределительное устройство постоянного тока / А.Я. Дерех, Б.В. Жмуров, С.П. Халютин, В.П. Харьков (дата подачи заявки: 28.02.2013, опубликовано: 27.10.2014). Бюл. № 30.
8. Энергоэкономичная комбинированная система электроснабжения с высоким качеством электроэнергии для концепции «полностью электрифицированного самолета» / В.В. Бочаров [и др.] // Труды МАИ. – 2012. – Вып. № 58. – 14 с.

УДК 623.746-519

УСЛОВИЯ ПОРАЖЕНИЯ ТОПЛИВНОГО БАКА ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ СОДЕРЖАЩЕГО КАНАЛЬНЫЙ ПОРИСТЫЙ НАПОЛНИТЕЛЬ ПУЛЯМИ ОГНЕСТРЕЛЬНОГО СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

♦♦♦♦♦

CONDITIONS FOR HITTING THE FUEL TANK OF AN AIR TARGET CONTAINING A CHANNEL POROUS FILLER WITH SMALL ARMS BULLETS

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

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

Аннотация. Рассмотрен вопрос об условиях поражения воздушной цели. Представлены варианты воспламенения топливовоздушной смеси пулями огнестрельного стрелкового оружия. Приведены результаты анализа влияния канального огнепреградителя на взрывозащищенность топливного бака воздушной цели. Статья предназначена для преподавательского состава вузов.

Ключевые слова: топливовоздушная смесь, пули огнестрельного стрелкового оружия, воздушная цель.

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

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
napalkoff@yandex.ru

Abstract. The issue of the conditions for hitting an air target is considered. Options for ignition of the fuel-air mixture by small arms bullets are presented. The results of the analysis of the effect of a channel flame arrester on the explosion protection of the fuel tank of an air target are presented. The article is intended for the teaching staff of universities.

Keywords: fuel-air mixture, small arms bullets, air target.

Боевая живучесть воздушных судов в целом зависит от уровня боевой живучести компонентов, его составляющих. Наиболее уязвимым компонентом воздушного судна является топливная система, на которую приходится 50…60 % боевых повреждений. Боевые потери воздушных судов из-за поражения топливной системы достигают 70 %, из них 60 % сопровождаются пожарами и взрывами топливных баков.

В настоящее время воздействие по воздушным целям с применением огнестрельного стрелкового оружия (далее – ОСО) может вестись как с земли, так и с БПЛА самолетного типа Karrar, Mojave, MQ-1C или коптерного типа турецкого Songar. В качестве объекта воздействия ОСО рассматриваются не только топливные баки пилотируемых воздушных судов (далее – ВС) самолетного типа, но и топливных баков БПЛА соответствующих классификационным типам V, MALE и HALE, тяжелые БПЛА и беспилотные боевые самолеты американской, западноевропейской и российской системам классификации БПЛА.

В сценарии поражения топливных баков воздушных судов с пористым наполнителем пулями конкретного образца ОСО предполагается, что расстояние между точкой вылета пули и стенкой топливного бака ВС не превышает эффективной дальности стрельбы конкретного образца ОСО. При этом для поражения воздушной цели должны выполняться следующие условия:

1) скорость встречи пули ОСО и ВС достаточна для пробивания стенки топливного бака и проникновения пули в надтопливное пространство;

2) суммарной энергии, принесенной в бак пулей, достаточно для воспламенения системы топливовоздушной смеси (далее – ТВС).

При анализе выполнения условия (1) рассчитывались вероятные скорости встречи пули ОСО с конструкцией топливных баков ВС на различных этапах полета:

– в случае применения самолетом противника бортового оружия по наземным целям с пикирования, с горки и в случае полета в районе аэродрома в случае захода для повторной атаки;

– в случае полета по маршруту на различных высотах.

Расчет величины скорости встречи пули и ВС необходимо проводить с использованием баллистического вычислителя. Проведенные расчеты подтверждают предположение, что необходимые условия выполняются и ВС может находиться в зоне эффективной дальности стрельбы ОСО в следующих случаях:

– при стоянке на аэродроме вне железобетонного укрытия (ЖБУ);

– при взлете-посадке, полете по кругу и по маршруту;

– при боевом применении неуправляемого и управляемого оружия.

Для выполнения условия (2) необходимо наличие в надтопливном пространстве горючей среды и источника зажигания.

Горючей средой является ТВС. Условия для образования взрывопожароопасной ТВС имеются во всей области эксплуатационных температур и давлений в топливных баках. Взрыв и устойчивое горение (пожар) ТВС возможны до высот 8–10 км.

В качестве источника зажигания рассматривалась пуля ОСО. Величина скорости встречи для всех вариантов встречи пули со стенкой топливного бака ВС недостаточна для процесса фрагментации пули и материала стенки топливного бака и, как следствие, образования тыльного факела.

Свойства пористого наполнителя как врывоогнепреградителя сказываются на распространении пламени, но не влияют на воспламенение ТВС. Тогда в сценарии воспламенения ТВС возможны следующие варианты:

1) источником воспламенения ТВС служит нагретое тело, движущееся со сверхзвуковой скоростью;

2) источником воспламенения ТВС служит открытое пламя (зажигательные составы) или искра.

Для осуществления первого варианта, ТВС прилегающая к источнику тепла должна быть нагрета до температуры 200…500 °С (в зависимости от характера воспламенения), что возможно при наличии следующих условий:

а) источник воспламенения с минимальной энергией должен объем иметь определенные размеры, которые в зависимости от целого ряда факторов могут колебаться от 200…300 см^3 до 2…3 мм^3;

б) источник воспламенения должен поддерживать температуру ТВС (200… 500 °С) в течение индукционного периода зажигания;

в) индукционный период зажигания составляет временной промежуток от 5… 20 мс до нескольких минут в зависимости от температуры воспламенения ТВС;

г) величина критической энергии активации, необходимая для воспламенения ТВС, составляет (5,6…9,5) МДж/м^3.

При рассмотрении первого варианта будем считать, что поры наполнителя препятствуют распространению пламени, но не оказывают влияния на величину энергии активации ТВС.

Условие (а) выполняется, так как объем одного метательных элементов находится в диапазоне 0,6…6 см^3.

Результаты проведенных авторским коллективом расчетов запреградных скоростей пуль ОСО удовлетворительно совпадают с расчетными и экспериментальными данными, приведенными в работе [1].

В случае дозвуковой запреградной скорости пуля остается в баке, но в этом случае температура топливовоздушной смеси в ударной волне перед пулей не превышает 130 °С и не может послужить причиной зажигания ТВС, поэтому условие (b) не выполняется, и поражение ВС вследствие быстрого развития пожара после воспламенения паров топлива и возможного последующего перехода горения в детонационный режим и последующий взрыв топливного бака в течение временного промежутка 2… 5 минут не возможно.

Если же запреградная скорость велика, то на определенных этапах полета при обстреле ВС из стрелкового оружия калибра 12,7 м и 14,5 мм выполняется условие (b). Но при больших скоростях пуля в баке ВС не остается, так как ее энергии достаточно для пробивания обеих стенок сравнительно небольших по объему баков.

Обстрел воздушной цели навстречу на дальности менее 220 м на глиссаде невозможен, равно как и необходимые скорости встречи, поэтому условие (c) не выполняется.

Воспламенение паров ТВС может произойти от тепла, выделяющегося с поверхности метаемого элемента, нагретого за счет:

– движения в нарезах ствола в момент выстрела;
– образования ударной волны на восходящей ветке траектории;
– деформации сердечника в момент пробивания стенки топливного бака;
– движения в надтопливном пространстве с запреградной скоростью.

На движение пули по нарезам ствола приходится 5…7 % от всей энергии выстрела [2] в зависимости от формы нарезов, что составляет 1/7 часть от энергии, которая затрачивается на приращение кинетической энергии пули. При этом энергия деформации распределяется между рубашкой пули и стволом огнестрельного стрелкового оружия. В процессе ударного сжатия при столкновении осколка со стенкой в диапазоне рассматриваемых скоростей встречи амплитуда ударной волны невелика и удельных объема пули меняется незначительно. Поэтому нагревом пули в процессе деформации рубашки в канале ствола и в процессе пробивания стенки топливного бака можно пренебречь.

На увеличение кинетической энергии пули приходится до 35 % энергии выстрела.

Расчеты показывают, что энергии нагретой пули ОСО хватает на воспламенение объема ТВС, равного 0,002…0,025 м^3, в то время как объем надтопливного пространства уже через несколько минут после начала выработки превышает 0,187 м^3. Энергии пули «ПС» калибра 7,62 мм для поражения бака по первому сценарию недостаточно.

Для поражения топливной системы ВС по типу «быстрое развитие пожара после воспламенения паров топлива» требуется попадание в надтопливное пространство не менее 7…8 пуль «ПС» крупного калибра (12,7 мм или 14.5 мм) при условии, что обстрел производится из ОСО на взлете навстречу на дальности до цели менее 220 м, но такой обстрел невозможен, поэтому условие (d) не выполняется.

Достоверность и обоснованность выводов по первому сценарию подтверждается фактами отсутствия пожаров при попадании пуль «ПС» в топливные баки.

Рассмотрение второго сценария основано на определении количества тепловой энергии, выделяющейся в надтопливном пространстве при горении горючих (зажигательных и трассирующих) составов, которые могут содержаться в пулях ОСО.

Удельная теплота сгорания зажигательной смеси в пулях ОСО составляет 8–10 МДж/кг. Скорость горения состава 1–3 мм/с. Температура горения достигает 2000–3000 °С. Зажигательный состав расположен в головной части пули, между обтекателем и сердечником. Срабатывание состава начинается в момент деформации обтекателя пули.

Масса трассирующего состава в пулях ОСО (по условиям баллистики) составляет 10 % от массы пули. Срабатывание состава происходит через 150–200 м после вылета пули из канала ствола. Время горения 3–4 сек, что соответствует дальности 1000–1500 м.

Скорость горения 3–4 мм/сек. Отсюда масса шашки трассера в 7,62 мм пулях 0,8–0,9 г., в 12,7–14,5 мм – 4–6 г. Состав запрессован в виде цилиндра. Удельная теплота сгорания 6–7 МДж/кг. Температура горения достигает 2000–3000 °С.

При пролете через надтопливное пространство бронебойно-зажигательной пули калибра 12,7 мм за временной промежуток по условию (c) равный 5…20 мс выгорит 5,5…22 мг зажигательного состава и выделится 40…160 Дж тепла, что превышает потребные для зажигания ТВС (2…20) мДж.

Анализ возможных сценариев воспламенения ТВС в надтопливном пространстве топливных баков ВС подтверждает предположение о том, что эффективность поражения топливных баков ВС определяется не только калибром, но и свойствами ме-

таемых элементов ОСО, а основным поражающим фактором является термическое воздействие зажигательных смесей боеприпасов ОСО.

При этом необходимо учитывать возможность взаимодействия пуль ОСО с топливными баками, в которых применяется один из конструктивных методов пассивной защиты топливных баков от взрыва – полное или частичное заполнение их пористым материалом. Для взрывозащиты топливных баков широко применяются засыпные и канальные огнепреградители. В настоящее время засыпные огнепреградители в авиации не используются в связи с возможностью нарушения порядка перекачки и подачи топлива в двигатель вследствие попадания сферических элементов взрыво-защиты в перекачивающую топливную арматуру в условиях знакопеременных перегрузок. С целью предотвращения взрыва топливных баков воздушных судов используются канальные взрывоогнепреградители из эластичных высокопористых ячеистых полимерных материалов с открытыми порами.

Поропласт представляет собой объемную сетку. Диаметр ячеек, при котором через их стенки отводится столько тепла, что горение прекращается, называется критическим диаметром. Для авиационных топлив критический диаметр составляет 1–3 мм. К тому же взрывная волна тормозится при прохождении через поры и критическая скорость распространения пламени не достигается. Разработаны специальные марки крупнопористого «сетчатого» пенополиуретана (ППУ), которым заполняются топливные баки боевых самолетов. Диаметр ячейки составляет 3–5 мм. Очевидно расхождение в величине критического диаметра ячейки. В работе утверждается, что критический диаметр практически не зависит от материала стенки ячейки. Но для хорошего теплосъема со стенок ячейки необходима теплопроводность меди, а пенополиуретан является теплоизолирующим материалом. Из этого следует, что теплосъем со стенок ячейки осуществлялся не за счет теплопередачи тепла в топливо, а за счет поглощения тепла материалом стенки.

Структуру ППУ в первом приближении можно рассматривать как трубчатый теплообменник, стенки которого выполнены из материала вспениваемой композиции. Пено-полиуретанам присуща определенная, хотя и небольшая, степень огнеопасности. При нагреве все пенополиуретаны начинают деформироваться при определенной температуре, зависящей от рецептуры, и терять теплоизоляционные свойства в отсутствие воздуха или гореть в присутствии его.

В зависимости от требований эксплуатации диапазон рабочих температур получаемых пенополиуретанов можно изменять в ту или иную сторону. Например, путем введения, модифицированного полиизоцианата (полиметиленполифенилизоцианата) теплостойкость как жестких, так и эластичных пенополиуретанов удается повысить до 3200 °С при сохранении от 45 до 65 % первоначальной прочности. Теплостойкостью называется способность пенополиуретанов, как и других материалов, выдерживать без существенного ухудшения эксплуатационных свойств повышенную температуру. Ячеистая структура сохраняется до еще более высокой температуры. Обугливание начинается при 480–5400 °С, после чего начинается сублимация материала.

При горении ППУ выделяется настолько мало тепла, что возникшие очаги горения локализуются. В целях обеспечения самозатухания, что особенно важно для летательных аппаратов, в рецептуру пенополиуретана вводят различные добавки, главным образом с фосфором (трихлорэтилфлсфат, дибромопропилфосфат, диамонийфосфат), а также с галоидами, азотом или окисью сурьмы. Но при рассмотрении термического воздействия на ППУ необходимо учитывать, что в надтопливном пространстве поры ППУ наполнены воздухом или топливно-воздушной смесью. Поэтому теплофизические свойства композиции отличаются от теплофизических свойств пенополиуретана.

Для изучения процессов, происходящих с системой ППУ – ТВС и ППУ – воздух, авторским коллективом было проведено моделирование условий возможного термического воздействия на стенку топливного бака в аварийной ситуации. Топливо, пропитывающее стенки ячеек, при повышении температуры стенки топливного бака испарялось и охлаждало материал композиции. Потеря ячеистой структуры ППУ и плавление композиции началось при той же температуре, чем в случае с системой ППУ – воздух, но несколько позже. Однако после воспламенения паров керосина сравнение стало не в

пользу системы ППУ – ТВС. Температура при горении топливно-воздушной смеси (ТВС), находящейся в порах, может достигать 1200 °С в зоне открытого пламени, что существенно превышает уровень теплостойкости ППУ. При повреждении стенки бака термическим воздействием над поверхностью топлива ППУ горит, отдавая тепло в топливо, при этом оплавляясь и уменьшаясь в объеме до уровня топлива.

Эволюции ЛА в полете, а также торможение и разгон при взлете и посадке приводят к соприкосновению керосина со стенками баков. В нормальных условиях авиационное топливо воспламеняется при контакте с нагретой поверхностью. Повышение температуры стенки расходного бака до опасной температуры вполне вероятно при пожаре в соседнем топливном отсеке. Такой пожар возможен в баке при воздействии на ППУ средств поражения после выработки топлива.

Полное или частичное заполнение топливных баков пористым материалом предотвращает взрыв топливо-воздушной смеси, но не исключает развитие пожара в пространстве над топливом. Термическое воздействие пожара в течение определенного промежутка времени приводит к потере устойчивости формы пористого наполнителя и уменьшению его надтопливного объема. В свою очередь, эффективность взрывозащиты топливных баков зависит от степени заполнения надтопливного пространства пористым материалом. Повторное попадание зажигательных составов боеприпасов стрелкового оружия в топливовоздушную смесь на следующем этапе полета может привести к безвозвратным потерям воздушных судов.

При анализе взаимодействия пуль ОСО с конструкцией топливных баков воздушных судов содержащих пористый наполнитель, необходимо учитывать исследования направленные на повышение его эффективности в области взрывозащиты топливных баков.

Так, например, по результатам проведенного математического моделирования одной из творческих групп [3] для повышения эффективности взрывозащиты топливного бака БПЛА рекомендуется укладка большого количества блоков ячеистого материала или сочетания пористых блоков изготовленных из полимерных материалов и фольгированных металлических сплавов.

Поэтому при анализе взаимодействия пуль, содержащих зажигательные составы, с топливными баками ВС содержащими пористый наполнитель, необходимо учитывать такие факторы, как кратность срабатывания пористого наполнителя топливного бака и изменение его функциональных свойств в процессе эксплуатации.

Список литературы:

1. Глазырин В.П. Деформирование и разрушение неоднородных материалов и конструкций при ударе и взрыве : дис. … д-ра физ.-мат. наук. – Томск : ГУ, 2008. 246 с.
2. Авиационные боеприпасы и их исследование / Ф.П. Миропольский [и др.]. – М. : ВВА, 1996. – 527 с.
3. Force analysis of the explosion-proof structure of a UAV fuel tank based on the fluid structure coupling method / C. Wang [et al.] // Frontiers in Materials. Sec. Mechanics of Materials. Publisher Frontiers Media S.A., Switzer-land. – 2022. – Vol. 9. – URL : https://doi.org/10.3389/fmats.2022.886150.

УДК 351.814.2

КОММУНИКАЦИЯ В АВИАЦИИ: РЕЧЕВЫЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИООБМЕНА

♦♦♦♦♦

COMMUNICATION IN AVIATION: SPEECH AND PSYCHOLOGICAL ASPECTS OF RADIO EXCHANGE

Кругликов А.Е.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сизов А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ракло А.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию особенностей коммуникационного взаимодействия в авиационной сфере, осуществляемого посредством радиообмена между субъектами авиационной системы в процессе организации и выполнения полетов. Рассматриваются ключевые аспекты речевого взаимодействия, такие как надежность передачи информации и ее корректное восприятие. Особое внимание уделяется проблеме коммуникативных сбоев, вызванных человеческими ошибками, недостаточной точностью или четкостью передачи данных, акцентируются специфические характеристики, радиообмена обусловленные техническими, социокультурными и психологическими факторами.

Ключевые слова: авиационная коммуникация, радиообмен, безопасность полетов, коммуникативные сбои, лексико-терминологические нормы, ошибки, оптимизация, речевое взаимодействие.

Kruglikov A.E.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Sizov A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Raklo A.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is dedicated to the study of the features of communicative interaction in the aviation field, carried out through radio communication between the subjects of the aviation system during the organization and execution of flights. Key aspects of verbal interaction are considered, such as the reliability of information transmission and its correct perception by participants. Particular attention is paid to the issue of communicative failures caused by human errors, insufficient accuracy, or clarity in data transmission. Specific characteristics of radio communication, determined by technical, sociocultural, and psychological factors, are highlighted.

Keywords: aviation communication, radio exchange, flight safety, communication failures, lexical and terminological norms, errors, optimization, speech interaction.

Коммуникационное взаимодействие в авиационной сфере, осуществляемое между субъектами авиационной системы в процессе организации и выполнения полетов, представляет собой сложный процесс обмена информацией, реализуемый преимущественно посредством радиообмена с использованием специализированных технических средств радиосвязи. Данное речевое взаимодействие базируется на строго регламентированных лексико-терминологических нормах и правилах, которые направлены на обеспечение ключевых факторов безопасности и эффективности. Среди них особое значение имеют: надежность передачи актуальной профессиональной информации, ее корректное и однозначное восприятие всеми участниками коммуникации, а также оптимизация временных затрат на речевой контакт. Эти аспекты являются критически важными для своевременного принятия решений и успешного выполнения оперативных действий в условиях высокой ответственности и ограниченного времени.

Однако одной из серьезных проблем в области авиационного взаимодействия остается возникновение коммуникативных сбоев. Такие сбои могут быть вызваны различными факторами, включая языковые барьеры, недостаточную четкость или точность передачи информации, а также человеческие ошибки, связанные с усталостью или стрессом. Коммуникационные нарушения нередко становятся сопутствующими факторами авиационных происшествий и инцидентов, что подчеркивает необходимость постоянного совершенствования методов обучения специалистов, разработки более надежных протоколов связи и внедрения инновационных технологий для минимизации рисков. Таким образом, изучение и устранение причин сбоев в авиационном радиообмене представляет собой одну из приоритетных задач современной авиационной науки и практики.

Основные требования к радиообмену между экипажами воздушных судов и наземными службами строго регламентируются нормативно-правовыми актами и руководящими документами, разработанными различными министерствами и ведомствами, обеспечивающими функционирование авиационной отрасли. Радиообмен, как форма профессионального вербального взаимодействия, обладает рядом специфических характеристик, обусловленных его технической, социокультурной и психологической природой [3].

Прежде всего, радиообмен фиксируется средствами объективного контроля, что делает его доступным для анализа, как со стороны участников взаимодействия, так и сторонних наблюдателей. Это накладывает дополнительные требования к точности, однозначности и лаконичности передаваемой информации. Кроме того, процесс радиообмена осуществляется в условиях сложного комплекса факторов, включающего материально-техническую инфраструктуру, социокультурные особенности участников, социально-психологические аспекты их взаимодействия, а также индивидуальные когнитивные и психологические характеристики.

Коммуникационное взаимодействие в радиоэфире во многом определяется субъективным опытом и когнитивными схемами участников. Содержание передаваемой информации неизбежно интерпретируется и достраивается через призму накопленного опыта, профессиональных знаний и феноменологических особенностей сознания взаимодействующих субъектов. Это делает процесс радиообмена не только техническим, но и глубоко когнитивным явлением, требующим высокого уровня профессиональной подготовки [3].

Радиообмен между летчиком и специалистами управления полетами сочетает в себе два ключевых вида коммуникации: служебную и оперативную. Служебная коммуникация строго регламентирована профессиональными стандартами, установленной фразеологией, терминологией и правилами взаимодействия. Она охватывает все этапы полета и является основой для обеспечения безопасности и эффективности авиационных операций. Оперативная коммуникация, напротив, обладает большей степенью гибкости и вариативности, что позволяет адаптироваться к быстро меняющимся условиям полета. Однако даже в этом случае она должна соответствовать требованиям четкости, краткости и однозначности, обеспечивая взаимопонимание между всеми участниками взаимодействия.

Следует отметить, что одной из ключевых проблем, связанных с установлением необходимой коммуникации в авиации, являются ошибки летного состава, вызванные так называемым «ложным предположением». В научной литературе описываются ситуации, при которых вероятность возникновения таких предположений особенно велика.

Во-первых, ложные предположения могут возникать в условиях высокой степени уверенности. Если определенное событие многократно повторялось в одинаковых обстоятельствах, это формирует у человека убеждение, что оно обязательно будет «увидено», «услышано» или «распознано» и в будущем при аналогичных условиях, независимо от реально происходящих событий. Человеку свойственно стремление к упорядочиванию информации и систематизации ситуаций, чтобы придать им смысл и логику. В условиях радиопомех летчик, принимая информацию от и специалиста управления полетами, может сделать ряд предположений еще до того, как запросит данную информацию еще раз. Зная, что специалист управления не станет передавать бессмыслен-

ную информацию, летчик может самостоятельно «восстанавливать» пропущенные или искаженные части сообщения. Это может привести к тому, что он убеждается в том, что услышал именно то, что ожидал. Если в этот момент летчик находится в состоянии ожидания определенного сообщения, испытывает стресс, работает в условиях дефицита времени или под влиянием личностных факторов (например, авторитета командира экипажа), вероятность ложного предположения существенно возрастает.

Во-вторых, ложные предположения могут служить защитным механизмом. Люди склонны интерпретировать поступающую информацию таким образом, чтобы минимизировать тревогу или беспокойство. Даже если объективные данные указывают на развитие особой (нештатной) ситуации, человек может игнорировать эти факты, чтобы избежать дискомфорта. Такое поведение особенно характерно для стрессовых условий и ситуаций, связанных с воздействием опасных факторов. Опытный летчик, несмотря на высокий уровень профессионализма, также может испытывать беспокойство и быть подвержен выдвижению ложных предположений.

Однако профессиональный опыт зачастую помогает летчику распознать проблему и предотвратить развитие событий, ведущих к ошибке. Тем не менее, в некоторых случаях именно высокий статус или авторитет пилота может стать препятствием для признания им своих ошибок. Летчик может продолжать придерживаться ложного предположения до тех пор, пока ситуация не станет необратимой а катастрофа неизбежной.

Ложные предположения в авиационной коммуникации возникают из-за особенностей человеческого восприятия и влияния различных факторов. Это может приводить к неверной интерпретации полученной информации, игнорированию ключевых аспектов или неправильному восприятию контекста сообщений.

Исследование причин авиационных происшествий указывает на то, что речевые и психологические аспекты коммуникации в радиоэфире часто играют ключевую роль в развитии особых ситуаций. В условиях ограниченного времени, высокого уровня стресса и интенсивной когнитивной нагрузки участники радиообмена могут сталкиваться с различными коммуникативными проблемами.

Среди них выделяются:

– расхождения в восприятии и интерпретации информации, поступающей как от приборов, так и от других участников радиообмена;

– несоответствия в оценке степени опасности между членами экипажа и диспетчерами, а также различия в понимании причинно-следственных связей, определяющих развитие ситуации;

– двусмысленность или недостаточная точность в использовании профессиональной терминологии, что может приводить к неверным интерпретациям сообщений;

– недооценка значимости передаваемых данных, предупреждений или команд, что может иметь фатальные последствия.

Эффективность радиообмена напрямую зависит от способности участников не только передавать информацию, но и осмысливать ее с учетом разворачивающегося профессионального контекста. Это требует от участников радиообмена не просто механического выполнения инструкций, а глубокого понимания сути ситуации и ее возможных последствий.

Коммуникация в радиоэфире охватывает как стандартные, так и нестандартные профессиональные сценарии, возникающие на разных этапах полета. Она включает в себя несколько ключевых структурных компонентов: цели взаимодействия; ценностные ориентиры; участников коммуникации; стратегии и тактики речевого взаимодействия; устойчивые формулы профессионального дискурса; тематику и содержание сообщений; типы коммуникативных ситуаций; а также выполняемые функции общения [1] .

При анализе стратегий и тактик взаимодействия в радиоэфире важно отметить, что большинство сообщений строится на основе информативных и императивных грамматических конструкций. Эти конструкции обеспечивают лаконичность и однозначность передачи информации, что особенно важно в условиях ограниченного времени. Однако выбор конкретных речевых форм зависит от стратегий взаимодействия, которые определяются текущими обстоятельствами, профессиональным опытом участников и их личностными особенностями.

Кроме того, следует учитывать, что коммуникация в радиоэфире подвержена влиянию множества факторов: уровня профессиональной подготовки участников, их эмоционального состояния, степени усталости, а также наличия или отсутствия языковых барьеров. Например, использование английского языка как международного стандарта авиационной связи может стать дополнительным источником трудностей для экипажа, не являющегося носителем языка. Ошибки в произношении, акцент или недостаточная беглость речи могут привести к искажению смысла сообщения.

Таким образом, для повышения эффективности радиообмена необходимо уделять особое внимание обучению авиационного персонала не только техническим аспектам работы с оборудованием связи, но и развитию навыков межличностной коммуникации. Это включает в себя тренировки по использованию стандартных фразеологических оборотов, моделирование стрессовых ситуаций в учебных целях, а также развитие навыков активного слушания и анализа поступающей информации. В конечном итоге, успешное взаимодействие в радиоэфире возможно только при условии сочетания высоких профессиональных компетенций с эффективными коммуникативными умениями.

Список литературы:

1. Горбачева Д.А. Коммуникационные аспекты в авиационном радиообмене / Д.А. Горбачева, А.Е. Кругликов // Актуальные проблемы науки и образования: Сборник материалов III Международной научно-практической конференции, Москва, 14 декабря 2023 года. – М. : Алеф, 2023. – С. 46–50.
2. Карасик В.И. Язык социального статуса. – М. : ИЯЗ, Перемена, 1992. – 329 с.
3. Кругликов А.Е. Особенности коммуникационного взаимодействия в процессе ведения авиационного радиообмена / А.Е. Кругликов; Редкол. С.В. Венидиктов (отв. ред.) [и др.] // Медиасфера и медиаобразование: специфика взаимодействия в современном социокультурном пространстве: Сборник научных статей. Научное электронное текстовое издание, Могилев, 23–27 мая 2022 года. – Могилев : Учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь», 2022. – С. 43–47.
4. Ковтун Е.В. Радиообмен в профессионально-речевой деятельности авиационных операторов // Молодые ученые в инновационном поиске: материалы международной научной конференции, 29 мая 2013 г. – Мн. : МГЛУ, 2014. – С. 218–224.
5. Прохожай И.Н. Когнитивно-прагматические и психолингвистические особенности дискурса радиообмена при выполнении международных полетов : автореф. дис. … канд. филол. наук. – Саратов : СГУ им. Н.Г. Чернышевского, 2011. – 25 с.
6. Прохожай И.Н. Радиообмен как особый вид институционального дискурса // Известия Саратовского университета. – 2011. – Т. 11. Сер. Филология. Журналистика. – Вып. 3. – С. 54–59.

УДК 623.746.3

ЛУЧШИЕ ИСТРЕБИТЕЛИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ
♦♦♦♦♦
THE BEST FIGHTERS OF THE ARMED FORCES

Шипулин М.В.
кандидат военных наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
shmv13@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены лидирующие истребители стран мира согласно рейтингу известных издательств и мнения автора. Указаны особенности каждого самолета и приведена наглядная сравнительная характеристика истребителей.

Ключевые слова: истребители, характеристики, современное время, Россия, США, НАТО.

Shipulin M.V.
PhD in Military Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
shmv13@yandex.ru

Abstract. In this article the leading fighters of the countries of the world are considered according to the rating of famous publishers and the author's opinion. The features of each aircraft are indicated and a visual comparative characteristic of the fighters is given.

Keywords: fighters, characteristics, modern times, Russia, USA, NATO.

«Самолет – величайшее творение разума и рук человеческих,
он не подвластен никаким авторитетам,
кроме лиц уважающих летные законы»
(Н.Е. Жуковский, 1847–1921)

Для понимания возможностей авиации разных стран мира, был проведен анализ лётно-технических характеристик передовых истребителей и сделан рейтинг 8 лучших истребителей по летно-техническим характеристикам по мнению автора [4].

Су-57, Т-50 (Россия; ОКБ «Сухого»)

Фронтовой истребитель пятого поколения ведёт свою историю с 1980-х годов (начало проектирования). Первый полёт совершил в 2010 г. Данные о серийном производстве засекречены. Известно, что он полностью отвечает всем требованиям истребителя 5 поколения, прост и дёшев в обслуживании, развивает сверхзвуковую скорость без использования режима форсажа, способен длительно выдерживать большие перегрузки, оснащён передовой электроникой и автоматикой. Благодаря хитрым решениям инженеров, он обладает очень высокой живучестью (например, его двигатели разведены друг от друга чтобы в случае поражения 1 из них, второй продолжил работу) [5]. Имеет как внутренние отсеки для вооружения (12 шт.), так и внешние точки подвеса (6 шт.), которые способны нести большую часть современных российских типов ракет и бомб. Президент Российский Федерации Владимир Путин подписал указ о создании Координационного совета при Правительстве для обеспечения потребностей, возникающих в ходе проведения СВО, в том числе, производства Су-57. На сегодняшний день прототипы Су-57 на аэродроме ЛИИ им. М.М. Громова проходят испытания комплекса бортового оборудования с интеллектуальной поддержкой лётчика [2].



Рисунок 1 – Су-57

F-22A Raptor (США)

Многоцелевой истребитель выполнен по технологии «Стелс». Первый полёт совершил в 1997 году, в период с 2005–2011 годов была произведена серия из 187 истребителей. Аэродинамика «Раптора» рассчитана на сверхзвуковые скорости полётов. Технология «Стелс» предопределила плоские наклонные поверхности самолёта, что создало значительные ограничения на реализацию некоторых инженерных идей. Двигатели позволяют достигать сверхзвуковую скорость полёта на крейсерском режиме. Обычно вооружается шестью РВВ AIM-120C во внутренних отсеках и двумя ракетами ближнего боя A1M-9X. Также самолёт оснащён суперкомпьютером, который обрабатывает данные от РЛС и оснащает лётчика самой нужной информацией, даёт рекомендации по ведению воздушного боя. Самолет стоит 350 млн. долларов за 1 единицу [6].

По мнению начальника штаба ВВС США генерала Чарльза Брауна, истребитель будет снят с вооружения в ближайшем будущем, поскольку он не отвечает предъявленным требованиям: дорог, сложен в обслуживании, подвержен коррозии (что приводит к разрушению «стелс-покрытия»). Также, государственные СМИ США отмечают нехватку квалифицированных специалистов, что приводит к нелепым инцидентам: от отказа системы управления и аварии после мытья фюзеляжа F-22 водой (2022 г.) до аварии при наборе скорости на взлётно-посадочной полосе из-за преждевременной уборки шасси [1].



Рисунок 2 – F-22

Lockheed Martin F-35 Lightning II (США)

Пилоты F-35 убедительно доказывают, что преимущества F-35 заключаются в использовании малозаметности, ресурсе конструкции, продолжительности полёта и способности выполнять разноплановые боевые задачи. С другой стороны, пилоты утверждают, что F-35 не оправдывает своей высокой стоимости [7].



Рисунок 3 – F-35

Су-35С (Россия; ОКБ «Сухого»)

Многофункционалный истребитель проектировался на базе Су-27 и совершил первый полёт 28 июня 1988 г. Он оснащён двумя двигателями АЛ-31ФП с системой управления вектором тяги, благодаря чему на нём впервые были опробованы новые манёвры со свехбольшими углами атаки. В его войсковой модификации Су-35С от 2011 г. роль тормозного щитка приняли на себя рули направления, отклоняющиеся в противоположные стороны. Также в данной модификации установлена передовая информационно-управляющая система, радиолокационная станция с мощной РЛС «Н035 Ирбис» и новые двигатели АЛ-41Ф1С, удовлетворяющие требованиям к истребителям пятого поколения. Незаметность повышена благодаря применению композиционных материалов, радиопоглощающих покрытий и радар-блокеров в воздухозаборниках [5].



Рисунок 4 – Су-35

МиГ 35 (Россия)

Многофункциональный комплекс МиГ-35 предназначен для завоевания господства в воздухе и нанесения эффективных ударов высокоточным оружием по наземным и надводным целям из-за пределов зоны противовоздушной обороны противника. Миг-35 может развивать скорость до 2400 километров в час, а дальность его полёта с подвесными топливными баками составляет три тысячи километров [5].



Рисунок 5 – МиГ-35

Eurofihter Typhoon (Британия, Италия, Германия; консорциум Eurofighter)

Созданию данного многофункционального истребителя предшествовало множество экспериментальных прототипов, из которых стоит выделить DA 1 и DA 2, совершившие свои первые полёты 02 марта 1994 г. и 06 апреля 1994 г. соответственно. Се-

рийное производство налажено с 2003 г. Конфигурация истребителя неустойчивая, что в совокупности с полностью цифровой бортовой электроникой и флаперонами, выполняющими функции элеронов, рулей высоты и закрылков, делает его одним из самых маневренных истребителей в мире. Радиолокатор «CAPTOR» в носовой части способен сопровождать до 20 целей на расстоянии до 180–300 км (в зависимости от размеров целей), и обеспечить поражение 6 из них. Бортовой комплекс обороны «DASS» на концах крыла выполняет несколько функций: устанавливает местоположение сканирующих РЛС, ведёт радиоэлектронную борьбу и предупреждает о захвате вражеской ракетой [6].



Рисунок 6 – Eurofighter Typhoon

SAAB JAS 39 Gripen (Швеция)

JAS 39 разработан для сурового северного климата: может взлетать с неподготовленных аэродромов и прост в обслуживании. Первый полёт совершил в 1988 г., в серийное производство поступил в 1993 г. Он предназначен для ведения воздушных боёв, разведки и уничтожения наземной техники. Выполнен по аэродинамической схеме «утка», аэродинамически неустойчив (устойчивость обеспечивает электродистанционная система SA11). Состоит из высококачественных металлов и композитов. Вооружение включает до 6 УРВВ RB 74, до 4 УРВП RB 75, 2 противокорабельные ракеты RBS 15F, свободнопадающие бомбы и неуправляемые авиационные ракеты. А также он может нести подвесные топливные баки и разведывательное оборудование в подвесных контейнерах. Благодаря существованию данного истребителя была разработана стратегия BAS 90, согласно которой в случае войны все авиабазы Швеции должны опустеть: все военные самолёты передислоцируются на рассредоточенные аэродромы (шоссе) [3].



Рисунок 7 – Saab JAS 39 Gripen Dassault Rafale (Франция)

Палубный перехватчик – ударный истребитель совершил первый полёт в 1986 г. В 2012 году встал на серийное производство. Может нести ядерную ракету ASMP (100–150 килотонн), УРВВ MICA, кассеты APACHE, свободнопадающие и корректируемые бомбы [6]. Уступает по своим возможностям всем вышеперечисленным истребителям.



Рисунок 8 – Dassault Rafale

Таблица 1 – Рейтинг истребителей и их характеристики

Истребитель	Максимальная скорость, км/ч	Максимальная перегрузка	Максимальная потолок, м	Практическая дальность, км	Площадь крыла, м	Тяговооруженность, кг	Калибр пушки, мм
Су-57	2600	11	20000	5500	82	10000	30
F-22 Raptor	2410	9	19800	3220	78	9000	20
Миг-35	2400	9	17500	1800	38	6500	30
F-35 Lightningll	2065	9	18300	2200	43	5000	20
Су-35с	2440	10	18000	4000	62	8200	30
Dassault Rafale	1900	9	16700	2000	46	9500	30
Jas39 Gripen	2125	9	19000	3500	28	5300	27
Eurofighter Typhoon	2120	9	19800	3790	52	6500	27

На сегодняшний день в России, несмотря на низкое финансирование военной авиации (в сравнении с НАТО), научно-техническая база заложенная в СССР позволяет на равных вести борьбу с авиацией вероятного противника: НАТО и США. В целом, прослеживается стремление Запада по развитию «стелс-технологий», в то время, как в наших приоритетах улучшение боевых характеристик истребителей. Истребитель, обладающий хорошей незаметностью, имеет ограничение по боевым характеристикам, и наоборот (т.к «стелс-технология» предусматривает внутреннее расположение вооружения и «стелс-компановку», которая не может обеспечить оптимальные боевые характеристики).

Следовательно, считаю рациональным максимальное вложение научных сил в одно из этих направлений, в то время как второе должно соответствовать базовым требованиям истребителя. Проще говоря, истребитель должен быть либо настолько незаметным, чтобы вражеские силы не могли его обнаружить, но при этом он мог вы-

полнять свои боевые задачи, либо он мог бы выполнять эффективные противоракетные приёмы (имея более высокую заметность), обладая большим количество вооружения.

Направление улучшение боевых характеристик для развития авиации, по которому мы движемся, является наиболее рациональным, что в целом даёт нашей авиации преимущество над авиацией НАТО и США.

Список литературы:

1. Бакурский В.В. Новые самолеты для Минобороны РФ // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. – 2022. – № 5. – С. 45–48.
2. Бакурский В.В. Новые самолеты для Минобороны РФ // Авиация и космонавтика вчера, сегодня, завтра. – 2023. – № 1. – С. 2–5.
3. Гардеенко Ю.В. Военная авиация / Ю.В. Гардеенко, В.П. Морозов. – М. : Издательство «Яуза», 2019. – С. 9–20.
4. Шипулин М.В. Истребительная авиация Вооруженных Сил Российской Федерации / В.В. Жужаев, А.Н. Бабков // Межвузовский сборник научных трудов. – 2024. – № 28. – С. 107–118.
5. Шунков В.С. Воздушная мощь России. – М., 2018 г. – С. 23–25.
6. Интернет-энциклопедия современной военной авиации airwar. – URL : http://www.airwar.ru/index.html, свободный (дата обращения 20.02.2025).
7. Wikipedia. Истребитель 5 поколения – энциклопедии. – URL : https://ru.wikipedia.org/wiki/HYPERLINK; https://ru.wikipedia.org/wiki/Истребитель_пятого_поколения"ИстребительHYPERLINK; https://ru.wikipedia.org/wiki/Истребитель_пятого_поколения"_HYPERLINK"https://ru.wikipedia.org/wiki/Истребитель_пятого_поколения"пятогоHYPERLINK; https://ru.wikipedia.org/wiki/Истребитель_пятого_поколения"_HYPERLINK; https://ru.wikipedia.org/wiki/Истребитель_пятого_поколения"поколения (дата обращения 28.03.2023).

УДК 614.88

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И АРМИИ США

♦♦♦♦♦

MODERN MEANS OF INDIVIDUAL MEDICAL CARE FOR MILITARY PERSONNEL OF THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION AND THE UNITED STATES

Шерстюк Р.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сорокин С.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается краткая история и современное развитие индивидуальных аптечек ВС РФ и США.

Ключевые слова: индивидуальная аптечка, АППИ, КУЛАК, протокол, жгут.

Sherstyuk R.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Sorokin S.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the brief history and further development of individual first aid of the Armed Forces of the Russian Federation and the United States.

Keywords: individual first aid kit, IFAK, MARCH, protocol, tourniquet.

В условиях современного мира, где безопасность и здоровье становятся приоритетами, выбор правильного медицинского снаряжения, применяемого на поле боя, играет ключевую роль. Среди самых современных, наиболее действенных и распространенных средств индивидуальной медицинской помощи стоит отметить аптечку АППИ 8, принятую для снабжения Вооруженных Сил России, и IFAK II, разработанную США и принятую для снабжения странами блока НАТО. Оба этих медицинских комплекта имеют свои особенности, которые стоит рассмотреть подробнее.

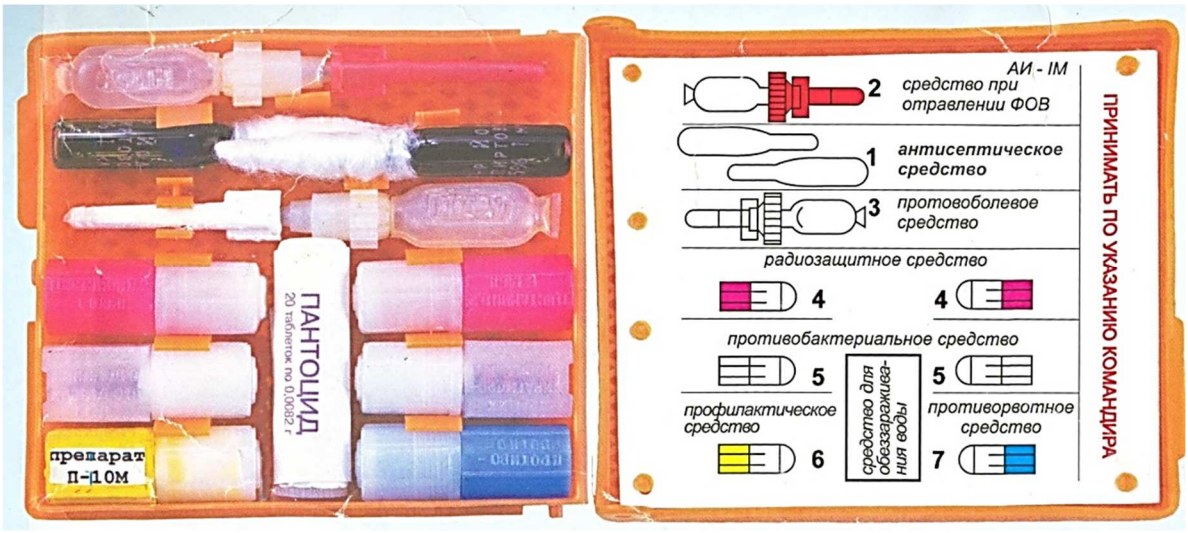
Аптечка военнослужащего в привычном нам виде – футляр со средствами для остановки кровотечения и перевязочным материалом – появилась только во время Второй мировой войны. Правда, в носимом запасе красноармейца могли быть лишь жгут и перевязочный пакет. В основном советским солдатам приходилось рассчитывать на санитара и его сумку.

В Советском Союзе была разработана система медицинского обеспечения армии, включающая в себя индивидуальные аптечки для солдат. Они стали более удобными и легкими, а также содержали новые препараты, такие как противошоковые средства и средства для восстановления дыхания.

Первой полноценной отечественной индивидуальной аптечкой стала так называемая, аптечка десантника, или АИ-1. Её разработали в 1970-х годах с учётом возможной холодной войны, которые предполагали боевые действия в условиях применения оружия массового поражения и приняли на снабжение Постановлением Госстандарта СССР от 31.08.1978 Также в неё добавили антибактериальные и обезболивающие средства, наиболее востребованные при ранениях. Аптечка индивидуальная (АИ-1) – предназначена для профилактики шока при ранениях, тяжелых травмах и первой медпомощи при радиационном, химическом и бактериальном поражениях, а также при их комбинациях с травмами.

Индивидуальная аптечка поступала в войска ограниченными партиями, но она оказалась не очень хорошо приспособленной для обычных вооружённых конфликтов. Поэтому советские солдаты хранили её содержимое в карманах формы, а перевязочный пакет и жгут, которые как раз были самыми необходимыми, – отдельно.

В 1995 год принята на снабжение армии аптечка индивидуальная медицинская АИ-1М, она имела следующие отличия от АИ-1: было добавлено средство для профилактики отравлений ФОВ П-10М, антисептическое средство, а также средство обеззараживания воды.



После Афганистана и первой чеченской кампании стала очевидна необходимость создания совершенно новой индивидуальной аптечки военнослужащего. В 2003 году Минобороны приняло на снабжение аптечку индивидуальную АИ-3-1ВС, как комплексное средство оказания неотложной помощи в порядке само- и взаимопомощи при ранениях и ожогах в боевых условиях, и её расширенную версию 2СП для спецподразделений. После этого началось её массовое производство и поставки в войска.

АИ-3-1ВС состояла из перевязочного пакета, эластичного жгута, контейнеров под шприцы-тюбики с обезболивающим, средств для обеззараживания воды, антибактериального средства и футляра.



Поскольку в тот период военная доктрина также не исключала применения противником оружия массового поражения, в аптечке был отдельный блок со средствами защиты от поражающих факторов ядерного оружия, антидотом при отравлении фосфорорганическими соединениями, средствами защиты от биологического оружия.

Всё это было в одном компактном подсумке с универсальным креплением, подвижной передней стенкой для удобного открытия и доступа, переменным объёмом, за счёт чего в неё можно было добавить дополнительные вложения. В основном с АИ-3-1ВС и малой частью штатных аптечек АППИ, из комплекта экипировки «Ратник» наши Вооруженные Силы и начали проведение СВО.

Содержание аптечки АППИ представлено 4 позициями: жгут Эсмарха кровоостанавливающий, пакет перевязочный, средство перевязочное гемостатическое стерильное, средство для дезинфекции (таблетки).



Во многом благодаря приказу Минобороны от 09 декабря 2022 г. № 760 «Об утверждении Перечня состояний, при которых оказывается первая помощь военнослужащим Вооруженных Сил Российской Федерации … в условиях военного времени, ведения военных (боевых) действий, выполнения боевых (учебно-боевых), служебно-боевых (оперативно-служебных) задач в области обороны, а также правил ее оказания», который определил перечень ранений и правила оказания первой помощи на поле боя и утвердил обновлённый стандарт АППИ, начало происходить совершенствование индивидуальных аптечек для бойцов Российской Федерации, по этому стандарту и сейчас выпускаются все армейские аптечки. Он в полной мере учитывает две самые массовые причины гибели военнослужащих на поле боя: массивное кровотечение и дыхательные нарушения.

В данный момент аптечкой оснащается каждый военнослужащий при выполнении специальных задач в области обороны.

Современные аптечки были созданы с учетом опыта боевых действий и требований, предъявляемых к медицинскому обеспечению солдат. Основной задачей стало создание компактного, легкого и многофункционального набора, который бы позволял быстро и эффективно оказывать первую помощь. По сравнению с индивидуальными аптечками начала 2010-х годов произошел настоящий скачок вперед. К большому сожалению, произошло это только в середине 2023 года

Первым шагом с начала проведения СВО стало принятие на довольствие Вооруженными Силами в 2023 г. новой индивидуальной аптечки – АППИ 7.





В процессе эксплуатации выясняется, что минимальный комплект не всегда достаточен, отсюда вывод — компактный размер существенно ограничивает объем полезной нагрузки. Поиск оптимального баланса задача непростая. Решить ее помогает только анализ и многократное использование, что происходит при сборе информации от военнослужащих.

Таким образом, с учетом опыта проведения СВО на базе АППИ-7 и была создана АППИ-8, обновив подсумок, и добавив некоторые препараты и элементы. Рассмотрев состав АППИ-8, можно сделать выводы, что при производстве учли факт наличия ранений в легочную полость с поражением дыхательной системы, добавив соответствующие препараты оказания самопомощи. Также не оставили без внимания факт гипотермии раненого при потере крови и оказания помощи в ночных условиях. Все вышеперечисленные дополнения удалось разместить в модифицированном отрывном подсумке, тем самым сэкономив огромное количество места на разгрузке бойца.



Аптечка IFAK II. (аббревиатура от англ.: Individual First Aid Kit) – стандартная индивидуальная аптечка НАТО.





По состоянию на начало 2023 года в Армии США применяется модернизированная аптечка IFAK II 2013 года. Отличается от модели первого поколения изменённой формой подсумка, наличием двух турникетов CAT в индивидуальных подсумках, вместо одного, закрепленного на подсумке аптечки, как было у первого поколения. Кроме того, добавлены стропорез, щиток для глаза и окклюзионный грудной пластырь.

Аптечка IFAK соответствует протоколам оказания помощи на поле боя M.A.R.C.H. / TCCC. Протоколом TCCC определены детальные алгоритмы работы на поле боя и четкое зонирование догоспитального этапа: оказание помощи под огнем, помощь на поле боя, тактическая эвакуация.

Первая публикация научного исследования о TCCC произошла в журнале Military Medicine в 1996 году, это исследование определило и продолжает определять вектор развития военной медицины США на десятилетия.

В России в период и после военной операции в Сирии, появились отечественные протоколы оказания первой помощи, был издан ряд современных учебно-методических пособий, где впервые в новейшей истории страны подробно и доступно показано, что делать при ранении на поле боя.

Наименование	IFAK II	АППИ 7	АППИ 8
Год постановки на обеспечение	2013 г., модернизированная в 2023 г.	Образец 2023 г. (замена аптечки 2011 г.)	Разработанная в конце 2023 г.
Чехол	подсумок трехсекционный отрывной на molle-стропах	подсумок двухсекционный на molle-стропах	Аптечка отрывная на molle-стропах
Состав аптечки:			
Кровоостанавливающие средства	Турникет – 2 штуки	Турникет	
		Жгут силиконовый или резиновый	Жгут силиконовый
Средство перевязочное гемостатическое	кровоостанавливающий бинт (QuikClot Combat Gauze)	«ГЕМОСПАС», «Гемофлекс» или «ГЕО МЕД»	«ГЕМОСПАС-БИО» или «Гемофлекс»
Средство перевязочное	Бандаж для первой помощи с аппликатором для давления на рану	Компрессионная бандажная повязка для остановки кровотечений: КБП-О или «ГЕО МЕД»	Компрессионная бандажная повязка для остановки кровотечений, КБП-О
	Бинт для тампонады стерильный	–	Средство перевязочное для тампонады (z-бинт) «Геомед». Может быть заменено обычным бинтом
Средство обеспечения проходимости дыхательных путей	Назофарингеальный воздуховод	–	Назофарингеальный воздуховод
Средства для борьбы с нарушениями дыхания	Окклюзионный грудной пластырь Ашермана	–	Окклюзионная наклейка с клапаном «Новопласт-М»
	Набор для декомпрессии или катетер		
Другие средства	–	Индивидуальный противохимический пакет ИПП-11	Индивидуальный противохимический пакет ИПП-11
	–	–	Армированная липкая лента
	Щиток для глаза	–	–
	Противоожоговая повязка	–	–
	Термоодеяло	–	Термоодеяло
	Внутривенный катетер G 18	–	–
	Треугольный платок	–	–
	Пластырь антибактериальный	–	–
	Ножницы тактические со страховочным тросиком	Ножницы тактические	Ножницы тактические со страховочным тросиком
	Стропорез	–	–
	Перчатки резиновые	–	Перчатки резиновые
	Антисептик (хлоргексидин)	–	–
	Английские булавки	–	–
	Карточка раненого	–	–
	Несмываемый маркер	Несмываемый маркер	Несмываемый маркер
	ХИС (источник света химический)	–	ХИС (источник света химический)
	обезболивающие ненаркотические средства	–	–
	антибиотики	–	–
	–	Контейнер для шприц-тюбика	Контейнеры для шприц-тюбика. Два белого цвета (Нефопам) и один оранжевый (Промедола)
	–	Таблетки для обеззараживания воды	Таблетки для обеззараживания воды
	–	Руководство по оказанию помощи	Руководство по оказанию помощи

Одно дело иметь под рукой аптечку, другое – грамотно её использовать – готовность военнослужащего к оказанию первой помощи определяется несколькими основополагающими факторами.

Первый – теоретические знания. Например, боец должен знать, как останавливать различные кровотечения и что жгут нельзя держать дольше 60 минут.

Второй важный фактор – выработка устойчивых практических навыков. До автоматизма должно быть отработано накладывание жгутов, повязок, окклюзионных пластырей, умение бинтовать различные участки тела, применять перевязочный пакет на культю, грудь, живот. Более того, необходимо научиться использовать все знания в темноте, в стрессе, под огнём. Иначе не будет иметь значение укомплектованность, даже отличной аптечкой. Какого-либо определённого места для ношения аптечки нет, но в одном подразделении аптечка у каждого бойца должна располагаться в одном и том же месте. Бойцам следует определиться, что все носят её, например, на бронежилете слева, или на ременно-плечевой системе (РПС) сзади. Это требуется для того, чтобы в случае ранения не тратить время на поиск аптечки на снаряжении раненого или в рюкзаке.

Третьим фактором является знание протоколов оказания медицинской помощи, ведь даже зная нюансы оказания первой помощи, боец может растеряться или запутаться, упустив те самые минуты или даже секунды, от которых зависит его жизнь или жизнь его боевого товарища. Чтобы этого не случилось, существуют специально разработанные протоколы, другими словами – инструкции, четкая последовательность действий, которые военнослужащие должны не задумываясь осуществлять при оказания само- и взаимопомощи. Так же стоит учесть, что протоколы, под которые и созданы эти аптечки, отличаются своей наполненностью и запоминанием.

Что характерно, акронимы, используемые в названии протокола, полностью расшифровывают действия, которые должен уметь вовремя осуществить каждый военнослужащий.

Протокол **MARCH-PAWS** – это акроним армии США и стран НАТО, последовательное выполнение пунктов которого позволяет снизить вероятность раненого погибнуть на поле боя.

К.У.Л.А.К. – Б.А.Р.И.Н. – это российский алгоритм, имеющий запоминающееся название, которое легко усвоить даже в условиях стресса. Это крайне важно, когда необходимо быстро принять решение и начать действовать.

MARCH		**К.У.Л.А.К.**	
1		2	
Massive Hemorrhage – остановка жизнеугрожающего кровотечения	M	К	кровотечение (найти источник кровотечения, наложить жгут)
Airways – обеспечение проходимости дыхательных путей	A	У	удушье (очистка верхних дыхательных путей)
Respiration – закрытие ран грудной клетки, обеспечение дыхательных функций	R	Л	лёгкие (осмотр на предмет отсутствия ранений грудной клетки, борьба с пневмотораксом)
Circulation – полный осмотр раненого, остановка кровотечений, диагностика шока, восполнение кровопотерь	C	А	артерии и вены (полный осмотр раннего с головы до пят на предмет других кровотечений)
Hypothermia/Head injuries – профилактика переохлаждения и лечение травм головы	H	К	контроль гипотермии (согревание раненного, грелки, спасательное одеяло, заполнение карточки раннего)
PAWS		**Б.А.Р.И.Н.**	
Pain – обезболивание: применение фармакологических и нефармакологических средств купирования боли	P	Б	боль (обезболивающие)
Antibiotics – применение антибиотиков широкого спектра внутрь. Если раненый в сознании, допустимо принять таблетку внутрь	A	А	антибиотик (борьба с инфекцией)
Wounds – вторичный осмотр пострадавшего и менее приоритетные ранения такие как переломы, ожоги, травмы глаз, скальпированные раны	W	Р	раны (тампонада ран, повязки, ожоги, глазные щитки)

1		2	
Splint – наложение шин на переломы и иммобилизация повреждённых конечностей	S	И	иммобилизация (использование шин, подручных средств, армированного скотча и т.д.)
		Н	носилки (завершение мероприятий догоспитального этапа, полное заполнение карточки раннего, передача раннего на эвакуацию)

Особенности и преимущества АППИ-8.

1. Отечественный протокол действий в случае получения ранения военнослужащим на поле боя в связке с АППИ-8 имеет преимущество в простоте эксплуатации и понимания действий, что особо важно в наше время, когда мобилизационный резерв необходимо в кратчайшие сроки обеспечить качественной подготовкой. Четкая, отработанная последовательность действий, единая для всех ситуаций, в этих условиях срабатывает наиболее эффективно.

2. Многофункциональность: аптечка содержит все необходимые средства для оказания первой помощи при различных травмах и состояниях по алгоритму, что делает ее универсальным инструментом на поле боя.

3. Удобство использования: Все элементы аптечки организованы таким образом, чтобы их можно было быстро найти и использовать в экстренной ситуации в соответствии с принятым протоколом КУЛАК-БАРИН, то есть «от наиболее опасного поражающего фактора к менее опасному».

Список литературы:

1. Румянцев С.В. Основы подготовки лётчика к ведению боевых действий с учётом опыта специальной военной операции» : учеб. пособие / С.В. Румянцев, А.В. Новик, Р.С. Шерстюк. – Краснодар : КВВАУЛ, 2022. – 71 с.
2. Справочник тактической медицины: справочник. – СПб. : ВМА, 2022. – 35 с.

УДК 629.735

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОМПОНОВКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

♦♦♦♦♦

PROMISING CONFIGURATIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Сизов А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Кругликов А.Е.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ракло А.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Данная статья посвящена анализу существующих и перспективных компоновок беспилотных летательных аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, мультикоптер, автожир.

Sizov A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kruglikov A.E.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Raklo A.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article is devoted to the analysis of existing and prospective configurations of unmanned aerial vehicles.

Keywords: unmanned aerial vehicles, multicopter, autogyro.

В условиях современных войн всё большую роль играют беспилотные летательные аппараты (БЛА). Изначально они занимались только разведкой, а позднее получили серьёзное вооружение и возможность доставлять боеприпасы на передовую. На сегодняшний день без их участия не проходит ни один вооружённый конфликт.

БЛА разделяют как по способу их применения и различиям конструкции, так и по взлётной массе, дальности полёта, его высоте и продолжительности, а также по габаритам аппаратов.

На сегодняшний день создано огромное количество моделей БЛА, разработанных под различные задачи и сильно различающиеся по конструкции. Рассмотрим наиболее известные типы конструкций, получившие наибольшую популярность и доказавших своё превосходство среди остальных.

Различают 4 типа БЛА:

– БЛА самолётного типа;
– мультироторные БЛА;
– БЛА аэростатического типа;
– беспилотные конвертопланы и гибридные модели.

БЛА самолетного типа

Также они известны как БЛА с жёстким крылом (fixed-wing UAV). У таких БЛА подъёмная сила создается аэродинамическим способом благодаря давлению воздуха на неподвижное крыло. Такие модели обычно отличаются большой продолжительностью полёта, поднимаясь на максимальную высоту на высокой скорости.

БЛА самолетного типа очень много, различаются они по форме крыла и фюзеляжа.

На рисунке 1 показан экспериментальный многоцелевой самолёт Proteus, от компании Scaled Composites (США). Существуют пилотируемый и беспилотный вари-

анты данного самолёта. Его отличительной особенностью стала тандемная схема расположения крыльев. Длина БЛА 17,1 м, размах задних крыльев 28 м, максимальная высота 16 км (при нагрузке 3,2 т), взлетная масса 5,6 т, максимальная скорость 520 км/ч (измерялась на высоте 10 км). Продержаться в полёте он может до 18 часов. Поднимают его в воздух пара турбореактивных двигателей с тягой по 10,2 кН.



Рисунок 1 – Многоцелевой самолёт Proteus

На рисунке 2 изображён разведывательный БЛА RQ-4 Global Hawk, разработанный Teledyne Ryan Aeronautical (США), входящей в Northrop Grumman. БЛА имеет необычную форму фюзеляжа, а отсутствие кабины с пилотом, позволило разместить в носовой части радиолокационное и оптическое оборудование. Один из плюсов подобных БПЛА в отсутствии необходимости перевозить пилота в тяжёлом костюме, его кресло с механизмом катапультирования, запас провизии на случай долгого полёта. Корпус дрона выполнен из композитных материалов на основе углеволокна и алюминиевых сплавов, при длине 13,5 м, размах крыльев достигает 35 м. Имея взлётную массу 15 тонн, беспилотник может переносить до 900 кг полезной нагрузки. RQ-4 Global Hawk способен летать до 30 часов на одной заправке, поднимаясь на высоту до 18 км. Его турбореактивный двигатель с тяговым усилием 34,5 кН развивает скорость до 640 км/ч.



Рисунок 2 – Разведывательный БЛА RQ-4 Global Hawk

Рисунок 3 изображает нестандартный боевой палубный БЛА X-47B от Northrop Grumman (США). По форме он напоминает Стелс (Lockheed F-117 Nighthawk). Запуск с корабля сильно повлиял на конструкцию БЛА. Так его крылья могут складываться, чтобы умещаться на палубе авианосца, имея длину 11,6 м, размах крыльев 18,9 м, (а в сложенном состоянии всего 9,4 м), весит он 6,3 т, максимальная взлетная масса составляет 20,2 т. Турбореактивный двигатель от Pratt amp. Whitney (Канада) разместился в задней части БЛА и обеспечивает скорость полета 900 км/ч. Радиус работы БЛА составляет 3900 км, а максимальная высота 12,2 км. В воздухе он сможет проводить до 80 часов (более 3 суток), ожидается, что будет возможность дозаправки в воздухе, чтобы максимально увеличить длительность полёта.

Для полёта БЛА самолетного типа чаще всего используют тянущие или толкающие винты, либо импеллеры (impeller, ducted fan, shrouded propeller), что представляют из себя лопаточные машины в цилиндрическом кожухе. Самые скоростные БЛА оснащены реактивными двигателями.

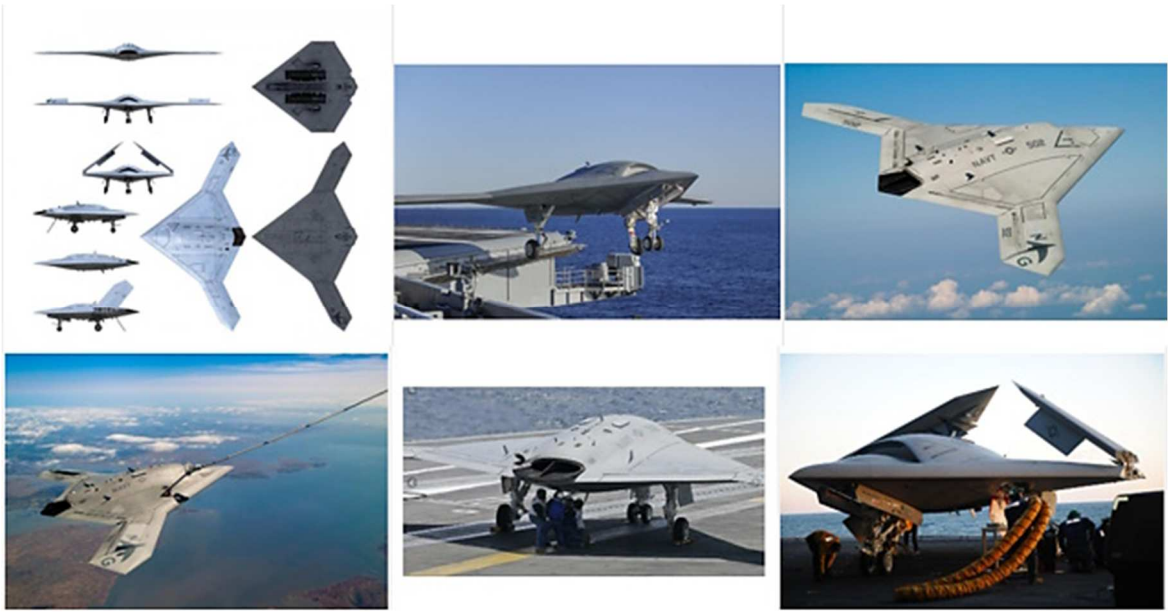


Рисунок 3 – Палубный БЛА X-47B

Для БЛА самолетного типа как правило требуется взлётно-посадочная полоса (ВПП) или стартовые катапульты. Но имеются БЛА запускаемые с руки, их можно отнести к легкому классу (рисунок 4). Для посадки также необходима ВПП, специальный тормозной парашют, либо улавливатели (тросы, сетки или растяжки), применяемые для традиционной палубной авиации с пилотами.



Рисунок 4 – Способы запуска БЛА

Таким образом, минусом БЛА самолетного типа стала сложность взлёта и посадки, для которых требуются ВПП, устройства запуска и посадки. Поэтому прогресс пошёл в сторону нетрадиционных схем БЛА, позволяя получить безаэродромные аппараты. Например, самолёты вертикального взлёта и посадки (VTOL, Vertical Take-Off and Landing), далее СВВП. Сейчас представлено множество их представителей, являющихся гибридами самолётов и вертолетов. Так многие СВВП, приводятся в движение реактивным двигателем, импеллером или небольшими пропеллерами. Их условно разделяют по положению фюзеляжа при взлёте и посадке на БЛА с вертикальным положением фюзеляжа или тэйлситтеры (tailsitter) и традиционным горизонтальным (рисунок 5).

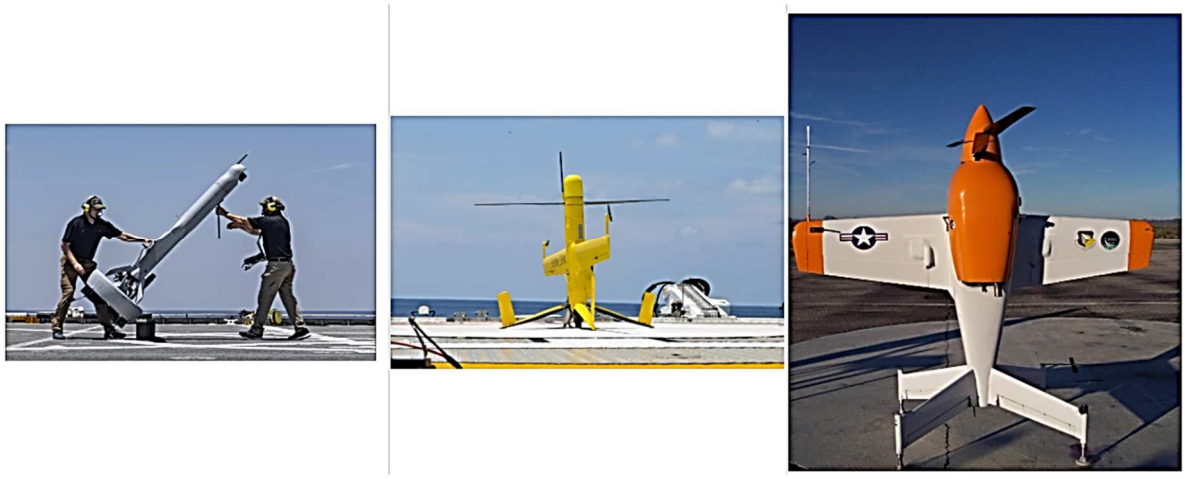


Рисунок 5 – Самолёты вертикального взлёта и посадки

Тэйлситтеры в стартовом положении как правило опираются хвостовой частью на грунт (могут использоваться небольшие упоры-подставки). При этом в воздух его поднимают тянущие винты, расположенные в носовой части. Посадка и взлет происходят вертикально, а наиболее сложным для СВВП манёвром стал переход с вертикальной фазы полета на горизонтальную и обратно. В этот момент они наиболее уязвимы.

Так же есть особый вид БЛА с жёстким зонтообразным крылом, созданный благодаря эффекту Коанда (рисунок 6). Они совсем не похожи на самолёты, но по принципу полёта больше всего соответствуют именно им.



Рисунок 6 – БЛА на эффекте Коанда

Эффект Коанда был открыт в далёком 1932 году румынским ученым Анри Коандэ. Он обнаружил физическое явление, при котором поток жидкости или газа стремится отклониться по направлению к стенке тела с криволинейной поверхностью, а при определенных условиях прилипает к ней, хотя теоретически должен продолжать движение в начальном направлении. Действие эффекта Коанды можно увидеть при подаче слоя воздуха через узкую щель. Он захватывает окружающий его воздух, создавая настилающую струю. При этом, дальность распространения настилающей струи в 1,2 раза больше, по сравнению со стесненной струей (которая ограниченна со всех сторон, как в трубе). Получается, что струя, которая настилается на поверхность, получает большую дальнобойность при прочих одинаковых условиях, чем струя ненастилающая.

БЛА на эффекте Коанда имеет относительно простое устройство. Над зонтообразной поверхностью монтируется вентилятор или реактивный двигатель, создающий поток воздуха, который выходя через узкую щель, настилает криволинейную поверхность, поднимая аппарат в воздух.

БЛА на эффекте Коанда имеют неоспоримое преимущество в городских условиях, лесистой и горной местности, где есть высокий шанс повредить несущий винт. Поэтому эти БЛА выигрывают у БЛА вертолетного типа, поскольку почти не получают повреждений от небольших столкновений с препятствиями. В то время, как для обычного БЛА такое столкновение может стать фатальным.

Мультироторные БЛА

На сегодня самыми распространёнными БЛА стали мультикоптеры. К ним относятся БЛА имеющие больше пары несущих винтов. Реактивные моменты уравновешиваются за счет вращения несущих винтов попарно в разные стороны или наклона вектора тяги каждого винта в нужном направлении. Такие мультикоптеры обычно относятся к классам мини- и микро-БЛА.

Изначально основным назначением мультикоптеров были фото и видеосъёмка различных объектов, и они оснащались управляемыми подвесами для камер. Позднее их стали использовать для сельскохозяйственных работ (опрыскивание полей от вредителей), и для доставки грузов небольшого веса. Сейчас их активно используют для разведки позиций противника и сброса маленьких бомб, способных выводить из строя бронетехнику или группу пехотинцев (рисунок 7).



Рисунок 7 – Мультикоптеры

Трикоптер представляет собой наиболее простой вид мультикоптеров. Обычно он летит двумя винтами вперёд, а третий становится хвостовым. При этом передние винты имеют противоположные направления вращения лопастей. взаимно компенсируя реактивные закручивающие моменты. У хвостового винта пара отсутствует, и для компенсации его реактивного момента, ось вращения винта немного наклоняют в сторону, противоположную направлению закручивания. Это происходит при помощи сервопривода и тяги, используемой для стабилизации и управления положением аппарата по курсу.

Квадрокоптер стал наиболее распространенным видом мультикоптеров. Сейчас используются две схемы движения: схема «+» и схема «х». В плюсовой схеме один из роторов считается передним, противоположный ему задним, а оставшиеся пара роторов боковыми. В иксовой схеме передними считаются сразу два ротора, а противоположные им задними. При смещении вбок также используется пара роторов. Для схемы «+» используется более простой алгоритм управления винтами, чем для схемы «х». Но последняя имеет конструктивные преимущества и применятся чаще. При схеме «х» проще разместить фюзеляж, форма которого может быть вытянутой, а бортовая видеокамера получает более свободный обзор.

Гексакоптеры и октокоптеры, имеют уже по 6 и 8 роторов, обладая большей грузоподъёмностью. Вторым их плюсом стала возможность полёта при повреждении одного двигателя. Третьим плюсом стала меньшая вибрация, что критично для видеосъемки. Минусами стали более высокая цена и высокий расход заряда батареи.

БЛА аэростатического типа

БЛА аэростатического типа или дирижабли (blimps) получают подъёмную силу благодаря архимедовой силе, действующей на оболочку, заполненную лёгким газом (обычно гелием) (рисунок 8).

Само слово дирижабль появилось от французского dirigeable – управляемый. Сейчас это аэростат с винтом (пропеллером или импеллером) и электрическим двигателем или ДВС, а также системой управления, позволяющей дирижаблю перемещаться в любом направлении, несмотря на воздушные потоки.



Рисунок 8 – БЛА аэростатического типа

Плюсы дирижабля – большая грузоподъемность и максимальная дальность беспосадочных полётов. Также у них минимальный расход топлива, маленькая стоимость полёта и перевозки грузов. Габариты его внутренних помещений могут быть внушительными, при этом в воздухе он может находиться неделями. Дирижаблю не нужен аэродром, но необходима причальная мачта. Он способен полностью не приземляться, а повиснуть над землей, подобно вертолёту. Из минусов можно отметить небольшую скорость полёта и чувствительность к сильному ветру, который может не дать повиснуть над землей. Теоретически небольшие дирижабли можно использовать для позиции расчёта снайперов или станции подзарядки/перезарядки боевых БЛА.

Беспилотные конвертопланы и гибридные схемы

Существуют также гибридные винтокрылые аппараты, например, автожиры и конвертопланы, одновременно имеющие признаки как вертолётов, так и самолетов (рисунок 9).



Рисунок 9 – Автожиры

Наподобие вертолета, автожиру несущий винт нужен для создания подъёмной силы. Но она основана на другом принципе. Несущий винт создаёт виртуальную плоскость, набегая на которую, потоки встречного воздуха, создают подъёмную силу. При этом в полёте несущий винт наклонён назад, против воздушного потока. А у вертолёта, наоборот, несущий винт наклоняется в сторону движения, поскольку создаёт одновременно и подъёмную, и горизонтальную пропульсивную силы. Также автожир имеет тянущий или толкающий маршевый винт (пропеллер), как у самолёта. Именно маршевый винт придаёт автожиру горизонтальную скорость.

Минус многих автожиров в неумении взлетать вертикально, а плюс в более скромных требованиях для разбега. Например, им требуется разбег для взлета не превышающий 10–50 м, при условии предраскрутки ротора, это ощутимо меньше, чем нужно самолётам. Другой плюс автожиров в посадке без пробега, либо с коротким пробегом (несколько метров). По манёвренности они немного уступают вертолётам, но ощутимо превосходят самолеты. Также автожир сложнее сбить, если для самолета критична потеря скорости, после которой он свалится в штопор, то автожир просто начнёт снижаться. Если отказывает мотор, то автожир не падает, а начинает снижаться (планировать), благодаря эффекту авторотации. У вертолёта после отказа двигателя, несущий винт тоже переходит в режим авторотации. Но происходит это не сразу, за эти несколько секунд успевают упасть обороты ротора, критически важные при вынужден-

ной посадке. Для перевозки людей и животных автожиры гораздо безопаснее вертолётов и самолётов. В плане безопасности они близки к дирижаблям, при крушении которых жертв было всегда немного.

Многие модели автожиры летают со скоростью до 180 км/ч, соперничая с лёгкими вертолётами, но немного уступая лёгким самолетам. Расход топлива обычно не превышает 15 литров на 100 км при скорости 120 км/ч. В этом они проигрывают самолётам. По сравнению с вертолётами, их легче и дешевле обслуживать, ввиду отсутствия сложной трансмиссии. Также автожиры испытывают меньшую вибрацию, и могут летать при сильном ветре (до 20 м/с). Это делает их выгодными при транспортировке раненных, которым требуется максимальный покой. На сегодня автожиры выпускаются в обоих исполнениях (беспилотные и пилотируемые) по всему миру.

Конвертопланами (convertiplane, heliplane) называются аппараты с поворотными винтами, при взлёте и посадке они поднимают или опускают БЛА, а в горизонтальном полёте тянут. Во время полёта подъёмная сила достигается при помощи крыльев. По сути это гибрид, являющийся аналогом вертолёта по взлету и посадке, и самолёта в горизонтальном полёте. Конвертопланы имеют большие винты, помогающие при вертикальном взлёте. Но в дальнейшем полёте они проигрывают по эффективности винтам самолёта, имеющим меньший диаметр.

Сами конвертопланы по конструкции делятся на 3 подкласса:

– БЛА с поворотными винтами (Tiltrotor);
– БЛА с поворотным крылом (Tiltwing);
– БЛА со свободным крылом (Freewing).

Конструктивная особенность конвертопланов с поворотными винтами заключается в том, что поворачиваются гондолы с винтами и двигателями, а не сами винты. Их крылья имеют небольшой размах и остаются неподвижными (рисунок 10).



Рисунок 10 – ЛА с поворотными винтами

У моделей с поворотным крылом поворачивается всё крыло. Плюс данной схемы наглядно виден при вертикальном взлёте, когда крылья не закрывают воздушный поток от винтов, что ощутимо повышает их эффективность (рисунок 11).



Рисунок 11 – ЛА с поворотным крылом

В конвертопланах со свободным крылом в разных фазах полёта отклоняются сами винты, создавая при этом вертикальную или горизонтальную тягу. Тем временем крылья свободно вращаются, перпендикулярно фюзеляжу. Они принимают вертикальное, горизонтальное или любое промежуточное положение под напором воздуха, создаваемого винтами. Плюсом данных БЛА стала устойчивость полёта (рисунок 12).



Рисунок 12 – БЛА со свободным крылом

Рассмотрим ещё один уникальный БЛА Black Hornet Nano – небольшой военный БЛА, разработанный норвежской компанией Prox Dynamics. Он размером с колибри и весит всего 16 грамм, что делает его одним из самых маленьких военных БЛА в мире. Несмотря на свои небольшие размеры, Black Hornet оснащен передовыми технологиями, которые позволяют ему выполнять самые разные задачи (рисунок 13).



Рисунок 13 – БЛА Black Hornet Nano

Одной из ключевых особенностей Black Hornet Nano является возможность удаленного управления одним оператором. Им можно управлять с помощью ручного контроллера, и он может летать до 25 минут на одном заряде батареи. БЛА оснащен камерой, которая может передавать оператору живое видео, позволяя ему видеть то, что видит БЛА, в режиме реального времени. Это делает Black Hornet эффективным инструментом для разведки, наблюдения и ситуационной осведомленности.

В дополнение к возможностям дистанционного управления Black Hornet Nano также можно запрограммировать на полет по заранее определенному маршруту. Это позволяет использовать его для таких задач, как осмотр трубопроводов или патрулирование границ. БЛА оснащен датчиками, которые позволяют ему обходить препятствия и избегать столкновений, что делает его идеальным для использования в различных условиях.

Black Hornet Nano использовался рядом вооруженных сил по всему миру, включая британскую и норвежскую армии. Он оказался ценным инструментом для солдат в полевых условиях, поскольку позволяет им собирать разведданные и получать информацию об обстановке, не подвергая себя опасности.

Список литературы:

1. Яцук К.В. Применение беспилотных летательных аппаратов в локальных конфликтах и войнах / К.В. Яцук, М.С. Стафеев, С.В. Казаринов // Молодой ученый. – 2016. – № 25. – С. 107–119.
2. Способ автономной коррекции инерциальной навигационной системы беспилотного летательного аппарата на основе современных геоинформационных технологий / А.В. Сизов [и др.] // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – Воронеж : ВИВТ, 2019. – Т. 7. – Вып. 1. – С. 183–196. – URL : http://moit.vivt.ru

УДК 623.746

ИННОВАЦИЯ В УПРАВЛЕНИИ САМОЛЕТОМ ИСТРЕБИТЕЛЬНОЙ АВИАЦИИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

♦♦♦♦♦

INNOVATION IN THE CONTROL OF FIGHTER AIRCRAFT OF THE ARMED FORCES OF THE RUSSIAN FEDERATION

Шипулин М.В.
кандидат военных наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
shmv13@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена существующая автоматизация средств управления самолетов истребительной авиации Вооруженных Сил Российской Федерации и иностранных государств. Приведены предложения по усовершенствованию управления авиационной техникой летчику за счет использования искусственного интеллекта и голосового управления.

Ключевые слова: истребительная авиация, автоматизированные системы управления, искусственный интеллект, голосовое управление.

Shipulin M.V.
PhD in Military Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
shmv13@yandex.ru

Abstract. The article examines the existing automation of fighter aircraft controls of the Armed Forces of the Russian Federation and foreign countries. Proposals are made to improve the control of aviation equipment to the pilot through the use of artificial intelligence and voice control.

Keywords: fighter aircraft, automated control systems, artificial intelligence, voice control.

Автоматизация средств управления самолётов истребительной авиации является одной из перспективных направлений развития военной авиации, поскольку повышает качество пилотирования лётчиком, а также позволяет в будущем внедрить полностью автономную систему управления самолётом или технологию дистанционного управления самолётом.

Главным преимуществом автономной системы управления самолётом является повешение выживаемости летных экипажей при выполнении любых полётов. Прямо пропорционально развитию технологий росла и степень автоматизации истребительной авиации, она повышалась исторически: от первых самолётов, ограниченные возможности которых не требовали введения автоматизированных систем, до современного истребителя Су-57, оснащенного «интеллектуальной поддержкой», и предназначенного для ведения современной войны [4]. «Автоматизация, комплексирование информации и интеллектуальная поддержка являются определяющими требованиями к эргономике кабины современного истребителя», – начальник отдела кабин ОКБ Сухого компании «Сухой» Никита Дорофеев [1, 5, 6].

Для рассмотрения тенденций развития автоматизации в истребительной авиации, представлены истребители, в которых установлено оборудование, с элементами автоматизации работы [2, 7].

Оборудование истребителя третьего поколения МиГ-23МЛ:

1. Система автоматического управления САУ-23АМ;
2. Пилотажно-навигационный комплекс ПНК «Полёт-21-23»;
3. Радиолокационный прицел «Сапфир»;
4. Теплопеленгатор ТП-23М;
5. Станция предупреждения об облучении СПО-2М;
6. Система командного управления «Лазурь-СМЛ».

Оборудование истребителя четвёртого поколения МиГ-29С:

1. Система автоматического управления САУ-45;
2. Система ограничительных сигналов СОС-3М;
3. Система управления вооружением СУВ, сопряженная с радиолокационным прицельным комплексом РЛПК-29С;
4. Станция предупреждения об облучении СПО-15ЛМ «Береза»;
5. Оптико-электронный прицельно-навигационный комплекс ОЭПрНК-29.

Оборудование истребителя 3 поколения F-4D Phantom II:

1. Радиолокационная станция РЛС AN/APQ-109;
2. Оптический прицел AN/ASG-22;
3. Приемник радионавигационной системы РНС AN/ARN-92;
4. Система радиолокационной разведки AN/APR-25.

Оборудование лёгкого многоцелевого истребителя F-5E Tiger II:

1. Радиолокационная станция РЛС AN/APQ-159;
2. Приёмник спутниковых навигационных систем TACAN;
3. Станция предупреждения об облучении СПО AN/ALR-46.

Оборудование всепогодного истребителя 4 поколения F-15D:

1. Радиолокационная станция РЛС AN/APG-70;
2. Приёмник радионавигационной системы РНС AN/ARN-118 TACAN;
3. Терминал системы распределения тактической информации JTIDS.

Оборудование лёгкого истребителя четвёртого поколения F-16C:

1. Радиолокационная станция РЛС AN/APG-68;
2. Цифровая электродистанционная система управления ЭДСУ;
3. Контейнер навигационно-прицельной системы LANTERN;
4. Контейнер радиоэлектронной борьбы РЭБ AN/ALQ-119;
5. Широкоугольный индикатор лобового стекла ИЛС с голографической оптикой;
6. Речевой информатор.

Оборудование истребителя четвёртого поколения Су-27П:

1. Электродистанционная система управления ЭДСУ;
2. Радиолокационный прицельный комплекс РЛПК-27;
3. Оптико-электронная прицельная станция ОЭПС-27;
4. Бортовой комплекс обороны БКО «Береза»;
5. Речевой информатор.

Оборудование малозаметного многоцелевого истребителя «пятого поколения» F-22A:

1. Цифровая электродистанционная система управления ЭДСУ с троекратным резервированием каналов;
2. Радиолокационная станция РЛС AN/APG-77;
3. Терминал распределения тактической информации JTIDS;
4. Комплекс радиоэлектронной борьбы РЭБ AN/ALR-94;
5. Речевой информатор.

Оборудование истребителя 5 поколения F-35 Joint Strike Fighter:

1. Помимо доработанного оборудования F-22A, авионика получает данные не только от собственных датчиков MIRES, но и от других источников информации (наземные источники, другие самолёты, спутники);
2. Многофункциональная интегральная система радиолокации;
3. Инфракрасная система IRST JDAM;
4. Система высокоточного оружия LOCAAS;
5. Речевой информатор.

Оборудование многоцелевого истребителя 4 поколения Mirage 2000C:

1. Радиолокационная станция РЛС Cyrano IV;
2. Автопилот SFENA 505;
3. Приёмник радионавигационных сигналов РНС TACAH;
4. Аналоговая электродистанционная система управления ЭДСУ;
5. Речевой информатор.

Оборудование истребителя 4 поколения EF-2000 Typhoon:

1. Электродистанционная система управления ЭДСУ, обеспечивающая «искусственную» устойчивость и учет влияния погодных условий на пилотирование истребителя;
2. Система управления вооружением СУВ включает в себя многорежимный когерентный импульсно-доплеровский бортовую радиолоканную станцию БРЛС ECR 90 и инфракрасную ИК систему обзора PIRATE;
3. Оборонная система PASS оценивает информацию получаемую от РЛС и ИК датчиков, анализирует угрозы и при необходимости включает средства защиты и предупреждения о угрозах;

4. Речевой информатор.

Оборудование многоцелевого истребителя поколения 4++ Су-35:

1. Радиолокационная станция РЛС Н011 и РЛС заднего обзора;
2. Оптико-локационная прицельная система с цветовым телевизионным каналом теплопеленгатора;
3. Лазерный дальномер-целеуказатель;
4. Бортовой комплекс обороны БКО со станцией радиотелефонной разведки и система постановки помех СПП;
5. Речевой информатор.

Оборудование многоцелевого истребителя пятого поколения Су-57:

1. Многофункциональные индикаторы МФИ-35;
2. Широкоугольная коллимационная система ШКС-5;
3. Речевой информатор;
4. Радиолокационная станция с АФАР Н036 «Белка»;
5. Оптико-электронная локационная система ОЛС-50М;
6. В Су-57 применяется технология интеллектуальной поддержки – она помогает пилоту решать задачи на основе текущей обстановки и с учетом прогноза ее развития.

Рассмотрев данные примеры внедрения нового оборудования и систем в современные истребители, мы убеждаемся в актуальности автоматизации, которая необходима для упрощения пилотирования самолётов посредством освобождения лётчика от контроля параметров работы множества отдельных систем и выполнения рутинных действий [4]. Следовательно, главной задачей автоматизации является освобождение внимания летчика на оценку воздушной обстановки, а значит, повышения эффективности боевого применения.

Голосовое управление

Внедрение технологий голосового управления в истребители представляет собой перспективное направление развития в области авиационной автоматизации. Голосовое управление позволяет пилотам взаимодействовать с бортовыми системами истребителя с помощью голосовых команд, что существенно упрощает и ускоряет процесс общения и управления.

Внедрение голосового управления в истребители позволит пилотам освободить руки от выполнения рутинных операций, таких как ввод координат, переключение режимов работы систем или управление оружием. Это позволит им сосредоточиться на выполнении тактических задач и боевых маневрах, повышая тем самым эффективность истребителя в боевых условиях. Голосовое управление также улучшит скорость принятия решений и уменьшит время реакции пилота на изменяющиеся боевые ситуации. Быстрый доступ к информации и возможность командовать системой голосом позволит пилотам быстро реагировать на угрозы и эффективно выполнять боевые задачи.

Данная система повышает качество применения подразделений оперативно-тактической авиации, так как позволяет летчикам управлять системами самолёта, не отвлекаясь от ведения воздушного боя (разведки). Принципами построения системы служат: безопасность, точность, эффективность.

Применение искусственного интеллекта

Внедрение алгоритмов искусственного интеллекта в истребители является одним из перспективных направлений развития авиационных технологий, которые могут значительно повысить боевые возможности и эффективность истребительной авиации. Вот несколько примеров использования искусственного интеллекта:

1. Искусственный интеллект можно использовать для создания более эффективных автопилотов и автоматизированных систем управления, что позволит уменьшить нагрузку на пилотов и снизить вероятность ошибок во время полета.

2. Применяя искусственный интеллект в истребителях можно автоматизировать процесс принятия решений, распределении задач и целеуказания во время боевых действий. Системы искусственного интеллекта могут быстро анализировать ситуацию в воздухе, определять оптимальные цели для атаки и формировать эффективные тактические планы для выполнения поставленных задач.

3. Искусственный интеллект способен обладать способностью к самообучению на основе опыта и изучения новых данных. Это позволяет адаптировать стратегию и тактику в реальном времени в зависимости от изменяющихся условий боя и повысить эффективность применения истребителей.

4. С помощью искусственного интеллекта можно разработать системы, способные автоматически обнаруживать и реагировать на угрозы, такие как ракеты или другие воздушные цели, повышая таким образом выживаемость истребителей и уменьшая риск потери техники и летного состава [3].

Таким образом, внедрение алгоритмов искусственного интеллекта в истребители представляет собой перспективное направление развития авиационных технологий, которое способен революционизировать тактику боевых действий и значительно повысить боевые возможности истребительной авиации.

Перспективный современный истребитель с бортовым компьютером и искусственным интеллектом способен высококачественно выполнять ряд задач, направленных на ведение боевых действий и обеспечение безопасности полётов. Бортовая компьютерная электроника с технической точностью автоматизирует операции, выполняемые лётчиком и позволяет сконцентрировать внимание лётчика на выполнение боевых задач, тем самым повышая эффективность подразделений истребительной авиации. Применение искусственного интеллекта и голосового управления в автоматизации создаёт возможность применения новых технологий, что положительно скажется на боевых возможностях авиационной техники.

Список литературы:

1. Дэвид Д. Энциклопедия военной авиации. – М. : Издательство «Омега», 2003. – С. 34–39.
2. Лоуренс Р. Самолеты. Военная авиация: энциклопедия. – М. : Издательство «Яуза», 2018. – С. 57–72.
3. Шипулин М.В. Истребительная авиация Вооруженных Сил Российской Федерации / В.В. Жужаев, А.Н. Бабков // Межвузовский сборник научных трудов. – 2024. – № 28. – С. 107–118.
4. Шипулин М.В. Лидирующие истребители в мировом масштабе в современное время / М.В. Шипулин, К.А. Лукьянов // Организация и ведение противовоздушной обороны в условиях систематического и массированного воздействия БПЛА различного типа: сборник научных статей по материалам международной военно-практической конференции, Тверь, 29 февраля 2024 г. – 01 марта 2024 г. – Тверь : Военная академия воздушно-космической обороны, 2024. – С. 141–146.
5. Военное издательство литературы. – URL : https://voennizdat.com, свободный (дата обращения 15.01.2025).
6. Интернет-энциклопедия военной авиации pro-samolet. – URL : http://pro-samolet.ru (дата обращения 15.11.2024).
7. Интернет-энциклопедия лётчиков испытателей. – URL : https://testpilot.ru/review, свободный (дата обращения 15.11.2024).

УДК 629.7.083:623.746.174

МЕТОД ВОЙСКОВОГО РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ВЕРТОЛЕТА ПРИ ПОМОЩИ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

♦♦♦♦♦

THE METHOD OF MILITARY REPAIR OF STRUCTURAL ELEMENTS USING A GLUED JOINT

Петренко В.Н.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Божко С.В.
кандидат технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Bsvinfo60@mail.ru

Аннотация. В статье авторами анализируются боевые повреждения по опыту ведения боевых действий, описывается новый метод войскового ремонта элементов конструкции вертолетов с боевыми повреждениями способом постановки внутреннего бужа на клей.

Ключевые слова: войсковой ремонт, вертолет, система управления, тяга, буж, клей.

Petrenko V.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Bsvinfo60@mail.ru

Abstract. In the article, the authors analyze combat damage based on the experience of conducting combat operations, and describe a ntw method of military repair of structural elements of a helicopter with combat damage by applying an internal bougie to glue.

Keywords: military repair, helicopter, control system, thrust, glue.

Основным отличием методов ремонта боевых повреждений (РБП) от ремонта авиационной техники в мирное время считается значительное сокращение сроков проведения восстановительных работ и соответствующая технология операций, а также условия выполнения ремонта. На инженерно–технический состав авиационных частей возлагается важнейшая задача по оперативному восстановлению поврежденной и неисправной авиационной техники непосредственно в войсках. Ремонт боевой аавиационной техники предусматривает применение современных методов и средств определения технического состояния. Существующие на данный момент способы ремонта элементов системы управления нуждаются в повышении после ремонтной надежности, разработке новых технологий ремонта. Оборудование для ремонта тяг системы управления в войсковых условиях должно соответствовать таким требованиям как: легкодоступность, простота в использовании, минимальные затраты на ремонт, и в тоже время обеспечивать высокую надежность после ремонта.

Анализируя опыт боевого применения авиации, следует сделать вывод, что интенсивно растет ее роль в огневом поражении противника. В Первую мировую войну вклад авиации в огневое поражение составлял не более 4 %, уже через 30 лет, в самом начале Второй мировой войны, он достиг значения 28–30 %, а в последних войнах – 80–85 % и стал решающим, как показано на рисунке 1.

Анализируя опыт ведения боевых действий, целесообразно сделать вывод, что при выполнении боевых задач по вертолетам широко используются как стрелковые комплексы поражения, так и специальные средства противовоздушной обороны (ПВО) противника, а также общевойсковые системы оружия (гранатометы, минометы).

Из опыта ведения боевых действий в Афганистане следует, что основными активными средствами ПВО моджахедов были крупнокалиберные зенитные пулеметные установки, зенитные пушки, гранатометы и минометы, ракеты класса «земля-воздух», а также разнообразное стрелковое оружие наземных группировок.

Уязвимость и повреждаемость основных элементов системы управления существенно различны: наибольшей уязвимостью отличалась тросовая проводка, а наибольшей повреждаемостью – тяги управления. Физически это означает, что попадание одного средства поражения в тросовую проводку сопровождалось, как правило, не более чем одним боевым повреждением, а тяги управления получали, как правило,

множественные боевые повреждения. Жизненно важные узлы системы управления – качалки оказались и наименее уязвимыми, и наименее повреждаемыми.

Распределение боевых повреждений по основным элементам механической части системы управления представлено в таблице 1.

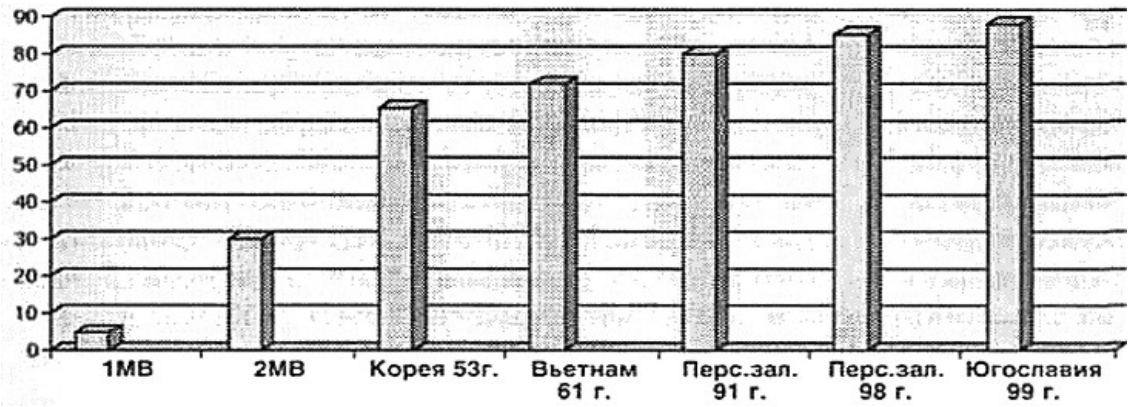


Рисунок 1 – Объем боевых задач, решаемых авиацией

Таблица 1 – Процентное распределение относительной повреждаемое элементов системы управления

Агрегаты системы управления	Ми – 8	Ми – 24
Тяги управления	73...75	50...52
Качалки	7...9	23...25
Тросовая проводка	17...19	24...26

Однако, несмотря на серьезность боевых и эксплуатационных повреждений, практика боевого применения вертолетов и специальные эксперименты показывают, что большинство поврежденных вертолетов может успешно восстанавливаться в полевых условиях силами и средствами войсковых частей и подразделений с участием выездных ремонтных бригад.

При попадании пуль малого калибра в тяги происходило их сквозное пробитие без полного разрушения (перебитие), что давало возможность последующего ремонта (рисунок 2).



Рисунок 2 – Характерное боевое повреждение (пулевое) тяги системы управления вертолета

При попадании снарядов, а иногда и пуль большого калибра происходило перебитие тяг системы управления, что зачастую приводило к боевым потерям вертолетов.

Для быстрого восстановления работоспособности агрегатов, систем вертолета с боевыми повреждениями на месте вынужденной посадки или на стационарном аэродроме, наряду с обычными методами ремонта используют и так называемые «ускоренные методы».

На сегодняшний день из литературы и войскового опыта эксплуатации известны четыре способа ремонта тяг управления (рисунок 3). Выполняется войсковой ускоренный ремонт, при помощи постановки:

– внутреннего бужа (рисунок 3, б);
– наружного бужа (рисунок 3, а);
– муфты (рисунок 3, в);
– уголков на болтах (рисунок 3, г).

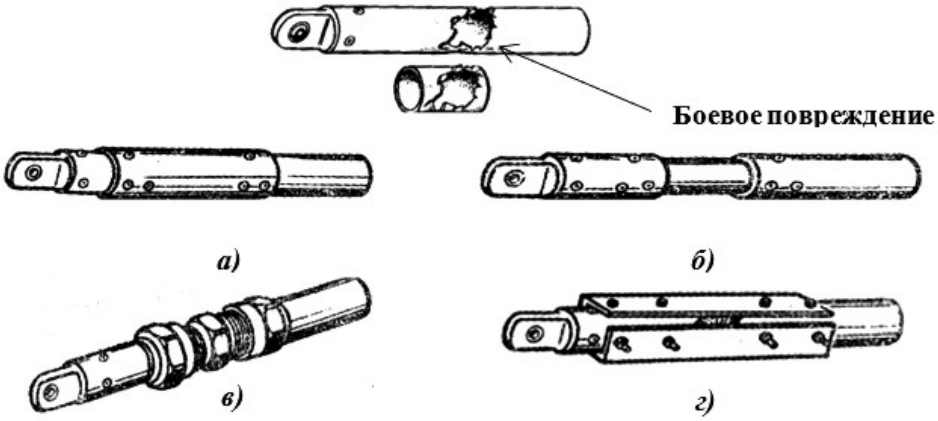


Рисунок 3 – Существующие способы ремонта тяг системы управления вертолета

На кафедре восстановления авиационной техники академии предложен новый способ войскового ускоренного ремонта тяг системы управления вертолета с применением клеевого соединения.

Тяга представляет собой трубчатый элемент из алюминиевых сплавов. Ремонт тяги управления с боевым повреждением размером до 30 мм будет осуществляться постановкой внутреннего бужа и его фиксацией клеем марки DoneDeal.

Характеристики клея марки DoneDeal:

– состав: эпоксидные смолы; полимеркаптановый отвердитель, трифенол;
– цвет – прозрачный;
– термоустойчивость – от – 65 до +145 °С;
– прочность соединения – 296 кг/см^2;
– время схватывания – 4 мин;
– время отвердевания – 15 мин;
– полная полимеризация – 1 ч.
– область применения: любые металлы и т.д.

Как показано на рисунке 4, вырезается (длиной LПУ) поврежденный участок трубы тяги управления, торцы срезов зачищаются, острые кромки снимаются.

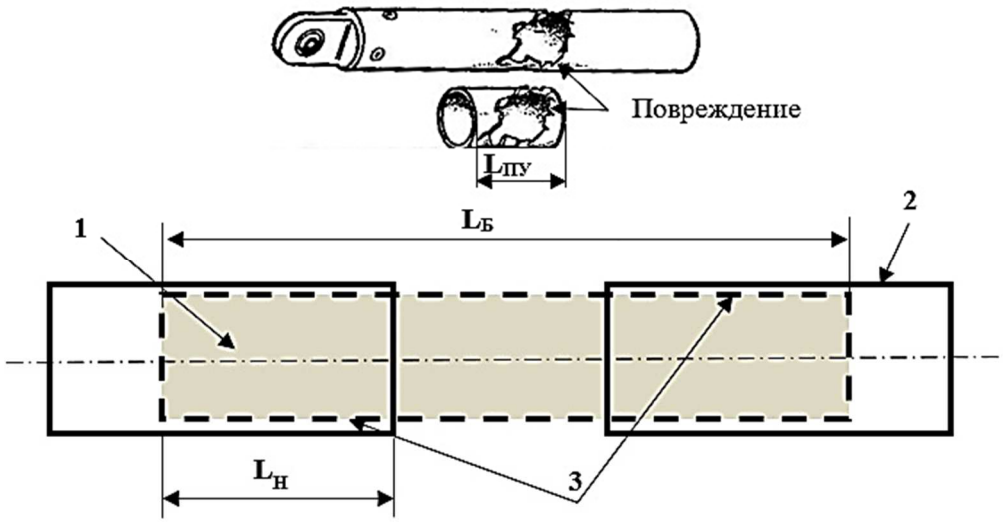


Рисунок 4 – Ремонт тяги постановкой внутреннего бужа клеевым способом:
1 – внутренний буж; 2 – тяга; 3 – участки для нанесения клея

Методика расчета для постановки бужа основана на эмпирических формулах, где:

$L_{ПУ}$ – длина вырезанного поврежденного участка трубы тяги, $L_{ПУ} = L_{П} + 10$, мм (по 5 мм с каждой стороны припуск на удаление концентраторов напряжений);

$L_Б$ – длина ремонтного бужа, $L_Б = L_{ПУ} + 2\ L_Н$, мм (длина нахлёста принимается равной 50 мм для каждой стороны).

Для соблюдения условия равнопрочности буж изготавливается из того же материала, что и труба тяги. Зазор между бужем и трубкой тяги должен составлять не более 0,15 мм. Люфт в соединении и посадка с натягом не допускаются.

Восстановленная предложенным способом тяга системы управления вертолета показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – Тяга после ремонта постановкой внутреннего бужа на клей

Для подтверждения расчетных данных прочности клеевого соединения и сравнения с усилием, действующим на жесткую систему управления вертолета, на кафедре восстановления авиационной техники в лабораторных условиях был произведен практический эксперимент на разрывной машине марки РЭМ – 50-А ГОСТ 28840 (рисунок 6).

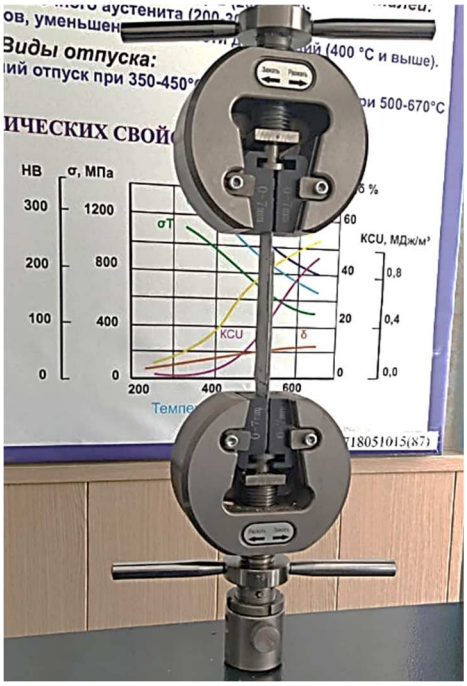


Рисунок 6 – Разрывная машина РЭМ – 50-А с опытным образцом

В ходе проведения эксперимента, все показания были зафиксированы при помощи ЭВМ, в виде зависимости усилия разрыва от времени, как показано на рисунке 7.

Исходя из полученного графика следует, что опытный образец с клеем марки DoneDeal выдержал усилие на разрыв ($P_{обр.}$ = 5,52 кН ≈ 562,88 кгс), после чего произошел разрыв клеевого соединения. По прочностным характеристикам на тягу в процессе эксплуатации должно действовать усилие не более 90 кгс ($P_{эксп.}$ = 90 кгс).

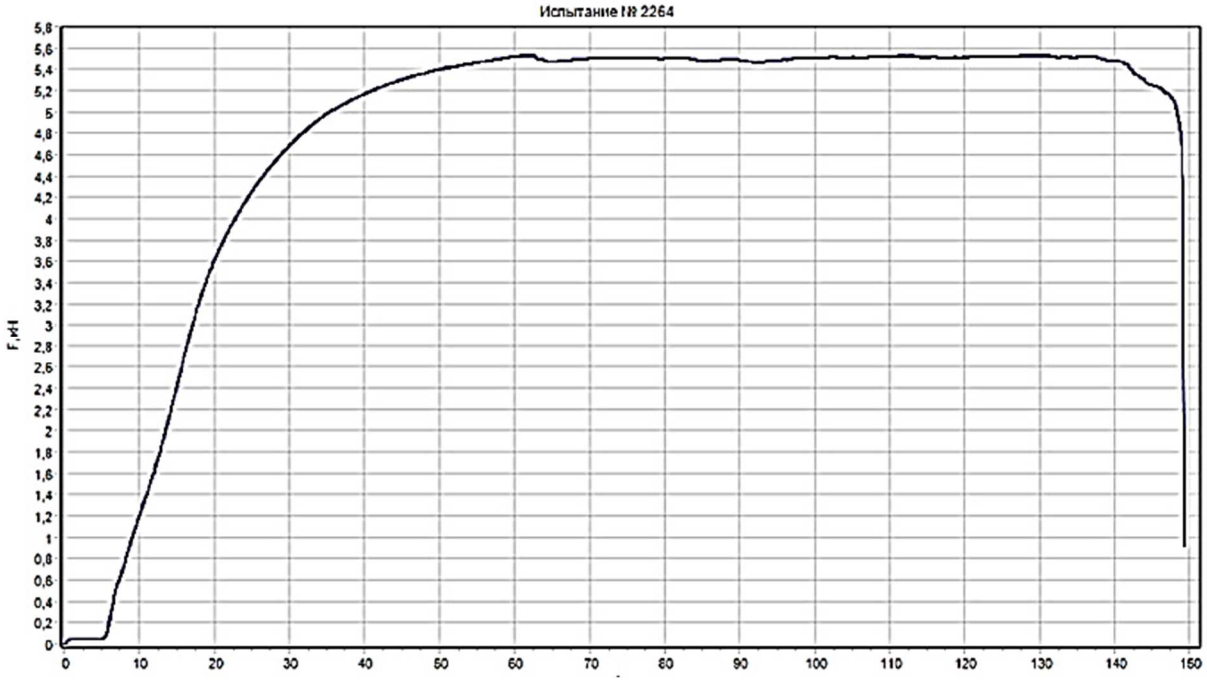


Рисунок 7 – Зависимость силы отрыва клеевого соединения по времени

Таким образом, результаты выполнения данного ремонта подтвердили при сравнении их соответствие расчетных данных прочности клеевого соединения с проведенными испытаниями при усилии, действующим на жесткую систему управления вертолета:

– экспериментальные данные полностью соответствуют прочностным расчетам;

– $P_{эксп.} < P_{об.}$, что свидетельствует о возможности применения клеевого соединения при ремонте тяг управления вертолетом;

– в результате постановки внутреннего бужа на клей уменьшаются трудозатраты и время на выполнение данного ремонта, а это в свою очередь и в кратчайшие сроки приводит вертолет в состояние полной готовности к эксплуатационному и боевому применению.

Список литературы:

1. Войсковой ремонт / Под ред. А.Л. Теслева. – М. : Военное издательство, 1994. – 294 с.
2. Боевая авиация в Афганской войне / Под ред. В.Ю. Марковской. – М. : Военное издательство, 2011. – 37 с.
3. Володко А.М. Вертолет в Афганистане / А.М. Володко, В.А. Горшков. – М. : Военное издательство А/О «РЕАМ-БИЛДИНГ», 1993. – 125 с.
4. URL : https://1nerudnyi.ru/klej-dlya-alyuminiya-01#i

УДК 629.7

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ И ПУТИ ЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

♦♦♦♦♦

WORK FEATURES INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND WAYS TO IMPROVE IT

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@yandex.ru

Скивка Е.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема создания нового типа двигателя внутреннего сгорания. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования – способ повышения КПД ДВС за счет утилизации тепловой энергии двигателя. На основе проведенного анализа авторами исследованы три способа изменений двигателя с целью усовершенствования.

Ключевые слова: топливовоздушная смесь, пули огнестрельного стрелкового оружия, воздушная цель.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@yandex.ru

Skivka E.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article discusses the problem of creating a new type of internal combustion engine. The main unsolved research problem is identified and justified – a way to increase the efficiency of the internal combustion engine by utilizing the thermal energy of the engine. Based on the analysis, the authors investigated three ways to change the engine in order to improve it.

Keywords: working chamber, power plant, multi-spark ignition, fuel pump, exhaust gases, torque, fuel-air mixture.

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – разновидность теплового двигателя, в котором топливо сгорает непосредственно в рабочей камере (внутри) двигателя. Тем самым, топливная смесь является рабочим телом таких двигателей. Такой двигатель является первичным, он преобразует энергию сгорания топлива в механическую работу.

ДВС является самой распространенной силовой установкой (СУ) в мире, применяющейся на 80 % транспортных средств. Но, несмотря на массовость, у двигателей внутреннего сгорания есть большая проблема: низкий коэффициент полезного действия, не превышающий 30 %.

Известны три способа изменений двигателя с целью усовершенствования [1]:

– установка топливного насоса высокого давления (ТНВД), многоискровое зажигание или установка специального чипа;

– использование «бесполезных» отработанных газов для повышения коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания;

– способ повышения коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания за счет утилизации тепловой энергии двигателя.

Установка топливного насоса высокого давления (ТНВД) применяется с осторожностью, так как с помощью установки нагнетающего насоса от системы впрыска можно получить давление до 10–16 бар на входе в насос высокого давления, что по-

влечет сильный износ деталей, другой способ – многоискровое зажигание, с помощью которого увеличивается выходная мощность свечи зажигания, и третий вариант – это чип – тюнинг двигателя. Он увеличивает мощность и крутящий момент двигателя на 5–10 % [1].

Кручение – вид нагружения вала, при котором из шести внутренних силовых факторов в поперечном сечении стержня возникает только крутящий момент. Кручение вызывается парами сосредоточенных и распределенных вдоль оси вала сил, действующих в плоскостях, перпендикулярных этой оси.

Величина крутящего момента может быть задана мощностью, передаваемой на вал, например через шкив [2]:

$$N = M_k \cdot \omega,$$

где N – мощность, передаваемая на вал [Ватт]; ω [1/сек] – круговая частота вращения вала; n – число оборотов вала [об/мин].

Под действием внешнего скручивающего момента, приложенного на одном конце вала (рисунок 1) стержень будет закручиваться.

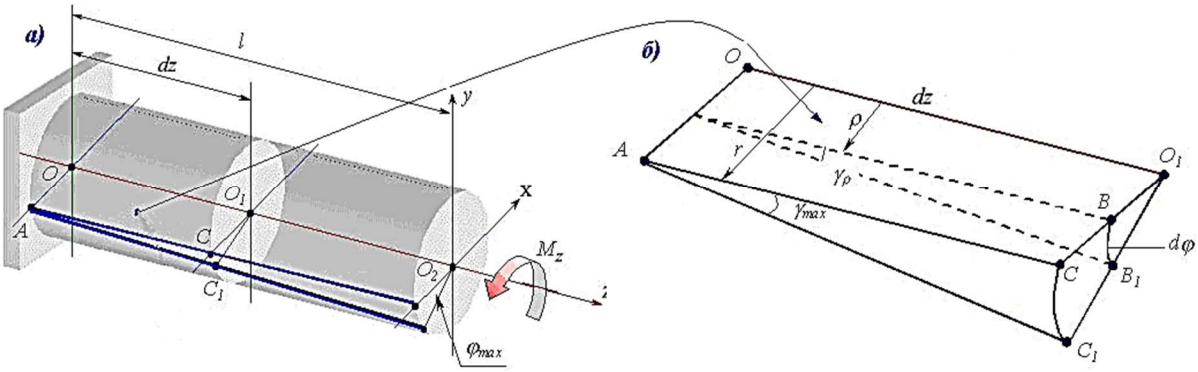


Рисунок 1 – Крутящие моменты и углы закручивания в стержне

При этом любое сечение вала, оставаясь плоским, будет поворачиваться на некоторый на угол φ (абсолютный угол закручивания). Этот угол изменяется от нуля в заделке до максимального значения на правом конце вала. При этом образующая внешней цилиндрической поверхности вала повернется на угол γ, называемый углом сдвига. Этот угол изменяется вдоль радиуса сечения от нуля на оси вала до γmax на внешней поверхности.

Использование «бесполезных» отработанных газов – это идея турбонаддува, запатентованная еще в 1911 году. Серийно же турбонаддув устанавливается на автомобили с 1977 года [3].

Идея турбонаддува заключается в том, чтобы использовать «бесполезные» отработанные газы для повышения коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания. Принцип работы устроен следующим образом: отработанные газы раскручивают турбину, которая механически соединена с компрессором, который в свою очередь под большим давлением гонит воздух в цилиндры. На выходе мы имеем двигатель объемом 1,6 л мощностью 200 л.с.

Если мощность задана в лошадиных силах, для перевода в систему Си следует помнить, что 1 л.с. = 736 Ватт [3].

Однако, есть и недостатки, среди которых самый главный – турбина сильно снижает ресурс двигателя.

Утилизация тепловой энергии двигателя – это полная смена концепции двигателя внутреннего сгорания. Большая часть задумок находится на бумаге и ждет своего часа для реализации. Вот один из патентов № 2117003 от 20.08.1998 года «Способ повышения коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания за счет утилизации тепловой энергии двигателя». Суть заключается в перенаправлении отра-

батываемых горячих газов для обогрева головки парового цилиндра и впрыскивании в него воды один раз за оборот вала в момент нахождения поршня в верхней точке. Данное решение существенно повышает коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания и улучшает экологичность. Не применяется этот способ повсеместно, так как [2]:

– большая часть указанных методов являются весьма сложным техническим процессом, требующим навыков в работе с данными механизмами;

– правообладатели большой части патентов являются автомобильные и нефтяные компании, которым часто просто невыгодно увеличение коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания.

В **бензиновом двигателе** топливовоздушная смесь формируется во впускном коллекторе, то есть за пределами цилиндра. В конце такта сжатия происходит перемешивание паров бензина и воздуха. Эта гомогенная смесь равномерно распределяется по объему. Результатом сжатия становится повышение температуры смеси до 500 °С – этот показатель ниже, чем температура воспламенения бензина. Искру дают свечи зажигания – смесь загорается.

Причина такого низкого коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания кроется в «потерях», которые проявляются в ходе рабочего цикла [4]:

– потери топлива;
– потери тепла;
– потери механической мощности.

Особенности первого из названных видов потерь заключается в том, что двигатель не сжигает всё полученное топливо. В камере сгорания вырабатывается всего лишь 75 %, в то время как остальные 25 % отправляются в трубу.

Самый крупный вид потерь – тепловой. Около 45 % вырабатываемого тепла выбрасываются в окружающую среду через систему охлаждения с выхлопными газами, не принося при этом никакой пользы.

Наименьшие по степени снижения коэффициента полезного действия двигателя внутреннего сгорания потери – это механические потери. Порядка 10 % работы двигателя уходит на трение его деталей между собой.

В сумме получаются очень большие потери – 80 % [4].

То есть транспортное средство при расходе 10 литров топлива на 100 км только 2 литра тратит непосредственно на работу, а все остальные – это потери!

Есть, конечно, и плюсы двигателя внутреннего сгорания [3]:

– стоимость обслуживания дешевле, чем у дизеля – в основном это касается топливной системы и ее ресурса;
– нет необходимости в прогреве;
– нет сложных узлов и агрегатов;
– автомобиль с бензиновым двигателем легче.

Что касается дизельного агрегата. Есть определенные минусы [3]:

– дорогое обслуживание;
– меньший ресурс;
– наличие турбины;
– необходимо сезонное топливо.

Если сравнить коэффициента полезного действия двух агрегатов (бензинового и дизельного), то окажется более эффективным из них дизель и вот почему [4]:

– бензиновый двигатель преобразует только 25 % энергии в механическую;

– дизельный преобразует около 40 % энергии в механическую, а если оснастить дизельный тип турбонаддувом, то можно достигнуть коэффициента полезного действия в 50–53 %, а это очень существенно.

В цилиндре **дизельного мотора** сжимается только воздух под давлением 30–50 бар. В результате сжатия температура воздуха повышается до 900 °С. В это же время в камере сгорания перед верхней мертвой точкой поршня распыляется дизельное топливо. Мелкие капли жидкости испаряются, образуется топливовоздушная смесь, которую называют **гетерогенной** – она самовоспламеняется и сгорает.

Так почему дизель так эффективен? Все просто – несмотря на схожей тип работы (и тот и другой являются агрегатами внутреннего сгорания), дизель выполняет свою работу принципиально по-другому. Здесь наблюдается большее сжатие топлива, которое воспламеняется несколько по другому принципу, что обеспечивает экономию потерь в охлаждении. Кроме того, у дизеля меньше клапанов (явная экономия на трении), нет катушек зажигания и свечей, а значит, значительно сокращаются энергетические затраты. Работает дизель с меньшими оборотами, что уменьшает время и энергию на раскручивание коленчатого вала. Все вместе и делает дизельный вариант чемпионом по КПД.

Список литературы:

1. Гимбицкая Л.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий, Е.Н. Новиков // Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук». – СПб., 2020. – 179 с.
2. Гимбицкая Л.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформ-Пресс», 2019. – 245 с.
3. Мелентьев В.С. Лабораторный практикум по использованию двигателей. – М. : Транспорт, 2013. – 76 с.
4. Нейман Ш.И. Динамика авиационных двигателей. ЭИ в формате FB2.

УДК 163

САМОЛЕТЫ С ЯДЕРНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ
♦♦♦♦♦
NUCLEAR-POWERED AIRCRAFT

Божко С.В.
кандидат технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Цепкало Д.Р.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Курбасов А.М.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы истории создания и модернизации ядерных самолетов и их силовых установок.

Ключевые слова: ядерные самолеты, авиационные двигатели, конструирование, модернизация.

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Bsvinfo60@mail.ru

Tsepkalo D.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kurbasov A.M.
Associate Professor
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the issues of the history and modernization of nuclear-powered aircraft and their power plant.

Keywords: nuclear-powered aircraft, aircraft engine, designing, modernization.

В конце 40-х годов на волне эйфории от перспектив использования ядерной энергии и в США и в СССР разворачиваются работы по установке ядерных двигателей на всем что способно двигаться. Особенно привлекательной идея создания такого «вечного» двигателя была для военных. Ядерные энергетические установки (ЯЭУ) в первую очередь нашли применение в военно-морском флоте поскольку к корабельным силовым установкам не предъявлялось таких жестких габаритно-весовых требований, как например в авиации. Тем не менее и ВВС не могли «пройти мимо» возможности неограниченно увеличить радиус действия стратегической авиации.

Активно работы в этом направлении проводились в США. В мае 1946 г. командование ВВС США утвердило проект создания ядерных двигателей для оснащения стратегических бомбардировщиков «Nuclear Energy for the Propulsion of Aircraft» (сокращенно NEPA, в переводе «Ядерная энергия для авиационных двигателей»). Работы по его осуществлению начались в Ок-Риджской национальной лаборатории. В 1951 г. на смену ему пришла совместная программа ВВС и Комиссии по атомной этергии (КАЭ) «Aircraft Nuclear Propulsion» (ANP, «Авиационные ядерные двигатели). Компанией «General Electric» был создан турбореактивный (ТРД) отличавшийся от «обыкновенного» только тем что вместо обычной камеры сгорания стоял ядерный реактор, который и нагревал сжатый компрессором воздух. Воздух при этом становился радиоактивным – открытая схема. В те годы к этому относились проще, но все же чтобы не загрязнять свой аэродром, самолет для взлета и посадки предполагалось оснащать и обычными двигателями на керосине. Первый проект атомного самолета США создавался на базе сверхзвукового стратегического бомбардировщика В-58. У разработчика (фирмы «Convair») он получил обозначение Х-6.

Советскому Союзу ядерный самолет был гораздо нужней, чем США поскольку он не имел военных баз у границ США и мог действовать только со своей территории и появившиеся в середине 50-х стратегические бомбардировщики М-4 и Ту-95 не могли «охватить» всей территории США. Работы по изучению проблем создания ядерных силовых установок для кораблей, подводных лодок и самолётов начались уже в 1947 г. однако постановление Совета Министров о начале работ по летательным аппаратам с

ядерным двигателем выходит только 12 августа 1955 г. (к этому времени уже строилась первая советская атомная подводная лодка). ОКБ-156 Туполева и ОКБ-23 Мясищева занялись проектированием летательных аппаратов с ядерными силовыми установками, а ОКБ-276 Кузнецова и ОКБ-165 Люльки разработкой самих таких силовых установок.



Рисунок 1 – Серийный самолет Ту-95ЛАЛ (Летающая Атомная Лаборатория)

В марте 1956г. вышло правительственное постановление о создании (для изучения влияния радиации на конструкцию самолета и его оборудование, а также вопросов радиационной безопасности) летающей лаборатории на базе стратегического бомбардировщика Ту-95 (рисунок 1). В 1958 г. на Семипалатинский полигон был доставлен экспериментальный, «самолетный» атомный реактор. В середине 1959 г. реактор был установлен на серийный самолет получивший обозначение Ту-95ЛАЛ (Летающая Атомная Лаборатория). Реактор использовался только как источника излучения и охлаждался водой (рисунок 2).



Рисунок 2 – Схема элементов реактора на серийном самолете Ту-95ЛАЛ (Летающая Атомная Лаборатория)

Радиатор системы охлаждения, расположенный внизу фюзеляжа, обдувался набегающим потоком воздуха. Внешний вид экспериментального, «самолетного» атомного реактора представлен на рисунке 3.

В мае-августе 1961 г. Ту-95ЛАЛ совершил 34 полёта над территорией полигона.



Рисунок 3 – Внешний вид экспериментального, «самолетного» атомного реактора на серийном самолете Ту-95ЛАЛ (Летающая Атомная Лаборатория)

Экспериментальный самолет Ту-119

Следующим шагом должно было стать создание на базе Ту-95 экспериментального самолета Ту-119 (рисунок 4).

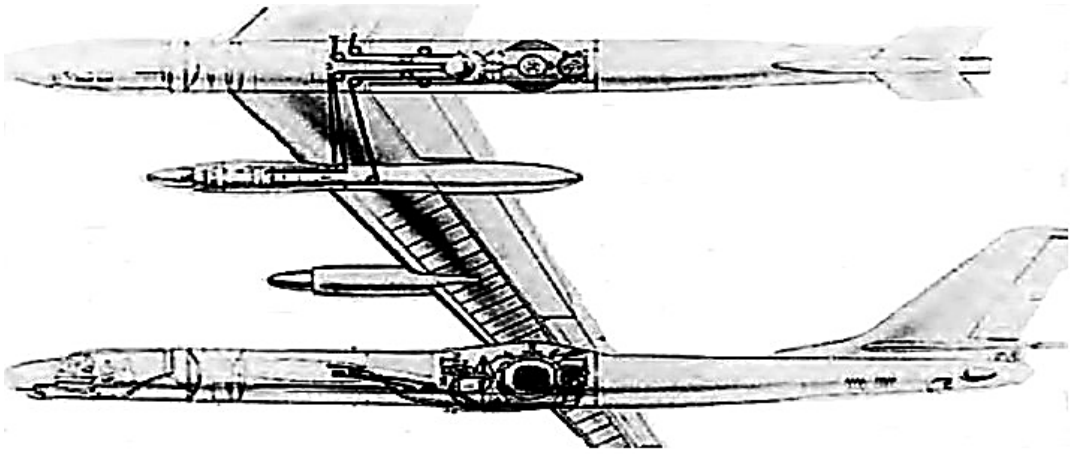


Рисунок 4 – Внешний вид экспериментального самолета Ту-119

На двух (из четырех его двигателях НК-12М (ОКБ Кузнецова) в дополнение к камерам сгорания уставились теплообменники, нагреваемые жидкометаллическим теплоносителем, отбиравшим тепло от атомного реактора, расположенного в грузовом отсеке. Двигатели получили обозначение НК-14А. В дальнейшем предполагалось, установив на самолете 4 двигателя НК-14А и увеличив диаметр фюзеляжа, создать противолодочный самолет с практически неограниченной продолжительностью полета. Однако проектирование двигателей НК-14А, а точнее его ядерной части, шло медленно из-за множества возникавших при этом проблем. В результате, планы создания Ту-119 так и не были реализованы.

Дальний бомбардировщик Ту-120

ОКБ-156 предлагало несколько вариантов сверхзвуковых бомбардировщиков. Один из них – дальний бомбардировщик Ту-120 (рисунок 5), имеющий следующие параметры:

Взлетный вес	85 т
Длинна.	30,7 м
Размах крыла.	24,4 м
Максимальной скорость	1400 км/ч

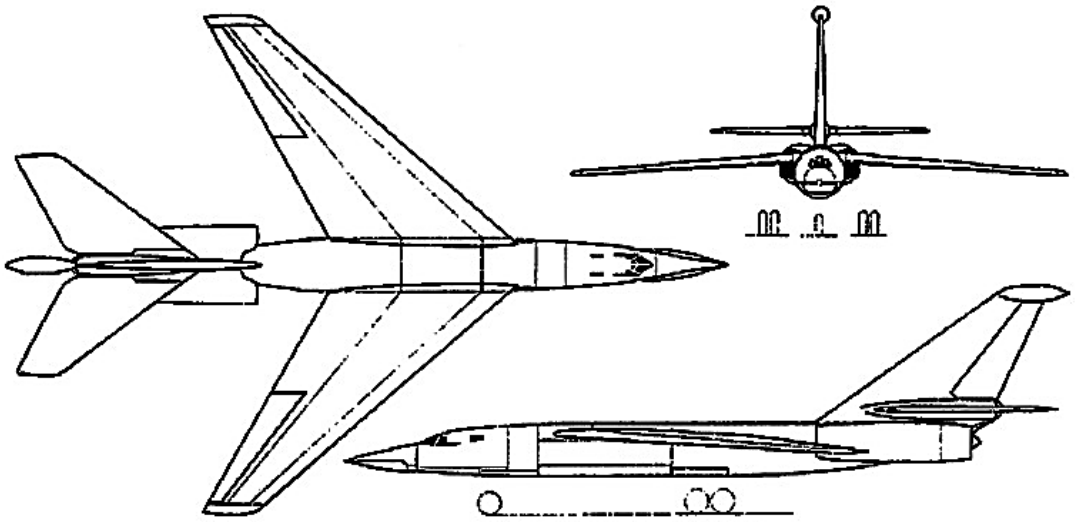


Рисунок 5 – Дальний бомбардировщик Ту-120

Другим проектом был маловысотный ударный самолет, который имел следующие параметры:

Взлетный вес	102 т
Длина	37 м
Размах крыла	19 м
Максимальная скорость	1400 км/час

Самолет имел низкорасположенное треугольное крыло. Два его двигателя располагались в одном пакете в задней части фюзеляжа. На взлете и посадке двигатели работали на керосине. Сверхзвуковой стратегический бомбардировщик должен был иметь взлетный вес 153 т., длину 40,5 м и размах крыла 30,6 м. Из шести ТРД (КБ Кузнецова) два, расположенные в хвосте, были оборудованы теплообменниками и могли работать от атомного реактора. Четыре обычных ТРД размещались под крылом на пилонах. Внешне этот самолет был похож на американский средний сверхзвуковой бомбардировщик В-58.

Сверхзвуковой бомбардировщик М-60

В ОКБ Мясищева также рассматривали возможность создания «ядерного» самолета на базе уже существующего бомбардировщика 3М путем замены обычных ТРД на атомные снабженные теплообменниками (реактор размещался в бомбоотсеке). Рассматривалась и возможность создания сверхзвукового бомбардировщика М-60 (рисунок 6), имеющего следующие параметры:

Взлетная масса 225	250 т
Полезная нагрузка	25 т
Скорость	до 3000 км/час
Длина 51	59 м
Размах крыла	27–31 м

Предлагалось несколько вариантов компоновки с различными типами двигателей.

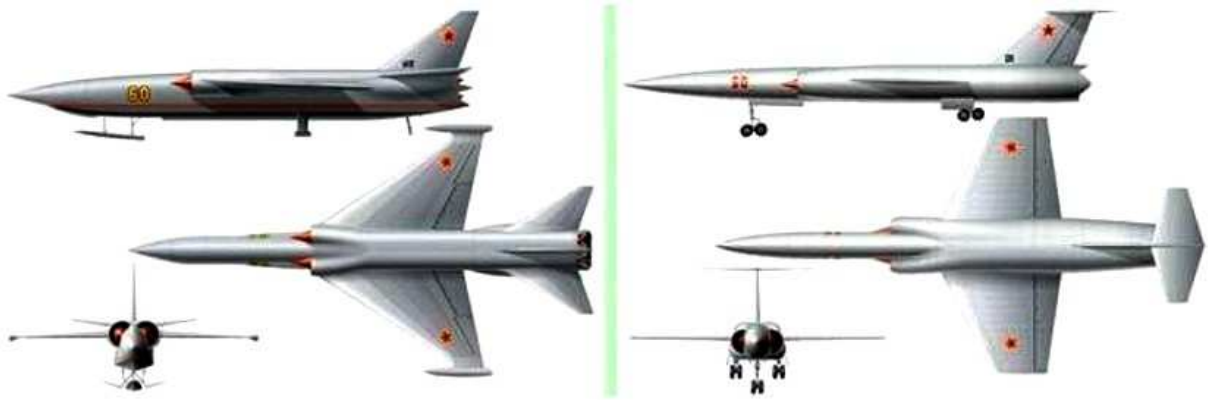


Рисунок 6 – Сверхзвуковой бомбардировщик М-60

Для защиты от излучения летчиков поместили в специальную герметичную капсулу, а двигатели разместили в хвостовой части фюзеляжа. Визуальный обзор из капсулы исключался и вести самолет к цели должен был автопилот. Для обеспечения ручного управления предполагалось пользоваться телевизионными и радиолокационными экранами. Разработчики изначально предлагали сделать самолет беспилотным. Но военные для надежности настаивали на пилотируемом варианте. Одним из вариантов был гидросамолет. Его плюсом было то, что заглушенные реакторы для уменьшения радиационного фона можно было опускать в воду.

Самолет М-30

В апреле 1957 г. от проекта М-60 отказались в пользу проекта М-30 с двигателями замкнутой схемы (рисунок 7). Проект предполагал создание самолета, имеющего следующие параметры:

Взлетная масса	165 т
Полезная нагрузка	5,7 т
Скорость	3200 км/час
Дальность	25000 км

Самолет имел 6 двигателей НК-5 (разработки Кузнецова).

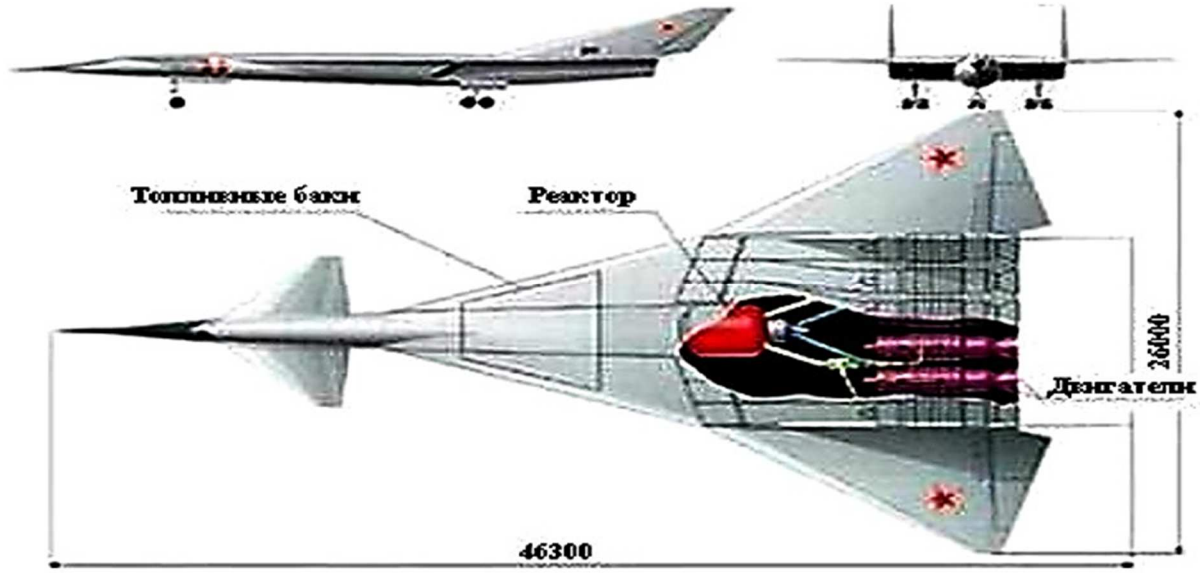


Рисунок 7 – Проект самолета М-30 с реактором и двигателями

На взлете и посадке, а также при выходе на крейсерский режим и преодолении ПВО двигатели работали на керосине (его запас составлял около 16 т). Крейсерский полет осуществлялся на «ядерной тяге». Экипаж состоял из 2-х человек.

Двигатели для самолетов Мясищева разрабатывались в ОКБ Люлки (позднее для этого из ОКБ выделилось СКБ-500). Это были атомные воздушно-реактивные двигатели открытой схемы трех вариантов компоновки – соосной, «коромысло» и комбинированной.

В первой кольцевая активная зона реактора располагалась на месте камеры сгорания обычного ТРД (рисунок 8).



Рисунок 8 – Схема с атомным реактором на месте камеры сгорания обычного ТРД

Во втором варианте реактор был вынесен за пределы двигателя (рисунок 9).

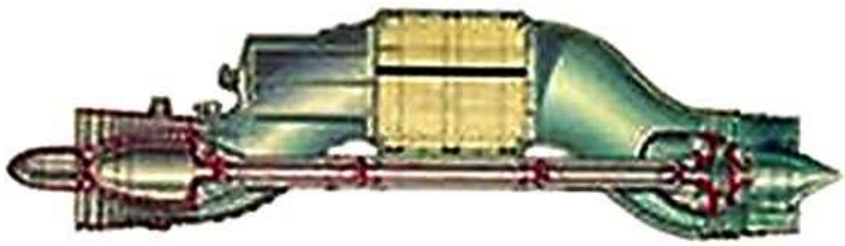


Рисунок 9 – Схема с атомным реактором реактор вынесенным за пределы двигателя

Наиболее перспективной была комбинированная схема, в которой атомный реактор ставился в форсажной камере ТРД (рисунок 10). Такой двигатель мог работать и как обычный ТРД, и как ТРД с атомным форсажем и как атомный прямоточный.

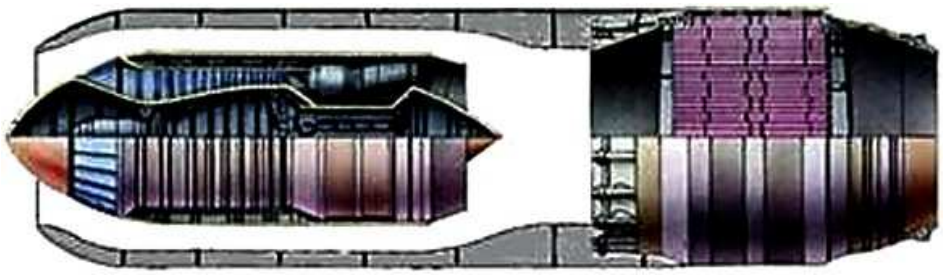


Рисунок 10 – Комбинированная схема с атомным реактором в форсажной камере ТРД

С развитием ракетостроения и появлением надежных межконтинентальных баллистических ракет и атомных ракетных подводных лодок интерес военных к атомным бомбардировщикам угас и работы были свернуты. Но в 1965 г. к идее создания атомного противолодочного самолета вернулись вновь. На этот раз прототипом стал тяжелый транспортный Ан-22 «Антей» на котором стояли те же двигатели что и на Ту-95. Разработка НК-14А к тому времени достаточно продвинулась. Взлет и посадка должны были выполняться на керосине (мощность двигателей 4 × 13000 л.с.), а крейсерский полет – на атомной энергии (4 × 8900 л.с.). Продолжительность полета ограничивалась только «человеческим фактором», для ограничения получаемой экипажем дозы ее установили равной 50 час. Дальность полета при этом составила бы 27500 км. В 1972 г. Ан-22 с ядерным реактором на борту совершил 23 полёта в них в первую очередь проверялась радиационная защита. Однако экологические проблемы в случае аварии самолета так и не были решены возможно это и стало причиной того, что проект не был реализован. В 80-х годах возник интерес к атомному самолету, как носителю баллистических ракет.

Таким образом, в данной статье представлен краткий исторический обзор и анализ осуществляемых в СССР работ по перспективам использования ядерной энергии и по установке ядерных двигателей на самолетах. В следующей статье авторы планируют представить сравнительный анализ таких разработок, проводимых в США и других передовых странах.

Список литературы:

1. Кудрявцев В.Ф. Атомные самолеты: будущее в прошлом времени // Сборник научных статей. – М., 2020.
2. Стратеги Мясищева // Крылья Родины. – М., 2021.
3. Куликов С.М. Авиация и ядерные испытания. – М., 2020.
4. Ядерные двигатели для самолетов и ракет // Сборник научных статей. – М., 2015.

УДК 678.747.2

ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF METAL MATRIX COMPOSITE MATERIALS AND PREDICTION OF THEIR PROPERTIES

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

Степанова М.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
mvs4967@mail.ru

Корниенко А.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Рачук И.П.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассмотрен вопрос об условиях поражения воздушной цели. Представлены варианты воспламенения Исследованы составы и свойства композитов, способы их создания, методы прогнозирования их структуры и свойств.

Ключевые слова: углеродное волокно, композиционный материал, матрица, наполнитель, катализатор, структура, свойства, композит.

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

Stepanova M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
mvs4967@mail.ru

Kornienko A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

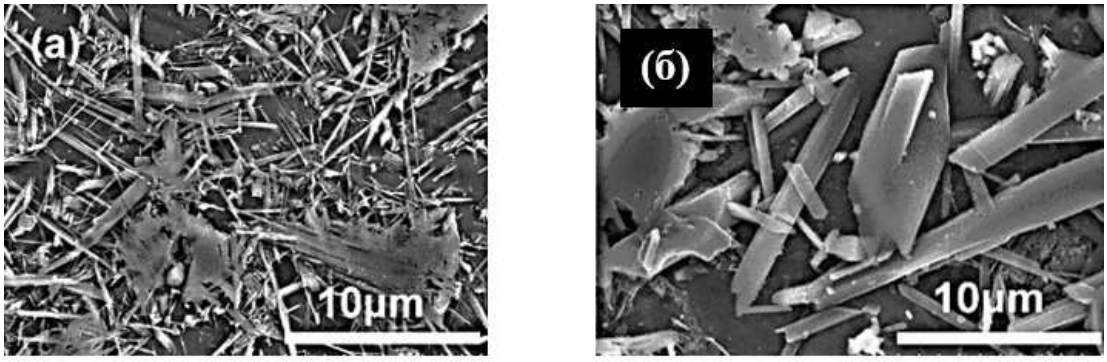
Rachuk I.P.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Compositions and properties of composites, methods of their creation, methods of forecasting their structure and properties are investigated.

Keywords: carbon fiber, composite material, matrix, filler, catalyst, structure, properties, composite.

Для расширения спектра применения титановых сплавов, разрабатывают целый ряд металломатричных композитов [1, 2, 3, 4, 5, 6].

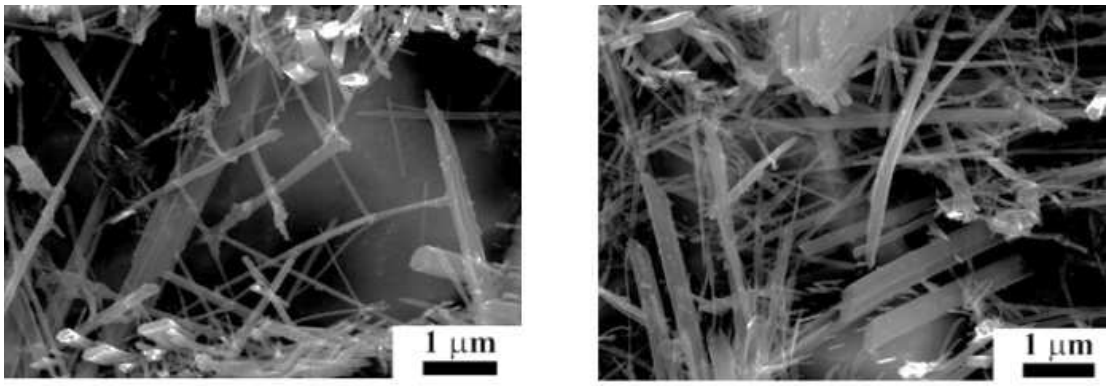
Моноборид титана – наиболее приемлемый упрочнитель титановых сплавов, так как имеет высокий модуль Юнга, высокую прочность, близкий к титану коэффициент термического расширения (рисунок 1).



а) б)

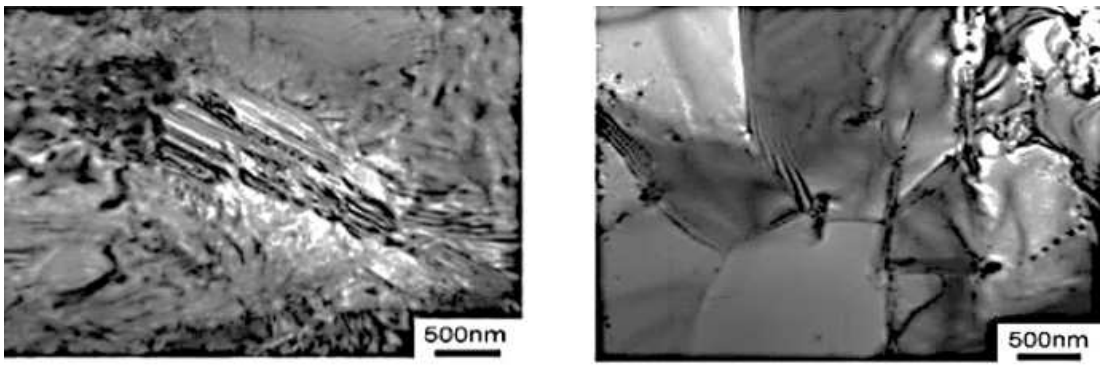
Рисунок 1 – Микроструктура композита титан – моноборид титана.
Температура спекания: а) 950 °С; б) 1250 °С

Микротвердость TiB2 (рисунок 2а) – 950 ± 170 HV; микротвердость матрицы с TiB составили 640 ± 20 HV (рисунок 3б); увеличение плотности TiB повышает микротвердость до 765 ± 40 HV. Микроструктура композита при деформации на 70 % при температурах 500 °С (а), 1050 °С (б) (рисунок 3).



а) б)

Рисунок 2 – Структура композита Ti-TiB



а) б)

Рисунок 3 – Микроструктура композита при деформации на 70 %:
а) при температурах 500 °С; б) 1050 °С

Исследуются эффекты усиления композитов (на основе полимерной и металлической матрицы) при использовании наполнителей различного размерного уровня [7, 8, 9, 10].

Традиционная схема метода асимптотического усреднения сформулирована для физически нелинейных уравнений термоупругости за счет расширенной трактовки функций быстрых переменных в параметрическом пространстве.

Основным уравнением в методе асимптотического усреднения является задача для функций быстрых переменных на ячейке периодичности (первого порядка).

Рассмотрим уравнения термоупругости с физически нелинейным материалом:

$$\sigma_{ij} = c_{ijkl}(x/\varepsilon, T)\left(\varepsilon_{kl} - T(x/\varepsilon, T)\right) \quad (1)$$

$$Q_i = -k_{ij}(x/\varepsilon, T)\frac{\delta T}{\delta x_j} \quad (2)$$

$$c_{ijkl} = c_{jikl} = c_{ijlk} = c_{klij,}\ \alpha_{ij} = \alpha_{ji}, k_{ij} = k_{ji}.$$

В соответствии с (1), (2) введем переменные, связанные с дифференцированием сложной функции и параметры, определяющий все зависимости в соотношениях (1), (2):

$$\zeta = x/\varepsilon, x = (x_1, x_2, x_3), {}^{\partial}/_{\partial x_k} = \varepsilon^{-1}\frac{\partial}{\partial \zeta_k} + D^k, D^k = \frac{\partial}{\partial x_k}\ p = \{T\}. \quad (3)$$

Уравнения равновесия для (1), (2) переписываются с матричными коэффициентами, зависящими от быстрых переменных и набора параметров:

$$\partial/_{\partial x_i}\left(A_{ij}(\zeta,p)\left(\frac{\partial u}{\partial x_i}-\alpha_j T\right)\right)+F=0. \quad (4)$$

$$\rho(\zeta)c(\zeta)\,\partial T/_{\partial t}=\partial/_{\partial x_i}\left(k_{ij}(\zeta,p)\frac{\partial T}{\partial x}\right)+h, \quad (5)$$

$$A_{ij}=\{a_{ijkl}\}, a_{ijkl}=c_{ijkl}, a_i=\{a_{ij}\}, u=\{u_i\}, F=F\{F_i\}.$$

Условия идеального контакта также переписываются в дивергентном виде с матричными коэффициентами:

$$[u]=\left[A_{ij}(\zeta,p)\left(\frac{\partial u}{\partial x_j}-\alpha_j T\right)n_i\right]=0, [\mathrm{T}]=\left[k_{ij}(\zeta,p)\,\partial T/_{\partial x_j}n_i\right]=0. \quad (6)$$

Решение уравнений (4) – (6) в среде с размером ячейки периодичности ε находятся в виде разложений по функциям быстрых и медленных переменных:

$$u(x)=\hat{u}(x,\xi,p)=\sum_{l=0}^{\infty}\varepsilon^l u^{(l)}(x,\xi,p), \quad (7)$$

$$T(x)=\hat{T}(x,\xi,p)=\sum_{l=0}^{\infty}\varepsilon^l T^{(l)}(x,\xi,p). \quad (8)$$

Необходимое условие равенства нулю (3) – (5) с точностью до O(ε) определяет структуру асимптотических разложений (7), (8) первого порядка:

$$u^{(0)}(x,\xi,p)=V(x), T^{(0)}(x,\xi,p)=T_0(x), \quad (9)$$

$$u^{(1)}(x,\xi,p)=N_{i1}(\xi,p)D^{i1}V(x)+m(\xi,p)T_0(x)\,, \quad (10)$$

$$T^{(1)}(x,\xi,p)=n_{i1}(\xi,p)D^{i1}T_0(x). \quad (11)$$

Здесь $N_{i1}(\xi,p), m(\xi,p), n_{i1}(\xi,p)$ – функции быстрых переменных в параметрическом пространстве (соответственно матричные, векторные и скалярные), периодические с периодом 1.

Форма представления (9) определяет равенство нулю членов порядка $O(\varepsilon^{-2})$, а форма представления (10), (11) определяет уравнения для функций быстрых переменных в классе из условия равенства нулю членов порядка $O(\varepsilon^{-1})$:

$$\frac{\partial}{\partial\zeta_i}\left(A_{ij}(\xi,p)\frac{\partial(N_{i1}+\zeta_{i1}E)}{\partial\xi_{i1}}\right)=0, \frac{\partial}{\partial\zeta_i}\left(A_{ij}(\xi,p)\left(\frac{\partial m}{\partial\xi_{i1}}-\alpha_j\right)\right)=0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial}{\partial\zeta_i}\left(k_{ij}(\xi,p)\frac{\partial(n_{i1}+\zeta_{i1})}{\partial\xi_j}\right)=0. \quad (13)$$

Из граничных условий получаем условия для функций быстрых переменных:

$$\left[N_{i_1}\right]=\left[A_{ij}(\xi,p)\frac{\partial(N_{i1}+\zeta_{i1}E)}{\partial\xi_j}n_i\right]=0, [m]=\left[A_{ij}\left(\xi,p\right)\frac{\partial m}{\partial\xi_j}\right)n_i\Big]=0, \quad (14)$$

$$[n_{i1}]=\left[k_{ij}(\xi,p)\frac{\partial)n_{i1}+\zeta_{i1})}{\partial\xi_j}n_i\right]=0. \quad (15)$$

В результате для функций медленных переменных V(x) и T_o(x) получаем уравнение, в котором все члены, зависящие от быстрых переменных, заменяются их средними по периоду:

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\left\langle A_{ik}(\xi,p)\frac{\partial(N_j+\zeta_j E)}{\partial\xi_k}\right\rangle\frac{\partial V}{\partial x_j}+\left\langle A_{ik}(\xi,p)\left(\frac{\partial m}{\partial\xi_k}-\alpha_k\right)\right\rangle\right)+\langle F\rangle=0, \quad (16)$$

$$\langle\rho(\xi)c(\xi)\rangle\frac{\partial T_0}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\left\langle k_{ik}(\xi,p)\frac{\partial(n_j+\xi_j)}{\partial\xi_k}\right\rangle\frac{\partial T_0}{\partial x_j}\right)+\langle h\rangle. \quad (17)$$

Здесь m – среднее значение по объему ячейки (среднее по периоду):

$$\langle m(\zeta)\rangle=\int_0^1\int_0^1\int_0^1 m(\zeta)d\zeta.$$

Уравнения (16), (17) имеет вид уравнений термоупругости, определяемыми функциями быстрых переменных в параметрическом пространстве:

$$\widehat{A}_{ij}=\left\langle A_{ik}(\xi,p)\frac{\partial(N_j+\zeta_j E)}{\partial\xi_k}\right\rangle, \hat{a}_j=\hat{A}_{ij}^{-1}\left\langle A_{ik}(\xi,p)\left(\frac{\partial m}{\partial\xi_k}-\alpha_k\right)\right\rangle, \quad (18)$$

$$\hat{k}_{ij} = \langle k_{ik}(\xi, p)\frac{\partial(n+\zeta_j)}{\partial \xi_k}\rangle,\ \hat{C} = \langle \rho(\xi)c(\xi)\rangle. \quad (19)$$

Здесь $\hat{A}_{ij}$ – эффективная матрица упругости структурно-неоднородного материала, $\hat{a}_j$ – эффективный тензор теплового расширения, $\hat{k}_{ij}$ – эффективный тензор теплопроводности, $\hat{C}$ – эффективная теплоемкость структурно-неоднородного материала.

Уравнения (18), (19) вместе с (12) – (15) определяют численный алгоритм нахождения эффективных характеристик композитного материала.

Обладая гетерогенной структурой КМ имеют пористость уже при изготовлении. В процессе эксплуатации изделий, происходит увеличение пористости, что оказывает существенное влияние на упругие и прочностные свойства КМ. Разработка неразрушающих методов количественной оценки влияния пористости на упругие модули композиционных материалов имеют большое практическое значение.

Известно, что упругие свойства материала влияют на фазовые скорости распространения в нем акустических волн. Для оценки влияния пористости на локальный модуль Юнга изотропных композиционных материалов используем импульсный акустический метод [10].

Пористость P образца КМ – объемная концентрация газовых пор, осредненная по его объему, определяется по формуле:

$$P = (1–\rho / \rho_o) \times 100\ \%, \quad (20)$$

где ρ – плотность образца, вычисляемая по известному объему образца и результатам его взвешивания; ρ_o – расчетная плотность твердой фазы образца, определяемая по известным плотностям матрицы ρ_m и наполнителя ρ_f и их объемными концентрациями n_m и n_f в этом образце:

$$\rho_o = n_m \rho_m + n_f \rho_f, \quad (21)$$

Согласно теории упругости, расчет модуля Юнга E_o изотропного композита без пор проводится по формуле:

$$E_o = \rho_o c^2_S ((3c^2_{Lo} – 4c^2_S) / (c^2_{Lo} – c^2_S)). \quad (22)$$

где ρ_o – определяется по формуле (2); c_{Lo} – теоретически рассчитанное значение фазовой скорости продольных акустических волн в композиционном материале без пор; c_S – измеренное значение фазовой скорости сдвиговых акустических волн в исследуемом образце.

Значения модуля Юнга исследуемых образцов вычисляются по формуле (22) с заменой ρ_o и c_{Lo} на измеренные значения плотности ρ и фазовой скорости продольных акустических волн c_L для каждого образца композиционного материала (рисунки 4–6).

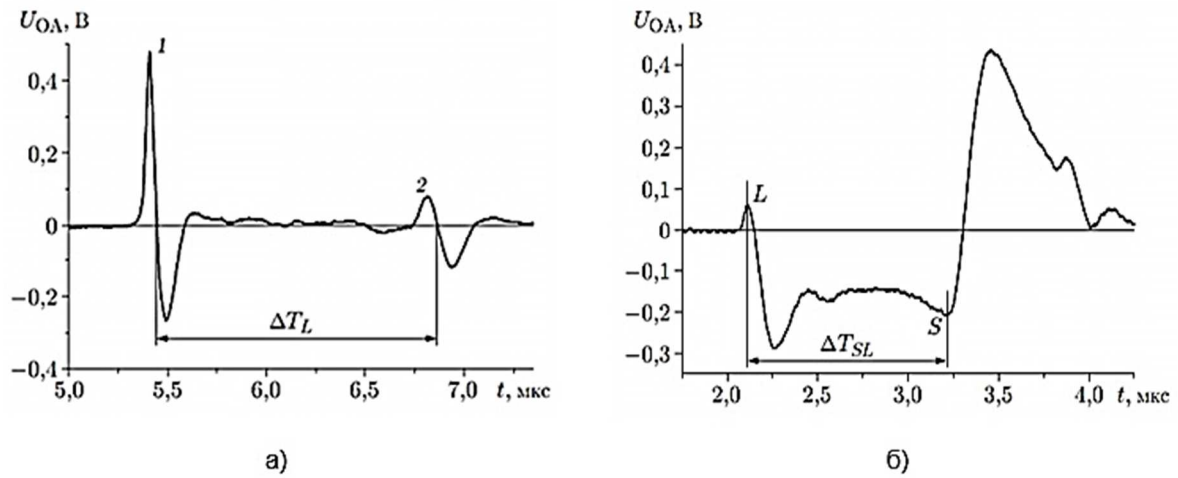


Рисунок 4 – а) форма импульса продольных акустических волн:
1 – однократный проход через КМ; 2 – трехкратный проход через КМ;
б) форма акустического сигнала: L – импульс продольных ультразвуковых волн;
S – импульс поперечных ультразвуковых волн

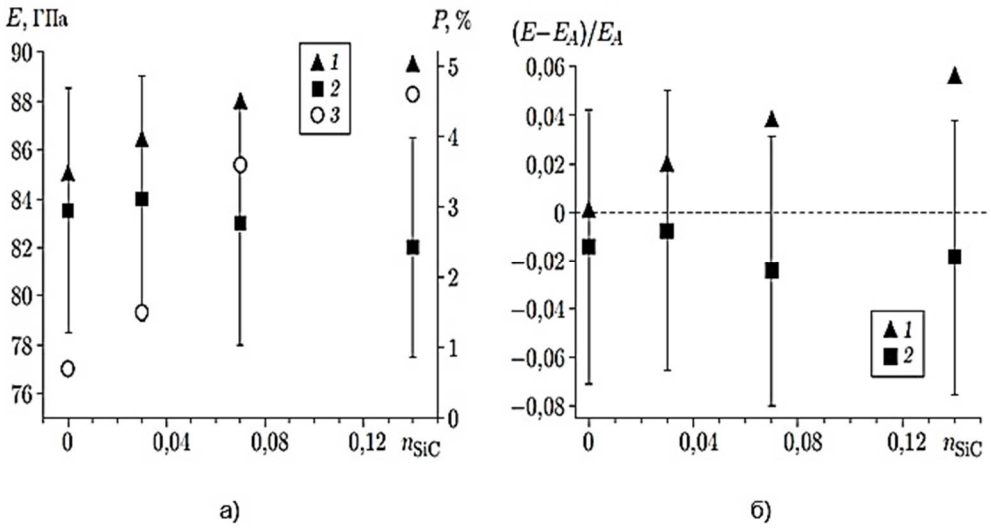


Рисунок 5 – а) - значение модуля Юнга (1, 2) и пористости (3) КМ на основе алюминия от концентрации наполнителя (SiC): 1 – результаты расчета; 2 – результаты измерений; б) изменения модуля Юнга от объёмной доли наполнителя

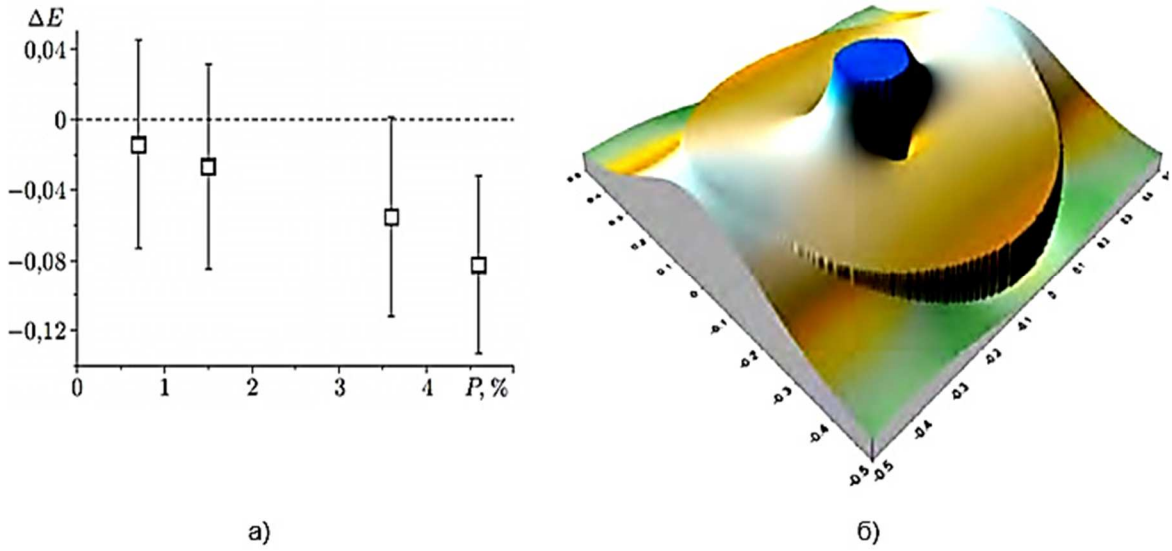


Рисунок 6 – а) зависимость изменения модуля Юнга КМ относительно его расчетного значение от пористости образца ($\Delta E = (E - E_o) / E_o$); б) распределение растягивающих напряжений в ячейке с включением при однородной средней деформации $\varepsilon_3 = 1$

Список литературы:

1. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Технологические процессы производства и ремонта летательных аппаратов и авиационных двигателей / В.П. Панков, А.Л. Бабаян, В.И. Табырца, А.А. Швецов. – 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. 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.
4. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков, И.П. Шепеть // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2(146). – С. 92–96.
5. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков, И.П. Шепеть // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 4(148). – С. 174–179.

6. Патент 2511146 РФ. Способ нанесения теплозащитного электропроводящего покрытия на углеродные волокна и ткани / В.П. Панков [и др.]. Опубл. 10.04.2014.
7. Жидков В.Е. Материалы для оборудования пищевых производств / В.Е. Жидков, В.П. Панков, В.А. Соловьев // НаукаПарк. – 2014. – № 2/2(22). – С. 38–42.
8. Исследование свойств углеродных волокон, модифицированных плазмой / В.П. Панков [и др.] // В сборнике: XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященной 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей конференции. – Краснодар, 2023. – С. 70–83.
9. Власов А.Н. Параметрический метод асимптотического усреднения для нелинейных уравнений термоупругости / А.Н. Власов, Д.Б. Волков-Богородский // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2014. – № 4. – С. 491–507.
10. Карабутов А.А. Измерение зависимости локального модуля Юнга от пористости изотропных композиционных материалов импульсным акустическим методом с использованием лазерного источника ультразвука / А.А. Карабутов, Н.Б. Подымова, Е.Б.Черепецкая // Прикладная механика и техническая физика. – 2013. – Т. 54. – № 3. – С. 181–190.

УДК 001.4

СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ МИКРОТЕРМИНОСИСТЕМЫ РАБОТЫ СВЕРХЗВУКОВОГО ВХОДНОГО УСТРОЙСТВА СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

♦♦♦♦♦

COMPONENTS OF THE MICROTERMINOLOGICAL SYSTEM OF OPERATION OF THE SUPERSONIC INPUT DEVICE OF THE AIRCRAFT POWER PLANT

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

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

Аннотация. Рассмотрен вопрос об необходимости формирования упорядочных микротерминосистем при изучении в вузе компонентов авиационной техники. Приведены компоненты разработанной авторским коллективом одной из микротеримносистем в области работы сверхзвукового входного устройства силовой установки воздушного судна. Статья предназначена для преподавательского состава вузов.

Ключевые слова: терминосистема, сверхзвуковое входное устройство функции, режимы работы, скачки уплотнения.

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

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
napalkoff@yandex.ru

Abstract. The issue of the need for the formation of orderly microterminologies in the study of aviation components at the university is considered. The components of one of the microthermic systems developed by the team of authors in the field of operation of the supersonic input device of the aircraft power plant are presented. The article is intended for the teaching staff of universities.

Keywords: terminology, supersonic input device, functions, modes of operation, surges of compaction.

Введение.

В процессе подготовки обучающихся в вузе применение терминосистем является одним из важнейших компонентов педагогической практики в процессе преподавания обучающимся содержания специальных дисциплин.

Неупорядоченность терминосистем, нарушение правил их формирования и невнятное структурирование учебной информации зачастую приводят к снижению качества подготовки обучаемых [1]. Особенно это сказывается при подготовке обучающихся с неродным языком обучения. На уровне образовательных достижений таких обучающихся в том числе существенно сказывается и различие терминосистем в предметной области в странах Заказчика с терминосистемами, применяемыми в вузах Российской Федерации.

Таким образом, учитывая требования к результатам обучения по обучающихся в вузе по специальности 25.02.01 Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей представляется целесообразным привести здесь пример сформированной составных частей одной из разработанных авторским коллективом микротерминостсистем; терминологического поля и структурированной информации в области работы одного из важнейших компонентов силовой установки воздушного судна – сверхзвукового входного устройства.

В структуре информации в предметной области микротерминосистемы используется специальная лексика для описания конструкции и функционирования рассматриваемого объекта авиационной техники [2]. Поэтому перед рассмотрением характери-

стик сверхзвукового входного устройства (далее – СВУ) необходимо сформировать поле микротеримносистемы для таких понятий, как свойство и состояние, показатели и параметры, функции и режимы работы рассматриваемого объекта АТ.

Поле микротерминосистемы.

Свойство объекта АТ – сторона объекта, которая:

– обнаруживается при сравнении/взаимодействии с другим объектом;

– определяет его общность или различие с другим объектом.

Показатель – мера применяемая для оценки отдельного свойства (или совокупности свойств) рассматриваемого объекта.

Параметр объекта – показатель, значение которого определяется по количественной шкале и имеет форму численного, количественного описания свойства (совокупности свойств) рассматриваемого объекта (с указанием пределов допустимых значений).

Состояние объекта – совокупность свойств объекта в определенный момент времени.

Фактор – свойство объекта или объекта среды влияющее на возможность возникновения явления или процесса.

Условие – совокупность (набор) факторов, влияющих на возможность возникновения явления или процесса.

Функция – свойство объекта АТ, которое определяет вид его деятельности (работы).

Функция (как свойство) объекта АТ может быть описана с помощью его параметров.

Функции объекта АТ по области проявления делят на:

– внешние функции;

– внутренние функции.

Внешние функции:

– проявляются вне объекта АТ;

– отражают взаимосвязь объекта со сферой применения;

– при взаимодействии с областью/сферой применения внешней средой.

При определении внешних функций:

– внутреннее строение объекта АТ (конкретная конструкция) не учитывается;

– объект рассматривается как «черный ящик» со своими входами и выходами (сигналы).

Внешние функции по роли в достижении желаемого результата подразделяются на:

– главные внешние функции;

– второстепенные внешние функции.

Главная внешняя функция объекта АТ:

– определяется главным ожидаемым результатом деятельности объекта АТ в целом (назначением объекта АТ).

Второстепенная внешняя функция объекта АТ:

– создает (обеспечивает) необходимые условия для осуществления главной внешней функции;

– определяет частные (побочные) ожидаемые результаты функционирования объекта.

Главная внешняя функция СВУ:

– забор воздуха и подача его к двигателю в полете на больших сверхзвуковых скоростях.

Второстепенные внешние функции СВУ:

– забор воздуха и подача его к двигателю в полете на дозвуковых скоростях и на земле.

Внешние функции СВУ могут быть описаны с помощью следующих параметров:

– расчетный диапазон чисел М полета;

– значение числа М на входе в компрессор.



Рисунок 1 – Сверхвуковые входные устройства Су-57

Внутренние функции: проявляются внутри объекта АТ при упорядоченном взаимодействии элементов объекта между собой.

При определении внутренних (внутри-объектные) функций:

– учитывается внутреннее строение (конкретная конструкция) объекта АТ;

– объект АТ рассматривается как техническая система.

Внутренние функции создают необходимые условия для осуществления внешних функций.

Внутренние функции по роли в создании условий для осуществления внешних функций объекта АТ подразделяются на:

– основные внутренние функции;

– вспомогательные внутренние функции.

Основные внутренние функции:

– создают необходимые условия для осуществления (выполнения, реализации) внешних функций.

Вспомогательные внутренние функции:

– создают (обеспечивает) необходимые условия для осуществления основных внутренних функций.

Основные внутренние функции СВУ:

– устойчивая работа.

Вспомогательные внутренние функции СВУ:

– сжатие воздуха за счет энергии скоростного напора;

– подвод воздуха к компрессору с малыми потерями энергии и равномерным полем скоростей и давлений.

Внутренние функции СВУ могут быть описаны с помощью следующих параметров:

– соотношение расхода воздуха через входное устройство и через двигатель

$$G_{в.} \lessgtr G_{дв.};$$

– степень повышения давления воздуха – $\pi^*_{вх}$;

– коэффициент сохранения полного давления – $\sigma_{вх}$;

– коэффициент внешнего сопротивления – $c_{х.вн}$;

– коэффициент расхода – $c_{х.вн}$.

Состояние объекта АТ – совокупность проявляющихся (в рассматриваемый момент времени) его функций.

Режим работы объекта АТ – состояние работающего объекта АТ.

Режим работы объекта АТ – определяется значением его параметров.

Режим работы СВУ – состояние работающего СВУ характеризуемое совокупностью его параметров определяющих:

– происходящие в нем процессы;

– тепловую и динамическую напряженность его деталей.

Главная внутренняя функция СВУ – устойчивость режима его работы определяется характером изменения параметров СВУ во времени.

Устойчивый режим работы СВУ – параметры СВУ не изменяются во времени.

Виды устойчивых режимов работы СВУ:

– критический режим работы СВУ;
– сверхкритический режим работы СВУ;
– докритический режим работы СВУ.

Вид устойчивого режима работы СВУ определяется следующим условием:

– соотношение расхода воздуха через входное устройство и через двигатель.

Главная внутренняя функция СВУ – устойчивость режима его работы определяется характером изменения параметров СВУ во времени.

Неустойчивый режим работы СВУ – параметры СВУ изменяются во времени.

Виды неустойчивых режимов СВУ: «зуд» СВУ и «помпаж» СВУ.

Структурированная информация предметной области.

Сверхзвуковые входные устройства рассчитываются на вполне определённые числа М полёта, угол атаки α и число оборотов двигателя.

На этом режиме происходит согласованная работа СВУ и двигателя по расходу воздуха:

$$G_{в.СВУ} = G_{в.дв.}$$

Иллюстрация соотношения расходов воздуха через СВУ и двигатель для обучающихся на неродном языке представлена на рисунке 2.

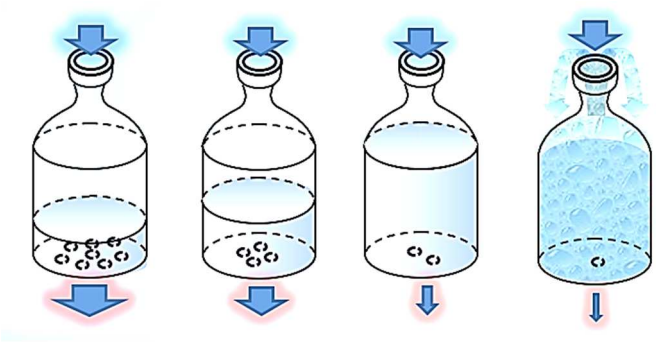


Рисунок 2 – Подобие соотношения расходов воздуха и воды

СВУ работает с минимальными потерями полного давления и с максимальной производительностью. Такой режим работы называется расчетным (рисунок 3).

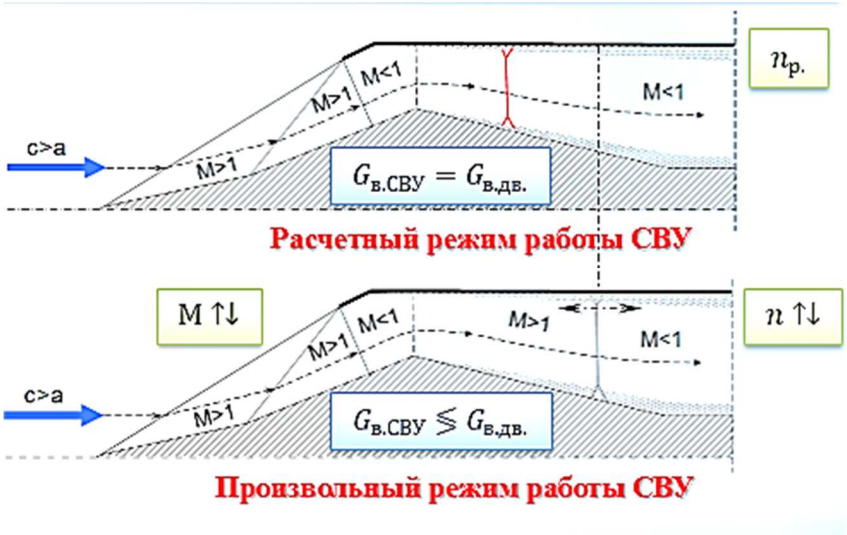


Рисунок 3 – Расчетный режим работы СВУ

Если производительность компрессора уменьшится, то произойдет небольшое увеличение плотности и давления воздуха перед ним. Это приведет к смещению S-образного скачка в сторону плоскости входа в СВУ. При некотором числе оборотов двигателя S-образный скачок достигает горла СВУ и при дальнейшем уменьшении оборотов исчезает. Остается только система скачков уплотнения на входе в двигатель. Критический режим работы СВУ (рисунок 4) – скорость движения воздуха в горле равна скорости звука, а за горлом в диффузоре дозвуковая.

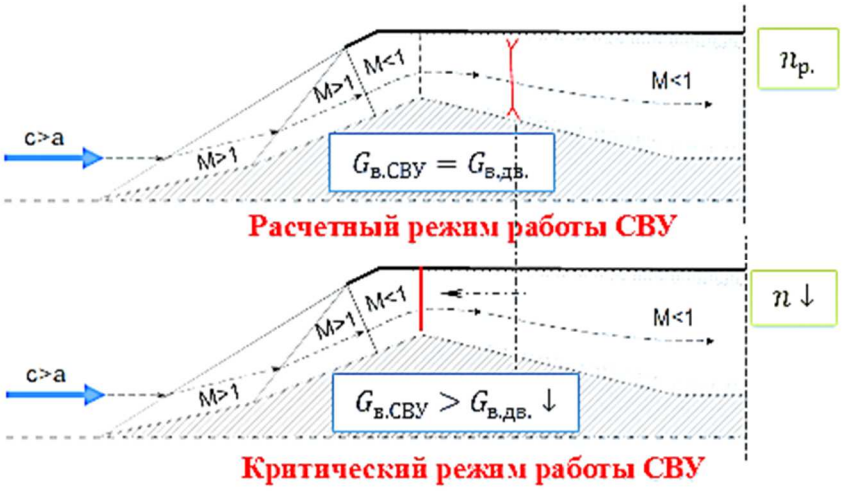


Рисунок 4 – Критический режим работы СВУ

При увеличении частоты вращения $n \uparrow$ расход воздуха через двигатель будет возрастать $G_{в.дв.} \uparrow$, а расход воздуха через СВУ останется прежним:

$$G_{в.СВУ} < G_{в.дв.} \uparrow.$$

В результате давление воздуха перед компрессором уменьшится $p \downarrow$ и замыкающий сверхзвуковую зон S- образный скачок уплотнения переместится ближе к компрессору.

Сверхкритический режим работы СВУ – за горлом имеется сверхзвуковая зона, заканчивающаяся прямым скачком (рисунок 5).

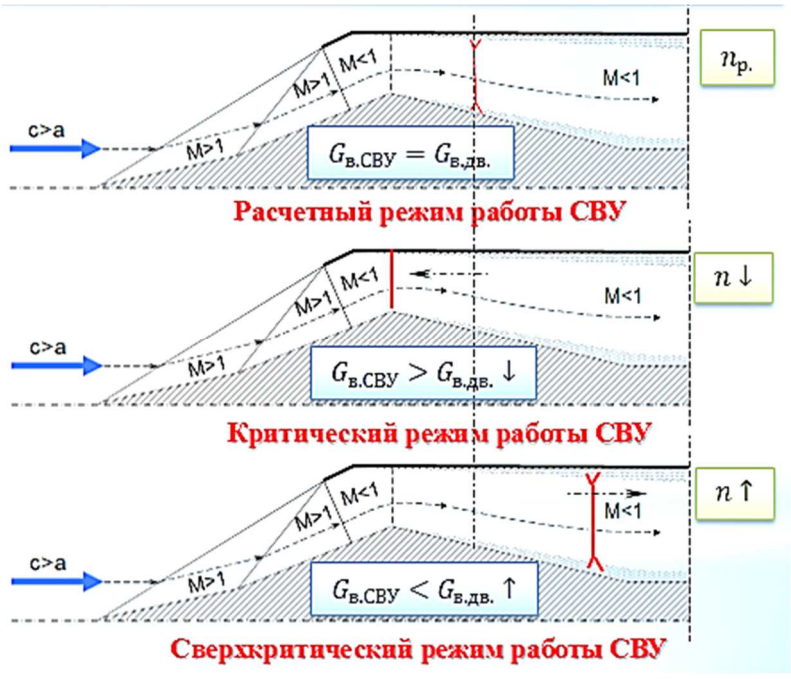


Рисунок 5 – Критический режим работы СВУ

К сверхкритическим режимам относятся:

– расчетный режим СВУ (устойчивый режим);

– «зуд» СВУ (неустойчивый режим).

Причина выбора вида расчетного режима – сверхкритический:

– обеспечивается возможность перемещения S-образного скачка по диффузору в широком диапазоне частот вращения двигателя.

«Зуд» СВУ относится к глубоким сверхкритическим режимам (значительное расхождение значений расхода воздуха $G_{в.СВУ} \ll G_{в.дв.}$).

При дальнейшем увеличении частоты вращения давление перед компрессором уменьшится и S-образный скачок уплотнения продолжит перемещаться в сторону компрессора.

Увеличится сверхзвуковая зона $S \uparrow$ после горла.

Перепад давления на S-образном скачке воздействует на пограничный слой.

Толщина слоя растёт и возникает его срыв.

При срыве пограничного слоя и резкого увеличения его толщины уменьшается степень расширения канала $\Delta F \downarrow$ перед S-образным скачком (рисунок 6).

Это приводит к уменьшению:

– скорости потока $c \downarrow$;

– и перепада давления $\Delta p \downarrow$ на S-образном скачке.

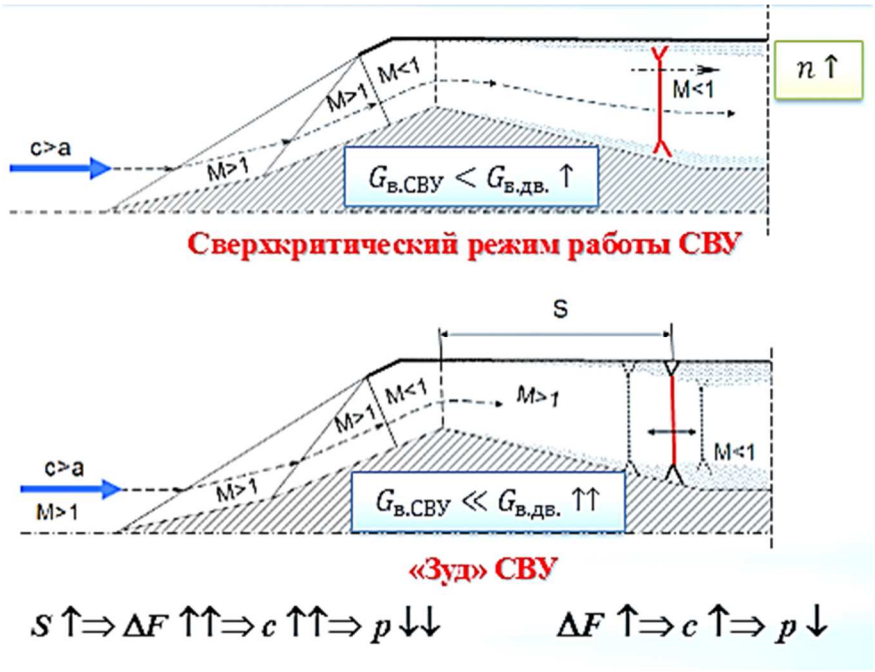


Рисунок 6 – Сверхкритический режим работы СВУ

S-образный скачок начнет перемещаться против потока, толщина пограничного слоя будет уменьшаться и прекращается срыв пограничного слоя.

Но, так как условие $G_{в.СВУ} < G_{в.дв.}$) сохраняется то процесс перемещения S-образный скачка в направлении компрессора и обратно повторяется вновь.

«Зуд» СВУ – внутри СВУ происходят колебания давления и расхода воздуха (рисунок 7):

– с высокой частотой (100–250 Гц);

– и с малой амплитудой.

В процессе дросселирования двигателя возникает ситуация когда между компрессором и входной системой скачков уплотнения нет барьера в виде сверхзвуковой зоны, и область повышенного давления начинает непосредственно воздействовать на входную систему скачков уплотнения.

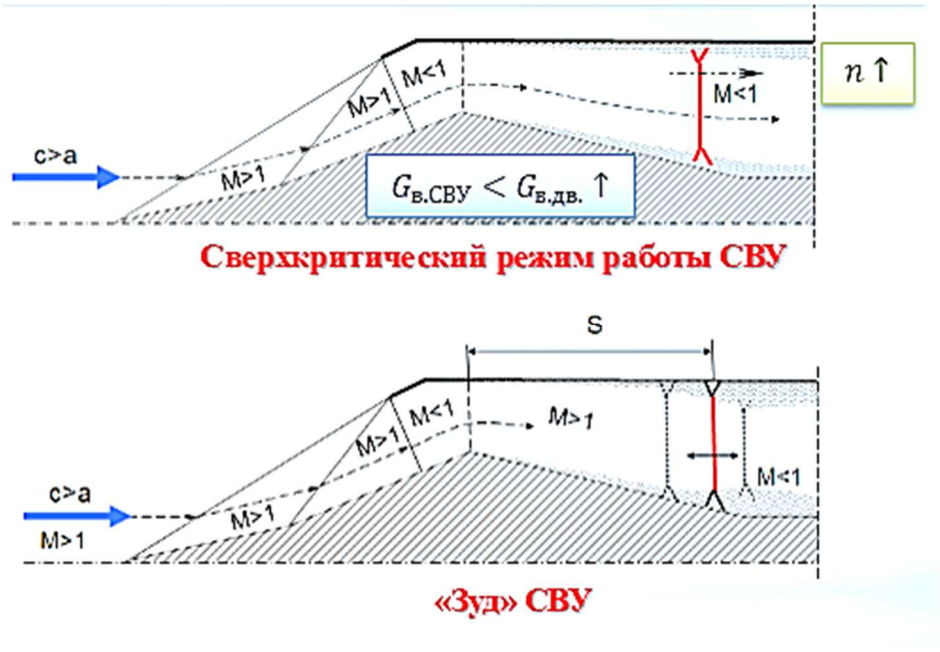


Рисунок 7 – «Зуд» СВУ

Докритический режим работы СВУ – течение во всем внутреннем канале дозвуковое, а на входе образуется выбитая головная волна.

Дальнейшее уменьшение частоты вращения двигателя приведет к тому, что область повышенного давления начинает воздействовать на замыкающий прямой скачок уплотнения.

Этот скачок отходит от плоскости входа и превращается в выбитую головную волну, которая начинает разрушать систему косых скачков уплотнения (рисунок 8).

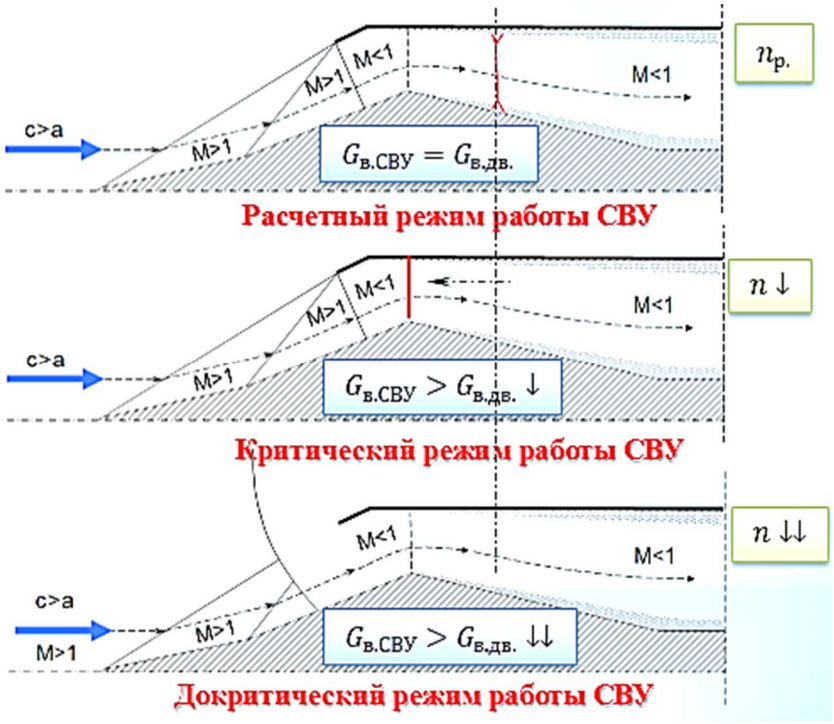


Рисунок 8 – Докритический режим работы СВУ

Чем больше дросселирование двигателя, тем дальше отходит головная волна от плоскости входа. Выбитая головная волна, перемещаясь против потока и частично разрушая систему косых скачков уплотнения, разделяет поток воздуха на отдельные струи. При этом возникает так называемое «слоистое течение» воздуха. Наибольшие

потери полного давления будут в периферийной струе I – торможение осуществляется только в одном прямом скачке. В средней струе II полное давление получается более высоким – торможение происходит в косом и прямом скачках. Наибольшая величина полного давления будет в струе III, проходящей два косых скачка и один прямой (рисунок 9).

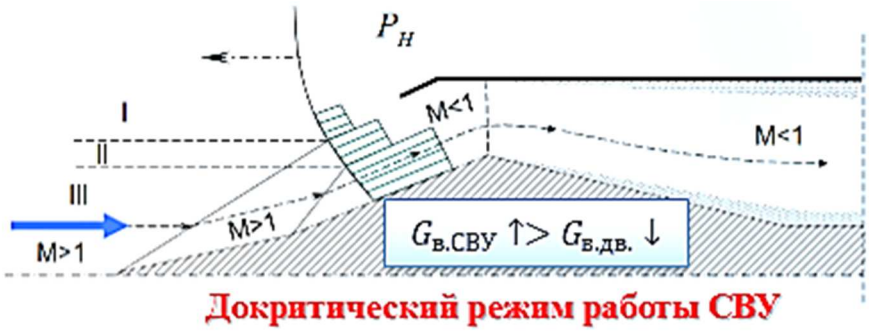


Рисунок 9 – Нарушение слоистого течения воздуха на входе в СВУ

Воздух из канала СВУ частично поступает в двигатель, а частично через «ослабленную» область течения (струя I) прорывается из канала СВУ и выбрасывается наружу. При этом выбитая головная волна практически мгновенно перемещается против потока в сторону передней кромки поверхности торможения, что приводит к полному разрушению системы косых скачков уплотнения. Совокупность этих процессов приводит к быстрому снижению давления $p_$ в $\downarrow$ внутри канала входного устройства. В результате выбитая волна начинает быстро перемещаться по потоку (ко входу во внутренний канал) и превращается в замыкающий прямой скачок на передней кромке обечайки.

При этом происходит восстановление системы косых скачков уплотнения и переход СВУ на сверхкритический режим работы. После этого расход воздуха через СВУ становится опять больше, чем расход, определяемый пропускной способностью компрессора. Давление перед компрессором повышается, S-образный скачок снова перемещается к горлу и процесс возникновения выбитой волны повторяется.

СВУ переходит на неустойчивый режим работы – помпаж (глубокий докритический режим – рисунок 10).

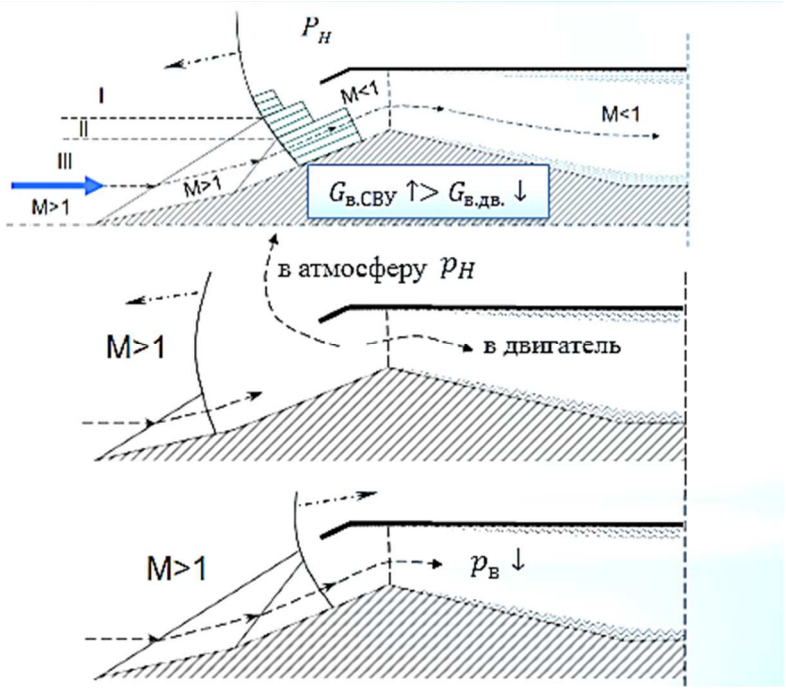


Рисунок 10 – Помпаж СВУ

Помпаж СВУ – внутри СВУ происходят колебания давления и расхода воздуха с малой частотой (5–15 Гц) и с большой амплитудой, достигающей 30-50% от значения давления воздуха перед помпажом.

Для двигателя более опасен помпаж СВУ, так как он может привести:

– к самовыключению двигателя из-за периодического обеднения топивовоздушной смеси в камере сгорания;

– к разрушению обшивки внутреннего канала СВУ под воздействием знакопеременных перегрузок.

«Зуд» СВУ менее опасен, чем помпаж, так как амплитуда колебаний давления и расхода воздуха невысока. Однако, он может повлиять на уменьшение запаса устойчивости компрессора.

Вывод.

Приведенные выше составные части микротерминосистемы: терминополе и структурированная информация в области работы одного из важнейших компонентов силовой установки воздушного судна – сверхзвукового входного устройства может быть использована при изучении характеристик сверхзвукового входного устройства обучающимися в вузе не только по техническому профилю, но и обучающихся по специальности 25.05.04 Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов.

Список литературы:

1. Эффективность технологий обучения по специальным дисциплинам в летном вузе / С.А. Гордиенко, В.И. Маркелов, Д.С. Третьяченко, С.Г. Захаренко / Вестник Армавирского государственного педагогического университета. – Вып. № 1. – Армавир : АГПУ, 2023. – С. 30–38.
2. Психологический анализ ошибочных действий летчиков при выполнении полетов / В.И. Конотоп // Гуманитарные проблемы военного дела. – 2017. – № 3(12). – С. 193–196.

УДК 629.7.038

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

♦♦♦♦♦

INCREASING THE STRENGTH AND IMPROVING THE CHARACTERISTICS OF THE WORKING BLADES OF THE FIRST STAGE OF THE AXIAL COMPRESSOR OF A GAS TURBINE ENGINE

Падалка А.П.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Калюжный К.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Бородулин Д.И.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена вопросам повышения прочности рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора газотурбинного двигателя с помощью лазерной обработки. Это задача является актуальной в области авиационных технологий. Рабочие лопатки подвергаются значительным механическим и термическим нагрузкам, что делает их уязвимыми к усталостным повреждениям и разрушению.

Ключевые слова: осевой компрессор, рабочие лопатки, прочность, лазерная обработка, износостойкость, авиационные установки.

Padalka A.P.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kalyuzhny K.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Borodulin D.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is devoted to the issues of increasing the strength of the working blades of the first stage of the axial compressor of a gas turbine engine using laser treatment. This is an urgent task in the field of aviation technology. The working blades are subjected to significant mechanical and thermal stresses, which makes them vulnerable to fatigue damage and destruction.

Keywords: Axial compressor, blades, durability, laser treatment, wear resistance, aircraft installations.

Рабочие лопатки первой ступени осевого компрессора играют ключевую роль в эффективной работе газотурбинного двигателя. Их прочность и аэродинамические характеристики напрямую влияют на производительность и надежность всего агрегата.

Лопатки первой ступени осевого ГТД являются первыми деталями, которые соударяются с песком, градом и др. частицами, что в отдельных случаях вызывает разрушение кромок лопаток, появление эрозионных повреждений и может привести к усталостному разрушению.

Лазерная обработка, благодаря своей высокой температуре и точности, позволяет модифицировать микроструктуру материала, улучшая его механические свойства. Процесс лазерной закалки, в частности, способствует образованию закаливающего слоя, который увеличивает твердость поверхности и, как следствие, прочностные характеристики.

В результате применения лазерной обработки можно добиться значительного повышения долговечности лопаток, что непосредственно влияет на надежность и эффективность работы газотурбинного двигателя.

Таким образом, интеграция современных лазерных технологий в процесс производства рабочих лопаток осевых компрессоров представляет собой перспективное направление, которое требует дальнейших исследований и разработок.

Целью данной работы является изучение теоретических основ и анализ существующих данных о влиянии лазерной обработки на прочностные характеристики рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора газотурбинного двигателя.

Задачи исследования:

1. Изучить технологию лазерной обработки.
2. Влияние лазерной обработки на прочностные характеристики рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД.
3. Рассмотреть имеющиеся методы повышения прочности рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД.

Лазерная обработка – это передовая технология, обеспечивающая высокую точность и эффективность в производственных процессах. Она включает такие методы, как лазерная резка, сварка и нанесение покрытия, что позволяет создавать детали с минимальными допусками и сложной геометрией.

Одним из главных преимуществ лазерной обработки является возможность работы с различными материалами, включая жаропрочные сплавы и композиты. Лазеры способны осуществлять обработку без значительного воздействия тепла на окружающие зоны, что минимизирует риск термического повреждения и деформации деталей.

Также ключевую роль играет надежность рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД, надежность газотурбинных двигателей в значительной степени зависит от надежности работы лопаток компрессора и турбины, поскольку они являются наиболее нагруженными деталями. Лопатки подвергаются действию статических, динамических и циклических нагрузок. Кроме того, лопатки турбины испытывают циклические термические напряжения, они работают в условиях агрессивной газовой среды при высокой температуре и подвергаются газовой коррозии. Надежность рабочих лопаток первой ступени осевого газотурбинного двигателя (ГТД) является критическим фактором, определяющим эффективность и безопасность эксплуатации двигателя.

Основные причины снижения надежности:

– Термические напряжения из-за неравномерного нагрева и охлаждения.
– Усталостные повреждения от циклических нагрузок.
– Коррозия и эрозия под воздействием горячих газов и абразивных частиц.

Для повышения надежности применяются следующие меры:

– Использование жаропрочных сплавов и термобарьерных покрытий.
– Оптимизация геометрии лопаток для снижения напряжений.
– Регулярный контроль состояния лопаток с применением неразрушающих методов диагностики.

Надежность лопаток первой ступени напрямую влияет на общую работоспособность ГТД, что подчеркивает важность постоянного совершенствования их конструкции и эксплуатационных характеристик.

Кроме того, лазерная система может быть автоматизирована, что увеличивает скорость производства и сокращает время на подготовку. В условиях растущих требований к легкости и прочности конструкций, лазерная обработка становится незаменимым инструментом в авиастроении.

В последние годы лазерная обработка материалов стала важным инструментом в увеличении прочностных характеристик рабочих лопаток осевых компрессоров (ГТД). Лопатки, подвергнутые лазерной термообработке, демонстрируют улучшенные механические свойства, такие как высокая усталостная прочность и сопротивляемость к коррозии.

Используя лазерный метод, можно существенно изменить микроструктуру материала, что способствует повышению прочностных характеристик за счет устранения дефектов (удаление микротрещин и других концентраторов напряжения) в кристаллической решетке и перераспределения напряжений.

Введение в проблему повышения прочности рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) является актуальной задачей в области авиации.

Есть множество методов повышения прочности рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД, но одним из распространённых методов является улучшение

геометрии лопаток. Оптимизация профиля и уменьшение их массы позволяют снизить механические напряжения. Использование современных программных комплексов для расчёта аэродинамических характеристик и напряжений на стадии проектирования значительно повышает прочность.

Кроме геометрических изменений, применение современных материалов, таких как супер сплавы на основе никеля и кобальта, способствует повышению термостойкости и механической прочности. Также активно исследуются методы усовершенствования технологического процесса, такие как лазерная наплавка и 3D-печать, которые обеспечивают более точное формирование лопаток и улучшение их микроструктуры.

Самое эффективное в лазерной закалки, в частности, способствует образованию закаливающего слоя, Закалка лопаток осуществляется с помощью высококонцентрированного лазерного излучения. Этот метод позволяет локально нагревать материал, достигая температуры, превышающей температуру упругой точки, а затем быстро охлаждать, что приводит к увеличению прочности и жесткости. Прежде всего, необходимо подготовить лопатки компрессора. Это включает в себя очистку от загрязнений, удаление охидов и других загрязняющих веществ. Лопатку помещают в камеру, где устанавливается лазерный источник. Лазер направляется на поверхность лопатки, создавая точечный нагрев до температуры закалки около 1000–1200 °C. Время воздействия лазера должно быть минимально, чтобы избежать перегрева материала во избежание нежелательного изменения структуры. После достижения нужной температуры лопатка должна быть быстро охлаждена. Это может быть выполнено путем подачи воздуха или использованием специальных охлаждающих жидкостей. После завершения закалки лопатки могут подвергаться дополнительным термическим обработкам, таким как отпуск, для достижения оптимальных механических свойств.

Тема рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора газотурбинного двигателя (ГТД) является актуальной по нескольким причинам:

1. Эффективность и производительность: Рабочие лопатки компрессора играют ключевую роль в обеспечении необходимого давления и расхода воздуха, что напрямую влияет на эффективность работы двигателя. Оптимизация их формы и конструкции может привести к значительному увеличению общей производительности ГТД.

2. Технологические инновации: Современные технологии, такие как компьютерное моделирование и методы численного анализа, позволяют разрабатывать более совершенные лопатки с улучшенными аэродинамическими характеристиками, что делает тему особенно актуальной в контексте научных исследований и разработок.

3. Надежность и долговечность: Рабочие лопатки подвергаются высоким механическим и термическим нагрузкам. Исследование их материалов, конструкций и методов защиты от коррозии и износа важно для повышения надежности и срока службы ГТД.

4. Безопасность: Надежность работы компрессора критична для безопасности эксплуатации газотурбинных двигателей, особенно в авиации и энергетике. Исследования в этой области помогают предотвратить аварии и увеличить безопасность.

Таким образом, тема рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД является многогранной и важной как для науки, так и для практического применения в различных отраслях.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, о том что применение лазерной обработки для повышения прочности и улучшения характеристик рабочих лопаток первой ступени осевого компрессора ГТД является целесообразным и обоснованным выбором, также дальнейшие исследования в области лазерной обработки не только помогут раскрыть весь потенциал этой технологии, но и создадут условия для повышения надежности и долговечности ключевых компонентов газотурбинных двигателей, что, в свою очередь, положительно скажется на их эффективности и экономичности.

Для дальнейшего развития этой темы и повышения эффективности применения лазерной обработки в производстве рабочих лопаток необходимо выделить несколько перспективных направлений: развитие современных методов контроля качества и проверки на усталостные характеристики может помочь выявить дефекты на ранних ста-

диях и предотвратить катастрофические отказы. Использование технологии 3D-печати для создания сложных форм может улучшить распределение напряжений в лопатках, также применение современных методов термообработки и защитных покрытий может значительно увеличить срок службы лопаток, улучшив их сопротивляемость коррозии и абразивному износу, проведение комплексных испытаний, как в лабораторных условиях, так и на стендах, поможет оценить реальные характеристики и поведение лопаток в динамических условиях.

Список литературы:

1. Жеманюк, О.Л. Вестник двигателестроения / П.Д. Жеманюк, О.Л. Лукьяненько, Л.П. Степанова. – 2006. – № 1. – С. 79.
2. Фомичев Е.О. Анализ существующих способов восстановления лопаток компрессора газотурбинного двигателя / Е.О. Фомичев, Н.Н. Воронин // Двигатель. – 2013. – № 5(89). – С. 18–19.
3. Ермолаев А.С. Лазерные технологии и процессы при изготовлении и ремонте деталей газотурбинного / А.С. Ермолаев, А.М. Иванов, С.А. Василенко // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2013. – № 35. – С. 49–63.

УДК 629.7

ЧТО ВЛЕКУТ ЗА СОБОЙ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

♦♦♦♦♦

WHAT DOES POLLUTION ENTAIL ENGINE OILS OF AIRCRAFT ENGINES

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@ yandex.ru

Васюк Л.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены классификации различных загрязнений моторных масел ЛА в различных стадиях их эксплуатации. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования условий возникновения загрязнений в рабочих жидкостях. На основе проведенного анализа авторами исследованы назначение, область применения, фазовое состояние, состав, причины возникновения, условия проявления в различных марках масла в различных местах взятия проб и содержание загрязнений.

Ключевые слова: эксплуатационные материалы, смазочная пленка, загрязнения, поверхностное трение, примеси, моторные масла, фазовый анализ, спектральный анализ, компрессоры, диэлектрики, токонесущие части, износ, изоляция, углеводородный состав, гранулометрический состав, рентгеноскопический метод.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@ yandex.ru

Vasyuk L.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article discusses the classifications of various contaminants of aircraft engine oils at various stages of their operation. The main unsolved problem of studying the conditions of contamination in working fluids has been identified and substantiated. Based on the analysis, the authors investigated the purpose, scope, phase state, composition, causes, conditions of manifestation in various brands of oil in various sampling sites and the contamination content.

Keywords: operating materials, lubricating film, pollution, surface friction, impurities, engine oils, phase analysis, spectral analysis, compressors, dielectrics, current-carrying parts, wear, insulation, hydrocarbon composition, granulometric composition, X-ray method.

Основное назначение моторного масла – образование устойчивой смазочной пленки для обеспечения минимального трения и предотвращения изнашивания поверхностей трения. Чтобы выполнять основное функциональной назначение масло должно быть в соответствующем агрегатном состоянии и не содержать загрязняющих примесей [1].

Главными видами эксплуатационных материалов для технических объектов – самоходных машин являются различные виды топлив, смазочные масла и технологические жидкости. Наиболее значимыми из эксплуатационных материалов для этих объектов являются масла для двигателей. Все теоретические исследования и опыты проводились с маслами марок М10Г2 и М8.

Масла, работая в двигателях при высокой температуре и давлении, соприкасаются с воздухом и продуктами неполного сгорания топлива, с кондиционированными парами воды, с занесенной в двигатели пылью, с металлическими поверхностями деталей и продуктами их износа. Классификация моторных масел представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация масел

Назначение	Область применения
Моторные	ДВС, карбюраторные, дизельные, авиационные
Трансмиссионные	Механические и гидромеханические передачи автотракторной техники
Индустриальные	Сборочные единицы и механизмы промышленного оборудования
Турбинные	Смазка и охлаждение подшипников турбоагрегатов
Компрессорные	Компрессоры низкого и высокого давления, детали компрессоров, непрерывно соприкасающихся с холодными реагентами
Электроизоляционные (трансформаторные, конденсаторные, кабельные)	Жидкие диэлектрики: изоляция токонесущих частей электрооборудования, отвод тепла
Приборные	Детали различных приборов контрольно-измерительной аппаратуры

В результате физико-химические свойства масла изменяются, что нарушает работу двигателей и вызывает их ненормированный износ [2]. Существуют три группы дефектов масел: дефекты основного составляющего; снижение функциональных характеристик добавок; снижение характеристик самого масла за счет загрязнений. Первые две группы дефектов обнаруживаются в процессе длительной эксплуатации масла. Третья группа дефектов обусловлена загрязнением масла за счет внешних факторов.

Для оценки количественного загрязнения используются спектральный и фазовый анализ, проводимый рентгеноскопическим методом [2]. Так, по данным Северо-Кавказской машиноиспытательной станции партия товарного масла М10Г2 производства «Уфанефтехим», реализованная в 2011 году хозяйствам, за время их использования вывела из строя 26 двигателей ЯМЗ-240 и СМД-60 по причине оплавления антифрикционного слоя подшипников коленчатого вала в результате повышенных коррозионных воздействий составляющих элементов масла на материалы вкладышей. В масла может попадать и вода. В гидравлическом масле могут находиться микробиологические загрязнения [1]. Микрозагрязнения попадают в системы с рабочими жидкостями. Масла загрязняются частицами пыли из воздуха. Над аэродромом с бетонным покрытием взлетно-посадочной полосы и травяным вокруг неё в 1 м^3 воздуха содержится от 1 г до 10 г и более пыли [3]. А при различных сельскохозяйственных работах наблюдается запыленность воздуха от 8,063 до 21,520 г/м^3 [4]. Рабочая жидкость, насыщенная пылью, действует на металл как абразивная притирочная паста [5]. Металлические продукты износа частично растворяются в масле, а частично остаются в виде нерастворимых коллоидных частиц. Повышается зольность масла. Продукты загрязнения можно разделить на две основные группы: органические и неорганические. С химическим составом загрязнений связано их фазовое состояние [1]. Состав загрязнений и их фазовое состояние в нефтяных рабочих жидкостях представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав загрязнений в нефтяных рабочих жидкостях

Вещества	Фазовое состояние
Неорганические	
Металлы	Твердое
Окислы металлов	Твердое
Соединения металлов (окислы и соли)	Твердое
Вода	Жидкое
Воздух	Газообразное
Органические	
Смолистые вещества	Полужидкое
Асфальтены	Твердое
Соли карбоновых кислот	Твердое
Углеводороды	Пластичное или твердое
Бактерии, грибки, пирогенные вещества	Пластичное или полужидкое (плесень, слизь или пленка)

Загрязнения, образующиеся в нефтяных рабочих жидкостях при производстве приведены в таблице 3 [2].

Таблица 3 – Производственные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
Нефтяные	Окислы металлов и кремния, асфальто-смолистые соединения	Наличие в исходном нефтяном сырье	Применение нефти, содержащей примеси
Технологические	Смолы	Полимеризация олефинов, конденсация ароматических углеводородов	Наличие в нефти реакционноспособных веществ
Атмосферные	Окислы металлов и кремния, вода	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Негерметичность технологического оборудования
Контактные	Окислы металлов	Коррозия технологического оборудования	Применение оборудования из коррозионно-активных материалов, отсутствие защитных покрытий

К операционным загрязнениям относятся загрязнения, образующиеся в рабочих жидкостях при транспортных и нефтескладских операциях (таблица 4) [1].

Таблица 4 – Операционные загрязнения в нефтяных рабочих жидкостях

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
Атмосферные	Окислы металлов и кремния, вода	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Открытое хранение масла, налив и слив масла открытой струей
Остаточные	Окислы металлов, кремния	Соприкосновение с загрязненными стенками трубопроводов и резервуаров	Налив масла в незащищенные резервуары и тару
Контактные	Окислы металлов, частицы резины	Коррозия металлов, разрушение покрытий, резинотехнических изделий	Изготовление средств транспортирования из нестойких к маслу конструкционных материалов
Износные	Металлы и сплавы	Износ рабочих органов	Применение оборудования с недостаточной износостойкостью
Продукты окисления	Смолы, асфальтены	Окисление углеводородов, входящих в состав масла	Длительное хранение масла при повышенной температуре и присутствии кислорода
Низкотемпературные	Парафины	Выпадение кристаллов углеводородов	Понижение температуры масла
Газовые	Воздух	Попадание пузырьков воздуха	Подсос воздуха при перекачке масла
Микробиологические	Бактерии, грибки, пирогенные вещества	Заражение микроорганизмами	Хранение при повышенной температуре, избыточной влажности и контакте с атмосферой

Состав эксплуатационных загрязнений приведен в таблице 5 [1].

Таблица 5 – Эксплуатационные загрязнения в маслах

Вид	Состав	Причины возникновения	Условия проявления
1	2	3	4
Углеводородные	Смолы, асфальтены, карбены, карбоиды, асфальтопековые оксикислотные соединения, кокс, сажа	Окисление углеводородов, входящих в состав масла, термическое разложение и сгорание масла	Контакт с кислородом при высокой температуре, неполное сгорание топлива

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Атмосферные	Окислы металлов, кремния	Контакт с запыленным и влажным воздухом	Малая эффективность воздушных фильтров на дренажных устройствах масляных систем
Контактные	Окислы металлов, частицы конструкционных материалов	Коррозия металлов, разрушение отдельных элементов систем под действием масла	Применение в машинах металлов, коррозирующих под действием масла
Износные	Металлы и сплавы	Износ деталей, агрегатов масляных и гидравлических систем	Применение масел с низкими смазочными свойствами

При транспортировке масел в герметичных бидонах из белой жести емкостью 20 л количество загрязнений в них не увеличивается и составляет 0,0012–0,0015 % (масс.). Транспортирование масел в ж/д цистернах и последующий слив их в резервуары приводят к возрастанию загрязнений [5]. Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники приведен в таблице 6 [2].

Таблица 6 – Содержание и гранулометрический состав загрязнений в маслах при заправке авиационной техники

Марка масла	Место пробы	Содержание загрязнений, % (масс)	Число частиц (тыс.шт./см^3) по интервалам размеров				
			0–10	11–20	21–30	31–40	41–50
М8	Бак заправочного агрегата	0,0312	35,1	2,5	0,6	0,9	0,3
М8	Раздаточный кран	0,0104	2,0	0,6	0,08	–	–
ТАД17	Бак заправочного агрегата	0, 0184	1,0	0,2	0,05	0,01	0,02
ТАД17	Раздаточный кран	0,0135	0,5	0,2	0,07	–	–
М10Г2	Бак заправочного агрегата	0,0412	37,1	3,5	1,6	0,7	0,2
М10Г2	Раздаточный кран	0,0107	2,9	0,9	0,18	0,02	0,001
МГЕ46	Бак заправочного агрегата	0,0372	45,1	3,7	0,9	0,8	0,4
МГЕ46	Раздаточный кран	0,0104	2,7	2,6	1,08	–	–

В процессе эксплуатации в масле, находящемся в системе смазки двигателя, происходят непрерывные изменения, обусловленные процессом их старения (таблица 7) [1].

Таблица 7 – Содержание загрязнений в зависимости от наработки масла М8

Продолжительность работы, час.	Содержание загрязнений, %	Зольность, %	Содержание органических соединений, %
0	0,005	0,0028	44,0
10	0,4	0,12	70,0
20	1,0	0,14	86,0
30	1,0	0,20	80,0
40	2,4	0,23	90,4
50	2,5	0.28	89,2

Попадая в маслосистему, вода способствует стимуляции коррозионной агрессивности содержащихся кислот, образованию масла, устойчивых эмульсий с маслом, увеличению кислотности масла, изменению вязкости масла; повышению износа деталей двигателя [3].

Список литературы:

1. Гимбицкая Л.А. К вопросу об особенностях работы двигателя внутреннего сгорания и дизельного агрегата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий, Е.А. Новиков // Сборник научных статей XXXI Международной научно-практической конференции «Научные тенденции: вопросы точных и технических наук». – СПб., 2020. – 179 с.

2. Гимбицкая Л.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформ-Пресс», 2019. – 188 с.
3. Методы исследования характеристик системы обеспечения заправки топливом региональных аэродромов / А.Ф. Коханый [и др.] // Материалы V Международной практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 576 с.
4. Влияние промывки гидросистемы на состояние летательных аппаратов / А.Ф. Коханый [и др.] // Материалы IV международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 53-й годовщине полета Ю.А.Гагарина в космос. – Краснодар : филиал ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 432 с.
5. Коханый А.Ф. Подходы к проведению ТО по фактическому ТС ГТД ЛА / А.Ф. Коханый, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей X Международной НПК «Научные чтения, посвященные 59 годовщине полета в космос Ю.А. Гагарина». – Краснодар : Издательский Дом – Юг – 2020. – 476 с.

УДК 628.16

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ УСТРОЙСТВ ОЧИСТКИ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ СПИРАЛИ АРХИМЕДА

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES OF LIQUID PURIFICATION DEVICES BASED ON THE ARCHIMEDES SPIRAL

Терехов В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В научной работе проведен анализ конструктивных особенностей устройств очистки жидкости на основе спирали Архимеда. Представлена классификация устройств очистки жидкости по нескольким признакам. Рассмотрены особенности конструкции и применения устройств очистки жидкости на основе спирали Архимеда.

Ключевые слова: устройства очистки жидкости, спираль Архимеда, агрегатирование устройств, центробежная сила, разделение по плотности, частицы, эмульсии, суспензии, спиралеобразный канал.

Terekhov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The scientific article analyzes the design features of liquid purification devices based on the Archimedes spiral. The classification of liquid purification devices according to several criteria is presented. The design and application features of liquid purification devices based on the Archimedes spiral are considered.

Keywords: liquid purification devices, Archimedes spiral, aggregation of devices, centrifugal force, separation of liquid by density, particles, emulsions, suspensions, spiral channels.

Все разработанные на сегодняшний день устройства очистки (УО) жидкости на основе спирали Архимеда можно классифицировать по нескольким признакам:

1. По количеству каналов, УО можно разделить на двух канальные и трёх канальные;

2. По виду входных и выходных каналов, УО бывают с прямолинейным и не прямолинейным одним входным и двумя (тремя) выходными каналами;

3. По способу компоновки, УО можно разделить на простые устройства состоящие из стандартных узлов и агрегатированные устройства.

В настоящее время разработаны следующие конструкции УО на основе спирали Архимеда:

1. Простые устройства очистки жидкости на основе спирали Архимеда:

– УО на основе спирали Архимеда с одним входным и двумя выходными каналами;

– УО на основе спирали Архимеда с одним входным и тремя выходными каналами;

– УО на основе спирали Архимеда с прямолинейным одним входным и двумя выходными каналами;

– УО на основе спирали Архимеда с прямолинейным одним входным и тремя выходными каналами;

2. Агрегатированные устройства очистки жидкости на основе спирали Архимеда:

– агрегатированное УО на основе спирали Архимеда с двумя каналами;

– агрегатированное УО на основе спирали Архимеда с тремя каналами;

– агрегатированное УО на основе спирали Архимеда с параллельным включением устройств для очистки нефтепродуктов и воды;

– агрегатированное УО на основе спирали Архимеда с комбинированным включением устройств для очистки нефтепродуктов и воды.

Рассмотрим подробно каждый вид конструкции УО жидкости.

Устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с двумя каналами (рисунок 1) относится к устройствам разделения жидкости по плотности за счет цен-

тробежной силы, предназначены для очистки двухфазных дисперсных сред водных эмульсий и суспензий. Таких как эмульсии воды и нефтепродуктов, суспензии воды и твёрдых частиц, суспензии нефтепродуктов и твёрдых частиц. Может применяться в УО воды, УО нефтепродуктов при перекачке и т.д.

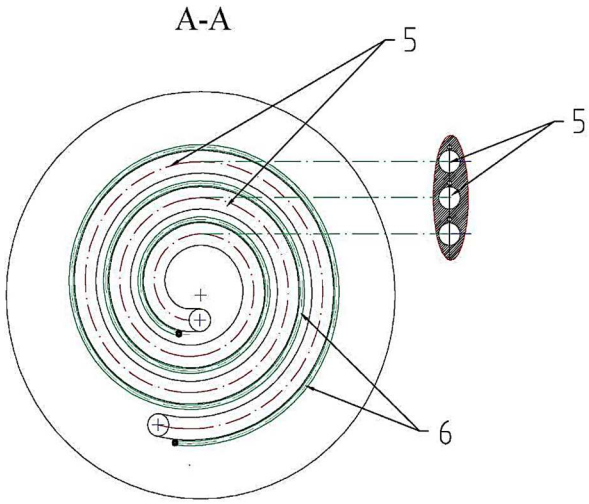


Рисунок 1 – Устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с двумя каналами в разрезе А-А:
5 – основной канал; 6 – канал для отвода примесей

Устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с тремя каналами (рисунок 2), предназначены для очистки многофазных дисперсных сред водных эмульсий и суспензий. Таких как эмульсии воды, нефтепродуктов и твёрдых частиц. Может применяться в УО очистки воды от нефтепродуктов и твёрдых примесей в местах экологических катастроф и т.д.

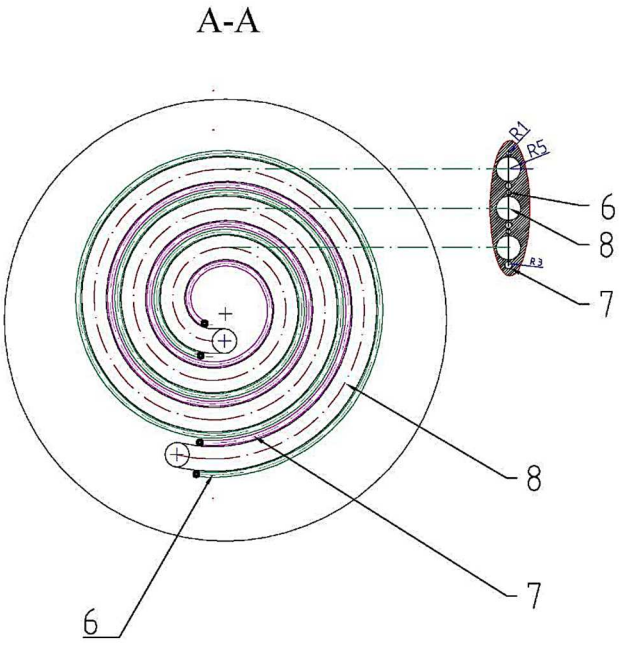


Рисунок 2 – Устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с тремя каналами в разрезе А-А:
8 – основной канал; 6, 7 – каналы для отвода примесей с разной плотностью

Устройства для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с прямолинейным одним входным и двумя (тремя) выходными каналами (рисунок 3) отличаются от выше перечисленных устройств очистки лишь, тем, что устройство имеет прямолинейные вход и выходы таким образом, что поток жидкости при входе и выходе из каналов

не меняет свое направление. Такие устройства обладают повышенным КПД за счет низкого гидравлического сопротивления на входе и выходе из УО.

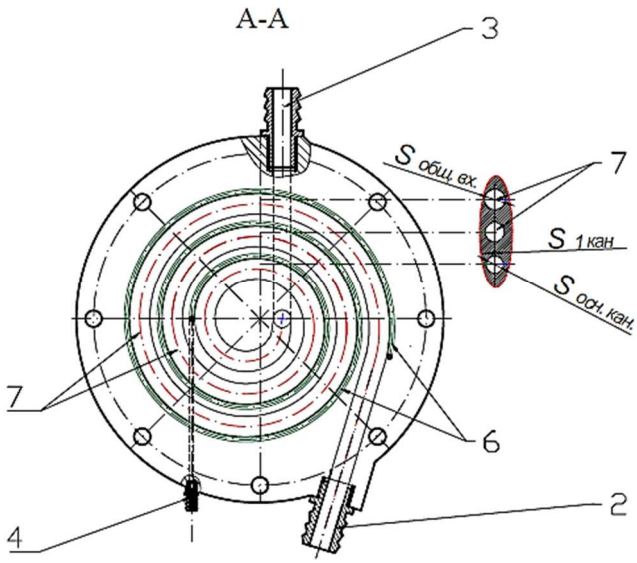


Рисунок 3 – Устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с прямолинейным одним входным и двумя выходными каналами в разрезе А-А:
2 – входной патрубок основного канала; 3 – выходной патрубок основного канала;
4 – выходной патрубок канала отвода примесей; 6 – канал отвода примесей; 7 – основной канал УО

Агрегатируемые УО на основе спирали Архимеда имеют разные варианты агрегатирования и схемы подключения УО, варианты агрегатирования устройств очистки жидкости на основе спирали Архимеда представлены в таблице 1.

Таблица № 1

№ п/п	Варианты агрегатирования
1.	Агрегатируемое УО на основе спирали Архимеда с двумя каналами (рисунок 4)
2.	Агрегатируемое УО на основе спирали Архимеда с тремя каналами (рисунок 5)
3.	Агрегатируемое УО на основе спирали Архимеда с комбинированным включением устройств для очистки (рисунок 6)
4.	Агрегатируемое УО на основе спирали Архимеда с параллельным включением устройств для очистки нефтепродуктов и воды (рисунок 7)

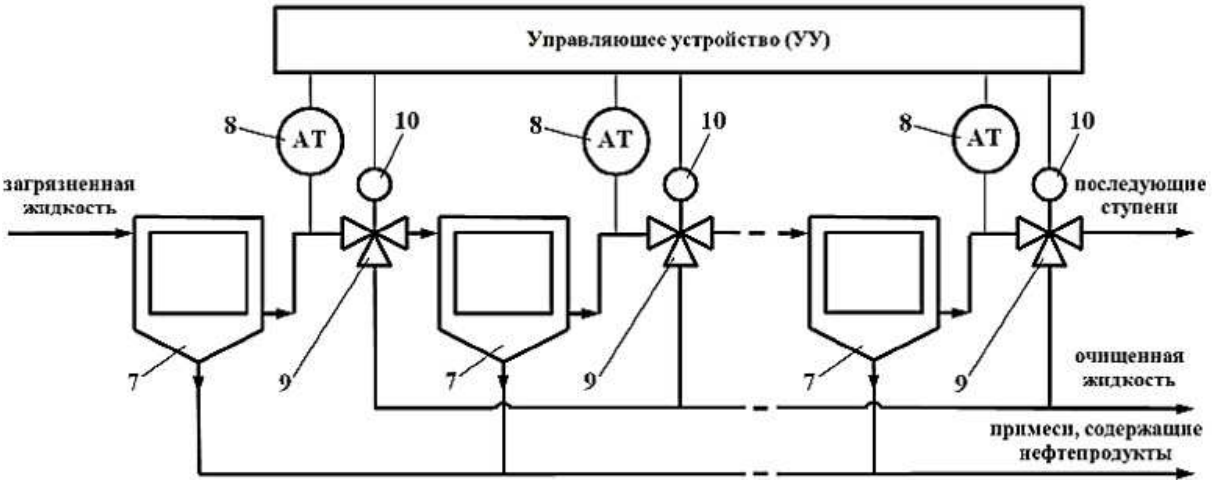


Рисунок 4 – Принципиальная гидравлическая схема агрегатируемого УО на основе спирали Архимеда с двумя каналами:
7 – УО; 8 – прибор для измерения качества жидкости;
9 – трёхходовой клапан; 10 – привод клапана

Достоинства агрегатирования:

1. Снижение затрат за счет экономии материала до 10–20 %;
2. Сокращение сроков подготовки производства из-за сокращения сроков проектирования и изготовления на 15 %;
3. Снижение массогабаритных показателей до 15 %;
4. Стандартизация и унификация процесса производства.

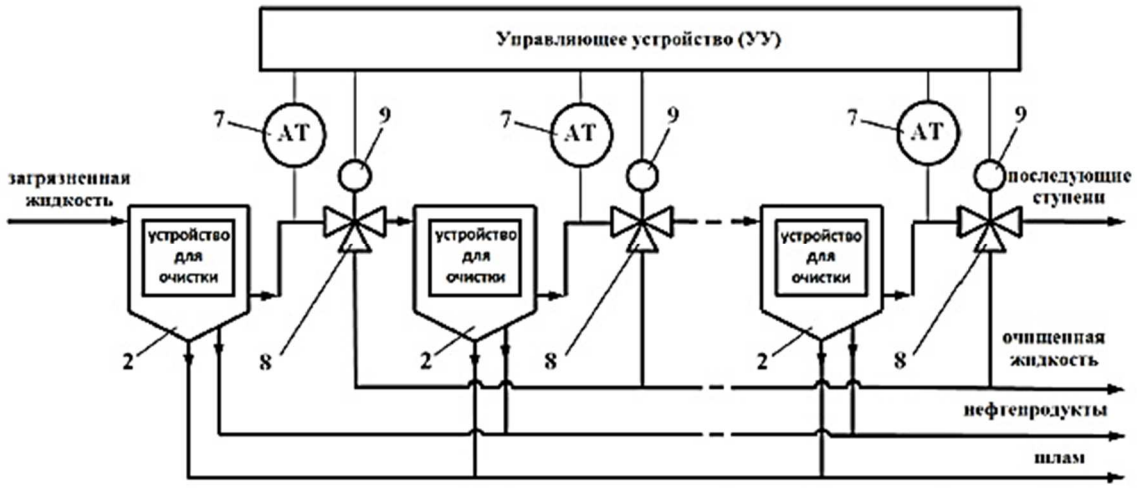


Рисунок 5 – Принципиальная гидравлическая схема агрегатируемого УО на основе спирали Архимеда с тремя каналами:
2 – УО; 7 – прибор для измерения качества жидкости; 8 – привод клапана; 9 – трёхходовой клапан

Агрегатируемые УО на основе спирали Архимеда снабжаются управляющим устройством (УУ), имеют в своём составе приборы контроля качества жидкости, коммутирующие жидкость устройства и их приводы.

Агрегатирование позволяет увеличивать длину основного канала УО при необходимости и управлять технологическим процессом очистки жидкости, за счёт этого достигается повышение качества очистки воды и нефтепродуктов.

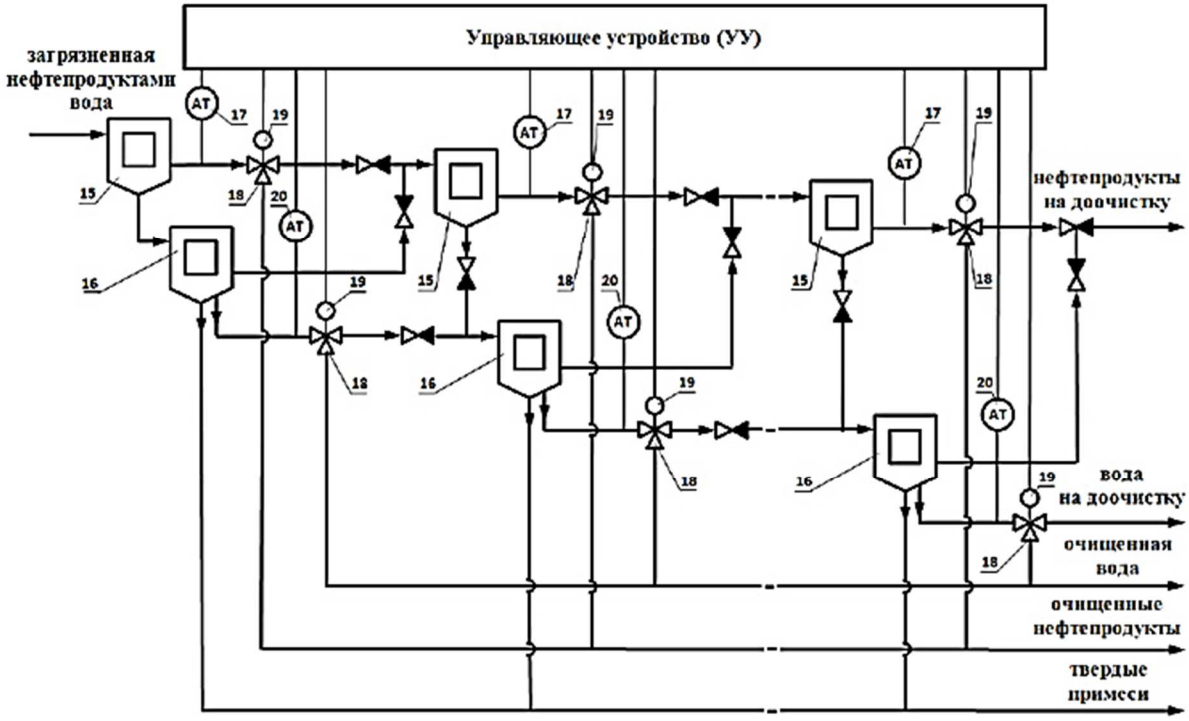


Рисунок 6 – Принципиальная гидравлическая схема агрегатируемого УО на основе спирали Архимеда с комбинированным включением устройств для очистки:
15 – УО нефтепродуктов; 16 – УО воды; 17 – прибор для измерения качества нефтепродуктов; 18 – трёхходовой клапан; 19 – привод клапана; 20 – прибор для измерения качества воды

Агрегатируемые устройства для очистки жидкости на основе спирали Архимеда позволяют унифицировать процесс очистки жидкости, могут быть использованы для качественной очистки воды от нефтепродуктов и твердых примесей или нефтепродуктов от воды и твёрдых примесей в местах экологических катастроф.

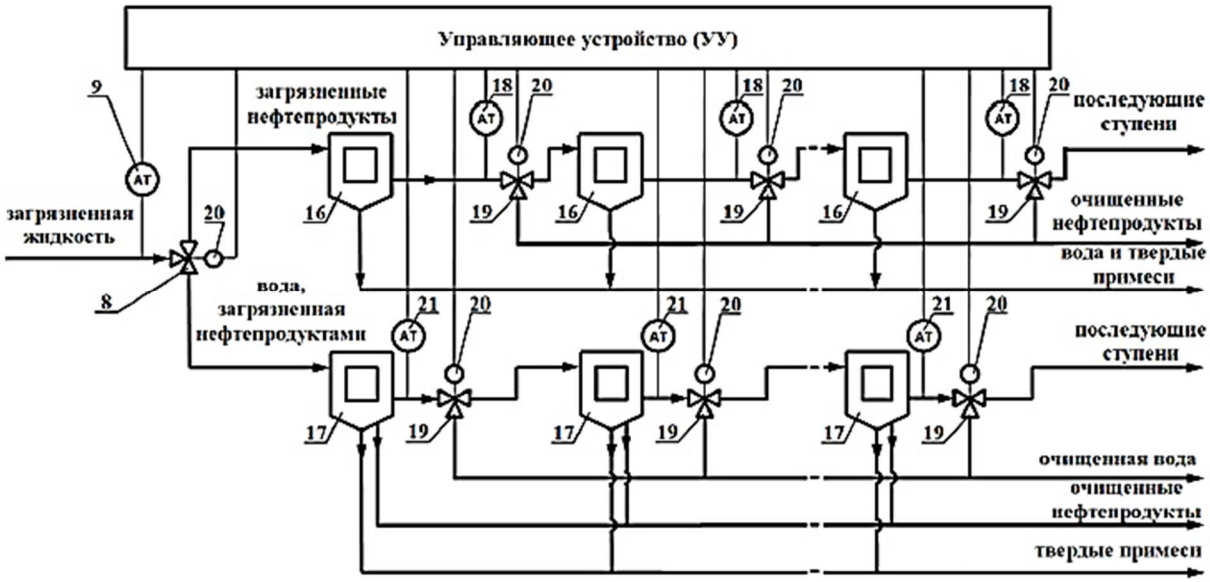


Рисунок 7 – Принципиальная гидравлическая схема агрегатируемого УО на основе спирали Архимеда с параллельным включением устройств для очистки нефтепродуктов и воды:
16 – УО нефтепродуктов; 17 – УО воды; 18 – прибор для измерения качества нефтепродуктов; 19 – трёхходовой клапан; 20 – привод клапана; 21 – прибор для измерения качества воды

Таким образом, разработанные устройства очистки жидкости на основе спирали Архимеда относится к устройствам разделения жидкости по плотности за счет центробежной силы, предназначены для очистки многофазных дисперсных сред водных эмульсий и суспензий. Таких как эмульсии воды и нефтепродуктов, суспензии воды и твёрдых частиц, суспензии нефтепродуктов и твёрдых частиц. Агрегатируемые УО на основе спирали Архимеда снабжаются управляющим устройством (УУ), имеют в своём составе приборы контроля качества жидкости, коммутирующие жидкость устройства и их приводы. Могут быть использованы для качественной очистки воды от нефтепродуктов и твердых примесей или нефтепродуктов от воды и твёрдых примесей в местах экологических катастроф.

Список литературы:

1. Терехов В.В. Применение агрегатирования в инерционных устройствах очистки жидкости на основе спирали Архимеда / XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, Посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос 10–11 апреля 2024 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 122–131.
2. Агрегатируемый инерционный сепаратор с параллельным включением устройств для очистки нефтепродуктов и волы / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель № 231273, 21.01.2025. Заявка № 2024109985 от 11.04.2024.
3. Агрегатируемое устройство для очистки жидкости на основе спирали Архимеда с двумя каналами / В.В. Терехов [и др.] // Патент на полезную модель № 231248, 20.01.2025. Заявка № 2024124879 от 26.08.2024.
4. Инерционный насос-сепаратор / В.В. Терехов [и др.] // Патент на изобретение RU 2785564, 08.12.2022. Заявка № 2022101522 от 24.01.2022.
5. Устройство для очистки воды в местах экологических катастроф / В.В. Терехов [и др.] // Патент на изобретение RU 277152, 01.08.2022. Заявка № 2021127498 от 20.08.2021.

УДК 001.4

ПРАКТИКА ТЕРМИНОВЕДЕНИЯ ПРИ РАССМОТРЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХЗВУКОВОГО ВХОДНОГО УСТРОЙСТВА СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

♦♦♦♦♦

PRACTICE OF TERMINOLOGY WHEN CONSIDERING THE CHARACTERISTICS OF THE SUPERSONIC INPUT DEVICE OF THE AIRCRAFT POWER PLANT

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

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

Аннотация. Рассмотрен вопрос о практике терминоведения при рассмотрении терминополя и структурированной информации в предметной области управления и характеристик сверхзвукового входного устройства. Статья предназначена для преподавательского состава вузов.

Ключевые слова: терминополе, структурированная информация, сверхзвуковое входное устройство.

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

Markelov V.I.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
napalkoff@yandex.ru

Abstract. The issue of the practice of terminology when considering the terminological field and structured information in the subject area of control and characteristics of a supersonic input device is considered. The article is intended for the teaching staff of universities.

Keywords: terminofield, structured information, supersonic input device.

Введение. Новая парадигма образования диктует необходимость конечной целью базовой подготовки обучающегося в ВВАУЛ считать его успешную деятельность в области эксплуатации воздушных судов и авиационных силовых установок. Профессиональная компетентность обучающихся в принятии ответственных решений на практике формируется в процессе его инженерно-технической подготовки.

Главным ориентиром обучающихся в процессе инженерно-технической подготовки должен стать допуск к практике для своевременного освоения учебного воздушного судна. Для получения допуска к эксплуатации воздушного судна на практике обучающийся должен быть способен и готов к эффективному разрешению проблемных ситуаций в соответствии с требованиями нормативных документов.

В настоящее время на инженерно-техническую подготовку в ВВАУЛ отводится только лишь 22 % от всего лимита времени, выделяемого на учебные занятия по расписанию, а доля практики составляет 33 %. Таким образом, на подготовку специалиста в профессиональной области выделено всего 55 % от общего лимита учебного времени.

Поэтому представляется целесообразным участие преподавательского и летно-методического состава вузов МО РФ в практической деятельности в области прикладного отраслевого терминоведения [1] которое закладывает основы терминосистем, разработка которых определяет возможность получения ожидаемого результата в области информационно-образовательной деятельности вузов МО РФ.

Формирование и развитие терминологии («терминологического поля») принято считать базовым, подготовительным этапом в становлении нормированной совокупности специальных номинаций – терминосистемы. Для формирования терминосистемы необходимы сознательные совместные усилия специалистов по упорядочению терминов, устранению «недостатков» терминологий, из которых «вырастает» терминосистема».

Частная микротерминосистема в предметной области должна обладать такими свойствами как взаимосвязанность используемых терминов, определенная структура и иерархичность. Ниже приведен пример применения теримнологического подхода при рассмотрении характеристик одного из компонентов силовой установки воздушного судна.

Поле микротерминосистемы.

Цель управления СВУ:

– предотвращение появления неустойчивых режимов работы СВУ;

– обеспечение максимального значения коэффициента сохранения полного давления.

Задача управления СВУ:

– обеспечение согласования расхода воздуха через двигатель и СВУ при любом режиме работы двигателя (n) и режиме полета (M, H).

Принцип управления СВУ:

– изменение пропускной способности СВУ в зависимости от потребностей двигателя.

Пропускная способность СВУ определяется пропускными способностями:

– системы скачков уплотнения на входе в СВУ;

– горла СВУ.

Способы управления СВУ:

– осевое перемещение поверхностей торможения;

– изменение угла наклона поверхностей торможения;

– выпуск/впуск части воздуха за горлом.

Осевое перемещение поверхностей торможения.

При возникновении сверхкритического режима работы СВУ (зуда) – конус (рисунки 1–3) перемещается внутрь канала СВУ, скачки уплотнения приближаются к передней кромке обечайки, площадь горла растет – пропускная способность СВУ увеличивается.

При возникновении докритического режима работы СВУ (помпажа) – конус перемещается наружу из канала СВУ, скачки уплотнения отходят от передней кромки обечайки, площадь горла уменьшается – пропускная способность СВУ уменьшается.



Рисунок 1 – Пример осесимметричного СВУ

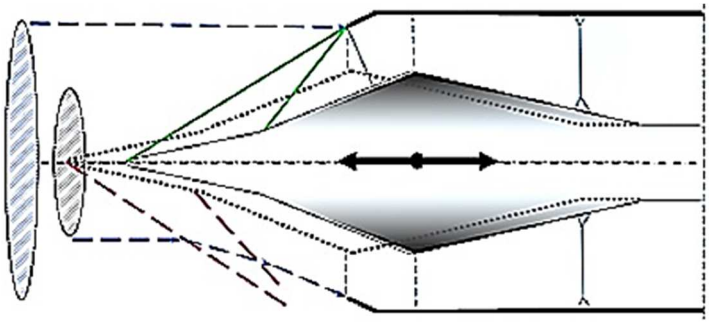


Рисунок 2 – Схема управления осесимметричным СВУ

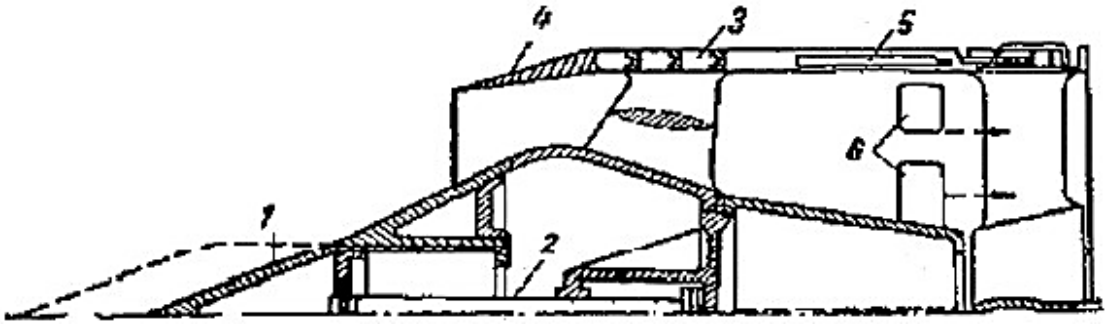


Рисунок 3 – Сверхзвуковое осесимметричное регулируемое ВУ:
1 – ступнечатый подвижный конус; 2 – поршень; 3 – обтекатель;
4 – внешний кольцевой элемент ВУ; 5 – кольцо жесткости, 6 – окно подпитки воздуха

Изменение угла наклона поверхностей торможения.

При возникновении сверхкритического режима работы СВУ (зуда) – панели торможения (рисунки 4–5) перемещаются на увеличение пропускной способности СВУ (увеличение площади горла).



Рисунок 4 – Примеры плоских СВУ

При возникновении докритического режима работы СВУ (помпажа) – панели торможения (клин) перемещаются на уменьшение пропускной способности СВУ (уменьшение площади горла).

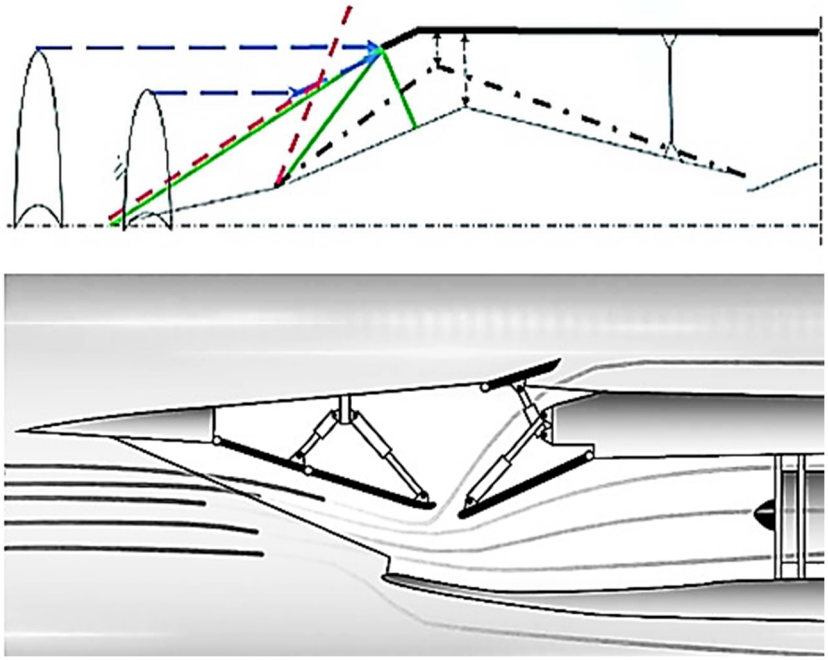


Рисунок 5 – Схема управления плоским СВУ

Выпуск/впуск части воздуха за горлом.

Створки перепуска и/или подпитки устанавливаются за горлом (рисунки 6–7).



Рисунок 6 – Пример створок перепуска и подпитки СВУ (самолет Су-57)

Створки перепуска (противопомпажные) – открываются ***наружу*** после того, как полностью выдвинут конус или подняты панели конуса – $G_{\text{в.СВУ}} \downarrow$.

Створки подпитки – открываются ***внутрь*** после того, как полностью убран конус или опущены панели конуса – $G_{\text{в.СВУ}} \uparrow$.

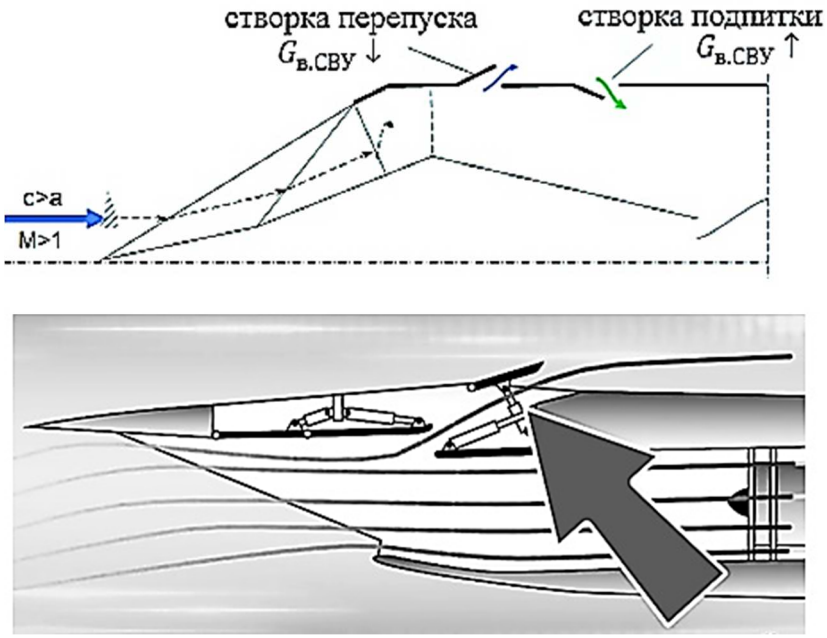


Рисунок 7 – Схема управления створками перепуска и подпитки СВУ

Запишем уравнение неразрывности:

$$G = F \cdot c \cdot \rho = \text{const}.$$

Запишем выражение для массы газа, протекающей через единицу площади канала за 1 секунду:

$$\frac{G}{F} = c \cdot \rho.$$

Таким образом, плотность тока – масса газа, протекающая через единицу площади канала за 1 секунду:

$$c \cdot \rho.$$

Критическая скорость потока газа в канал – некотором (критическом) сечении (месте) канала скорость потока газа сравняется по величине со скоростью звука:

$$c_{\text{кр}} = a.$$

Относительная скорость газа, текущего через канал СВУ:

$$\lambda = \frac{c}{c_{\text{кр}}}.$$

Относительная плотность тока (газа) $q(\lambda)$:

$$q(\lambda) = \frac{c \cdot \rho}{c_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{кр}}} = \lambda \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{кр}}}\right).$$

Газодинамические функции – зависимость безразмерных параметров потока газа зот приведенной скорости λ (и числа M).

Относительная плотность тока $q(\lambda)$ является газодинамической функцией характеризующей расход газа.

$$q(\lambda) = \frac{c \cdot \rho}{c_{\text{кр}} \cdot \rho_{\text{кр}}} = \lambda \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{кр}}}\right).$$

Величина $q(\lambda)$ связана с расходом газа следующим образом:

$$G = Fc\rho = F\frac{c\rho}{c_{\text{кр}}\rho_{\text{кр}}}c_{\text{кр}}\rho_{\text{кр}} = Fq(\lambda)c_{\text{кр}}\rho_{\text{кр}},$$

$$G = q(\lambda)Fc_{\text{кр}}\rho_{\text{кр}},$$

$$G = q(\lambda)F\frac{p^*}{\sqrt{T^*}},$$

где:

$$m = \sqrt{\frac{k}{R}\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}.$$

Получим значение коэффициента $m = 0{,}0404$ для воздуха, подставив значение коэффициента газовой постоянной $R = 287\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг·К}}$ и значение коэффициента сжимаемости газа $k = 1{,}4$

$$m = 0{,}0404.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что расход газа G пропорционален относительной плотности тока $q(\lambda)$:

$$G \propto q(\lambda).$$

Дросселирование – уменьшение, торможение.

Нерегулируемый воздухозаборник – положение поверхностей торможения и форма канала не изменяется.

Структурированная информация предметной области.

Основные параметры СВУ:

– коэффициент сохранения полного давления $\sigma_{\text{вх}}$;
– коэффициент расхода $\varphi_{\text{вх}}$;
– коэффициент внешнего сопротивления $c_{x.\text{вх}}$.

Факторы, влияющие на режим работы СВУ:

– относительная плотность тока на входе в двигатель $q(\lambda_{\text{в}})$;
– число M полета;
– угол атаки α;
– высота полета H.

Характеристики СВУ представляют собой зависимости его основных параметров ($\sigma_{\text{вх}}$; $\varphi_{\text{вх}}$; $c_{x.\text{вх}}$) от факторов, влияющих на режим его работы ($q(\lambda_{\text{в}})$; M; α; H).

Характеристики СВУ получают экспериментальным путем в результате продувок их моделей на специально оборудованных стендах.

Дроссельная характеристика СВУ (рисунок 8) представляет собой зависимости основных параметров СВУ от относительной плотности тока на входе в СВУ.

$$\sigma_{\text{вх}} = f[q(\lambda_{\text{в}})];\ \varphi_{\text{вх}} = f[q(\lambda_{\text{в}})];\ c_{x.\text{вх}} = f[q(\lambda_{\text{в}})].$$

Скоростная характеристика СВУ (рисунок 8) представляет собой зависимости основных параметров СВУ от числа M_H полета:

$$\sigma_{\text{вх}} = f(M_H);\ \varphi_{\text{вх}} = f(M_H);\ c_{x.\text{вх}} = f(M_H).$$

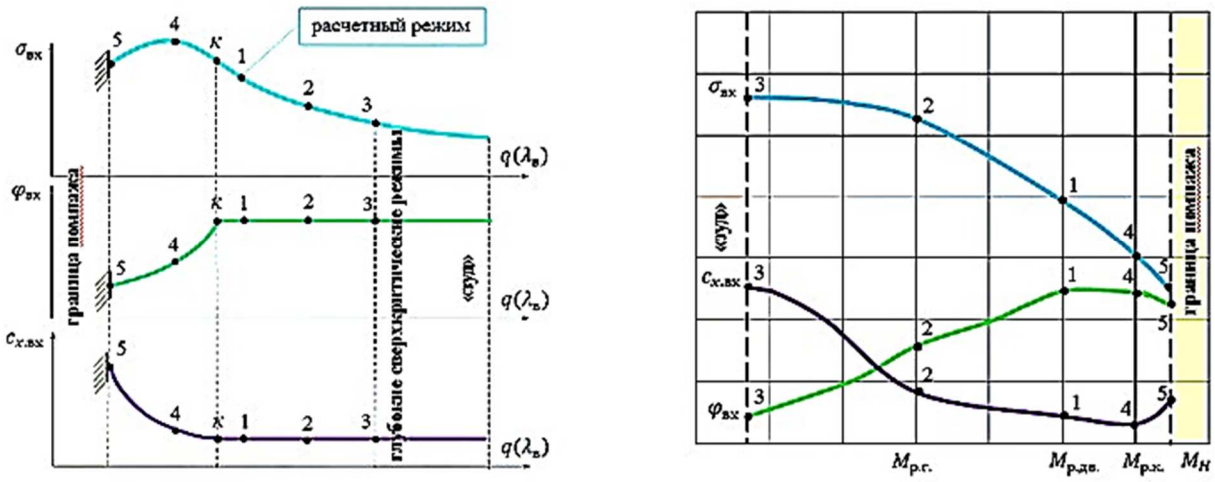


Рисунок 8 – Дроссельная и скоростная характеристики СВУ

Скорость потока за замыкающим прямым S – образным скачком дозвуковая. Чем меньше сверхзвуковой участок канала, тем меньше потери энергии потока.

При уменьшении расхода воздуха через двигатель замыкающий скачок смещается к плоскости входа СВУ (точки 3-2-2-к) и сверхзвуковой участок уменьшается.

Поэтому на графике дроссельной характеристики (рисунок 8) при уменьшении значения относительной плотности тока $q(\lambda_{\text{в}})$ значение коэффициента сохранения полного давления $\sigma_{\text{вх}}$ от точки 3 к точке «*к*» увеличивается.

Увеличение значения $\sigma_{\text{вх}}$ от точки «*к*» до точки 4 объясняется тем, что при отходе выбитой головной волны от плоскости входа СВУ часть процесса сжатия воздуха происходит вне воздухозаборника.

Снижение значения $\sigma_{\text{вх}}$ от точки 4 до точки 5 объясняется тем, что при дальнейшем отходе выбитой головной волны от плоскости входа СВУ система скачков уплотнения разрушается и начинается «слоистое» течение воздуха.

На графике характеристики (рисунок 8) значения коэффициента расхода – $\varphi_{\text{вх}}$ и коэффициента внешнего сопротивления – $c_{x.\text{вх}}$ в диапазоне сверхкритических режимов не изменяется, так как система скачков уплотнения сфокусирована на кромке входа в канал СВУ. При переходе СВУ на докритический режим изменение параметров $\varphi_{\text{вх}}$ и $c_{x.\text{вх}}$. вызвано разрушением системы скачков уплотнения, «слоистым» течением и увеличением интенсивности выбитой головной волны.

Рассмотрим характеристику изменения параметров СВУ в зависимости от числа М полета (рисунок 8).

При уменьшении числа M_H по сравнению с расчетным резко увеличивается внешнее сопротивление СВУ – $c_{x.\text{вх}}$ (за счет появления выбитой головной волны), и увеличивается вероятность возникновения «**зуда**».

$$M_H < M_{\text{р.}}$$

Для предотвращения «зуда» необходимо увеличить пропускную способность СВУ либо путем уменьшения угла наклона панелей поверхности торможения (для плоского СВУ), либо путем уборки конуса вовнутрь (для осесимметричного СВУ).

При увеличении числа M_H по сравнению с расчетным пропускная способность двигателя – $\sigma_{\text{вх}}$ будет уменьшаться (из-за увеличения температуры воздуха), и при значительном увеличении числа М возможно «выдавливание» S-образного скачка из канала и возникновение помпажа.

$$M_H > M_{\text{р.}}$$

Для предотвращения помпажа необходимо либо увеличивать угол установки панелей поверхности торможения (для плоского СВУ), либо выдвигать конус торможения (для осесимметричного СВУ).

Вывод.

Приведенные выше составные части микротерминоситемы: терминополе и структурированная информация в области способов управления и характеристик сверхзвукового входного устройства может быть использована обучающимися в вузе на неродном языке по техническому и летному профилю в процессе компетеностного подхода к подготовке кадров.

Список литературы:

1. Лейчик В.М. Терминоведение: предмет, методы, структура. – Изд. 3-е. – М. : Издательство ЛКИ, 2007. – 256 с.

УДК 001.18

КАК КАЧЕСТВО ТОПЛИВА ВЛИЯЕТ НА ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

♦♦♦♦♦

HOW DOES FUEL QUALITY AFFECT THE FLIGHT PERFORMANCE OF AN AIRCRAFT

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@ yandex.ru

Япиев М.К.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена проблема создания летательного аппарата с новым видом топлива. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования – проработка вопроса ядерной энергоустановки для летательных аппаратов. На основе проведенного анализа авторами исследованы сокращение габаритов и массы реактора в соответствии с ограничениями самолета-платформы.

Ключевые слова: ядерные технологии, повышение скорости полета неограниченная дальность полета, теплообменник для носителя, ядерный реактор с воздушным охлаждением.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@ yandex.ru

Yapiev M.K.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article discusses the problem of creating an aircraft with a new type of fuel. The main unsolved problem of the study is identified and justified - the study of the issue of a nuclear power plant for aircraft. Based on the analysis, the authors investigated the reduction in the size and weight of the reactor in accordance with the limitations of the aircraft platform.

Keywords: nuclear technologies, increased flight speed, unlimited flight range, heat exchanger for the carrier, air-cooled nuclear reactor.

Перспективы создания летательного аппарата на совершенно новом топливе обсуждались и внедрялись в проекты давно и в нашей стране, и за рубежом. Много проектов было в мире с предложением оснастить двигатель самолета или ракеты ядерной силовой установкой. Были опробованы далеко не одна попытка интегрировать ядерные технологии в двигательную установку летательного аппарата. Но ни один из проектов не продвинулся дальше испытаний.

Связь реактора и двигателей не предусматривалась, но в дальнейшем планировалось создать соответствующие агрегаты. На базе ТВД НК-12 разрабатывалось изделие НК-14А с теплообменником. При этом сохранялись камеры сгорания, благодаря чему НК-14А мог использовать обычный керосин [3]. Атомный вариант Ту-95 должен был иметь два таких двигателя в дополнение к паре штатных НК-12.

Перестройка серийного Ту-95 по проекту «119», сборка реактора и подготовка аэродрома на Семипалатинском полигоне заняли несколько лет. Весной 1961 года Ту-95ЛАЛ выполнил первый полет. До августа выполнили еще 33 экспериментальных вылета с работающим реактором. В полетах производились различные измерения; при помощи лючков в оболочке реактора проверяли действие отраженного излучения.

После проведения испытаний Ту-95ЛАЛ работы по ядерной тематике в ОКБ Туполева остановились, однако другие организации продолжили изучение этой тематики.

В 1965 году Совмин постановил разработать на базе транспортника Ан-22 самолет противолодочной обороны, способный длительное время оставаться в воздухе. Проект Ан-22ПЛО предусматривал использование одного реактора в фюзеляже и четырех двигателей НК-14А. С их помощью машина могла бы выполнять патрулирование в течение 50 ч; не исключалось и дальнейшее увеличение времени работы [3].

Проект Ан-22ПЛО столкнулся с затруднениями технического характера. Самолет получался слишком тяжелым, из-за чего пришлось переработать биологическую защиту. В 1970 году провели эксперимент, в ходе которого Ан-22 сделал несколько вылетов с точечным источником радиации на борту. Радиоактивный материал закрыли защитой новой конструкции, и она подтвердила свои характеристики. В 1972 году лаборатория на базе Ан-22 выполняла полеты с готовым реактором в грузовом отсеке, при этом осуществлялось отслеживание всех параметров. Полноценная ЯСУ не была построена и не испытывалась.

Проектирование Ан-22ПЛО так и не завершилось, опытный образец не строился. За несколько лет проект проделал определенный путь, но затем остановился без какой-либо надежды на возобновление. Отдельные исследования продолжались, однако теперь заказчик более не проявлял интереса к ядерным самолетам.

Развитие технологий последних десятилетий позволило вернуться к почти забытым идеям. В прошлом году российская промышленность анонсировала два принципиально новых проекта ядерных реакторов, отличающихся выгодным соотношением мощности и габаритов. Один из них предлагается для использования на автономном подводном аппарате «Посейдон», а другой предназначен для крылатой ракеты «Буревестник».

Первыми проработку вопроса ядерной энергоустановки для летательных аппаратов начали Соединенные Штаты Америки. В мае 1946 года стартовала программа NEPA (Nuclear Energy for the Propulsion of Aircraft – «Ядерная энергия для движения летательных аппаратов»), позже преобразованная в проект ANP (Aircraft Nuclear Propulsion). Целью этих двух программ являлось изучение возможностей и последующее создание авиационного двигателя, построенного на основе ядерного реактора [1].

Расчеты показывали, что ядерное топливо гораздо эффективнее химического. Самолет с атомным двигателем в теории мог показывать неограниченную дальность полета – такие возможности требовались для эффективного поражения объектов вероятного противника. Также ожидалась возможность повышения скорости полета [1]. Будущие ядерные установки планировалось использовать на разной технике, в первую очередь на стратегических бомбардировщиках.

Первые несколько лет ушли на теоретическую проработку и поиски путей решения поставленной задачи. К программе NEPA / ANP привлекли целый ряд ведущих научно-исследовательских и производственных предприятий. К середине пятидесятых годов начались первые практические эксперименты. Первой работой такого рода стал проект Aircraft Reactor Experiment [2].

В ОКБ В.М. Мясищева к началу шестидесятых годов проработали сразу несколько вариантов атомного самолета с разными особенностями. Предлагалось использование разных аэродинамических схем и компоновочных решений. Общей чертой проектов было использование ядерной силовой установки (ЯСУ), развитой биологической защиты и максимальной автоматизации управления машиной [1]. При этом пришлось проработать вопросы эксплуатации самолета, представляющего радиационную опасность в полете и на земле.

Бюро рассматривало несколько вариантов бомбардировщика, известных под названиями М-30 и М-60. Они должны были серьезно отличаться друг от друга разными особенностями. В частности, в проекте М-60М предлагалось строительство тяжелой летающей лодки – использование гидроаэродрома позволяло избавиться от ряда проблем, связанных с сухопутным базированием [3]. В то же время, это предъявляло особые требования к конструкции машины и не слишком упрощало ее гипотетическую эксплуатации.

В 1956 году вышло постановление Совмина, согласно которому ОКБ А.Н. Туполева поручалась разработка летающей лаборатории на базе серийного бомбардиров-

щика Ту-95. По сути, конструкторам предстояло вписать новые устройства в существующий планер. Ввиду объективных ограничений такая задача была достаточно сложной. Экспериментальный образец остался в истории под обозначениями Ту-95ЛАЛ («Летающая атомная лаборатория») и «119» (также Ту-119) [2].

Одной из главных задач в рамках NEPA / ANP было сокращение габаритов и массы реактора в соответствии с ограничениями самолета-платформы. Для уменьшения таких характеристик требовалось применять новые решения. Проект ARE предлагал строительство реактора с тепловой мощностью 2,5 МВт. Для охлаждения активной зоны предусматривалось использование смеси расплавленных солей – это был первый в мире реактор такого рода. Во втором контуре использовался жидкий натрий [1].

В 1954 году опытный реактор ARE проработал на заданном режиме 1000 часов и показал свои возможности. Тем не менее, вскоре от него отказались. К этому времени были получены обнадеживающие результаты в области межконтинентальных баллистических ракет, которые оказывались проще и эффективнее бомбардировщиков с ядерными двигателями. Проект ARE остановили, но наработки по нему использовали при создании новых реакторов [3].

В 1955 году стартовал проект HTRE (Heat Transfer Reactor Experiment – «Эксперимент по передаче тепла от реактора»), предусматривавший создание полноценного ядерного двигателя. Предлагалось собрать в одну систему реактор и пару доработанных ТРД General Electric J47. Вместо камеры сгорания каждый из ТРД получил теплообменник для теплоносителя, поступающего из реактора [2]. В начале 1956 года состоялся первый пробный запуск двигателя HTRE-1. Впоследствии построили еще два подобных изделия. Двигатель HTRE-3, в отличие от предшественников, имел минимально возможные габариты, соответствовавшие ограничениям самолетов.

В 1961 году прошли испытания двигателя с опытным реактором уменьшенной мощности Tory II-A. Позже испытали полноразмерное изделие Tory II-C. Ему удалось проработать на полной мощности около пяти минут – на пределах возможностей испытательного комплекса. Впрочем, проекты Pluto и Tory не дали практических результатов. Такая техника была крайне сложной и опасной, а кроме того, к началу шестидесятых годов командование США разочаровалось в идее межконтинентальной крылатой ракеты и предпочло развивать другие направления [2].

Параллельно с проработкой реакторов и ядерных двигателей в целом шло создание специальной техники для их установки. Ядерные двигатели можно было устанавливать как на самолетах, так и на крылатых ракетах. Предусматривались как модернизация существующих машин, так и разработка совершенно новых.

В 1951 году запустили проектирование новой версии бомбардировщика B-36- MX-1589. В планере такой машины следовало предусмотреть места для реактора и других элементов ядерного топлива. Также самолет нуждался в средствах биологической защиты. При всем этом, он должен был нести и полезную нагрузку, соответствующую требованиям заказчика. Предполагалось, что NB-36H по своим летно-техническим характеристикам будет превосходить базовую машину.

От базового B-36 новый NB-36H отличался защищенной кабиной с местами для экипажа и двух операторов реактора. В грузоотсеке поместили компактный ядерный реактор с воздушным охлаждением тепловой мощностью 1 МВт. Вместе со всеми приборами и биологической защитой он образовывал блок массой 16 т. На самолете присутствовали многочисленные датчики. Реактор мог демонтироваться для безопасного хранения в соответствующем объекте аэродрома [2].

В 1955 году NB-36H совершил свой первый полет. До 1957-го эта летающая лаборатория выполнила 47 полетов общей продолжительностью 215 часов. В ряде вылетов реактор включался и в сумме проработал почти 90 часов. Испытания показали, что примененная кабина защищает экипаж от радиации. В то же время, самолет оставлял за собой радиоактивный след и представлял опасность для окружающей среды. После завершения испытаний самолет разобрали со всеми мерами безопасности.

До начала шестидесятых годов продолжались споры о перспективах проекта, но затем было принято решение о его остановке. Атомные самолеты оказались слишком сложным, дорогими и опасными. Вашингтон предпочел им другие виды стратегического вооружения.

В первую очередь, развитию ядерных двигателей помешала общая сложность таких проектов. Конструкторы должны были создать компактный, но мощный реактор, специальную модификацию турбореактивного или турбовинтового двигателя, а также средства для их соединения. Также реактор и кабина нуждались во всей необходимой защите. При переработке существующей техники или в ходе создания новых самолетов следовало учитывать негативное влияние излучения на планер и самолетные системы.

В отличие от «обычных» самолетов, атомные нуждались в особой инфраструктуре. Те или иные системы требовались для обслуживания реактора, замены топлива, хранения опасных компонентов и т.д. Таким образом, для развертывания новых самолетов требовалась глубокая модернизация аэродрома или даже строительство нового объекта с нуля. Применение гидроаэродрома, как в проекте М-60М, давало некоторые преимущества, но вместе с тем приводило к новым затруднениям [3].

Все конструкции авиационных ЯСУ представляли ту или иную радиационную опасность, что предъявляло особые требования в контексте эксплуатации. Кроме того, самолет или ракета оказывались чрезвычайно опасными в случае аварии. Крушение грозило обернуться настоящей катастрофой. Для исключения таких последствий предлагались разные решения, но все они приводили к очередному усложнению проектов.

Летательные аппараты с ядерной силовой установкой имели специфическое соотношение положительных и отрицательных качеств. В теории, они могли показывать высокие летно-технические характеристики и достигать цели на стратегических дальностях. На этом преимущества заканчивались. Летательный аппарат получался крайне сложным и дорогим во всех отношениях. Он был опасен не только для вероятного противника, но и для владельца.

США и СССР еще несколько десятилетий назад взвесили все аргументы и сделали вывод. По состоянию на шестидесятые и семидесятые годы прошлого века, атомные самолеты и ракеты не представляли интереса с практической точки зрения. С определенного времени работы шли только в теоретической сфере и без особых перспектив к возвращению в практическое русло.

Список литературы:

1. Гимбицкая Л.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформ-Пресс», 2019.
2. Обеспечение безопасности полетов самолетов / Л.А. Гимбицкая [и др.]; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей IX Международной НПК «Научные чтения имени Н.Е.Жуковского». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019.
3. Гимбицкая Л.А. Особенности устройства реактивного двигателя и возможность снижения его шума // Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей IX Международной НПК «Научные чтения имени Н.Е.Жуковского». – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019.

УДК 629.7.038

РЕМОНТ ЛОПАТОК ГТД МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОГО НАПЫЛЕНИЯ

♦♦♦♦♦

REPAIR OF GTD BLADES BY LASER SPRAYING

Падалка А.П.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Горбачёв Д.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Тюленов М.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Лазерное напыление – это метод, при котором высокоэнергетический лазер расплавляет поверхность лопатки газотурбинного двигателя (ГТД) с последующим добавлением порошкового материала, обеспечивая прочные покрытия с минимальным термическим воздействием на основной материал. Применение лазерного напыления на лопатках ГТД позволяет существенно увеличить их срок службы и надежность. Технология эффективна для восстановления изношенных деталей, что снижает затраты на ремонт и замену. Перспективы развития этой технологии связаны с улучшением лазерных систем, новыми порошковыми материалами, автоматизацией процессов и интеграцией с цифровыми методами, что откроет новые возможности для создания компонентов с уникальными свойствами и улучшенными характеристиками. Это делает лазерное напыление важным направлением в области модернизации и обслуживания газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, рабочие лопатки компрессора, лазерная наплавка, восстановление.

Padalka A.P.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Gorbachev D.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Tyulenov M.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Laser spraying is a method in which a high-energy laser melts the surface of the gas turbine engine blade (GTD) with the subsequent addition of powder material, providing durable coatings with minimal thermal impact on the main material. The use of laser spraying on GTD blades allows to significantly increase their service life and reliability. The technology is effective in restoring worn parts, which reduces repair and replacement costs. The prospects for the development of this technology are associated with the improvement of laser systems, new powder materials, process automation and integration with digital methods, which will open up new opportunities for creating components with unique properties and improved characteristics. This makes laser spraying an important direction in the field of modernisation and maintenance of gas turbine engines.

Keywords: gas turbine engine, compressor working blades, laser surfacing, recovery.

Лопатки ГТД – это критически важные компоненты. Они подвержены высоким нагрузкам, сильному тепловому воздействию и коррозионным повреждениям из-за агрессивной окружающей среды. Со временем эксплуатационные характеристики лопаток могут ухудшаться, что приводит к снижению эффективности двигателя и увеличению его выработки, а также необходимости в дорогостоящем ремонте или замене.

Исследование проблемы было проведено с целью оценки эффективности лазерного напыления в процессе ремонта и лопаток ГТД. Были исследованы различные методы лазерного напыления, их преимущества и недостатки. Основной гипотезой проведенной работы было предположение, что лазерное напыление может существенно улучшить эксплуатационные характеристики лопаток ГТД, уменьшая их износ и увеличивая срок службы.

Лазерное напыление на лопатки ГТД – это перспективная технология, способная значительно повысить надежность и долговечность газотурбинных двигателей. Благодаря своим уникальным свойствам лазерное напыление открывает новые горизонты

для восстановления и улучшения ключевых компонентов в авиационной и энергетической отраслях.

В ходе проведения исследования было получено множество данных о новых порошковых материалах и лазерных системах, которые являются перспективными.

Что представляет из себя лазерное напыление. Лазерное напыление – это процесс нанесения тонких слоёв материала на поверхность изделия с использованием высокоэнергетического лазерного излучения.

Процесс основан на том, что металлический порошок подаётся из специальных порошковых трубок и нагревается до высокой температуры лазерным лучом. Под воздействием тепла порошок сплавляется с предыдущим слоем, образуя прочный наплавленный металл на поверхности изделия.

Лазерное напыление используется для восстановления деталей, защиты от износа и коррозии, а также для создания новых функциональных покрытий.

Областью применения лазерного напыления также является покрытие штамповочных, гибочных и режущих инструментов. Высокая скорость нагрева и охлаждения позволяет добиться минимального влияния на свойства базового материала. Несмотря на то, что наплавленный металл не является цельным литым изделием, его прочностные характеристики зачастую выше, чем у основного металла. Это связано с тем, что во время напыления металл закаливается и спекается. Лазерное напыление находит широкое применение в различных областях. Например, в авиации и аэрокосмической промышленности этот метод используется для восстановления и усиления деталей двигателей, лопаток турбин, а также для создания теплоизоляционных и защитных покрытий. Существует также импульсное лазерное напыление (ИЛН)

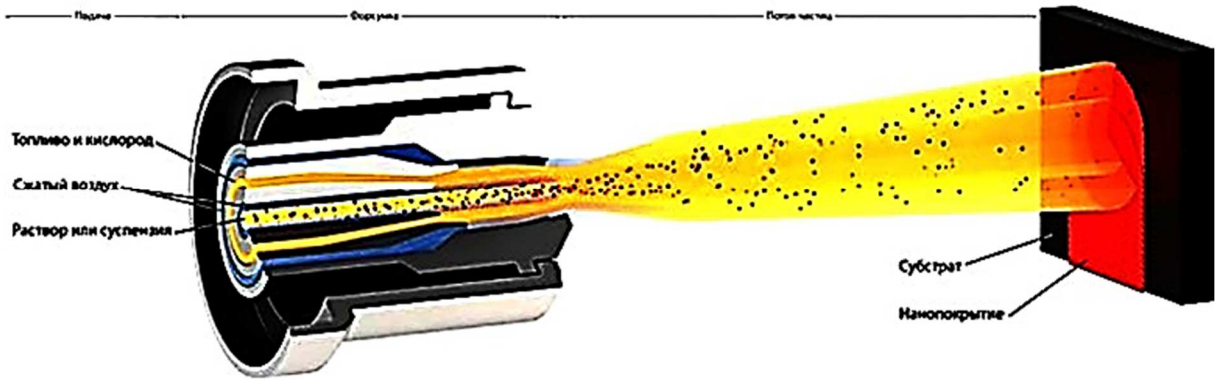


Рисунок 1 – Выполнение лазерного напыления

Виды лазерного напыления:

1. Лазерная наплавка (Laser Cladding): используется для создания прочных покрытий, где лазер плавит как основное, так и добавляемое вещество.

2. Лазерное слоеструйное напыление (Laser Directed Energy Deposition, DED): метод с одновременной подачей порошка или проволоки в зону лазерного расплавления, что позволяет создавать объёмные детали.

3. Лазерное микронанесение (Laser Micro-Deposition): специализированный вариант, где используются микроскопические частицы для создания покрытий утонченных структур.

4. Лазерное напыление с керамическими материалами: применяется для получения высокоизносостойких и термостойких покрытий.

Какие материалы можно обрабатывать:

1. Металлы: стали, алюминиевые, никелевые, титановые и другие сплавы.

2. Керамика: используется для создания износостойких и высокотемпературных покрытий.

3. Композитные материалы: сочетание различных материалов для достижения уникальных свойств.

4. Порошковые материалы: разные металлы и их сплавы, а также керамические порошки.

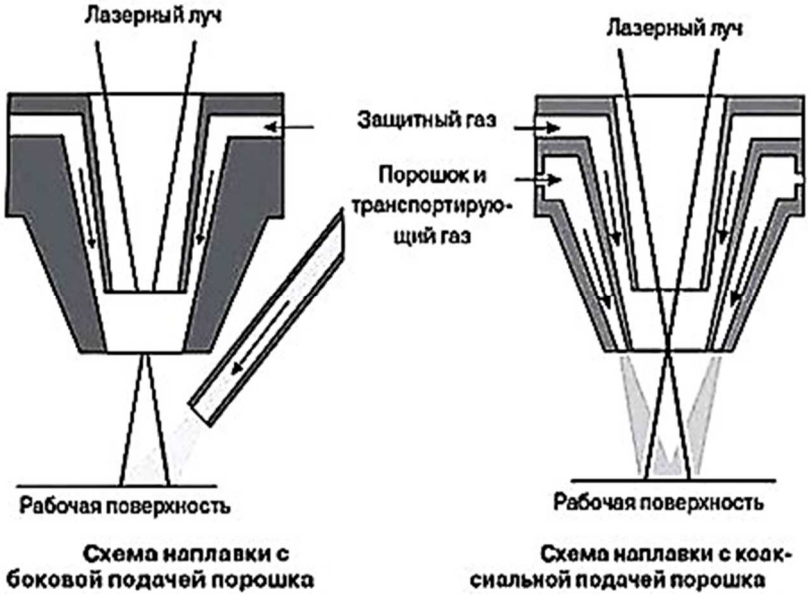


Рисунок 2 – Схемы наплавки рабочих поверхностей

Преимущества лазерного напыления:

1. Высокая точность и контроль: позволяет добиваться точности в процессе нанесения, минимизируя дефекты.

2. Экономия материала: процесс более эффективен, чем механическое или химическое нанесение, благодаря минимальным потерям.

3. Устойчивость к износу и коррозии: покрытия, созданные методом лазерного напыления, обладают высокой прочностью и стойкостью к неблагоприятным условиям.

4. Восстановление деталей: возможность ремонта и восстановления изношенных компонентов, что продлевает срок их службы.

5. Универсальность: метод может применяться в различных отраслях, включая авиацию, энергетику, машиностроение и медицину.

6. Минимальное термическое воздействие: лазерное напыление снижает риск термического повреждения основного материала, благодаря локализованному воздействию.

7. Лазерное напыление становится всё более популярным благодаря своим уникальным возможностям и преимуществам, что делает его важным инструментом в современных технологиях обработки материалов.

Ремонт лопаток ГТД

Ремонт лопаток ГТД является критически важным процессом в обслуживании и поддержании надежности двигателей. Лопатки подвержены экстремальным условиям, включая высокие температуры, механические нагрузки и воздействие агрессивных сред. Рассмотрим подробнее процесс ремонта лопаток ГТД с применением лазерного напыления.

1. *Проблемы, требующие ремонта*

После определённого времени эксплуатации лопатки ГТД могут сталкиваться с рядом проблем:

Износ: в результате работы двигателя могут возникать царапины и потертости, что негативно сказывается на аэродинамических свойствах.

Коррозия: при работе в агрессивной среде лопатки могут подвергаться коррозионным процессам, особенно если используются некачественные материалы.

Термические повреждения: высокие температуры могут вызвать «выгорание» поверхности или термические трещины.

Механические повреждения: удары и другие физические воздействия могут привести к деформации или даже отрыву части лопатки.

2. *Оценка и диагностика состояния*

Перед началом ремонта необходимо провести полную диагностику состояния лопаток:

Визуальный осмотр: оценка видимых повреждений.

Методы неразрушающего контроля (НК): использование ультразвукового контроля, магнитно-порошкового или радиографического контроля для выявления скрытых дефектов.

Замеры геометрии: определение отклонений от заданных параметров, например, с помощью 3D-сканирования.

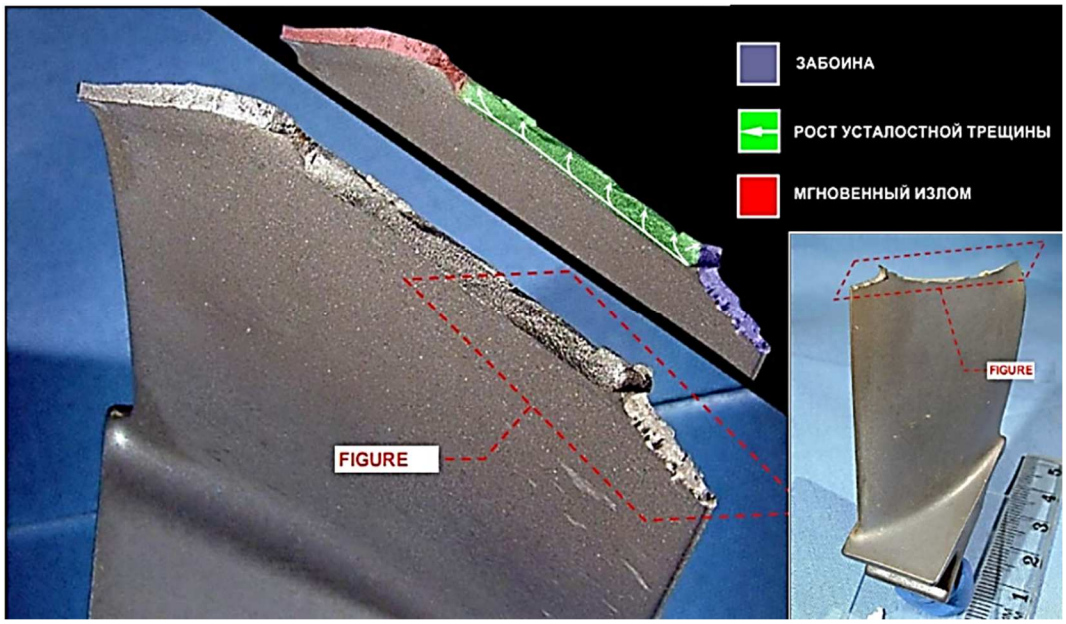


Рисунок 3 – Обследование состояния лопатки

3. *Подготовка к ремонту*

Подготовка к ремонту включает несколько этапов:

Очистка: удаление загрязнений, старых покрытий и окалины с поверхности лопаток. Это может включать механическую обработку, химию или ультразвуковую очистку.

Выбор метода восстановления: определение методов, на основе состояния детали. Лазерное напыление часто выбирается за его преимущества.

4. *Процесс лазерного напыления*

Лазерное напыление является сложной высокотехнологичной процедурой, состоящей из нескольких этапов:

Нанесение защитного покрытия: подготовленный материал (порошок или проволока) подается к зоне лазерного расплавления.

Лазерное расплавление: высокоинтенсивный лазерный луч расплавляет основание детали и одновременно порошок, создавая новое покрытие.

Слой за слоем: процесс может быть повторен для создания желаемой толщины покрытия и достижения необходимых механических свойств.

Контроль качества напыленной поверхности: используются методы неразрушающего контроля для обнаружения возможных дефектов.

5. *Постобработка*

После завершения процесса напыления может потребоваться финишная обработка:

Механическая обработка: шлифовка, фрезерование или полировка для достижения необходимой геометрии и шероховатости поверхности.

Термическая обработка: возможно применение термообработки для улучшения характеристик покрытия и снятия внутренних напряжений.

6. *Проверка качества и испытания*

После завершения ремонта лопатки проходят тестирование, включающее:

Тесты на прочность и усталостные характеристики: для проверки надежности лопаток при эксплуатации.

Аэродинамические испытания: оценка аэродинамических свойств и эффективности работы лопаток в реальных условиях.



Рисунок 4 – Результат восстановления лопатки методом лазерного напыления

Будущее лазерной наплавки

Лазерная наплавка, как один из методов восстановления и улучшения эксплуатации лопаток газотурбинных двигателей, обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития. Рассмотрим ключевые направления, которые могут определять будущее этой технологии.

1. Усовершенствование технологий лазерной наплавки

Развитие лазерных технологий: совершенствование лазеров, включая увеличение мощности и улучшение точности, позволит добиться более качественной и быстрой наплавки. Лазеры с более высокой длительностью импульса или новые типы лазеров могут обеспечить лучшие результаты. Оптимизация процесса наплавки: исследования в области оптимизации параметров процесса (скорость наплавки, режимы подачи порошка и т.д.)

2. *Новые материалы для наплавки*

Разработка новых порошков и сплавов: исследования в области материаловедения могут привести к созданию новых порошковых материалов с улучшенными свойствами, такими как высокая термостойкость, коррозионная стойкость и механическая прочность.

Композитные и наноструктурированные покрытия: создание и применение композитных или наноструктурированных материалов может значительно улучшить эксплуатационные характеристики, такие как износостойкость.

3. *Интеграция с цифровыми и автоматизированными технологиями*

Моделирование и симуляция процессов: компьютерное моделирование может помочь в точном прогнозировании результатов наплавки, что позволит оптимизировать процесс на этапе проектирования.

Автоматизация: внедрение роботизированных систем для лазерной наплавки позволит повысить скорость и точность процессов, уменьшить влияние человеческого фактора и сократить время на обслуживание.

4. *Экологические аспекты и устойчивое развитие*

Снижение отходов производства: лазерная наплавка, как способ восстановления, снижает необходимость в массовом производстве новых лопаток, что помогает уменьшить отходы и затраты на сырье.

Использование экологически чистых технологий: разработка более безопасных и экологически чистых порошковых материалов или технологий их производства.

5. *Расширение области применения*

Применение в других отраслях: технологии лазерной наплавки могут быть адаптированы для ремонта и восстановления деталей в других отраслях, таких как авиация, энергетика, автомобилестроение, где используются компоненты, подверженные высокому износу.

Поддержка мультифункциональных систем: разработка многофункциональных покрытий, которые могут одновременно решать несколько задач, таких как защита от коррозии и улучшение теплопередачи.

6. *Исследования и разработки*

Углубленное исследование взаимосвязи между процессом и свойствами материалов: более глубокое понимание микро- и макроструктурных изменений в материалах под воздействием лазера позволит создавать более эффективные лопатки.

Полевые испытания и сертификация: проведение масштабных полевых испытаний для оценки долговечности и надежности лопаток, наплавленных лазером, с целью сертификации новых технологий.

Заключение

Лазерная наплавка является перспективным методом восстановления и улучшения компонент ГТД, и она будет продолжать развиваться в контексте улучшения качества, повышения производительности и снижения воздействия на окружающую среду. Следующие несколько лет обещают стать ключевыми для внедрения инноваций и расширения применения данной технологии как в авиакосмической, так и в других отраслях промышленности.

Ремонт лопаток газотурбинных двигателей с помощью лазерного напыления – это надежный и эффективный способ восстановления поврежденных деталей с минимальными затратами и временем простоя. Этот метод позволяет значительно увеличить срок службы лопаток, улучшить их производительность и снизить расходы на замену. С применением лазерного напыления можно добиваться высококачественных, стойких и долговечных результатов.

Список литературы:

1. Жеманюк П.Д. Вестник двигателестроения / П.Д. Жеманюк, О.Л. Лукьяненько, Л.П. Степанова. – 2006. – № 1. – 79 с.
2. Фомичев Е.О. Анализ существующих способов восстановления лопаток компрессора газотурбинного двигателя / Е.О. Фомичев, Н.Н. Воронин // Двигатель. – 2013. – № 5(89). – С. 18–19.
3. Ермолаев А.С. Лазерные технологии и процессы при изготовлении и ремонте деталей газотурбинного / А.С. Ермолаев, А.М. Иванов, С.А. Василенко // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2013. – № 35. – С. 49–63.

УДК 678.747.2

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS AND PREDICTION OF THEIR PROPERTIES

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

Куликов М.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Мудрецкий Р.Н.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Исследованы составы и свойства композитов, способы их создания, методы прогнозирования их структуры и свойств.

Ключевые слова: углеродное волокно, композиционный материал, матрица, наполнитель, катализатор, структура, свойства, композит.

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

Kulikov M.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
mvkulikov@list.ru

Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Mudretsky R.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Compositions and properties of composites, methods of their creation, methods of forecasting their structure and properties are investigated.

Keywords: carbon fiber, composite material, matrix, filler, catalyst, structure, properties, composite.

Комбинирование различных веществ является одним из основных способов создания новых материалов, свойства которых и количественно, и качественно отличаются от свойств каждого из составляющих его веществ [1, 2].

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) состоят из высокопрочных волокон (частиц, слоев) различной природы и полимерного связующего – матрицы, склеивающей волокна в монолитный материал.

При разработке углерод – углеродных композитов целесообразно использование фенолформальдегидных смол (ЛБС-1, ФН) полиимидной (СП97), кремнийорганической (К2104) (таблица 1).

Широкое применение в качестве наполнителей композиционных материалов находят функционализированные углеродные нанотрубки (ФУНТ) [3, 4, 5, 6].

Для придания углеродным волокнам особых свойств проводят их модификацию различными способами: путём окисления в газовой или жидкой фазах, электрохимическим окислением, обработкой плазмой, и т.д. (рисунки 1–3) [7, 8, 9].

Наиболее перспективными методами для синтеза нанотрубок на данный момент являются термическое разложение углеводородов и термическое разложение углеводородов в присутствии плазмы [10].

При добавлении ФУНТ прочность композита увеличивается на 30–60 %.

Для дальнейших исследований выбран метод модификации углеродного волокна углеродными нанотрубками с применением двух способов нанесения катализатора: методом пропитки с предварительным нанесением буферного слоя и методом магнетронного напыления (рисунок 4).

Таблица 1 – Прочность углерод – углеродных материалов при высоких температурах

Связующее	Содержание, %		Прочность при изгибе, МПа, углерод-углеродного материала при температуре, ℃		
	связующего	пироуглерода	20	900*	1500*
ФН	43,2	12,4	117	48	0
БСЛ	40,1	13,2	104	42	0
СП-97	40,2	11,7	108	43	0
К-101	38,4	15,2	84	41	3
ТКС	39,4	17,3	118	56	2
К-2104	44,0	14,2	93	50	15
ФКФ	41,2	12,3	110	74	28

*Выдержка при высокой температуре в окислительной среде в течение 30 мин.

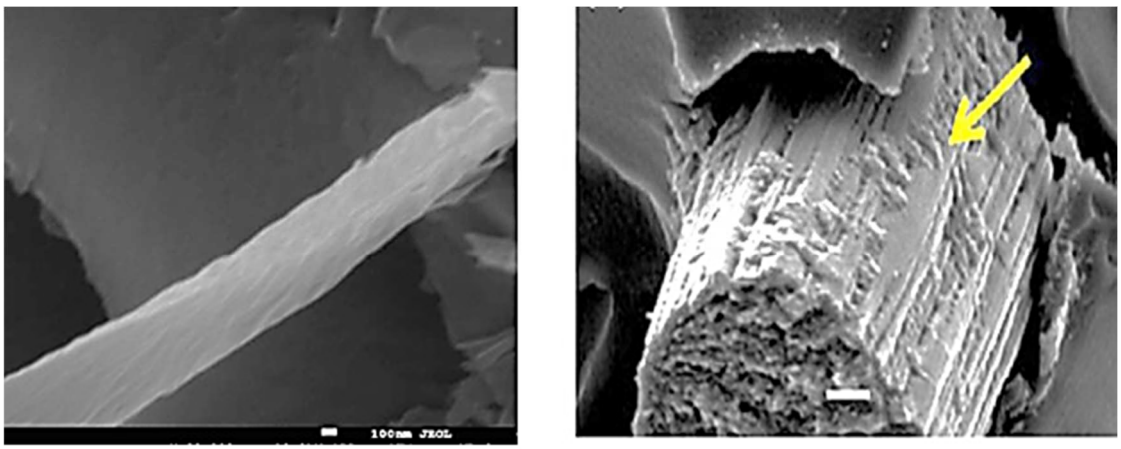


Рисунок 1 – а) функционализированная углеродная нанотрубка;
б) модифицированная углеродная нанотрубка

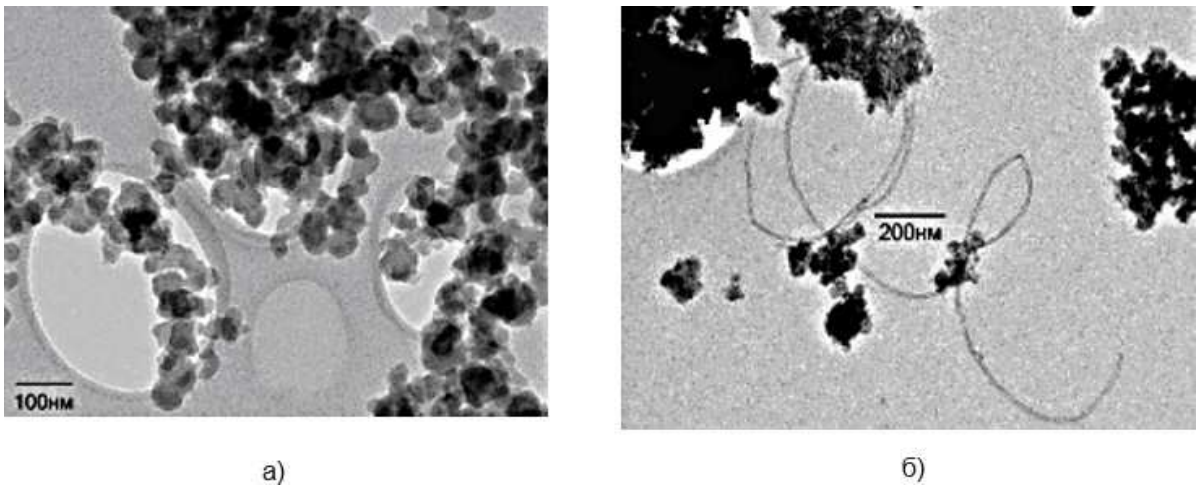
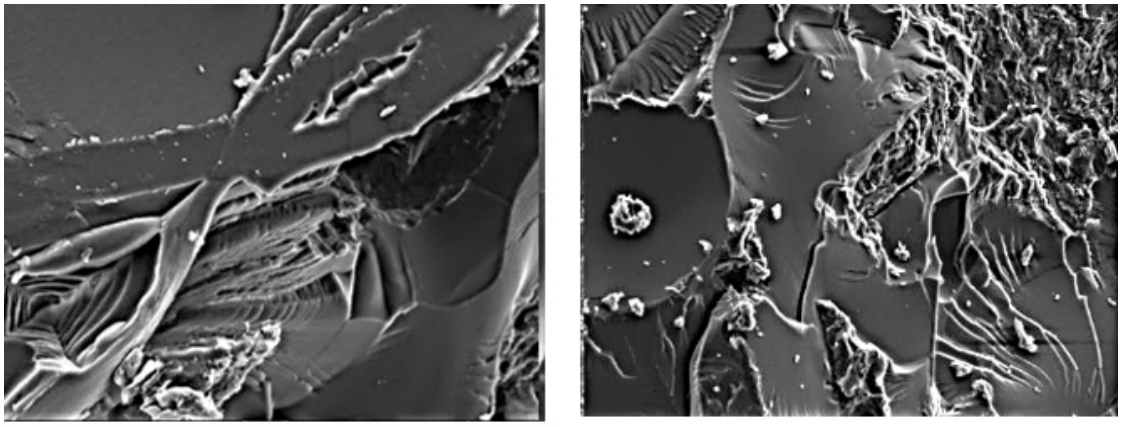
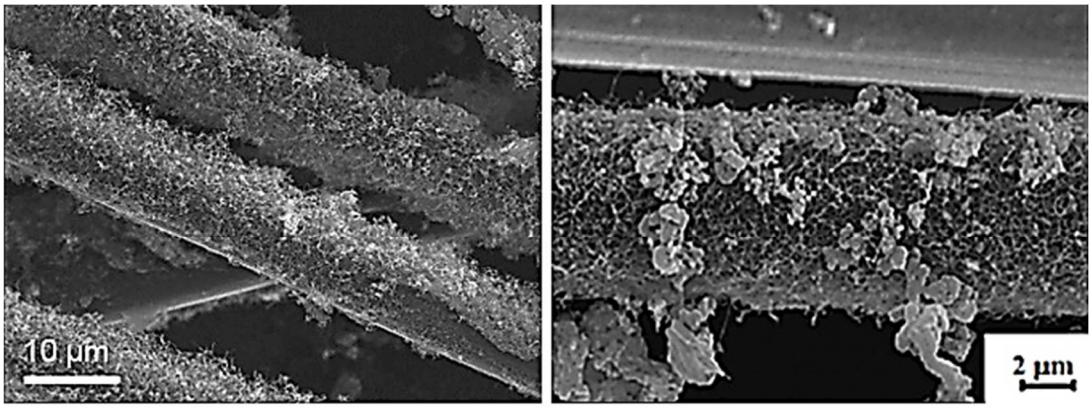


Рисунок 2 – Синтез углеродных нанотрубок плазменным методом



а) б)

Рисунок 3 – а) образцы полимерного композиционного материала без ФУНТ;
б) образцы полимерного композиционного материала с добавлением ФУНТ



а) б)

Рисунок 4 – Изображение УВ, модифицированного углеродными нанотрубками:
а) нанесенного магнетронным напылением;
б) изображения филамента УВ с УНТ, полученными на катализаторе, осажденном из газовой фазы

Композиционные материалы на основе модифицированного углеродного волокна (МУВ)

Проведены исследования образцов углепластиков на основе МУВ после проведения физико-механических испытаний (рисунок 5). Видно, что связь матрицы и наполнителя очень слабая, в области разрушения видны длинные изломы филаментов, на которых практически не присутствуют остатки матрицы.

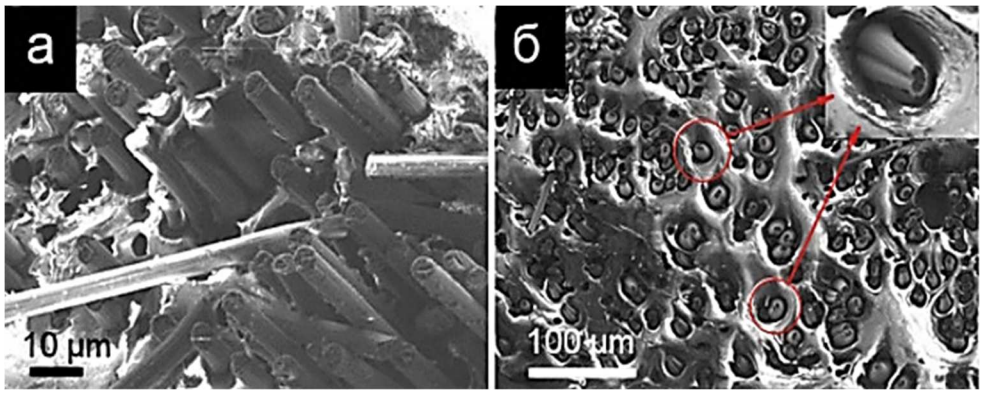


Рисунок 5 – Микроструктура поверхности углепластика на основе:
а – исходных углеродных нитей; б – модифицированных углеродных нитей

Предельная прочность на разрыв для полученных КМ составляла до 75 % прочности исходной нити.

Композиционные материалы с использованием эластомерных матриц

По изображениям срезов композиционных материалов (КМ) на основе УВ и каучука (рисунок 6 а, б) видно, что происходит с каучуком после процесса вулканизации: в связи с высокой усадкой – полимер стягивается, образуя пустоты в композиционном материале.

Применение полиуретана для создания композитов на основе углеродного волокна

Композиционные материалы на основе исходных волокон с использованием полиуретана оказались жестче, чем образцы с силиконом, но гораздо более ломкими (рисунок 6 в).

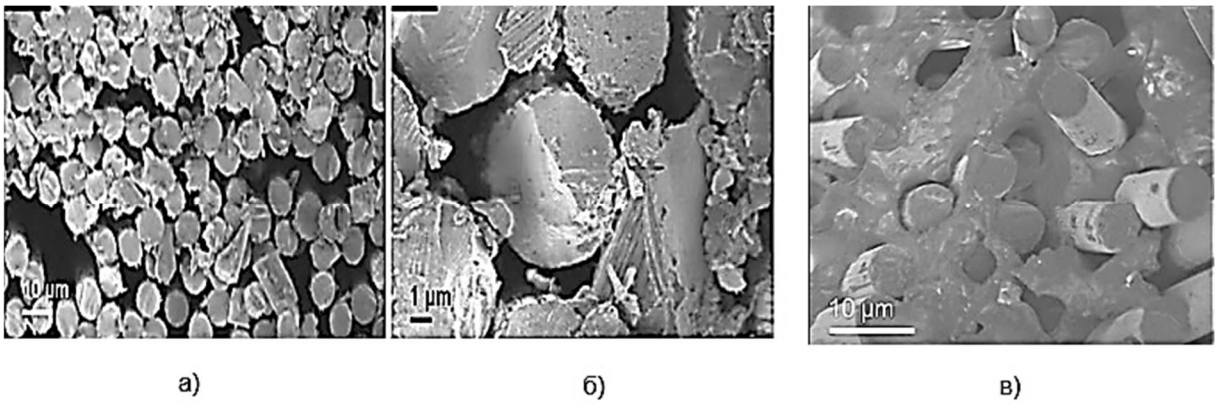


Рисунок 6 – Срез углеродного образца, пропитанного каучуком после вулканизации:
а), б), в) – фрактограмма КМ на основе полиуретана

Механические характеристики композиционных материалов на основе полиуретана и силиконового каучука с УВ и модифицированным УВ в качестве наполнителей были исследованы при механических испытаниях (таблица 2).

Известные модели Рейсса и Фойгта неоднородного материала определяют как последовательное и параллельное соединение его компонентов соответственно.

Однонаправленный непрерывно армированный композит – это изотропный материал с модулем сдвига $G_{13} = G_{23} = G(x_1, x_2)$.

Таблица 2 – Механические свойства композиционных материалов

Полимер	Наполнитель композита	σ, МПа	E, ГПа	Относительное изменение после модификации УНТ	
				ε (σ), %	ε (E), %
Полиуретан	Исходное УВ	315 ± 24	2.44 ± 29	3.8 ↓	17.2 ↑
	УВ+УНТ	303 ± 21	2.86 ± 33		
Силикон	Исходное УВ	285 ± 17	2.38 ± 22	14 ↓	23.1 ↑
	УВ+УНТ	245 ± 12	2.93 ± 25		

Неоднородность – с периодами $2a_1$ и $2a_2$ по координатам x_1 и x_2 с двумя системами плоскостей симметрии неоднородности, ортогональных осям x_1 и x_2 (рисунок 7б, в).

В соответствии с принципом Неймана–Кюри главные плоскости композита параллельны трем плоскостям симметрии строения, продольная сдвиговая жесткость характеризуется модулями сдвига $\tilde{G}_{13}$ и $\tilde{G}_{23}$.

Следовательно:

$$\tilde{G}_{i3} = \tilde{\tau}_{i3}/\tilde{\gamma}_{i3} \ (i = 1, 2), \quad (1)$$

где $\tilde{\tau}_{i3}$ и $\tilde{\gamma}_{i3}$ – сдвиговые макронапряжения и макродеформации композита.

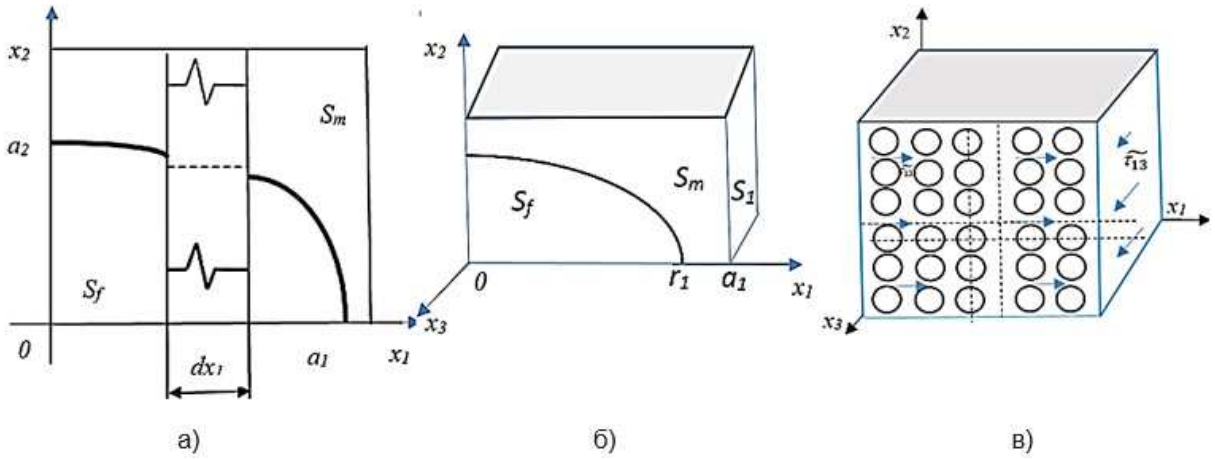


Рисунок 7 – Армированный композит:
а) симметричного строения, б) минимальная ячейка, в) структурная модель

Нагружением композита сдвиговой нагрузкой $\tilde{\tau}_{13}$ реализуется задача деформации: отличны от нуля только перемещение $U_3 = U$, сдвиговые микронапряжения τ_{13}, τ_{23} и микродеформации γ_{13}, γ_{23}.

На границах ячейки имеют место условия симметрии:

$$U(x_1 = 0, x_2) = 0,\ U(x_1 = a_1, x_2) = a_1\tilde{\gamma}_{13}, \tag{2}$$

$$\tau_{23}(x_1, x_2 = 0) = 0,\ \tau_{23}(x_1, x_2 = a_2) = 0. \tag{3}$$

или

$$\gamma_{23}(x_1, x_2 = 0) = 0,\ \gamma_{23}(x_1, x_2 = a_2) = 0. \tag{4}$$

Внутри ячейки выполняются основные уравнения теории упругости:

$$\partial\tau_{13}/\partial x_1 + \partial\tau_{23}/\partial x_2 = 0, \tag{5}$$

$$\gamma_{13} = \partial U/\partial x_1, \tag{6}$$

$$\gamma_{23} = \partial U/\partial x_2, \tag{7}$$

$$\gamma_{13} = \tau_{13}/G(x_1, x_2), \tag{8}$$

$$\gamma_{23} = \tau_{23}/G(x_1, x_2). \tag{9}$$

В силу разрывности $G(x_1, x_2)$ находится решение краевой задачи (2) – (9), и определяют макронапряжение:

$$\tilde{\tau}_{13} = \frac{1}{a_2}\int_0^{a_2} \tau_{13}(x_1 = a_1, x_2)dx_2, \tag{10}$$

используемое для определения эффективного модуля сдвига $\tilde{G}_{13}$ по формуле (1). Вычисление модуля $\tilde{G}_{23}$ аналогичное.

Фундамент модели – пренебрежение напряжением τ_{23}. Основание – равенство нулю величины τ_{23} на границах ячейки (3), значение $\tilde{\tau}_{23}$ также нулевое.

Таким образом, формулируется упрощающая гипотеза:

$$\tau_{23}(x_1, x_2) \equiv 0. \tag{11}$$

После подстановки закона Гука (8) в зависимость Коши (6) последнюю запишем в виде:

$$\frac{\partial U(x_1,x_2)}{\partial x_1} = \frac{\tau_{13}(x_2)}{G(x_1,x_2)}.$$

Интегрирование ее с учетом граничных условий (2) приводит к равенству:

$$a_1\hat{\gamma}_{13} = \tau_{13}(x_2)\int_0^{a_1}\frac{dx_1}{G(x_1,x_2)}.$$

После подстановки $\tau_{13}(x_2)$ из последнего равенства в макронапряжение (10), а его – в равенство (1), получим формулу:

$$\tilde{G}_{13}^{(S)} = \frac{a_1}{a_2}\int_0^{a_2}\left[\int_0^{a_1}\frac{dx_1}{G(x_1,x_2)}\right]^{-1}dx_2 = \int_0^1\left[\int_0^1\frac{d\chi_1}{G(\chi_1,\chi_2)}\right]^{-1}d\chi_2, \quad (12)$$

где:

$$\chi_i = x_i/a_i\ ,\ 0 \le \chi_i \le 1,\ (i = 1,2). \quad (13)$$

Удобна зависимость (12), полученная делением ее на константу G_m:

$$\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(S)} = \int_0^1\left[\int_0^1\frac{d\chi_1}{\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)}\right]^{-1}d\chi_2, \quad (14)$$

где $\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(S)} = \tilde{G}_{13}^{(S)}/G_m$, $\mathrm{g} = G/G_m$ – безразмерный эффективный модуль сдвига и безразмерный модуль сдвига соответственно.

Граничные условия (3), записанные в виде (4) дают возможность пренебречь сдвиговой деформацией γ_{23}. Отсюда:

$$\gamma_{23}(x_1,x_2) \equiv 0. \quad (15)$$

Из уравнения Коши (7) следует, что перемещения $U = U(x_1)$, от координаты x_2 эквивалентно представлению ячейки бесконечным множеством последовательно соединенных элементарных слоев толщиной dx_1, состоящих из параллельно соединенных элементов материалов компонентов (рисунок 7в).

После подстановки закона Гука (8) в зависимость Коши (6) последняя примет вид:

$$\frac{dU(x_1)}{dx_1} = \frac{\tau_{13}(x_1,x_2)}{G(x_1,x_2)}.$$

Решив это равенство относительно $\tau_{13}(x_2)$ и подставив его в (10), получим:

$$\tilde{\tau}_{13} = \frac{dU(x_1)}{dx_1}\frac{1}{a_2}\int_0^{a_2}G(x_1,x_2)dx_2,$$

интегрирование которой с учетом (2) приводит к равенству:

$$a_1\tilde{\gamma}_{13} = a_2\tilde{\tau}_{13}\int_0^{a_1}\frac{dx_1}{\int_0^{a_2}G(x_1,x_2)dx_2},$$

которое вместе с (1) дает:

$$\tilde{G}_{13}^{(K)} = \frac{a_1}{a_2}\left[\int_0^{a_1}\frac{dx_1}{\int_0^{a_2}G(x_1,x_2)dx_2}\right]^{-1} = \left[\int_0^1\frac{d\chi_1}{\int_0^1 G(\chi_1,\chi_2)d\chi_2}\right]^{-1}. \quad (16)$$

Разделив эту формулу на константу G_m, получим ее в безразмерном виде:

$$\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(K)} = \left\{\int_0^1\left[\int_0^1\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)d\chi_2\right]^{-1}d\chi_1\right\}^{-1}. \quad (17)$$

Формулы (12), (16) дают значения модуля сдвига и являются для $\tilde{G}_{13}$ нижней и верхней границами соответственно:

$$\tilde{G}_{13}^{(S)} \le \tilde{G}_{13} \le \tilde{G}_{13}^{(K)}. \quad (18)$$

Для доказательства второго неравенства исследуем функционал Лагранжа ячейки:

$$L = \int_V WdV - \int_V F_3UdV - \int_{S_\tau}\tau UdS, \quad (19)$$

где W – упругий потенциал в деформациях; F_3 – объемная сила; τ – поверхностная сила на поверхностях S_τ.

Ввиду отсутствия объемных сил и однородности граничных условий в (3) два последних слагаемых в (19) равны нулю. Величина функционала с учетом (2) и равенств (10), (1):

$$L = \int_V WdV = \frac{1}{2}\int_0^{a_2}(U\tau)\,|_{x_i=a_i}dx_2 = \frac{1}{2}a_1a_2\tilde{G}_{13}\tilde{\gamma}_{13}^2. \quad (20)$$

Двухкомпонентный композит тетрагонального строения (волокна эллиптического сечения)

Поверхность раздела такого композита является эллиптическим цилиндром с полуосями r_1 и r_2 (рисунок 7а). Распределение безразмерного модуля сдвига примет вид:

$$\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)=\begin{cases} g_f, \text{ при } \left(\frac{\chi_1}{\rho_1}\right)^2+\left(\frac{\chi_2}{\rho_2}\right)^2<1 \\ \\ 1, \text{ при } \left(\frac{\chi_1}{\rho_1}\right)^2+\left(\frac{\chi_2}{\rho_2}\right)^2\geq 1 \end{cases}, \tag{21}$$

где $\rho_1=r_1/a_1$, $\rho_2=r_2/a_2$ – полуоси эллипса на единичном квадрате. Тогда формулу (14) преобразуем следующим образом:

$$\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(S)}=\int_0^1\begin{bmatrix}\int_0^1\frac{d\chi_1}{\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)} \text{ при } 0\leq\chi_2<\rho_2 \\ \int_0^1 d\chi_1 \text{ при } \rho_2\leq\chi_2\leq 1\end{bmatrix}^{-1}dx_2=$$

$$=\left\{\int_0^{\rho_2}\left[\int_0^1\frac{d\chi_1}{\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)}\right]^{-1}d\chi_2+1-\rho_2\right\}=\left\{\int_0^{\rho_2}\left[\frac{1}{\mathrm{g_f}}\int_0^{\xi_1}d\chi_1+\int_{\xi_1}^1 d\chi_1\right]^{-1}d\chi_2+1-\rho_2\right\}.$$

Последнее равенство после подстановки координаты границы раздел $\xi_1=\rho_1\sqrt{1-\left(\frac{\chi_2}{\rho_2}\right)^2}$ (в соответствии с (21)) и интегрирования запишем как:

$$\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(S)}=\rho_2\left[I\left(d_1^{(S)}\right)-1\right]+1, \tag{22}$$

где:

$$d_1^{(S)}=\rho_1\left(\frac{1}{\mathrm{g_f}}-1\right), \tag{23}$$

$$I(d)=\int_0^1\frac{d\eta}{1+d\sqrt{1-\eta^2}}=$$

$$=\begin{cases}1, \text{ при } d=0, \\ \\ \frac{1}{d}\left[\frac{\pi}{2}-\frac{1}{\sqrt{|1-d|(1+d)}}\right. & \left.\begin{cases}2\arctan\sqrt{\frac{1-d}{1+d}}, \text{ при } -1<d<1,\ d\neq 0, \\ \ln\left(\frac{\sqrt{d+1}+\sqrt{d-1}}{\sqrt{d+1}-\sqrt{d-1}}\right), \text{ при } 1<d<\infty,\end{cases}\right]. \\ \\ \frac{\pi}{2}-1, \text{ при } d=1.\end{cases} \tag{24}$$

Модуль $\tilde{\mathrm{g}}_{23}^{(S)}$ вычисляем по формуле (22) после перестановки индексов 1↔2.

Двухкомпонентный композит тетрагонального строения (волокна прямоугольного сечения)

Прямоугольное поперечное сечение волокна размером $2b_1$ на $2b_2$ на ячейке занимает область $0\leq x_1\leq b_1$, $0\leq x_2\leq b_2$, а на единичном квадрате – $0\leq\chi_1\leq\beta_1$, $0\leq\chi_2\leq\beta_2$, где $\beta_1=b_1/a_1$, $\beta_2=b_2/a_2$. Тогда формула (14) после преобразований:

$$\tilde{\mathrm{g}}_{13}^{(S)}=\left\{\int_0^{\beta_2}\left[\int_0^1\frac{d\chi_1}{\mathrm{g}(\chi_1,\chi_2)}\right]^{-1}d\chi_2+\int_{\beta_2}^1\left[\int_0^1 d\chi_1\right]^{-1}d\chi_2\right\}=$$

$$=\left\{\int_0^{\beta_2}\left[\frac{1}{\mathrm{g_f}}\int_0^{\beta_1}d\chi_1+\int_{\beta_1}^1 d\chi_1\right]^{-1}dx_2+1-\beta_2\right\}$$

примет вид:

$$\tilde{g}_{13}^{(S)} = \beta_2 \left[\frac{1}{\beta_1 (1/g_f - 1) + 1} - 1 \right] + 1. \quad (25)$$

Для абсолютно жесткого волокна $g_f \to \infty$, $\tilde{g}_{13}^{(S)} = \beta_2 \left(\frac{1}{1-\beta_1} - 1 \right) + 1$. Для композита с пустотами вместо волокон $g_f = 0$, $\tilde{g}_{13}^{(S)} = 1 - \beta_2$.

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. 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.
4. Урванов С.А. Модифицирование углеродного волокна углеродными наноструктурами : дис. … на соиск. канд. хим. наук. – Троицк; М., 2016. – 155 с.
5. Губанов А.А. Разработка процесса электрохимической модификации поверхности углеродного волокна с целью увеличения прочности углепластиков : дис. на соиск. … канд. техн. наук. – М., 2015. – 152 с.
6. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.]. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 2(146). – С. 92–96.
7. Исследование электромагнитной проницаемости плазменных покрытий на углеродном волокне / В.П. Панков [и др.]. // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2017. – № 4(148). – С. 174–179.
8. Жидков В.Е. Материалы для оборудования пищевых производств / В.Е. Жидков, В.П. Панков, В.А. Соловьев // НаукаПарк. – 2014. – № 2/2(22). – С. 38–42.
9. Исследование свойств углеродных волокон, модифицированных плазмой / В.П. Панков [и др.] // В сборнике: XIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященной 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей конференции. – Краснодар, 2023. – С. 70–83.
10. Власов А.Н. Параметрический метод асимптотического усреднения для нелинейных уравнений термоупругости / А.Н. Власов, Д.Б. Волков-Богородский // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2014. – № 4. – С. 491–507.

УДК 629.7.038

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОПОР РОТОРОВ ТУРБОРЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

♦♦♦♦♦

VIBROACOUSTIC DIAGNOSTICS OF TURBOJET ENGINE ROTOR SUPPORTS

Падалка А.П.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Янков В.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной научной работе представлено исследование виброакустической диагностики подшипниковых опор роторов турбореактивных двигателей (ТРД). Подшипниковые опоры играют ключевую роль в обеспечении надежности и безопасности работы двигателей, поэтому их диагностика является актуальной задачей в области авиационной техники. В работе проанализированы современные методы диагностики. Среди рассмотренных методов особое внимание уделено акустической эмиссии (АЭ), которая проявляет себя как перспективный инструмент для диагностики. АЭ позволяет выявлять начальные стадии повреждения материалов и конструкций за счет регистрации высокочастотных звуковых волн, возникающих в процессе этого повреждения.

Ключевые слова: виброакустика, диагностика, дефект, двигатель, подшипник, ротор.

Padalka A.P.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Yankov V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This scientific paper presents a study of vibroacoustic diagnostics of bearing bearings of turbojet engines (turbojet engines). Bearing bearings play a key role in ensuring the reliability and safety of engines, so their diagnosis is an urgent task in the field of aviation and space technology. The paper analyzes modern diagnostic methods. Among the methods considered, special attention is paid to acoustic emission (AE), which proves to be a promising diagnostic tool. AE makes it possible to identify the initial stages of damage to materials and structures by recording high-frequency sound waves that occur during this damage.

Keywords: vibration acoustics, diagnostics, defect, motor, bearing, rotor.

В современной авиационной и энергетической отраслях надежность и безопасность работы турбо-реактивных двигателей (ТРД) являются критически важными аспектами, напрямую влияющими на эффективность эксплуатации и долговечность оборудования. Одним из ключевых элементов этих систем являются подшипниковые опоры ротора, которые подвергаются значительным механическим и термическим нагрузкам. Для предотвращения аварийных ситуаций и обеспечения бесперебойной работы двигателей необходимо проводить регулярную диагностику состояния подшипниковых узлов. Целью данной работы является анализ существующих методов виброакустической диагностики подшипниковых опор ротора ТРД, а также обоснование выбора акустической эмиссии в качестве перспективного метода мониторинга состояния подшипников.

Основные методы виброакустической диагностики:

1. Виброметрия.

Основная задача виброметрии состоит в контроле состояния механических элементов, раннем выявлении неисправностей и предотвращении потенциальных аварий. Виброметры измеряют такие параметры вибрации, как амплитуда, частота и форма сигнала, что дает возможность оценивать состояние подшипников и других критически важных компонентов двигателя. Применение виброметрии помогает обнаружить определенные частоты, связанные с различными типами неисправностей. Частоты, превышающие допустимые пределы, могут указывать на необходимость проведения технического обслуживания или ремонта. Виброметрия использует различные диагностические методы, такие как метод произведения энергетических спектров, временной

и частотный анализ сигналов, а также метод амплитудно-частотных характеристик. Эти подходы позволяют более точно определить тип и степень неисправности. Однако существует проблема, связанная с использованием виброметрии для диагностики авиационных газотурбинных двигателей (ГТД): возможна неверная интерпретация данных, что может привести к пропуску серьезных неполадок или, наоборот, к избыточному ремонту.

2. Спектральный анализ вибрации.

Цель спектрального анализа заключается в выявлении и оценке характерных признаков неисправностей, что способствует повышению надежности и безопасности работы авиационных двигателей. Для реализации данного метода требуется установка датчиков вибрации (акселерометров) на подшипниковые опоры двигателя. Эти датчики будут фиксировать механические колебания и передавать полученные данные для последующей обработки. Полученные сигналы вибрации подвергаются быстрому преобразованию Фурье (FFT), что позволяет преобразовать временные сигналы в частотный спектр. Это, в свою очередь, дает возможность визуализировать и анализировать амплитуды и частоты колебаний. В процессе спектрального анализа особое внимание уделяется различным частотным компонентам, так как разные типы неисправностей (например, износ подшипников, несоосность или дисбаланс) проявляются в виде пиков на определенных частотах в спектре. Например: основная частота вращения (фундаментальная) двигателя; частоты, связанные с гармониками (частоты, кратные основной частоте); шумовые компоненты, указывающие на случайные вибрации и потенциальные проблемы. Затем интерпретация результатов: Спектр вибраций анализируется с учетом нормальных значений для данного типа двигателя и его режима работы. Появление новых компонентов или изменение амплитуды существующих сигналов может указывать на наличие неисправностей. Регулярный спектральный анализ позволяет вести мониторинг состояния подшипников и предсказывать выход из строя.

3. Температурный анализ.

Температурный мониторинг является важной составной частью виброакустической диагностики подшипниковых опор турбореактивного двигателя (ТРД). Он позволяет выявлять аномалии в работе подшипников и других компонентов, что может указывать на потенциальные проблемы, такие как износ, перегрев или недостаточная смазка. Устройствами, применяемыми в двигателестроении для изменения температуры являются:

– **Термопары**: Широко используются для точного измерения температуры в различных точках подшипников. Они могут быть установлены на корпусе подшипников, а также вблизи статора и ротора двигателя.

– **Инфракрасные датчики**: Позволяют бесконтактно выполнять замеры температурных показателей. Это может быть полезно в условиях, где доступ к подшипникам ограничен.

– **Микроконтроллерные системы**: Используются для сборки и обработки данных с термопар и других датчиков.

Температурные данные могут быть сопоставлены с данными вибрационного анализа, что позволяет более точно оценить состояние подшипников. Например, резкое увеличение температуры может совпадать с изменениями в амплитуде или частоте вибрации. Применение математических и статистических методов для анализа собранных данных позволяет разработать алгоритмы, которые будут автоматически выдавать предупреждения при превышении определенных температурных порогов или нестандартных комбинациях параметров. Постоянный мониторинг температуры и состояния подшипников критически важен для обеспечения безопасной эксплуатации ТРД. Своевременное выявление проблем помогает своевременно выполнять техническое обслуживание и устранять неисправности до их критического состояния.

4. Магнитные методы контроля.

Данный метод основан на измерении магнитного поля, создаваемого в подшипниках. Изменения в магнитных свойствах материалов могут свидетельствовать о наличии дефектов или износа. Методы, использующие магнитный эффект, могут обнаруживать микротрещины и другие повреждения, особенно в магнитных материалах подшип-

ников. Такие изменения могут быть обнаружены с использованием магнитных сенсоров. В **методах магнитоакустической диагностики** используются магнитные поля для возбуждения акустических волн в материале подшипника, что позволяет выявлять дефекты и аномалии в структуре материала, так как изменение состояния ткани влияет на акустические свойства. Система контролирует магнитные параметры в режиме реального времени, что позволяет оперативно выявлять любые отклонения от нормы, связанные с изменением состояния подшипников. Эти методы могут эффективно дополнять традиционные методы диагностики, такие как вибрационный анализ и термовизионная съемка, обеспечивая более полный и точный анализ состояния подшипниковых опор турбореактивного двигателя. Магнитные методы контроля вибрации подшипниковых опор ротора в основном используются в авиационных двигателях с осевым (прямоточным) и турбовентиляторным схемами, так как в этих двигателях высокие требования к надежности и безопасности.

5. Акустическая эмиссия.

Акустическая эмиссия (АЭ) – это метод неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе ультразвуковых волновых сигналов, которые возникают в результате деформации материалов или структур под действием напряжений. В контексте турбореактивного двигателя, АЭ может использоваться для мониторинга состояния различных его компонентов. При развитии дефектов в материале или его структуре могут выделяться акустические волны. Эти волны фиксируются сенсорами, установленными на поверхности компонентов. Обычно используются высокочувствительные пьезоэлектрические датчики, которые могут улавливать звуковые волны в диапазоне от нескольких десятков килогерц до нескольких мегагерц. Сенсоры могут быть установлены на разных частях двигателя, включая компрессор, камеру сгорания и турбину. Полученные сигналы обрабатываются с помощью специализированного программного обеспечения. Важными параметрами для анализа являются частота, амплитуда и длительность сигналов. Изменения в характеристиках акустической эмиссии могут указывать на потенциальные проблемы, такие как трещины, коррозия, усталостные повреждения и др.

В акустической эмиссии широко используется метод Фурье. Преобразование Фурье представляет собой операцию, позволяющую описать амплитуды при разложении исходной функции на элементарные компоненты – гармонические колебания с различными частотами.

Эта операция по своей сути аналогична взятию производной и часто обозначается схожим образом, используя треугольный символ над функцией. Однако в отличие от дифференцирования, которое можно применять к действительным числам, преобразование Фурье имеет более широкий спектр применения.

Чаще всего оказывается удобнее представлять комплексные числа в форме модуля и аргумента, а затем отображать их на графиках отдельно в виде двух отдельных представлений:

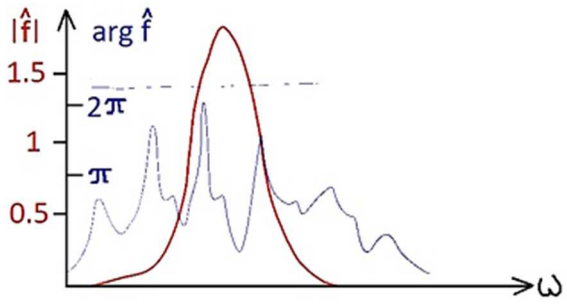


Рисунок 1 – Представление комплексных чисел в форме модуля и аргумента

Свойство преобразования Фурье, которые нам потребуются (1):

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \left|\hat{f}(x)\right|^2 dx = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(x)| dx. \quad (1)$$

Свойство (1) утверждает, что преобразование Фурье сохраняет «энергию» сигнала. Это свойство (1) имеет смысл только для сигналов конечной продолжительности с ограниченной энергией, и оно показывает, что спектр таких сигналов на бесконечности быстро стремится к нулю. Именно из-за этого свойства (1) на графиках спектров обычно отображается только «основная» часть сигнала, содержащая основную долю энергии. Остальная часть графика, хотя и приближается к нулю, никогда не становится нулевой. Процесс «оцифровки» сигнала, который переводит непрерывный сигнал в последовательность чисел, осуществляется с помощью функции, известной как «гребенка Дирака». Гребенка Дирака представляет собой периодическую последовательность дельта-функций с единичным коэффициентом, начиная от нуля и с периодом T. Чтобы осуществить оцифровку сигналов, T выбирается как можно меньшим, желательно T < 1. Фурье-преобразование этой функции также является гребенкой Дирака, но с большим шагом 1/T и несколько меньшим коэффициентом (1/T). С математической точки зрения дискретизация временного сигнала является процессом поточного умножения исходного сигнала на гребенку Дирака. В результате этого перемножения вместо непрерывной функции возникает последовательность дельта-импульсов с определенной амплитудой.

Согласно свойству (1) преобразования Фурье, спектр полученного дискретного сигнала представляет собой свертку исходного спектра с соответствующей гребенкой Дирака. Легко заметить, что в результате свертки спектр исходного сигнала «копируется» бесконечное количество раз вдоль оси частот с шагом 1/T, после чего происходит их суммирование.

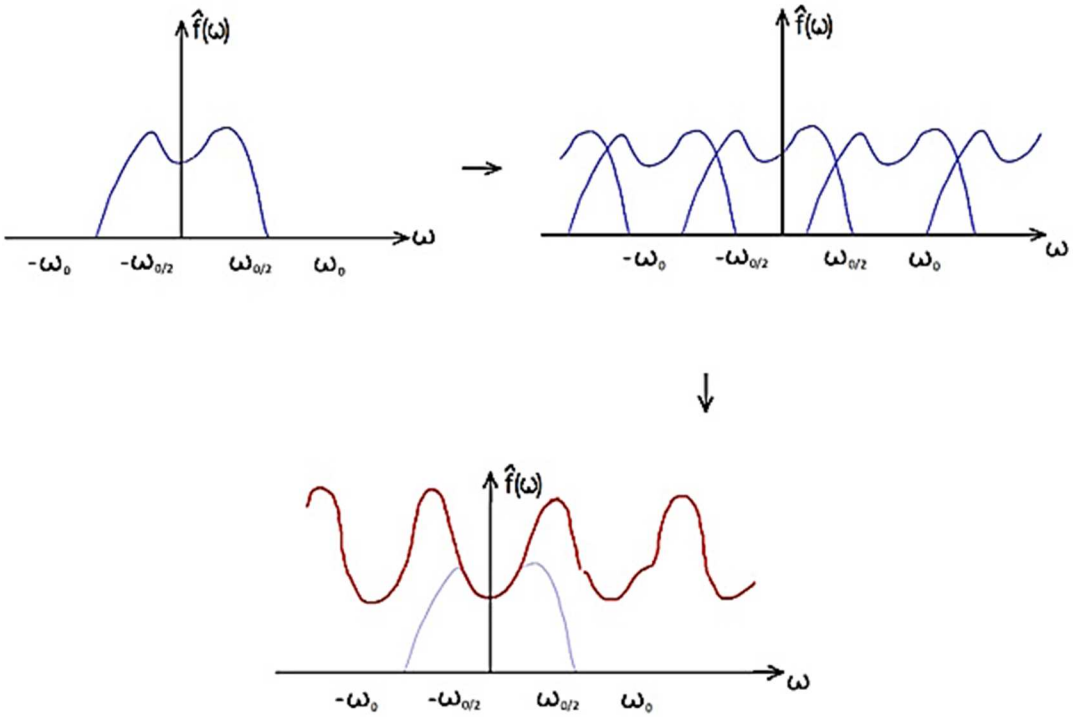


Рисунок 2 – Исходный и суммированный спектр сигнала

Обратите внимание, что если исходный спектр имеет конечную ширину и используется достаточно высокая частота дискретизации, то копии исходного спектра не будут перекрываться, что, в свою очередь, предотвратит их суммирование. Это упрощает задачу восстановления исходного спектра по полученному «свернутому» варианту: достаточно выбрать компоненту спектра в области нуля и удалить лишние копии, уходящие в бесконечность. Простой способ достижения этого – умножить спектр на прямоугольную функцию, равную T в диапазоне от –1/2T до 1/2T, и нулю вне этого диапазона. Такой Фурье-образ соответствует функции sinc(Tx), и данное умножение эквивалентно свертке исходной последовательности дельта-функций с функцией sinc(Tx).

Тем не менее, «выход» дискретного преобразования Фурье (DTFT) остается непрерывной функцией, с которой компьютерам сложно работать. Чтобы решить эту проблему на практике, полный интервал [0, 1/T) делится на k равных частей, и DTFT вычисляется в точках *fi* = *i* / kT, где *i* принимает значения от 0 до k–1. Этот процесс называется «дискретным преобразованием Фурье» (DFT) (2.1; 2.2; 2.3; 2.4).

$$FT: \hat{f}(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) e^{-2ax\omega} dx. \quad (2.1)$$

$$DTFT: X_T(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} f(nT) e^{-2\pi i \omega n t}. \quad (2.2)$$

$$DTFT + window: X_T(\omega) = \sum_{n=0}^{M} f(nT)\omega\left(\frac{n}{M}\right) e^{-2\pi i \omega n T}. \quad (2.3)$$

$$DFT: X_{TM}(K) = X_T(\frac{k}{NT}) = \sum_{n=0}^{M} f(nT)\omega(\frac{n}{M}) e^{-2\pi i \frac{kn}{N}} \quad (2.4)$$

Последнее преобразование (2.4) можно упростить, исключив параметры T и связанные с ними вопросы выбора «окна». Часто используется нормализованная форма, которая служит определением Дискретного Преобразования Фурье (DFT). Это преобразование применимо к последовательности из N комплексных чисел и записывается (3.1).

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi \frac{kn}{N}} \quad (3.1)$$

$$X_n = f(nT)\omega(nT)\,, \omega(x) = 0 \text{ для } x \geq T$$

$$x(k) \text{ соответствует частоте } \omega = \frac{k}{NT}.$$

Метод акустической эмиссии (АЭ) обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами виброакустической диагностики, особенно в контексте оценки состояния подшипниковых опор роторов турбореактивных двигателей. Вот некоторые ключевые аспекты его выгодности:

1. **Чувствительность к ранним дефектам**: Акустическая эмиссия позволяет обнаруживать дефекты, которые находятся на начальных стадиях их развития. Это связано с тем, что АЭ регистрирует выброс высокочастотных волн, возникающих при микротрещинах и других механических процессах.

2. **Непосредственный мониторинг в реальном времени**: Метод АЭ может быть использован для непрерывного мониторинга состояния подшипников в процессе работы двигателя, что позволяет быстро реагировать на возникновение потенциально опасных ситуаций.

3. **Индикатор механических изменений**: Акустическая эмиссия хорошо подходит для выявления различных типов механических повреждений, таких как трещины, износ или кавитация, что делает её универсальным инструментом для диагностики.

4. **Минимальное вмешательство в процесс**: В отличие от некоторых методов, которые могут потребовать остановки оборудования или применения сложных систем датчиков, акустическая эмиссия может быть применена без значительного воздействия на процесс.

5. **Анализ на больших расстояниях**: Датчики АЭ могут быть расположены на значительном расстоянии от источника звука, что позволяет использовать их в труднодоступных местах и минимизировать влияние внешних факторов.

6. **Комплексный анализ**: Метод АЭ может быть легко интегрирован с другими методами диагностики, такими как вибрационный анализ или термография, что обеспечивает более полное понимание состояния оборудования.

Акустическая эмиссия как метод диагностики подшипниковых опор ротора турбореактивного двигателя имеет большой потенциал для дальнейшего развития. Применение алгоритмов машинного обучения для анализа данных акустической эмиссии может помочь в выявлении шаблонов и аномалий, которые трудно заметить с помощью традиционных методов анализа. Модели глубокого обучения могут быть обучены на большом объеме экспертных данных для более точной диагностики.

Интеграция машинного обучения в акустическую эмиссию как метод виброакустической диагностики подшипниковых опор ротора ТРД (турбореактивных двигателей) может привести к нескольким значительным улучшениям и изменениям в области диагностики и мониторинга состояния оборудования. Автоматизация анализа сигналов с использованием алгоритмов машинного обучения может сократить время, необходимое для диагностики, благодаря быстрой обработке и интерпретации данных. При этом использование методов предобработки и фильтрации, распространенных в машинном обучении, может помочь в улучшении качества данных акустической эмиссии, что, в свою очередь, повысит надежность анализа.

Акустическая эмиссия, как перспективный метод, демонстрирует высокую чувствительность к начальным стадиям возникновения дефектов, что позволяет заблаговременно выявить проблемы и предотвратить аварийные ситуации. Использование этого метода в сочетании с традиционными вибрационными измерениями может существенно повысить эффективность диагностики, обеспечивая более полное понимание состояния подшипниковых опор. Таким образом, внедрение акустической эмиссии в практику виброакустической диагностики ТРД не только способствует улучшению точности мониторинга, но и открывает новые горизонты для исследований в области предиктивного обслуживания авиационных двигателей. В дальнейшем необходимо продолжать исследования в этой области, учитывая развитие технологий и методов анализа, что позволит сделать диагностику более надежной и экономически эффективной.

Список литературы:

1. Уланов А.М. Вибрация и прочность авиационных двигателей и энергетических установок : электронное учебное пособие / А.М. Уланов; Минобрнауки России. – Самара, 2011.
2. Метод исследования вибрации корпуса авиационного двигателя при отрыве лопатки вентилятора / С.В. Филипковский [и др.]; Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков.
3. Звонарев С.Л. О возможных причинах отказов подшипников качения / С.Л. Звонарев, А.И. Зубко // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. Академика С.П. Королева (национального исследовательского университета). – 2012. – № 3-3(34). – С.16–22.
4. Герман Г.К. Проблемы диагностики отказов подшипников качения двухконтурных ГТД и пути их решения / Г.К. Герман, А.И. Зубко, О.Н. Калюжный // Двигатель. – 2013. – № 1(85). – С. 38–39.
5. Критский В.Ю. Исследование возможности использования керамических авиационных подшипников скольжения нового поколения в конструкции опор роторов газотурбинных двигателей / В.Ю. Критский, А.И. Зубко // Двигатель. – 2013. – № 3(87). – С. 24–26.
6. Звонарев С.Л. Диагностика состояния подшипниковых опор роторов газотурбинных двигателей (ГТД) по изменению степени подогрева подходящего через них масла / С.Л. Звонарев, А.И. Зубко // Материалы I Международной научно-практической заочной конференции «Актуальные вопросы технических и математических наук». – К. : Логос, 2013. – С. 113–120.

УДК 004.942

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САПР КОМПАС-3D

♦♦♦♦♦

TO THE QUESTION OF ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE USING THE CAD SYSTEM KOMPAS-3D

Мутовкина Ж.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Степанова М.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
mvs4967@mail.ru

Фурсина А.Б.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
fursina74@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается трехмерная конструкция профиля, с нагрузками в процессе эксплуатации. Проводится анализ на основе ключевых характеристик, в частности выполнены соответствующие оценки прочности и устойчивости конструкций для рассматриваемого примера, которые показывают слабые места в процессе нагружения.

Ключевые слова: 3D-моделирование, трехмерные модели, САПР, система прочностного конечно-элементного анализа APM FEM, сечения балки, напряженно-деформированное состояние.

Mutovkina J.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Stepanova M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
mvs4967@mail.ru

Fursina A.B.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
fursina74@mail.ru

Abstract. The paper considers a three-dimensional profile structure with loads during operation. An analysis is carried out based on key characteristics, in particular, the corresponding assessments of the strength and stability of structures for the example under consideration are made, which show weak points during loading.

Keywords: 3D modeling, three-dimensional models, CAD, APM FEM strength finite element analysis system, beam sections, stress-strain state.

Современные технологии требуют от специалистов не только технических знаний, но и креативности, способности к решению нестандартных задач и умения работать в команде знаний, что находит практическое применение при проведении занятий. Например, через проектные работы и практические задания, что помогает обучающимся лучше усвоить материал, развить пространственное и логическое мышление, а в дальнейшем подготовиться к реальным условиям работы.

Дисциплина «Инженерная графика» играет ключевую роль в техническом образовании, обеспечивая студентов необходимыми навыками для работы с графическими и техническими чертежами. Инженерная графика включает в себя изучение различных методов и приемов создания и интерпретации графической информации, что позволяет инженерам и техническим специалистам точно передавать свои идеи и проекты. Умение читать и создавать чертежи, схемы и модели является основополагающим для успешной работы в различных областях науки и техники.

С развитием технологий, таких как 3D-моделирование и виртуальная реальность, навыки, полученные в рамках дисциплины «Инженерная графика», становятся еще более актуальными. Обучающиеся учатся не только традиционным методам черчения, но и современным программным инструментам, что позволяет им быть конкурентоспособными на рынке труда.

Таким образом, дисциплина «Инженерная графика» играет ключевую роль в подготовке будущих специалистов, инженеров, обеспечивая их необходимыми знания-

ми и навыками для успешной профессиональной деятельности. с точки зрения педагогической деятельности важно не забывать, что учебный процесс должен быть ориентирован не только на развитие технической направленности, но и на развитие творческих способностей, что позволит обучающимся адаптироваться к быстро меняющимся требованиям современного мира. Подтвердив необходимость изучения дисциплины, обучающимся предлагаются получить навыки создания твердотельных конструкций, используя продукт «Компас-3D». Над полученными объектами продолжают проводить инженерные расчеты напряжения и деформации, возникающие в элементах, с которыми обучающиеся встречаются при прохождении дисциплины «Механика». Единственной проблемой на этом этапе изучения становится то, что раздел дисциплины «Инженерная графика» и «Механика», к сожалению, изучаются на первом курсе в параллельном режиме, что является сложностью для многих обучающихся осознать преимущества САПР при использовании расчетов.

Рассчитывая на творческое начало, во втором семестре первого года обучения, учащимся предлагается исследовать выполняемые задания по курсовому проектированию в КОМПАС-3D, с применением встроенной системы прочностного конечно-элементного анализа APM FEM.

Она включает в себя инструменты для подготовки конструкции к расчету, задания граничных условий и нагрузок, а также встроенные генераторы конечно-элементной сетки, как с постоянным, так и с переменным шагом. Данный набор функциональных возможностей предоставляет возможность смоделировать твердотельный объект и всесторонне проанализировать поведение расчетной модели при различных воздействиях, рассматривая такие аспекты, как статика, собственные частоты, устойчивость и тепловое нагружение. Анализ напряженно-деформированного состояния и динамического поведения конструкций является ключевым этапом в инженерном проектировании. Он позволяет обеспечить надежность и безопасность конструкций, а также оптимизировать их проектирование для достижения лучших эксплуатационных характеристик.

Рассмотрим подробнее результаты, получаемые в ходе такого расчета:

– распределение эквивалентных напряжений и их составляющих, а также главных напряжений;

– эквивалентные напряжения (например, по Мизесу), позволяющие оценить уровень напряжений в материалах и выявить участки, подверженные риску разрушения;

– главные напряжения помогают определить максимальные и минимальные напряжения в конструкции, что важно для анализа прочности;

– распределение линейных, угловых и суммарных перемещений:

– линейные перемещения, которые показывают, как элементы конструкции смещаются под действием нагрузок;

– угловые перемещения, которые важны для оценки деформации и изменения углов между элементами конструкции;

– суммарные перемещения дают общее представление о деформации всей модели;

– распределение деформаций по элементам модели:

– деформации показывают, насколько элементы конструкции изменяют свою форму под действием нагрузок, что критично для оценки их работоспособности.

– распределение коэффициентов запаса по текучести и прочности:

– коэффициенты запаса позволяют оценить, насколько конструкция безопасна при заданных нагрузках. Они показывают, насколько фактические напряжения ниже предельных значений текучести и прочности материала.

– координаты центра масс, масса, моменты инерции модели:

– эти параметры важны для динамического анализа и проектирования, так как они влияют на устойчивость и поведение конструкции под действием внешних сил.

– суммарные реакции, приведенные к центру масс модели, помогают понять, как распределяются нагрузки по опорам и другим элементам конструкции, что важно для их проектирования и анализа.

Порядок подготовки модели и выполнения расчета:

1. Подключение библиотеки АРМ FEM: Прочностной анализ.
2. Задание закреплений и приложение нагрузки.
3. Задание совпадающих граней (для КЭ анализа сборки).
4. Генерация КЭ сетки.
5. Выполнение расчета.
6. Просмотр результатов в виде карт напряжений, перемещений.

Рассмотрим пример.

Пример.

По исходным данным (таблица 1, рисунок 1):

Таблица 1

F, Н	α, град	q, Н/м	l, мм	$в$, мм	a, мм	Профиль	Номер профиля
3000	45	1000	1000	500	100	Швеллер	10

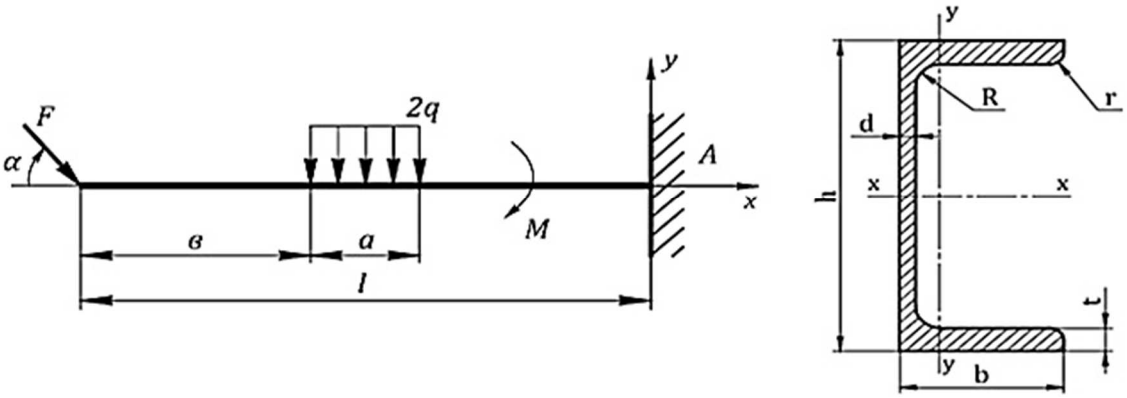


Рисунок 1

1. Создать балку заданного сечения.
2. Указать закрепления.
3. Приложить нагрузку, кроме изгибающего момента.
4. Создать конечно-элементную сетку.
5. Произвести статический расчет.
6. Вывести результаты расчета по напряжениям (эквивалентное напряжение по Мизесу).
7. Вывести результаты расчета по перемещениям.
8. Произвести обработку результатов.
9. Описать полученные результаты.

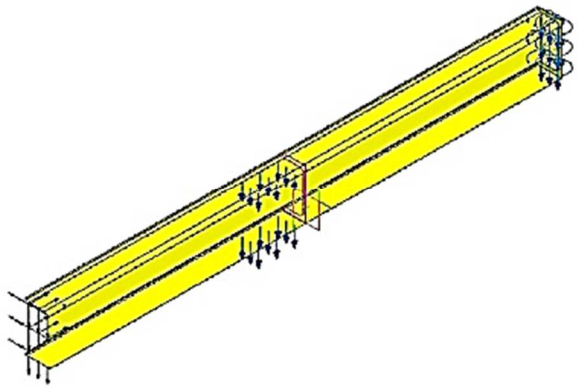
Рассматриваемый профиль представляет собой швеллер, изготовленный из горячекатанной стали по ГОСТ 8240-97 № 10, имеет стандартные геометрические размеры: h = 100; b = 46; d = 4,6; t = 7,6; R = 7,0; r = 4,0.

Проходя по всем шагам представленных выше, построена модель профиля, которая согласно схемы, закреплена жестко в точке А, добавлена распределенная нагрузка на длине 100 мм удаленная от закрепленного конца на расстоянии 400 мм (рисунок 2).

Расчетным ядром системы АРМ FEM для КОМПАС-3D является программное средство «Конечно-элементная программная система АРМ Structure3D», имеющее Аттестационный паспорт № 330 от 18.04.2013 г., выданный Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), ФБУ «НТЦ ЯРБ» [3].

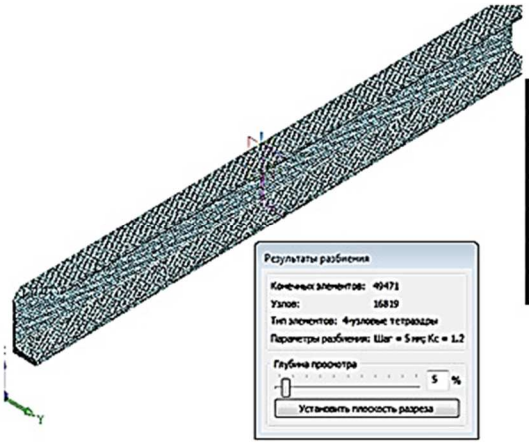
Произведя необходимые манипуляции в приложении к программе, а именно закрепление модели, назначение на соответствующих участках распределенной силы,

изгибающий момент на первоначальном участке, была получена конечно-элементная сетка модели, состоящая из 49171 конечных 4-узловых тетраэдров с 16819 узлами (рисунок 3) и данные по инерционным характеристикам модели (таблица 2)



Предел текучести [Н/мм^2]	235
Модуль упругости нормальный [Н/мм^2]	200000
Коэффициент Пуассона	0.3
Плотность [кг/мм^3]	0.000008
Температурный коэффициент линейного расширения [1/°C]	0.000012
Теплопроводность [Вт/(°C*мм)]	0.000055
Предел прочности при сжатии [Н/мм^2]	410
Предел прочности (Временное сопротивление) [Н/мм^2]	410
Предел выносливости при растяжении [Н/мм^2]	209
Предел выносливости при кручении [Н/мм^2]	139

Рисунок 2



Наименование	Значение
Тип элементов	4-узловые тетраэдры
Максимальная длина стороны элемента [мм]	5
Максимальный коэффициент сгущения на поверхности	1.2
Коэффициент разрежения в объеме	1.5
Количество конечных элементов	49471
Количество узлов	16819

Рисунок 3

Таблица 2 – Инерционные характеристики модели

Наименование	Значение
Масса модели [кг]	8.602631
Центр тяжести модели [мм]	(-0 ; 15.14301 ; -24.070834)
Моменты инерции модели относительно центра масс [кг*мм^2]	(15405.505237 ; 730536.309182 ; 718641.099586)
Реактивный момент относительно центра масс [Н*мм]	(0.000017 ; 23173.042097 ; -999999.99996)
Суммарная реакция опор [Н]	(-0 ; 0 ; -0)
Абсолютное значение реакции [Н]	0
Абсолютное значение момента [Н*мм]	1000268.458865

В результате расчета получены результаты, которые сведены в таблице 3 с демонстрационными изображениями результатов (рисунок 4). При выводе на экран любой из карт результатов расчета исследуемой конструкции (детали) отображается характер её деформаций. За величину отображения деформаций отвечает масштабный коэффициент, значения которого можнот изменять для повышения наглядности.

Таблица 3

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
1.Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [Н/мм^2]	5.509048	290.787285
2.Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0	10.89016
3.Коэффициент запаса по пределу текучести	SVM	0.808184	10
4.Коэффициент запаса по пределу прочности	SVM	1.410024	10

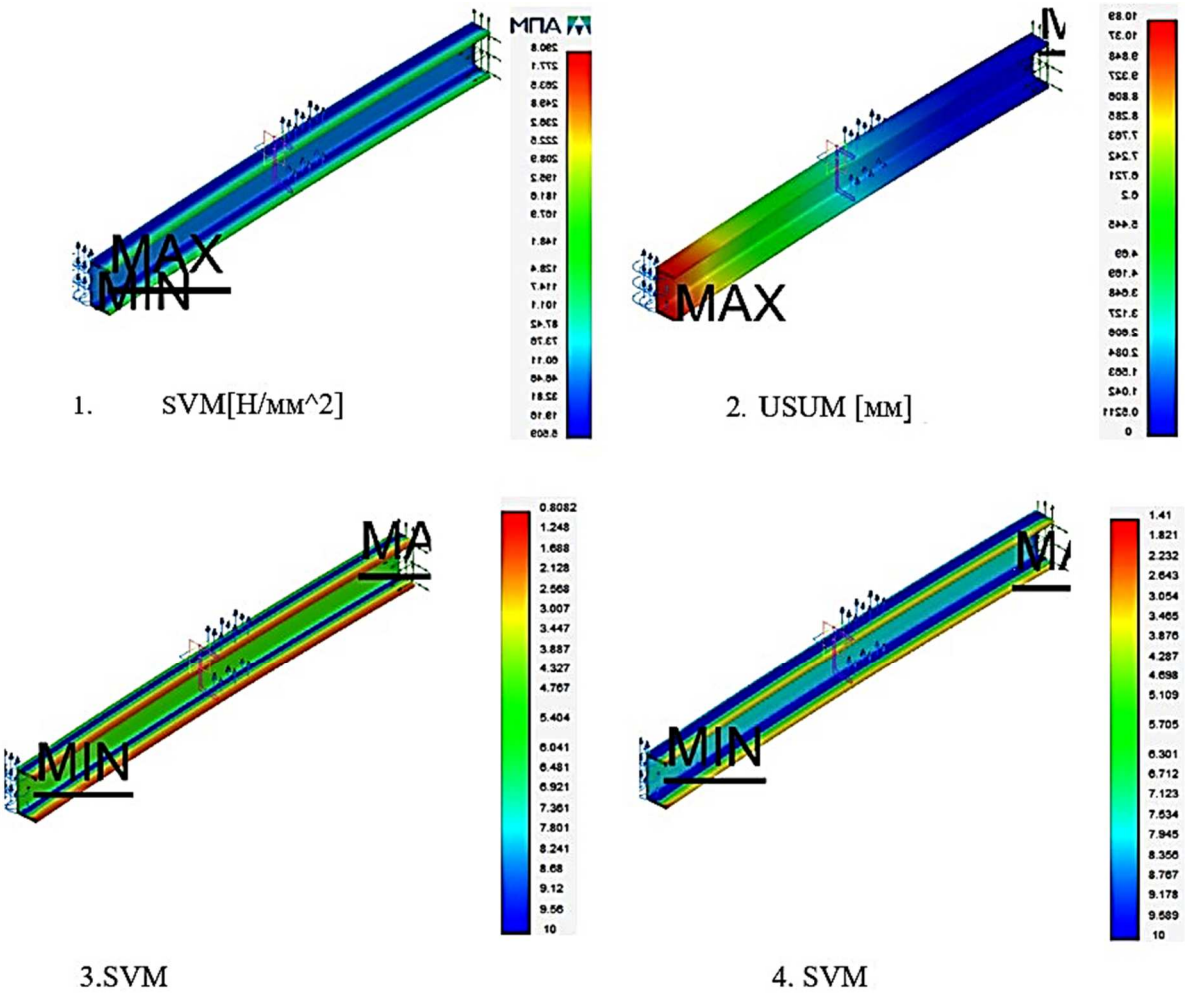


Рисунок 4

Поскольку каждая конструкция имеет нормальную частоту колебаний (собственную), а эти частоты имеют определенные формы деформации (естественные или нормальные формы колебаний), приложение APM FEM позволяет оценить пять форм собственных колебаний, которые являются явлениями и могут привести к разрушению. Форма собственных колебаний (резонанс) конструкции представляет собой допустимую форму колебаний, которая напрямую связана с моделью энергии деформации. Элементы с высокой степенью деформации непосредственно влияют на собственную частоту данной формы колебаний, и уменьшение энергии деформации позволяет увеличить эту частоту. Расчет собственных частот и форм колебаний имеет большое значение для анализа динамического поведения конструкций, определяя, как система реагирует на внешние воздействия, и их знание позволяет избежать резонансных. Особенно актуально этот расчет выполнять для летательных аппаратов и других объектов, подверженных динамическим нагрузкам. Собственные частоты определяют, при каких частотах система будет колебаться с максимальной амплитудой, если на нее воздействует внешнее динамическое воздействие. Формы собственных колебаний показывают, как именно деформируется объект при этих частотах.

При предварительной нагрузке объекта необходимо учитывать, что это может изменить его жесткость и, соответственно, собственные частоты. Поэтому такие расчеты часто проводятся с учетом различных сценариев нагрузки, чтобы обеспечить надежность и безопасность конструкции в условиях эксплуатации.

Для летательных аппаратов, например, важно учитывать влияние аэродинамических сил, которые могут изменять динамические характеристики конструкции. Поэтому такие расчеты являются неотъемлемой частью проектирования и анализа летательных аппаратов.

На рисунке 5 приведены последовательно диаграммы всех пяти форм собственных колебаний.

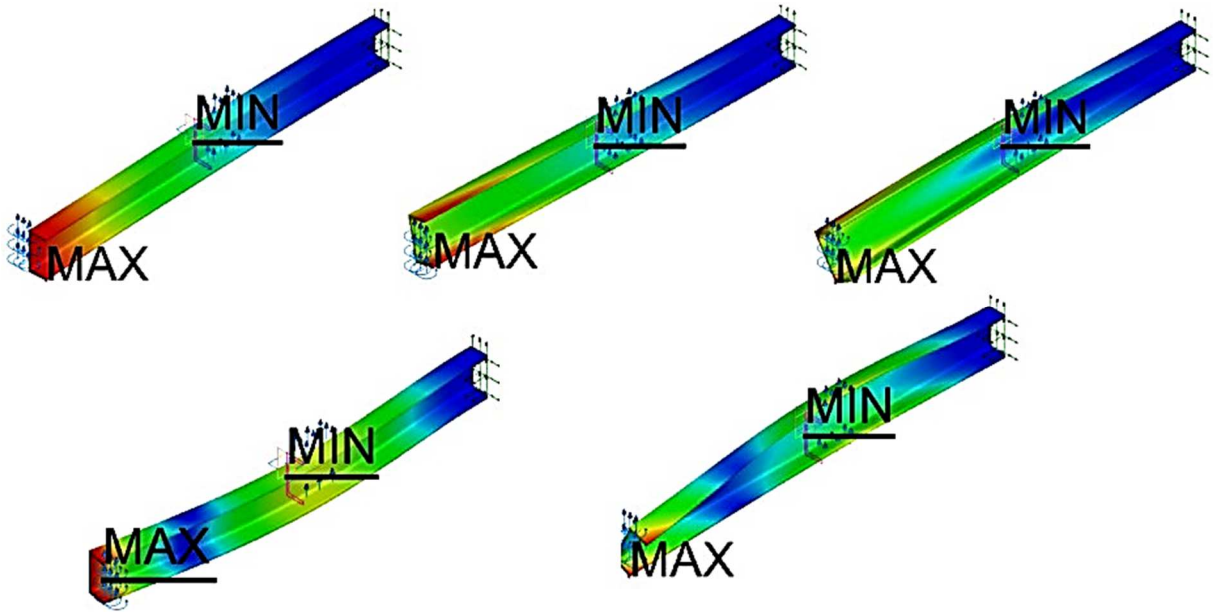


Рисунок 5

Таким образом, динамический анализ и расчет собственных частот и форм колебаний являются неотъемлемой частью проектирования безопасных и надежных конструкций, особенно в условиях воздействия внешних вибраций и нагрузок.

Расчетные данные сведены в таблице 4.

Таблица 4

Частота [рад/сек]	Частота [Гц]	Период [с]	м.м. X [%]	м.м. X [%]	м.м. Y [%]	м.м. Y [%]	м.м. Z [%]	м.м. Z [%]
1	256.650446	40.847187	0.024481	0	0	61.319831	61.319831	0.000016
2	581.388332	92.530827	0.010807	0	0	0.000103	61.319934	55.006308
3	1099.286585	174.956894	0.005716	0	0	0.000473	61.320407	6.374992
4	1578.356204	251.203192	0.003981	0	0.000001	19.053406	80.373813	0.000017
5	2345.567725	373.308698	0.002679	0	0.000001	0.000393	80.374206	11.63278
….	…	…	…	…	…	…	…	…
12	8864.919192	1410.89571	0.000709	0.098453	80.884485	0.002187	90.389708	0.000331
13	9829.950081	1564.485146	0.000639	0.029941	80.914426	0.000712	90.39042	0.037816
14	10884.682925	1732.351091	0.000577	0.000177	80.914603	0.000197	90.390617	4.331293
15	11609.161208	1847.655391	0.000541	0.000244	80.914847	0.009993	90.40061	0.325063
16	11704.202598	1862.781698	0.000537	0.000052	80.914899	0.006319	90.406929	0.17365

Визуализация расчетных показателей, вместе с табличными, представляет возможность наблюдать динамическое изменение конструкции, а также если частота внешнего возмущения совпадет с одной из собственных частот системы, то можно наблюдать процесс резонанса, что, в свою очередь, может вызвать значительные повреждения, а зачастую и разрушение конструкции.

Для предотвращения резонанса необходимо:

– анализировать спектр собственных частот, что позволит понять, на каких частотах система наиболее уязвима.

– изучить внешние возмущения таких как вибрации от машин, ветровые нагрузки или сейсмические воздействия (риск резонанса).

– выполнять модификацию конструкции

Таким образом, подвергая объект – швеллер распределенной силе с вектором силы в 100 Н направленным по $X = 0$; $Y = 0$; $Z = -100$, а также распределенному моменту в 100 Н*мм вдоль вектора $X = 100$; $Y = 0$; $Z = 0$ проведен статический и расчет собственных частот, которые являются ключевыми для обеспечения надежности и безопасности конструкций, работающих в условиях внешних вибраций.

Проанализировав все выше сказанное можно прийти к следующему выводу, что начав изучение САПР «Компас-3D», приложение APM FEM в рамках дисциплины «Инженерная графика» предлагается эти методы пролонгировать в рамках дисциплин, таких как «Механика», «Сопротивление материалов» и «Конструкция самолетов», предоставляя обучающимся возможность визуализировать и понять динамические характеристики конструкций. Это знание помогает им в будущем разрабатывать более безопасные и эффективные объекты, а также корректировать их в процессе проектирования, особенно в аэрокосмической отрасли, где безопасность и надежность имеют первостепенное значение.

Список литературы:

1. Степанов В.В. Статистическое оценивание и анализ результатов эксперимента / В.В. Степанов, М.В. Степанова, В.А. Коссой // В сборнике: X Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 59-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар, 2020. – С. 274–278.
2. Демонстрационная программа обтекания тонкого профиля PROFIL_NST / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.А. Коссой, М.В. Степанова, Ж.В. Мутовкина // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022664268, 27.07.2022. Заявка № 2022663433 от 15.07.2022.
3. Продукты «КОМПАС-3D». – URL : https://ascon.ru/products/7/review
4. Системный подход к самостоятельной работе обучающихся / Ю.А. Савицкий [и др.] // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 1. – С. 445–448.

УДК 533.69

РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО КРЫЛА

♦♦♦♦♦

THE METHOD OF CONSTRUCTIVE CALCULATION OF A LIQUID PURIFICATION DEVICE MADE IN THE FORM OF AN ARCHIMEDES SPIRAL

Играков Р.Е.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
letchik_ptz@mail.ru

Закарян Р.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
zrafik@mail.ru

Аннотация. В работе исследуются возможности валообразного крыла создать достаточную подъемную силу для полета самолета. Изучаются аэродинамические характеристики летательных аппаратов с нулевой стреловидностью крыла на примере модели самолета УТ-2, а также модели самолёта с установленным на него крылом подъемная сила которого основана на эффекте Магнуса. Моделирование методом конечно-элементного анализа проводилось в программе ANSYS в модуле Fluent.

Ключевые слова: валообразное крыло, эффект Магнуса, метод конечно-элементного анализа, подъемная сила крыла.

Igrakov R.E.
Krasnodar Higher Military Flight School
letchik_ptz@mail.ru

Zakaryan R.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
zrafik@mail.ru

Abstract. The paper examines the ability of the Magnus wing to create sufficient lift for aircraft flight. The aerodynamic characteristics of aircraft with zero sweep of the Bernoulli wing are studied using the UT-2 aircraft model as an example, as well as an aircraft model with the Magnus wing installed on it. The finite element analysis modeling was performed in the ANSYS program in the Fluent module.

Keywords: shaft-shaped wing, Magnus effect, finite element analysis method, wing lift.

Эффект Магнуса для валообразного аэродинамического крыла в данной работе рассмотрен на модели крыла самолёта Герхарда Викхле представленного на рисунке 1.

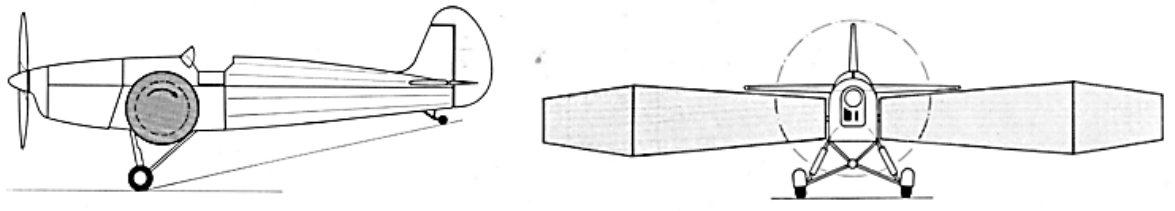


Рисунок 1 – Модель самолета с цилиндрическим крылом

Критики валообразных крыльев с самого начала относились противоречиво к этой идее, поскольку уже тогда имелся ряд известных недостатков:

– необходимость постоянного вращения валов (остановившийся вал не может создавать подъёмную силу, и планирующий полёт с ним невозможен);

– большое аэродинамическое сопротивление (из-за него и необходимости иметь силовую установку высокой мощности такие самолёты не являются рентабельными);

– проблемы со стабилизацией и управлением (они возникают из-за непостоянной величины оборотов крыла, которая зависит от плотности и направления набегающего потока воздуха, а также от величины самих валообразных крыльев).

Несмотря на это в 1932-ом г. Герхард Викхле надеялся, что обтекатель, расположенный на задней части ротора, позволит получить более эффективную, с точки зрения аэродинамического сопротивления, систему.

В дальнейшем предполагалось изготовить более крупную модель самолёта с размахом валов 13 м. В конечном итоге этим планам не суждено было сбыться.

На привод валов расходовалось всего около 2 % мощности силовой установки (2 × Lycoming T 55). Эта доля мощности при выходе из строя двигателей могла быть компенсирована за счет вспомогательной силовой установки и позволяла надёжно производить посадку. Но и то, что предложил профессор Альварес, было не без недостатков. Вал, который у Бронко был растянут вдоль крыла по длине, должен был вращаться с очень высокой скоростью, достигающей 14000 об/мин. Изготовление, балансировка, установка и эксплуатация валов, изготовленных из металлических листов толщиной всего 1,1 мм была очень непростой задачей.

Моделирование. Для моделирования обтекания и расчета аэродинамических характеристик рассматриваемых крыльев используется ANSYS в рамках учебной версии для образовательных учреждений. В частности модуль Fluent.

Стоит отметить, что все проекты уже включают в себя элемент Geometry, в котором происходит построение исследуемой модели, Mech – наложение конечно-элементной сетки для расчета, Setup – настройки и условия решаемого проекта, а также раздел Solution и Result – в которым происходит расчет и формирование результата в виде видеофайла, а также текстового отчета. Для создания геометрии использовалась CAD система DisignModeler Geometry.

Модуль Fluent рассчитан на решение задач, связанных с жидкостями и газами. В основе работы компонента лежит метод конечно-элементного анализа, который часто применяется в системах автоматизированного конструирования (CAE) для моделирования поведения изделия в цифровом виде. Конечно-элементный анализ основан на использовании математического метода конечных элементов (МКЭ) [1, 2], т.е. численное решение дифференциальных уравнений с частными производными, и решении интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики.

В CAD системе DesignModeler [3] была построена часть крыла для рассмотрения физики процесса, а также апробации возможности дальнейшего расчета для всей геометрии крыла. Построение части крыла вблизи фюзеляжа, было выполнено по размерам, представленным на рисунке 2.

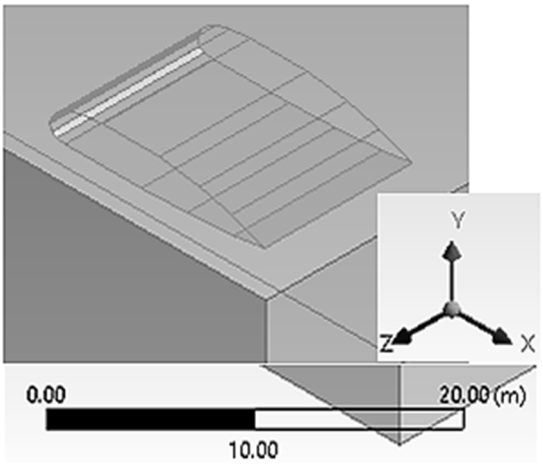


Рисунок 2 – Модель части крыла самолета УТ-2

Модель представляет собой параллелепипед в объеме которого размещена часть крыла. Параллелепипед играет роль воздушного объема, в котором можно задать граничные условия, определяющие движение воздушных масс.

Результаты расчетов. В проекте моделировалось движение кордовой модели самолета [4, 5] со скоростью 25 км/ч. Для наглядности представления конечно-

элементной сетки, был выполнен разрез, чтобы увидеть наложение сетки на поверхности крыла

Для модели со стороны утолщенной части крыла была задана плоскость набегающего воздушного потока – inlet, соответственно противоположная часть крыла – это поверхность outlet, предполагая, что воздушные потоки будут выходить только через нее, создавая эффект моделирования в аэродинамической трубе.

Проведенный расчет показал на рисунке 3 области повышенного и пониженного давления, а также области, на которые больше всего будет оказываться воздействие от набегающего воздуха.

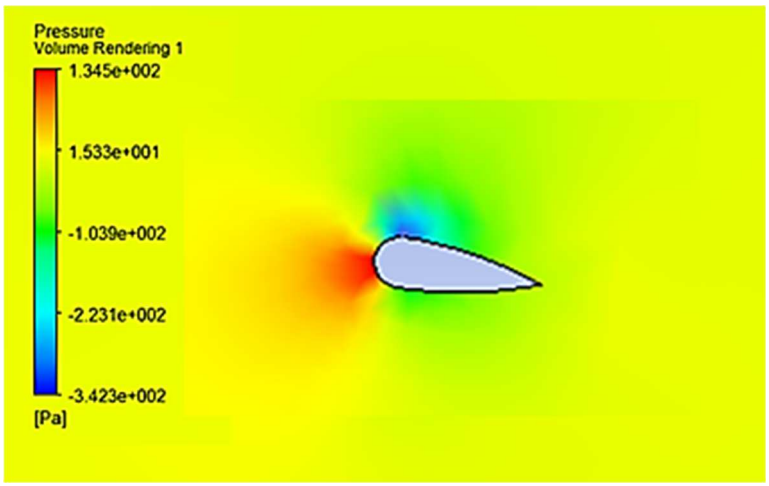


Рисунок 3 – Распределение давления набегающего воздуха вокруг крыла

Анализ механического напряжения показал равномерное распределение давления на крыло и следовательно подобранная геометрия является оптимальной. Также этот вывод подтверждается и рассмотрением линий токов воздушных масс.

Таким образом, на следующем этапе моделирования стоит рассмотреть все крыло в целом. Построить чертеж и подготовить эскиз для загрузки в CAD систему.

Упрощённая модель валообразного крыла. Применительно для модели УТ-2 [6, 7], были подобраны два варианта расчета. Длина крыла полностью соответствует стреловидному классическую крылу. Вращение со скорость 3500 об/мин. Скорость набегающего потока воздуха соответствует скорости полета – 100 км/ч.

Как видно из рисунка, область повышенного давления, встречного от встречного воздуха в силу сопротивления возрастает, но не по центру, а смещена.

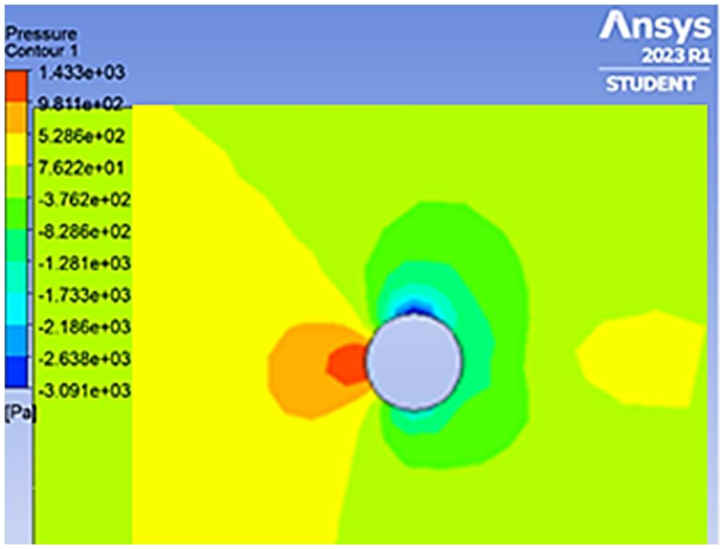


Рисунок 4 – Поле давления вокруг валообразного крыла

Анализ поля давления вокруг крыла, показал, что над крылом наблюдается область пониженного давления, что свидетельствует о наличии подъемной силы.

Из-за массивности крыла появляется область разрежения, где скорость воздушной массы уменьшается и появляется эффект затягивания и как следствие вихревые потоки.

Модель валообразного крыла Герхарда Викхле [8, 9] в виде двойного конуса с карманообразными полостями. На рисунке 5 приведена модель с наложенной расчетной сеткой.

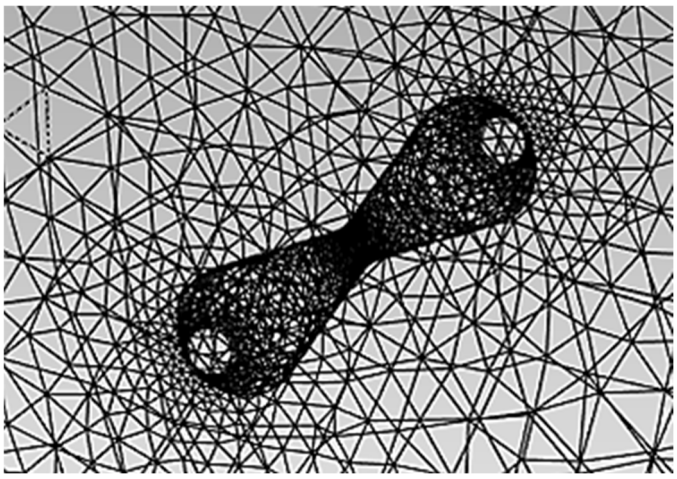


Рисунок 5 – Модель валообразного крыла Викхле с расчетной сеткой

В модели с такой формой крыла резко возрастает подъемная сила. Объяснением может быть закругленные концы, которые не создают дополнительное аэродинамическое сопротивление из-за появления срыва набегающих воздушных потоков. Поле давлений представлена на рисунке 6.

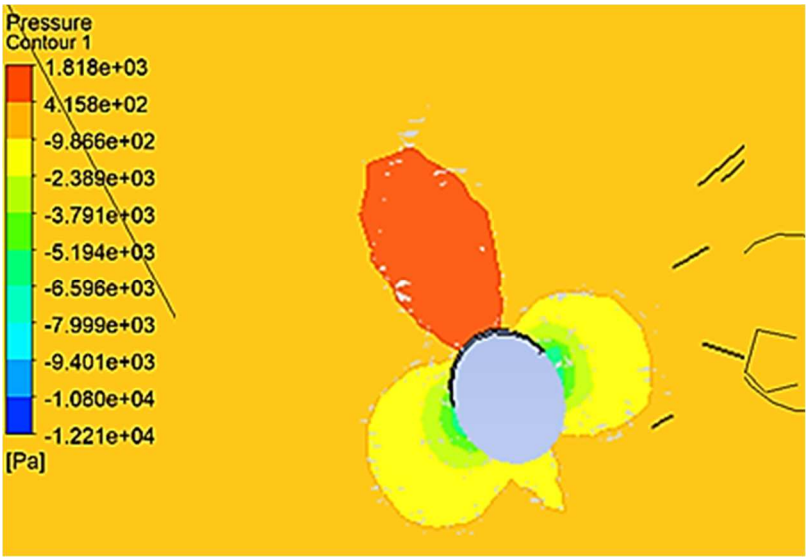


Рисунок 6 – Поле давления для валообразного крыла Викхле

Таким образом, заменить стреловидные крылья на валообразные возможно и использовать при создании уменьшенной копии самолета также возможно. Рассчитанная подъемная сила составила приблизительно 120 Па, что достаточно для легкой модели самолета, поднять его в воздух.

В работе исследовались аэродинамические характеристики обычного крыла с нулевой стреловидностью, а также модель обычного валообразного крыла и валообразного крыла Герхарда Викхле. При помощи компьютерного моделирование было по-

казано, что подъемная сила крыла основанная на эффекте Магнуса ничем не уступает подъемной силе обычного крыла, основанного на уравнении Бернулли.

Однако, не смотря на возможности валообразного крыла по созданию подъемной силы, другие аспекты, прежде всего управляемость самолета оставляют желать лучшего. Это проблема может быть решена разработкой новых материалов.

Список литературы:

1. Басов К.А. ANSYS. Справочник пользователя : учеб. пособие. – М., 2014. – 540 с.
2. Бруяка В.А. Инженерный анализ в AnsysWorkbench. – Самара, 2010. – Ч. 1. – 271 с.
3. Гуртов В.А. Информационные и коммуникационные технологии в методическом обеспечении дисциплины «Микроэлектромеханические системы» / В.А. Гуртов, Д.В. Логинов // Физическое образование в вузах. Московское физическое общество. – 2017. – Т. 17. – № 4. – С. 1. – URL : http://pinhe.lebedev.ru
4. Авиационная энциклопедия. УТ-2. [электронный ресурс]. Доступ свободный, осуществлен 11 ноября 2020 г. – URL : http://www.airwar.ru/enc/other1/ut2.html
5. Самолеты страны советов. Сборник. – М. : Изд. ДОСААФ, 1975. – 263 с.
6. Самолёты с валообразными крыльями. – URL : https://alternathistory.com/samolyoty-s-valoobraznymi-krylyami (Режим доступа свободный, доступ осуществлен 05.12.2022).
7. Тарадеев Б.В. Модели-копии самолетов. – М. : Издательство «Патриот»,. – 1991. – 238 с.
8. FLIGHT № 837 (№ 2, Vol. XVII) 08 Januar 1925, editorial comment: Rotating cy-linders, S. 13/14.
9. Flight International, 06. Januar 1972, S. 15: NASA's YOV-10 A

УДК 621.371

ОЦЕНКА ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ РЛС

♦♦♦♦♦

EVALUATION OF THE RADIATION PATTERN OF A SPATIALLY DISTRIBUTED ANTENNA SYSTEM OF A MULTI-POSITION RADAR

Перов А.Р.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Букаткин Р.Н.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Статкевич А.Н.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассмотрены особенности определения координат РЛС с пространственным расположением приемных элементов. Оценка диаграммы направленности пространственно распределенной антенной системы многопозиционной РЛС.

Ключевые слова: пространственное расположение приемных элементов многопозиционной РЛС, диаграмма направленности.

Perov A.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Bukatkin R.N.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Statkevich A.N.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The features of determining the coordinates of a radar with a spatial arrangement of receiving elements are considered. Evaluation of the radiation pattern of a spatially distributed antenna system of a multi-position radar.

Keywords: spatial arrangement of receiving elements of a multi-position radar, directional pattern.

Боевые действия в современных условиях предполагают активное использование авиационных средств, активно применяемых как в зоне боевых действий, так и в глубоком тылу. Для обеспечения своих и противодействия средствам противника необходимо иметь как можно полную информацию об обстановке в воздухе. Традиционные радиолокационные станции (РЛС) не обеспечивают решение этой задачи в полной мере. Это вынуждает искать новые технические решения при разработке различных компонентов РЛС, которые являются основными источником информации в современных военных оборонительных и наступательных системах [10].

Одним из таких направлений является многопозиционная радиолокация. Многопозиционные радиолокационные системы (МПРЛС) – это системы состоящие из отдельных РЛС, расположенных в различных точках пространства и объединенных каналами передачи информации с пунктом обработки информации. Такие системы могут реализовать некоторые преимуществами по сравнению с традиционными радиолокационными системами такие как [4]:

– обзор пространства недоступного при обычном обзоре;

– улучшение помехозащищенности по отношению к активным и пассивным помехам, а также повышение живучести РЛС.

В широком смысле основу МПРЛС составляет множество источников и приемников радиоизлучения разнесенных в пространстве. Причем в качестве источников радиоизлучения (ИРИ) могут использоваться как специальные передатчики РЛС, так другие радиотехнические системы. Сейчас специалисты рассматривают различные принципы построения таких систем, начиная от наземного расположения и заканчивая комбинацией смешанного, наземного и воздушно-космического базирования элементов МПРЛС [5].

Появление высокопроизводительной элементной базы, способной обеспечить обработку радиолокационной информации с приемлемыми техническими характеристиками, подтолкнуло интерес к разработке многопозиционных систем [1]. Обработка сигнальной информации от нескольких источников требует точной координатной и временной привязки с помощью спутниковых радионавигационных систем.

Увеличение дальности действия является одним из наиболее важных требований, предъявляемых к РЛС. Для МПРЛС максимальная дальность обнаружения не может быть однозначно определена энергетическим потенциалом передатчика. Уже в случае разнесения передатчика и приемника уравнение радиолокации для определения максимальной дальности действия имеет вид [6]:

$$d_t^2 d_T^2 = \frac{P_t G_t G_T \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 P_{\min} \nu_t \nu_T}, \quad (1)$$

где d – расстояния от передатчика до цели и от цели до приемника; P_t – мощность передатчика; G_t, G_T – коэффициенты усиления передающей и приемной антенн; P_{min} – предельная чувствительность приемного устройства; ν – коэффициенты потерь при распространении радиоволн на пути от передатчика к цели и от цели к приемнику.

Кроме того, значение эффективной площади рассеяния (ЭПР) для МПРЛС может существенно отличаться от ЭПР однопозиционной РЛС. При просветном расположении цели на линии передатчик-приемник наблюдается эффект резкого возрастания ЭПР, определяется по формуле

$$\sigma_b = 4\pi(A^2 / \lambda^2), \quad (2)$$

где A – площадь поперечного сечения объекта, перпендикулярная направлению распространения радиоволн, λ – длина волны. Особенно сильно это проявляется при приближении длины волны к размерам воздушной цели. Так ЭПР самолетов в диапазоне коротких волн может вырасти на порядок [3]. Именно этот эффект использовался в первых отечественных РЛС.

В условиях ведения ограниченных боевых действий, кода продолжают работать обычные радиотехнические средства, их излучения могут быть использованы в МПРЛС. Радиолокационные характеристики сигналов, излучаемых коротковолновыми, телевизионными (ТВ), радиовещательными и станциями сотовой связи приведены в таблице 1 [1, 8]. Использование таких источников «подсвета» целей в районе расположения передатчиков позволит обнаруживать маловысотные цели на больших расстояниях.

Таблица 1 – Радиолокационные характеристики широковещательных станций

Тип сигнала	Частота, МГц	Ширина спектра,кГц	Разрешение по дальности,км	Уровень боковых лепестков по оси времени, дБ	Уровень боковых лепестков по оси частот, дБ
КВ сигналы	3–30	5–100	15–1.5	18.2	41
УКВ ЧМ	90–110	9–84	6–1.57	12	26
Цифровое	170–240	90	1.54	12	38
Аналоговое ТВ	50–490	15–100	9.5–1.5	18	35
Цифровое ТВ	470–790	7500	0.02	15	42
GSM 900	880–960	85	1.8	9	46
GSM 1800	1700–1810	60	2.62	7	43

Одной из характеристик радиолокационных сигналов, описывающей возможности различения принимаемых сигналов, является функция неопределенности которая представляет собой зависимость величины отклика согласованного фильтра на сигнал,

сдвинутый по времени и частоте относительно исходного сигнала. Важность этой функции определяется и ее различной интерпретацией, как во временной, так и частотной области. Она определяет разрешающую способность по времени запаздывания и частоте Доплера. В общем случае функция неопределенности описывается следующим выражением

$$\left|x(\tau,F)\right| = \frac{1}{2E}\left|\int_{-\infty}^{+\infty} S(t)S^{*}(t+\tau)\exp\left\{-j2\pi F\,\tau\right\}dt\right| \qquad (3)$$

где E – энергия сигнала S.

Функция неопределенности частотно-модулированных сигналов УКВ радиовещания, как видно на рисунке 1, имеет однопиковый характер, что облегчает разрешение отраженных сигналов, как по времени, так и по частоте [2].

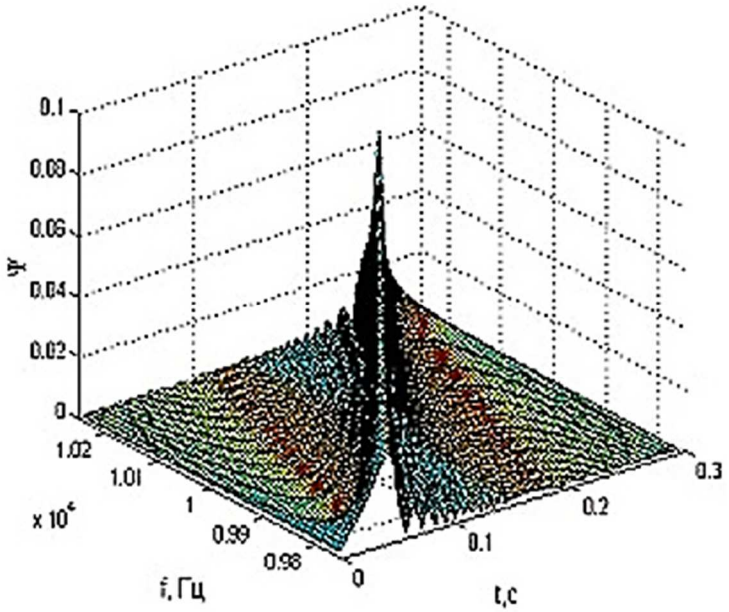


Рисунок 1 – Функция неопределенности ЧМ сигнала

Стремление улучшить разрешающую способность по дальности заставляет использовать более широкополосные сигналы. Передатчики цифрового телевидения обладают наибольшими перспективами использования в МПРЛС как по радиолокационным характеристикам, так и по масштабам охвата территорий. Функция неопределенности ТВ сигнала носит многопиковый характер, обусловленный наличием защитных интервалов в передаваемой последовательности цифровых пакетов изображения. Уровень пиков может достигать от –30 дБ до –14 дБ в зависимости от длины защитного интервала. Использованию этих сигналов для локации посвящено много работ.

Бурное развитие микроэлектроники в области сверхскоростных цифровых и сигнальных процессоров, позволяющих обрабатывать большие объемы информации, привело к появлению МПРЛС, отвечающих современным тактико-техническим требованиям [7]. Местоположение целей определяется путем вычисления разности времени прихода сигналов, излучаемых несколькими базовыми станциями с известными координатами.

Использование крупных РЛС наземного и воздушного базирования вблизи зоны боевого соприкосновения нецелесообразно из-за высокой уязвимости от средств противника. В то же время в условиях ограниченных военных действий сохраняется работа вещательных источников радиоизлучений в зоне контроля. Для обнаружения воздушных целей в глубине сопредельной территории необходимо размещать РЛС как можно ближе к линии соприкосновения и выше от поверхности земли. Эту задачу мож-

но решить размещая приемные элементы антенной системы на беспилотных летательных аппаратах (ЛА) [9].

Они обладают рядом свойств, которые делают их применение более рациональным по сравнению с пилотируемыми ЛА. К этому можно отнести исключение риска для жизни летчика, их использование обходится дешевле. Эффективная отражающая поверхность беспилотных ЛА существенно меньше, чем у самолета, что позволяет их использовать вблизи зоны ПВО противника. Принимаемый сигнал накапливается в приемных устройствах за некоторый промежуток времени и затем пакетом передается в устройство обработки. Зная координаты расположения приемников и совместив принятые пакеты по временным меткам можно произвести совместную обработку сигналов для получения необходимой информации. Структурная схема обработки информации представлена на рисунке 2.

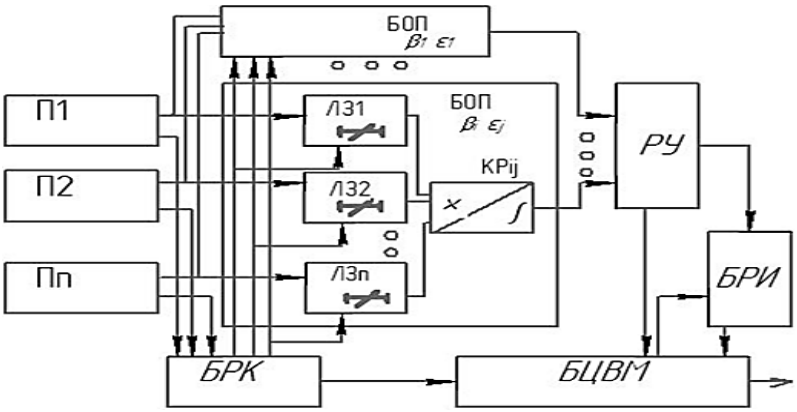


Рисунок 2 – Структурная схема обработки информации

Сигнал с приемников П1-Пn каждого отдельного ЛА поступает в цифровой вычислитель. В блоках обнаружения пеленга (БОП) производится корреляционная обработка сигналов приемников для каждого угломестного луча (βi, εj) синтезированной диаграммы направленности. В блоке РУ определяются угловые координаты цели по максимальному значению суммарных отсчетов. Эта обработка должна производиться в каждом дальномером канале. Далее сигнал поступает в блок распознавания БРИ определения типа цели, в котором сигнал сравнивается с образами излучения известных объектов. В блоке цифровой вычислительной машины (БЦВМ) производится определение координат цели.

Прежде чем углубляться в вопросы технической реализации такой схемы, рассмотрим возможно достижимые характеристики такого решения. Дальность обнаружения МПРС как следует из формулы (1) сильно зависит от коэффициента усиления приемной антенны. Оценим потенциально достижимые характеристики приемной антенны (рисунок 3), расположенной на рое БПЛА.

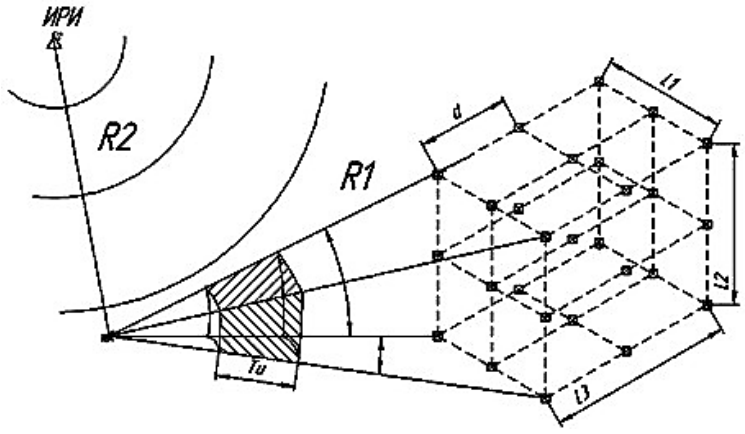


Рисунок 3 – Расположение приемных элементов антенны в пространстве

Среднюю мощность цифрового сигнала *S* на выходе схемы обработки информации можно определить как сумму произведения амплитуд отсчётов сигнала приемников, нормированную к длине выборки (4):

$$P = \frac{1}{N}\sum_{1}^{n}\sum_{1}^{m}\sum_{1}^{k} S(t_0)S(t_0 + t_{nmk}), \quad (4)$$

где N = nmk – размерность пространственно распределенной приемной антенны.

Зная координаты расположения приемников можно оценить диаграмму направленности для одного дальномерного канала полагая время задержки сигнала для на приемника П (*n*, *m*, *k*)

$$t_{nmk} = \frac{1}{c}(d_x(n-1)\cos\varepsilon\sin\beta + d_y(m-1)\cos\varepsilon\cos\beta + d_z(k-1)\sin\varepsilon), \quad (5)$$

где *c* – скорость света; *n*, *m*, *k* – размерность пространственной решетки расположения приемников; d_x, d_y, d_z – расстояние между приемниками по координатам; beta, eps – азимут и угол места.

На основе выражений (4) и (5) был реализован алгоритм оценки диаграммы направленности пространственно распределенной антенной решетки.

Результаты расчета представлены на рисунке 4.

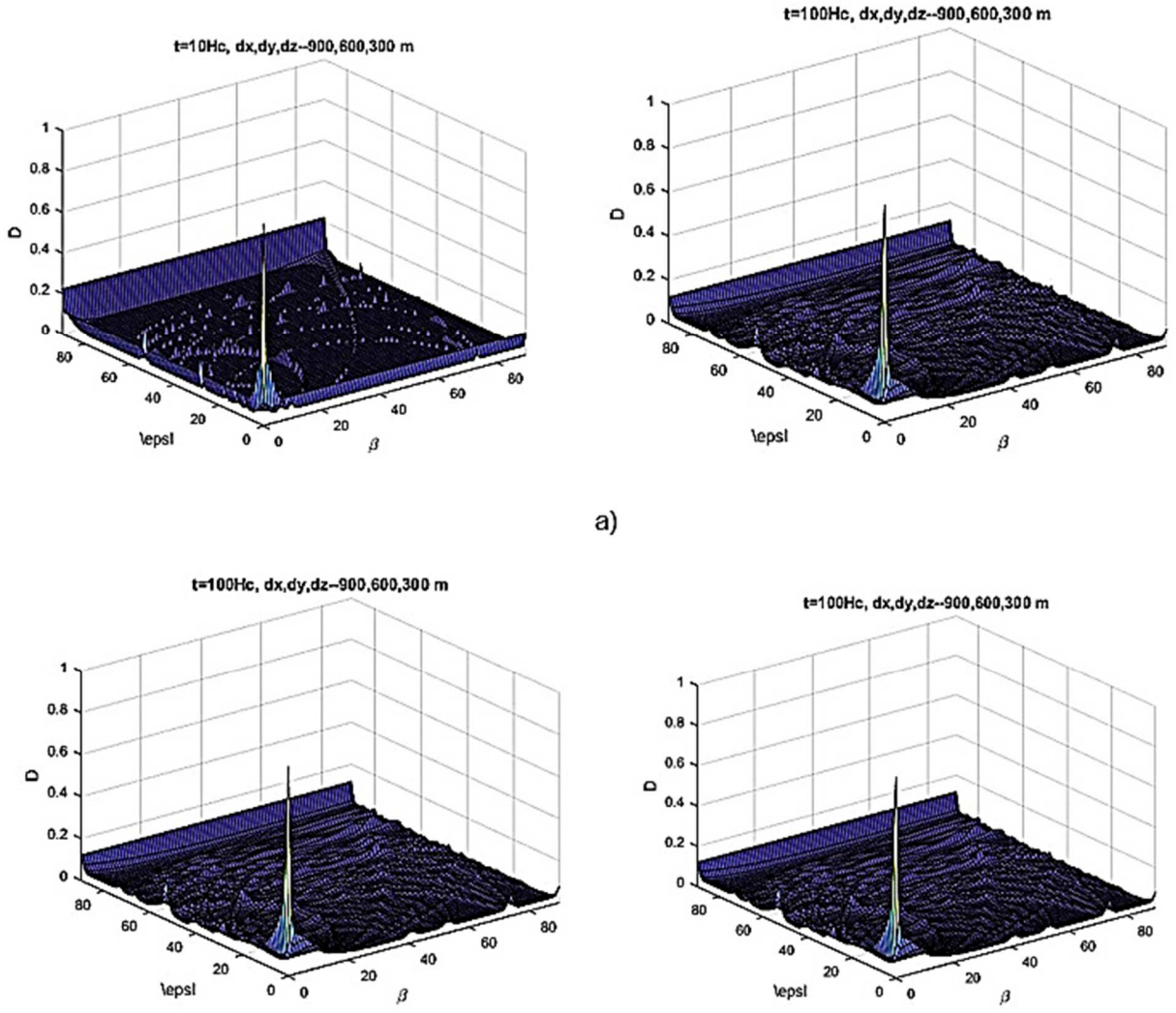
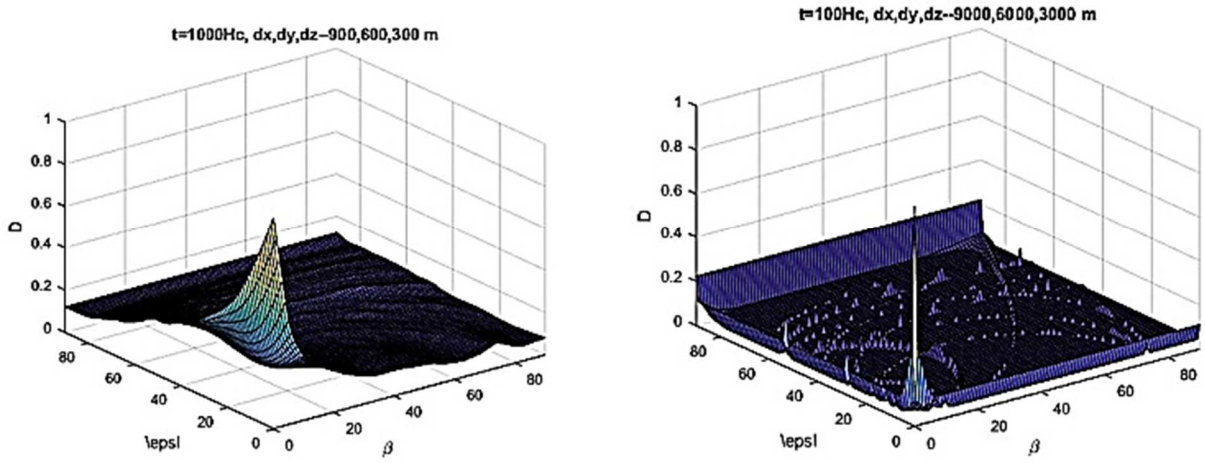


Рисунок 4 – Нормированные диаграммы направленности:
а) для 3 × 3 × 3 антенной решетки,
б) для 5 × 5 × 5 решетки



б)

Окончание рисунка 4

В качестве начальных условий при моделировании использовались следующие параметры: расстояния между приемными элементами были одинаковы по осям координат, ширина спектра входных сигналов выбиралась 1, 10 и 100 Мгц, расчеты проводились для пространственно распределенных антенных решеток из 9 и 25 приемных элементов, расположенных на расстояниях в 300, 200 и 100 метров по осям координат *x*, *y* и *z*. Полученные результаты показывают, что размещение приемных элементов на рое БПЛА позволяет получить диаграмму направленности антенны, обеспечивающую достаточно узкую диаграмму напавленности приемника. Ширина диаграмы направленности и уровень боковых лепестков могут настраиваться в широких пределах изменением положения элементов роя в пространстве.

Список литературы:

1. Аношкин И.М. Зарубежные многопозиционные радиолокационные системы скрытного контроля воздушного пространства // Наука и военная безопасность. – 2007 – № 1 – С. 28–33.
2. Григорьев Л.Н. Цифровое формирование диаграммы направленности в фазированных антенных решетках. – М. : Радиотехника, 2010. – 144 с.
3. Луценко В.И. Мониторинг воздушной обстановки с использованием излучения вещательных станций коротковолнового диапазона / В.И. Луценко, И.В. Луценко, И.В. Попов // Известия вузов. Радиофизика. – 2015. – № 1. – С. 10–20.
4. Griffiths H.D. Bistatic and Multistatic Radar. – University College London, Dept. Electronic and Electrical Engineering. Torrington Place, London WC1E 7JE, UK.
5. Jane's Defense Equipment (Электронная библиотека вооружений стран мира). – 2006. – 2007.
6. Jonathan Bamak, Dr. Gregory Baker, Ann Marie Cunningham, Lorraine Martin. Silent Sentry™ Passive Surveillance // Aviation Week&Space Technology. – 1999. – P.12.
7. Пархоменко Н.Г. Потенциальные характеристики полуактивных радиолокационных систем с посторонним подсветом / Н.Г. Пархоменко, П.Г. Семашко // Автоматизация процессов управления. – 2010. – № 4. – С. 85.
8. Peter B. Davenport. Using Multistatic Passive Radar for Real-Time Detection of UFO'S in the Near-Earth Environment. – Copyright 2004. – National UFO Reporting Center, Seattle, Washington.
9. Определение координат источников радиоизлучений пеленгатором с пространственным расположением приемных элементов / Н.А. Самарский [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 97–101.
10. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М. : Радио и связь, 1993. – 416 с.

УДК 677.499

ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНЫХ ВОЛОКОН. ИСТОРИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

♦♦♦♦♦

CARBON FIBRE PRODUCTION. HISTORY, PROSPECTS

Жарков Г.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Скивка Е.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Куликов М.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
mvkulikov@list.ru

Куликова Т.А.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
takulikova@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается история и современное состояние производства углеродных волокон в мире и место России на глобальном рынке этих материалов. Приводится информация о динамике мирового потребления углеволокна, видах сырья для его получения, основных мировых производителях. Описывается ситуация в России с производством углеродного волокна и прекурсоров для него в последнее время и перспективы на ближайшие годы.

Ключевые слова: углеродное волокно, полиакрилонитрил, вискоза, пек, прекурсор, композиты, углепластик.

Zharkov G.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Skivka E.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kulikov M.V.
PhD in Technology Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
mvkulikov@list.ru

Kulikova T.A.
PhD in Chemistry Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
takulikova@list.ru

Abstract. The article examines the history and current state of carbon fiber production in the world and Russia's place in the global market for these materials. Information is provided on the dynamics of global carbon fiber consumption, types of raw materials for its production, and the world's leading manufacturers. The situation in Russia with the production of carbon fiber and precursors for it in recent years and prospects for the coming years are described.

Keywords: carbon fiber, polyacrylonitrile, viscose, pitch, precursor, composites, carbon fiber reinforced plastic.

Углеродные волокна благодаря своим уникальным механическим и некоторым другим свойствам находят все более широкое применение в производстве самых разнообразных продуктов, использующихся в различных сферах. Углеродное волокно – это наноструктурированный материал из нитей диаметром 3–15 мкм (рисунок 1), состоящий в основном из атомов углерода, содержание которого составляет 92–99,99 %. Эти атомы объединены в кристаллы, располагающиеся параллельно друг другу. Это обеспечивает углеволокну чрезвычайно высокие значения прочности на растяжение и модуля упругости. Обладая при этом низкой плотностью, углеродные волокна по удельной прочности и жесткости превосходят практически все известные конструкционные материалы.

Впервые углеволокно было получено в 1860 году английским химиком и физиком Джозефом Сваном. В 1880 году Томас Эдисон запатентовал способ получения и применение углеволокна в качестве нитей накаливания в первых электрических лампах. В качестве исходного материала оба использовали целлюлозу (хлопковые волокна). Немного позже эти два изобретателя организовали совместную компанию, выпус-

кавшую такие лампы. В самом начале 1900-х годов нити накаливания для электрических ламп стали изготавливать из вольфрама и интерес к углеволокну пропал на целых полвека.



Рисунок 1 – Углеволокно в сравнении с человеческим волосом [5]

Вновь активизировались работы, связанные с получением углеродных волокон в середине XX века. В 1952 году советские ученые Л.В. Радушкевич и В.М. Лукьянович опубликовали статью о получении полых углеродных волокон, которые можно считать предшественниками современных многостенных углеродных нанотрубок, однако их сообщение осталось незамеченным. Американский исследователь Роджер Бэкон, работавший в компании Union Carbide, в 1958 году сумел вырастить углеродные усы диаметром 1–5 мкм и длиной в несколько сантиметров. Несмотря на низкое содержание углерода в этих волокнах прочность и модуль упругости достигали очень высоких значений. Однако, применение таких структур сдерживала чрезвычайно высокая стоимость.

На рубеже 50-х и 60-х годов в СССР был разработан процесс и организовано опытное производство углеродного волокна на основе полиакрилонитрила (ПАН).

В США в 60-х годах XX века активно велись разработки в области углеродных волокон и композиционных материалов на их основе главным образом для ракето- и авиастроения. В качестве исходного сырья (прекурсора) использовалась целлюлоза (вискоза).

В Японии в первой половине 60-х годов было организовано производство углеродных волокон на основе ПАН-прекурсора. К началу 70-х годов XX века Японцы становятся лидерами в производстве углеродных волокон на основе ПАН, а также начинают производство на основе нефтяных пеков.

Следует отметить, что до 1972 года мировое потребление углеволокна было очень незначительным (на уровне 10 тонн в год) и ограничивалось почти исключительно авиационной и космической отраслями. В 1973 году начинается массовое производство клюшек для гольфа из углепластика. С этого времени происходит заметное расширение областей применения композитов, армированных углеродным волокном, и потребность в нем неуклонно растет достаточно быстрыми темпами (рисунок 2).

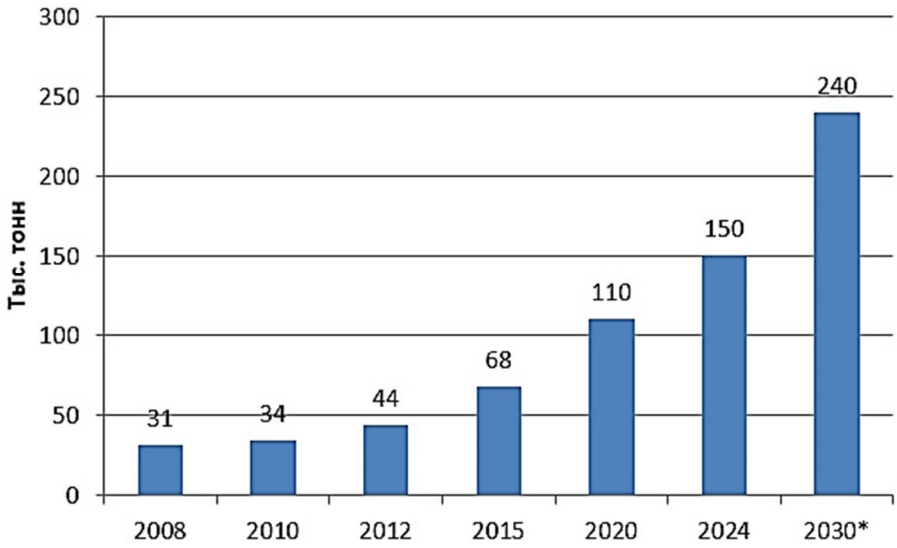


Рисунок 2 – Мировое потребление углеволокна.
* Прогноз.

Свойства углеродных волокон значительно зависят от исходного сырья (прекурсора). В настоящее время рассматриваются углеродные волокна на основе четырех видов прекурсоров: вискозной нити, ПАН-волокна, пекового волокна и волокна из газо-

вой фазы. Сравнительная характеристика видов углеродных волокон, полученных из разного сырья, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение видов углеродных волокон

Показатели	Тип прекурсора		
	вискозное волокно	ПАН-волокно	пековое волокно
Прочность, МПа	350–700	2000–7000	1000–3900
Модуль упругости, ГПа	20–60	200–600	400–950
Цена*, долл./кг	20	40	250

*Ориентировочные значения для сравнения.

Углеволокно из вискозы (исторически первого вида сырья) сегодня производится и используется все в меньших количествах, особенно в ответственных изделиях, вследствие более низких механических характеристик. Такие волокна применяют для изготовления термопар, изделий электро- и радиотехники, материалов, поглощающих электромагнитные излучения.

Волокно из мезофазного (жидкокристаллического) пека характеризуется очень высокой ориентацией углеродных кристаллов вдоль волокна, что обеспечивает чрезвычайно высокий модуль упругости (таблица 1). Кроме того, эти волокна обладают высокой теплопроводностью – на уровне металлов и даже выше. Благодаря таким свойствам они используются в космической отрасли (теплообменные системы, абляционные изделия, сопла ракет и др.), производстве спортивных автомобилей (тормозные диски, карданные валы), теплообменных систем в радиоэлектронике, трибологических изделий. Такие волокна применяются при изготовлении микроэлектродов и являются предпочтительными в композитах с керамической матрицей. Недостатком высокомодульного пекового углеволокна является высокая хрупкость и, как следствие, невозможность достичь значений прочности, характерных для материала на основе ПАН-прекурсора. Кроме того, для таких волокон характерна нестабильность свойств, связанная с тем, что пек является натуральным сырьем.

На сегодняшний день преобладающим в мире является способ получения углеродного волокна на основе ПАН-волокон или жгутов. Технология этого метода достаточно отработана и состоит из трех стадий: синтез полиакрилонитрила по радикальной полимеризации в растворе, суспензии или эмульсии; формование из него прекурсора – ПАН-волокна; производство конечного продукта – углеродного волокна.

Основными мировыми производителями углеволокна являются Toray Industries Inc. (Япония), которая после приобретения в 2014 году американской Zoltek Corp. довела свою долю в мировом производстве практически до 1/3, SGL Carbon (Германия), Mitsubishi Chemical Corporation (Япония), Hexcel Corporation (США), Teijin Limited (Япония), Formosa Plastics (Китай). В последние годы быстрыми темпами развивается производство углеродного волокна в Китае. Новые мощности также вводятся в Южной Корее. Азиатско-Тихоокеанский регион рассматривается сегодня как самый емкий и быстрорастущий рынок в мире, благодаря росту потребления углеродных материалов, в первую очередь в Китае и Индии.

Советский Союз был одним из первых разработчиков технологии получения углеродных волокон. Однако, в девяностые годы XX века отрасль сильно пострадала и в XXI век Россия вошла практически не имея собственного производства этого материала. Непрекращающиеся работы по разработке углеродных композиционных материалов базировались, в основном, на импортных компонентах.

До 90–95 % углеродных волокон используется в производстве композиционных материалов, среди которых безусловным лидером являются композиты с полимерной матрицей – углепластики. Активно развивается в последнее время производство углерод-углеродных композиционных материалов. С использованием углеродных наполнителей производятся и композиты с металлической и керамической матрицей.

Основными отраслями-потребителями углеродных композиционных материалов в мире являются альтернативная энергетика (производство лопастей ветрогенераторов) – около 18 %, аэрокосмическая отрасль – более 20 %, автомобилестроение и строительство и инфраструктура – около 15 % каждое, производство спортинвентаря и изделий бытового назначения – 14 %.

Структура потребления углекомпозитов в России несколько иная. Около половины потребляемого углеволокна идет на удовлетворение потребностей авиационной и космической отрасли, около четверти потребляет энергетика, около 20 % – строительство и инфраструктура. Следует отметить, что приведенное распределение долей рынка между отраслями является ориентировочным. Основные потребители углеродных композиционных материалов в России – Минобороны, Роскосмос, Росатом, Ростех, которые полной статистики по своим заказам в открытых источниках не размещают.

В первые пятнадцать лет XXI века потребность в углеродном волокне в России была не слишком велика (менее 300 тонн) и практически полностью покрывалась поставками из-за рубежа. Даже при проектировании самолетов Sukhoi Superjet 100 и, особенно, МС-21, в конструкции которого предполагалось реализовать концепцию «черного крыла» и довести долю полимерных композиционных материалов до 40 % (рисунки 3, 4), ориентировались на импортные композиты и компоненты. Ситуация кардинально изменилась с началом введения санкций против Российской Федерации, что привело к полному прекращению поставок композитов и углеродного волокна по импорту в 2018 году.

Однако, к этому времени произошли серьезные сдвижки в направлении производства отечественного углеволокна. В 2015 году под эгидой Росатома в особой экономической зоне «Алабуга» в Татарстане был открыт завод по производству углеродного волокна на основе ПАН-прекурсора мощностью до 1400 тонн в год. Это стало важным шагом в реализации программы импортозамещения.



Рисунок 3 – Композитное крыло самолета МС-21

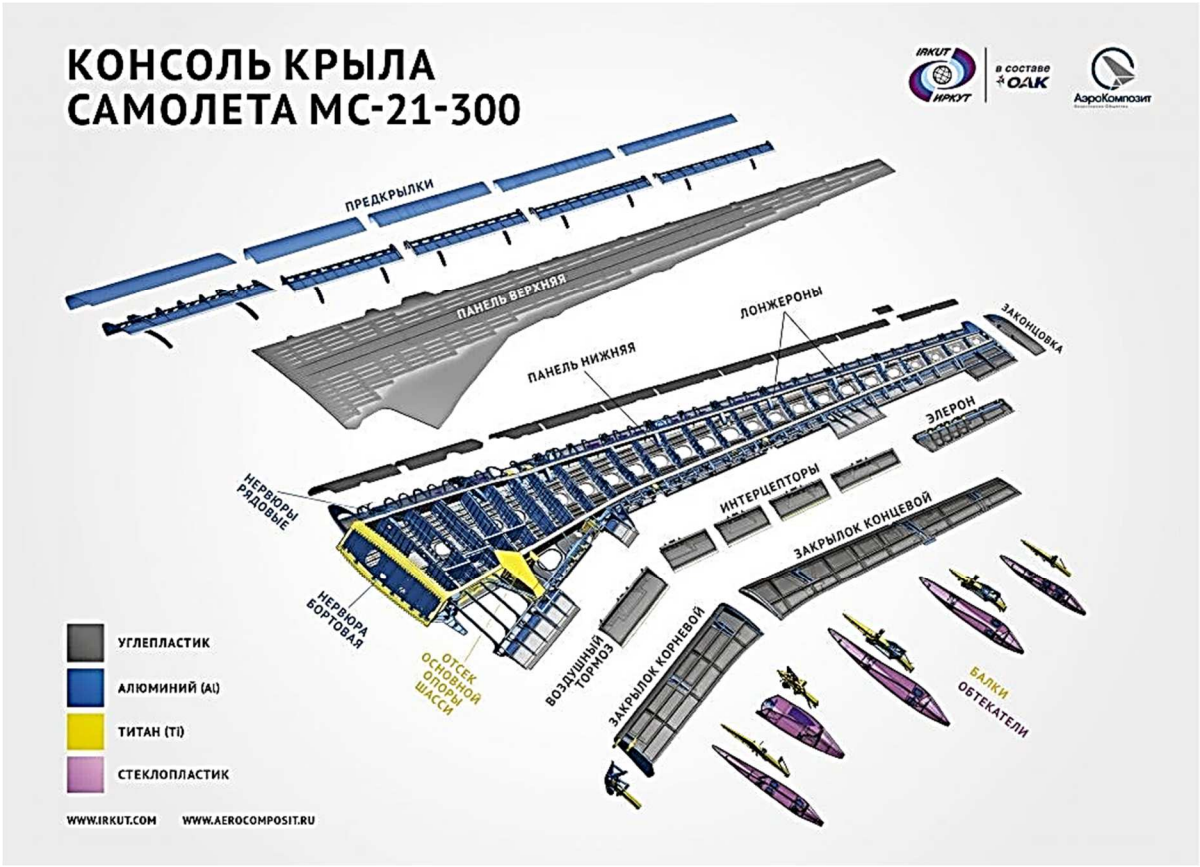


Рисунок 4 – Консоль крыла самолета МС-21.
Источник: Объединенная авиастроительная корпорация)

В 2016 году Росатом создает компанию UMATEX Group, объединив в ней все свои композитные активы. К 2017 году она полностью закрывает потребности российского рынка в углеродных волокнах и отправляет значительную часть произведенной продукции на экспорт. Однако собственного производства сырья для углеволокна в России не существовало. Потребность в ПАН-прекурсоре покрывалась за счет поставок из США, Германии, Японии. Эта проблема была решена в 2021 году с открытием рядом с существующим заводом «Алабуга-Волокно» двух новых производств – синтеза полиакрилонитрила и ПАН-волокна. Мощность линии по производству ПАН-прекурсора составляет 5000 тонн в год. Таким образом, сегодня UMATEX Group располагает полным циклом по производству углеродного волокна, является единственным его производителем в России и входит в десятку ведущих производителей этой продукции в мире.

Серийно выпускаемые российским производителем волокна полностью пригодны для изготовления крупных интегральных конструкций – лонжеронов, панелей крыла и центроплана. Прочность их несколько понижена из-за микрошероховатостей на поверхности волокна. Но эти микрошероховатости улучшают взаимодействие с полимерной матрицей и улучшают эксплуатационные характеристики изделий. В результате композиты на основе отечественного углеволокна превосходят по прочности при ударе и сжатии композиты из материалов от Cytec. Таким образом, предприятия Росатома успешно справились с задачей создания композитов для авиации из отечественных материалов.

В заключение можно сказать, что рынок углекомпозитов, а следовательно и углеродных волокон, устойчиво растет достаточно быстрыми темпами. Эти материалы относятся к высокотехнологичным, и возможностью их производства обладают лишь немногие технологически развитые страны. К таковым относится и Россия. Хотя сегодня доля отечественной промышленности в мировом производстве углеволокна невелика (на уровне 1–1,5 %), Росатом стремится в этой области к достижению достаточно амбициозных целей – увеличению производства углеродных волокон на площадке в «Алабуге» до 10000 тонн в год к 2030 году. Это позволит России стать заметным игроком на мировом рынке с хорошим экспортным потенциалом.

Список литературы:

1. Анализ размера и доли рынка углеродного волокна – тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) // Mordor Intelligence. – 2024. – URL : https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/carbon-fiber-market (дата обращения 30.03.2025).
2. 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.
3. Гладунова О. Росатом в два раза увеличил объем поставок углеволокна для производства МС-21 // Композитный мир. – 23 января 2024. – URL : https://compositeworld.ru/articles/materials/id65afa98b95fb9a0019430c30 (дата обращения 30.03.2025).
4. 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.
5. Ким С. Сырье – композиты – углеволокно // Химический журнал. – 2014. – № 10. – С. 64–73.
6. Колобков А.С. Развитие технологий получения углеродных волокон (обзор) // Труды ВИАМ. 2022. № 8(114). Ст. 10.
7. Обзор рынка углеволокна в России, СНГ и мире // ИНФОМАЙН исследовательская группа. – М. : ИНФОМАЙН, 2022. – URL : https://www.infomine.ru/files/catalog/536/file_536_eng.pdf (дата обращения 31.03.2025).
8. Эпоксидсодержащие полимеры / Д.В. Стрельцов [и др.] // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар, 2022. – С. 273–277.

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 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ СРЕДСТВАМИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ)

♦♦♦♦♦

MODELING OF OBJECT PROPERTIES BY MEANS OF VISUALIZATION (BY THE EXAMPLE OF AIRCRAFT)

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Турчин В.А.
кандидат педагогических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Курбонов Р.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Технологии дополненной реальности в последние годы получают все большее распространение во всех сферах нашей деятельности, различные устройства так и иначе совмещают реальные и виртуальные объекты. В статье рассматриваются технологии дополненной реальности и возможности её внедрения в авиации. Приводятся примеры использования данной технологии в авиационной сфере (визуализация кабины самолёта, обучение лётного состава, управление полётами и т.д.).

Ключевые слова: авиация, летательный аппарат, визуализация, системы зрения, виртуальные объекты, дополненная реальность.

Deykun D.G.
Ph.D. in Pedagogic Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Turchin V.A.
Ph.D. in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kurbonov R.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Augmented reality technologies in recent years are becoming more and more widespread in all spheres of our activities, various devices combine real and virtual objects in one way or another. The article deals with augmented reality technologies and the possibilities of its implementation in aviation. Examples of the use of this technology in aviation (visualization of the aircraft cabin, flight crew training, flight control, etc.) are given.

Keywords: aviation, aircraft, visualization, vision systems, virtual objects, augmented reality.

В последние годы технология дополненной реальности стала всё более популярной и широко используется в различных областях. Обучающие программы, игры (ярким примером служит нашумевшая игра Pokemon Go), информационные табло, дополненной реальности нашли применение в каждой сфере. Мимо не прошла и авиация, дополненная реальность стала важной частью самолётостроения, эксплуатации их и обучения кадров.

Дополненная реальность совмещает в одном пространстве реальный мир и виртуальные объекты. Пользователь одновременно видит, как реальный, так и виртуальный миры [2]. Для совмещения данных миров необходимо знать пространственное положение наблюдателя, чтобы сформировать изображение виртуальных объектов с необходимыми ракурсами, масштабами и другими важными параметрами для их наложения на картину реального мира в требуемом месте.

Дополненная реальность стала набирать популярность с 2008 года. Популярность была связана с распространением мобильных компьютерных решений, оснащённых качественной видеокамерой и датчиками позиционирования, они стали доступны массам для широкого использования. Высокая производительность задействованных процессоров делает рендеринг изображений виртуальных объектов осуществимым. Также наложение виртуальных объектов на картинку видеокамеры, учитывая

ее положение в пространстве, в сочетании с доступом в Интернет открывает новые возможности. Таким образом начали появляться геоинформационные сервисы. Ярким примером такого сервиса является приложение Plane Finder AR, хороший помощник из области авиации, выдает данные о самолёте – номер борта, аэропорт взлёта и посадки, рейс, высота, дальность. Достаточно лишь направить камеру смартфона на воздушное судно, при этом не важно находится ли оно в зоне видимости или за десятки тысяч метров от вас.

Дополненная реальность является не просто одним из очередных модных трендов технологий, а новый тип взаимодействия системы «человек-компьютер» [1]. Данную технологию внедряют в каждую сферу. Уже неисчисляемое количество игр с использованием данной технологии. Интерактивные детские книжки, где главные герои «живут» на страницах, нужно лишь навести камеру. Образовательный процесс, обучающие программы – уже не обязательно носить собой кучу бумаг, чтобы впервые разобрать, собрать, обслужить какой-либо агрегат, достаточно взять телефон или планшет.

Ярким примером перспективы дополненной реальности как способа взаимодействия человека с компьютером является разработка центра исследований Nokia. Они создали прозрачные очки – пользователь видит реальный мир вокруг и виртуальные объекты одновременно, при этом система определения положения зрачка даёт возможность управлять компьютером при помощи взгляда.

Интересно, что подобная разработка уже была создана. Разработка была реализована в шлеме пилота истребителя F-35 (рисунок 1) разработка Vision Systems International и Helmet Integrated Systems Limited. Важным является факт, что развитие технологии дополненной реальности тесно связано с авиацией, где были сделаны множество устройств с использованием данной технологии.



Рисунок 1 – Шлем пилота истребителя F-35

Характерным является то обстоятельство, что подобный интерфейс уже реализован в пилотском шлеме перспективного истребителя-бомбардировщика пятого поколения F-35.

Следует отметить, что развитие технологий дополненной реальности тесно связано с авиацией, к которой до эпохи смартфонов относилось большинство исследовательских проектов в данной сфере.

В 1992 г. сотрудники исследовательского подразделения Boeing разработали систему сборочных процедур самолётостроения (рисунок 2). Система представляла собой шлем дополненной реальности с полупрозрачными дисплейными панелями, которые отображали чертежи и инструкции. Данная технология значительно ускоряла строительство самолёта, Уже не приходилось носить собой пачку технологических карт, различной документации [4]. В 1900-е и в 2000-е начали эксплуатировать технологию дополненной реальности в нашлемных системах целеуказания (НСЦ). NASA разрабатывали интегрированную систему с радарным комплексом дополненной реальности ARTT2 для авиадиспетчеров. Данная система отображала рядом с реальным воздушным судном информацию о нем – диспетчеру выводилось номер борта, его удаление и высоту при плохой погоде.



Рисунок 2 – Система сборочных процедур самолётостроения

В первом десятилетии XXI века выходят на свет несколько систем зрения для лётчиков. Ярким примером является комплекс SmartView, компании Honeywell [6]. Данный комплекс создает пилоту дисплейную картинку. которая содержит стандартные индикаторы параметров полёта, совмещённые с 3D-моделью рельефа местности, а также с реальным изображением этой местности, изображение которой давала инфракрасная камера, установленная на носу самолёта.

Израильская компания в первом десятилетии XXI века представила на состязаниях Rocket Racing League инновационный шлем на базе уже существующего шлема Targo, в котором уже были виртуальные 3D-объекты. Таким образом трассировалась траектория полёта с маркерами, которые проецировались на щиток шлема.

Одним из интересных применений этой технологии является изучение кабины самолёта. Кабина самолёта – это место, где пилоты управляют аппаратом и взаимодействуют с различными системами. Изучение кабины самолёта требует особого внимания к деталям и особенностям работы различных элементов. Традиционные методы обучения, такие как просмотр фотографий или видео, могут быть не слишком эффективными, поскольку они не позволяют курсантам получить полноценное представление о пространстве и функциональности кабины.

С использованием технологии дополненной реальности можно создать интерактивную визуализацию кабины самолёта (рисунок 3), которая позволит обучающимся исследовать ее изнутри и изучить каждую деталь более детально [3]. С помощью специальных устройств, таких как очки или смартфоны с поддержкой AR, пользователи смогут увидеть трехмерную модель кабины, перемещаться вокруг неё, приближаться к различным элементам и даже взаимодействовать с ними.



Рисунок 3 – Интерактивная визуализация кабины самолёта

Такой подход позволит обучающимся получить более глубокое понимание устройства и функционирования кабины самолёта, что в свою очередь повысит качество обучения и подготовки пилотов. Кроме того, использование технологии дополненной реальности также сэкономит время и ресурсы, которые обычно требуются для обучения на реальных самолётах или в симуляторах.

Таким образом, использование технологии дополненной реальности для изучения кабины самолёта не только сделает процесс обучения более интерактивным и эффективным, но также улучшит качество подготовки пилотов и обучающихся. Это инновационное решение, которое имеет большой потенциал для применения в авиационной отрасли и образовании. Это позволяет им приобретать опыт и навыки, не подвергая себя реальным опасностям. Кроме того, AR может использоваться для проведения виртуальных учебных курсов в лекций, что делает процесс обучения более интерактивным и увлекательным.

Кроме того, еще одним из наиболее важных применений технологии AR в авиации является улучшение безопасности полётов. С помощью AR пилоты могут получать дополнительную информацию о полёте, такую как данные о погоде, техническом состоянии самолёта. Они могут видеть эти данные прямо на своем копкитном стекле вы на специальных гарнитурах, что позволяет им принимать более информированные решения во время полёта. Например, пилоты могут видеть предупреждения о возможных аварийных ситуациях, опасных воздушных зонах или изменениях в маршруте полёта.

Другим важным аспектом применения AR в авиации является управление полётами [5]. С её помощью диспетчеры могут получать дополнительную информацию о полётах – такую как данные о текущем положении самолёта, погодных условиях, радарной обстановке и других факторах. Это позволяет им принимать более точные и обоснованные решения при управлении воздушным движением. Например, они могут видеть виртуальные отметки о местонахождении самолётов и маршрутах их движения, что помогает им предотвращать столкновения и улучшать эффективность работы контрольно-диспетчерской службы.

Кроме того, AR может быть использована для улучшения коммуникации воздушного персонала. Пилоты, диспетчеры, бортпроводники и другие работники авиаперевозчика могут использовать AR для обмена информацией, координации действий и обеспечения более эффективной работы [7]. Например, бортпроводники могут видеть виртуальные отметки о местонахождении пассажиров с особыми потребностями или проблемами, что помогает предоставлять им необходимую помощь.

Дополненная реальность стала неотъемлемой частью, как авиации, так и современного мира в целом. Данная технология улучшает, оптимизирует и упрощает многие процессы во всех сферах деятельности. Вышеупомянутые примеры доказывают её актуальное место в сфере безопасности полётов, это были различные устройства и программы, выдающие информацию пилотам о различных опасностях в сфере управления полетами (выдача диспетчерам информации о текущем местоположений самолета погодных условиях, скорости и высоте полёта), в сфере коммуникации авиаперсонала (специальные отметки на пассажирах, имеющих особые потребности или особенности), в сфере образования лётному делу (добавление интерактивности в процесс обучения, виртуальные курсы, лекции, также создания тренажера-кабины с использованием технологии дополненной реальности).

Список литературы:

1. Голякова В.А. Подготовка курсантов военного вуза к решению компетентностно-ориентированных профессиональных задач: специальность 13.00.08 «Теория и методика профессионального образования»: диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Голякова Валерия Александровна. – Челябинск, 2019. – 238 с.
2. Дейкун Д.Г. К вопросу повышения качества обучения информатике в военном вузе / Д.Г. Дейкун. В.А. Турчин. Г.И. Дейкун // Развитие высшего образования: теория и практика: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 17 февраля 2023 года. – Омск : Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического

обеспечения имени А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в г. Омске, 2023. – С. 132–136.
3. Крайнова Е.А. Особенности использования информационных технологий интерактивного обучения в военном вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2018.– № 3(192). – С. 115–120.
4. Малахова В.А. Современные технологии обучения в высшей военной школе // Инновационное развитие профессионального образования. – 2016. – N 2(10). – С. 22–26.
5. Тельнов Г.В. Оценка сформированности профессиональной компетенции на основе когнитивной связи с уровнями обученности и интегральными оценками по бинарным индикаторным переменным / Г.В. Тельнов, М.И. Бухонский. Г.И. Дейкун // Инновационные технологии в образовательном процессе: Материалы XVII Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар. 19–21 мая 2016 года. – Краснодар : Издательство «Инновация», 2016. – С. 235–243.
6. Третьякова Н.В. К вопросу об организации профессионального обучения / Н.В. Третьякова; Отв. за вып. Д.С. Лилякова // Высшее образование в аграрном вузе: проблемы и перспективы: Сборник статей по материалам учебно-методической конференции. – Краснодар : Кубанский государственный атрарный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 58–60.
7. Турчин В.А. Влияние информационных технологий на профессиональную подготовку специалистов / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей конференции, Краснодар, 19-20 апреля 2023 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 91–96.

УДК 004.942

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СПИРАЛЕВИДНЫХ КАНАЛОВ В ПРОГРАММЕ КОМПАС-3D

♦♦♦♦♦

FEATURES OF SPIRAL CHANNEL MODELING IN THE KOMPASS-3D PROGRAM

Коссой В.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Терехов В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Выскубов Е.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются особенности 3D моделирования спиралевидных каналов в программе Компас-3D.

Ключевые слова: 3D-модель, Архимедова спираль, Компас-3D, сепаратор.

Kossoy V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Terehov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Savickiy Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Vyskubov E.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the features of 3D modeling of spiral channels in the Kompass-3D program.

Keywords: 3D model, Archimedean spiral, Kompass-3D, separator.

В процессе разработки 3D модели сепаратора по очистке жидкости от примесей за счет центробежных сил (рисунок 1), авторы столкнулись с рядом особенностей при моделировании спиралевидных каналов в программе Компас-3D.

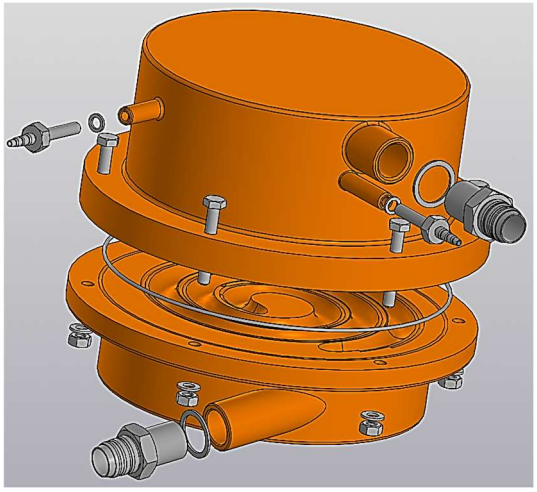


Рисунок 1

Теоретические аспекты конструирования и построения моделей линий и поверхностей в компьютерной графике достаточно широко описаны в литературе, например,

[1], [2], [3]. Однако решение практических задач построения линий и поверхностей в различных программах 3D моделирования имеет свои особенности.

Рассмотрим один из способов построения плоского спиралевидного канала (спираль Архимеда) с постоянным шагом в программе Компас-3D.

Порядок построения включает ряд этапов:

– построение модели объекта, в котором будет расположен спиралевидный канал;

– построение спиралевидной траектории и сечения канала;

– применение операции «Вырезание по траектории» построенного сечения канала по спиралевидной траектории.

Для построения канала будем использовать объект в виде параллелепипеда со стороной а, состоящего из двух половин (нижней и верхней). На горизонтальной плоскости симметрии, совпадающей с верхней гранью нижней части параллелепипеда, построим эскиз плоской *базовой спирали* с помощью инструмента «Спираль коническая» с параметрами, показанными на рисунке 2. Для получения плоской спирали её высота задается равной 0, а для построения выбраны способы «По диаметру» и «По числу витков и высоте». Результат построения показан на рисунке 3.

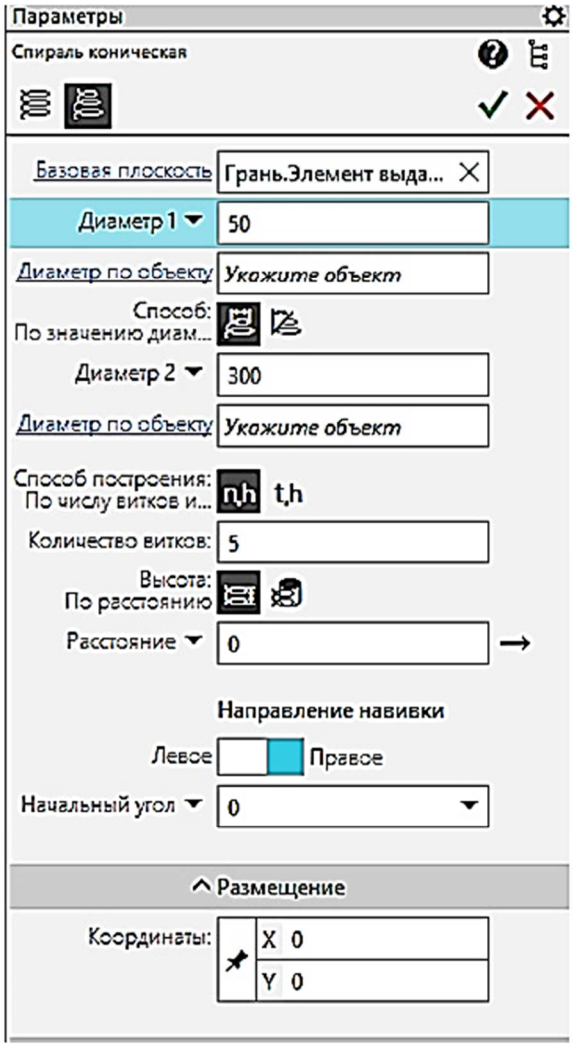


Рисунок 2

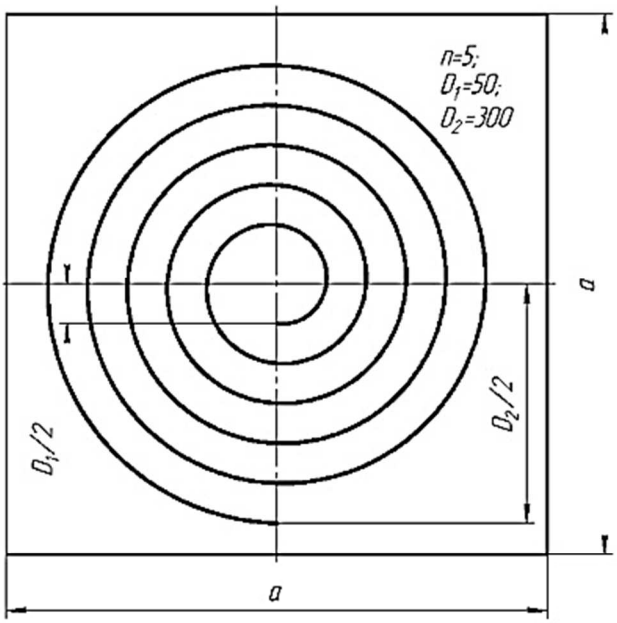


Рисунок 3

При задании диаметров D_1, D_2 и количества витков n, шаг Архимедовой спирали h определяется по формуле:

$$h = \frac{D_2 - D_1}{2n}. \quad (1).$$

Введенное выше понятие *базовой спирали* является важным, так как оно определяет задаваемые при проектировании сепаратора требуемый шаг, кривизну канала, габариты устройства и т.д. При изменении начального или конечного угла спирали для сохранения заданного шага необходимо определять изменение диаметра спирали ΔD по следующему алгоритму:

– рассчитываем изменение количества витков по формуле:

$$\Delta n = \frac{\pm \Delta\alpha}{360^\circ}, \qquad (2)$$

где $\Delta\alpha$ – изменение угла в градусах, знак «+» означает увеличение количество витков спирали, а знак «–» – уменьшение;

– рассчитываем изменение диаметра по формуле:

$$\Delta D = \Delta n \cdot 2h. \qquad (3).$$

Подставив (1) и (2) в (3) окончательно получим:

$$\Delta D = \pm \frac{\Delta\alpha \cdot (D_2 - D_1)}{360^\circ \cdot n}. \qquad (4).$$

Рассмотрим для примера пересчет характеристик спирали, показанных на рисунках 2 и 3, при изменении начального угла на –45° (в сторону уменьшения количества витков и увеличения диаметра D_1).

Начальные параметры спирали: D_1 = 50 мм; D_2 = 300 мм; n = 5 витков.

Подставим исходные данные в (2) и (4):

$$\Delta n = \frac{-45^\circ}{360^\circ} = -0{,}125\ ;\ n_{\text{нов.}} = n + \Delta n = 4{,}875\ ,$$

$$\Delta D_1 = \frac{45 \cdot (300 - 50)}{360 \cdot 5} = 6{,}25 \text{ мм}\ ;\ D_{1\,\text{нов.}} = D_1 + \Delta D = 56{,}25 \text{ мм}\ .$$

Перестроим исходную спираль, заменив начальный угол, количество витков и диаметр 1 (рисунок 4, рисунок 5).

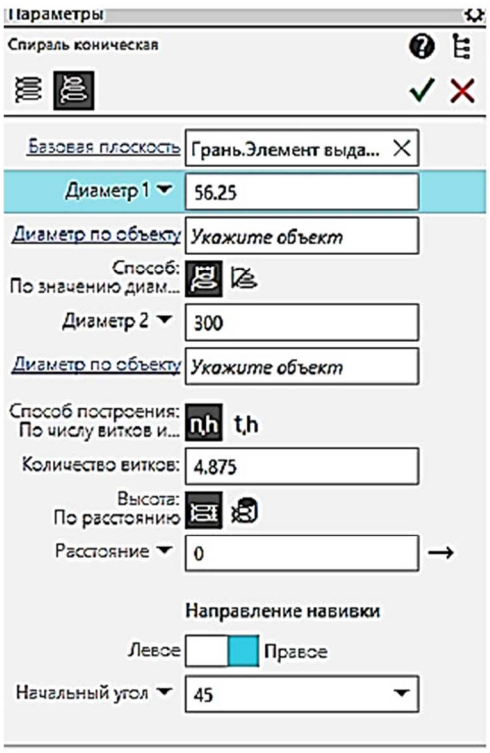


Рисунок 4

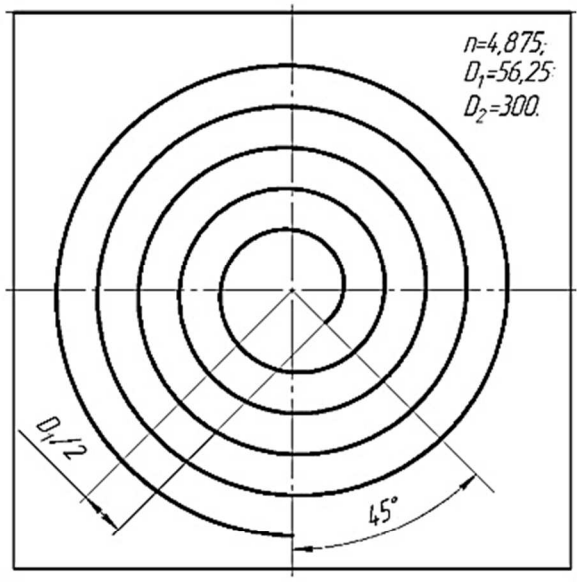


Рисунок 5

Описанный выше алгоритм пересчета характеристик плоской спирали Архимеда позволяет пересчитывать параметры базовой спирали с сохранением её шага.

Для завершения построений канала в плоскости, перпендикулярной началу или концу спирали строится плоский эскиз контура сечения (например, окружность диаметром 16 мм) и проводится операция вырезать по траектории (рисунок 6), где в качестве траектории указывается построенная спираль.

Построение верхней части детали с каналом осуществляется за счет смены направления выдавливания параллелепипеда (рисунок 7).

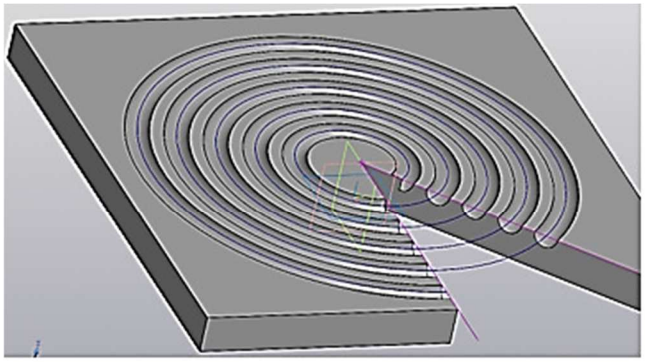


Рисунок 6

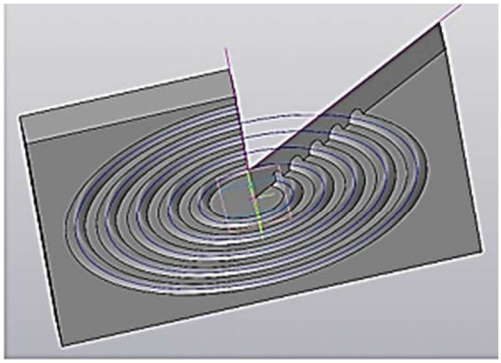


Рисунок 7

Описанный выше алгоритм был применен к разработке 3D модели центробежного сепаратора (рисунок 1), в котором было использовано 3 спиралевидных канала, каждый из которых отличался диаметрами и количеством витков. На рисунке 8 показаны спирали, которые явились «траекторий» для последующего выдавливания сечений каналов. Как видно из рисунка, основным условием модели является сохранение постоянства расстояний между линиями спиралей по нормали.

Эти расстояния определяются формой и размерами сечений, показанными на рисунке 9. Так формой сечения канала по спирали 1 является окружность с диаметром d_1, по спирали 2 – прямоугольник со сторонами b_1 и b_2, по спирали 3 – окружность с диаметром d_2 (рисунки 8, 9). Между пакетом каналов, соединенных между собой, выполнен зазор на расстояние с.

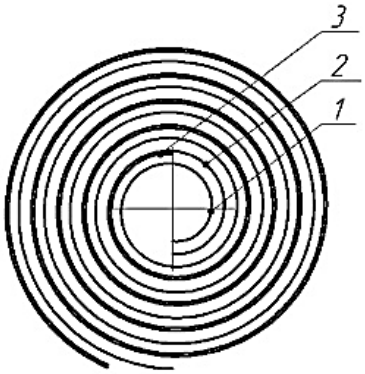


Рисунок 8

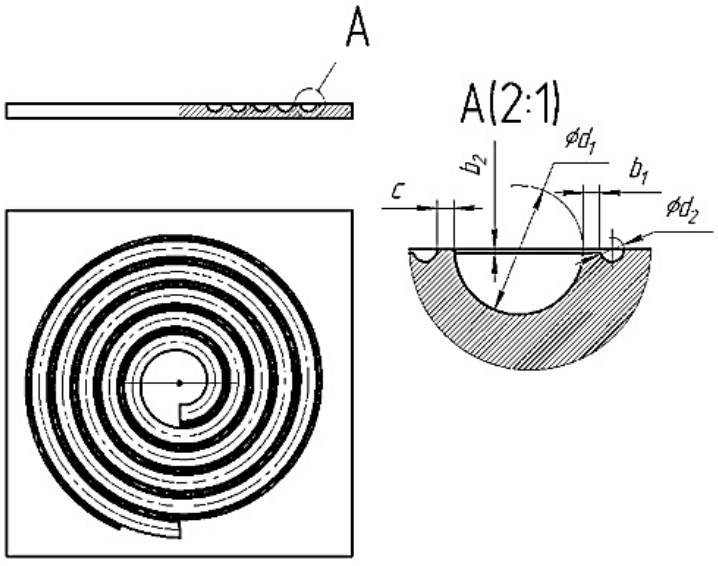


Рисунок 9

Особенности моделирования группы каналов сводится к формированию базового канала 1 с определением начального и конечного диаметров канала, начального угла и количества витков (рисунок 3). При этом конечный диаметр D_2 высчитывается на основании геометрии всего пакета каналов с зазором между ними по формуле:

$$D_2 = D_1 + 2 \cdot n \cdot (d_1 + b_1 + d_2 + c),$$

где n – количество витков спирали.

Для формирования базовых спиралей 2 и 3, которые имеют параметры начального угла и количество витков такие же как у спирали 1, начальный $D_{1\ нов.}$ и конечный $D_{2нов.}$ диаметры пересчитываются за счет добавления приращения диаметра ΔD, определяемого сечением канала, к значениям диаметра спирали 1 по формулам:

$$D_{1нов.} = D_1 + \Delta D; D_{2нов.} = D_2 + \Delta D,$$

где для спирали 2: $\Delta D = d_1 + b_1$, а для спирали 3: $\Delta D = d_1 + b_1 + d_2$.

Дальнейший пересчет спиралей 2 и 3 осуществляется для заданных параметров спирали (рисунок 8) по формулам (2) и (4).

Последующий процесс построения сечений и их выдавливания по траектории спиралей применительно к верхней и нижней частям сепаратора не отличается от выше рассмотренного.

Для последующего моделирования сепаратора и его изготовления на 3D принтере или станке с ЧПУ к основной части проточного канала добавляются каналы подвода и отвода жидкости, отверстия под крепежные элементы и углубления для установки уплотнения, как показано на рисунках 10 и 11.

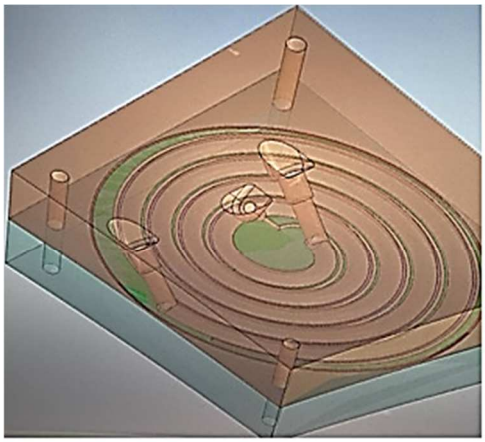


Рисунок 10

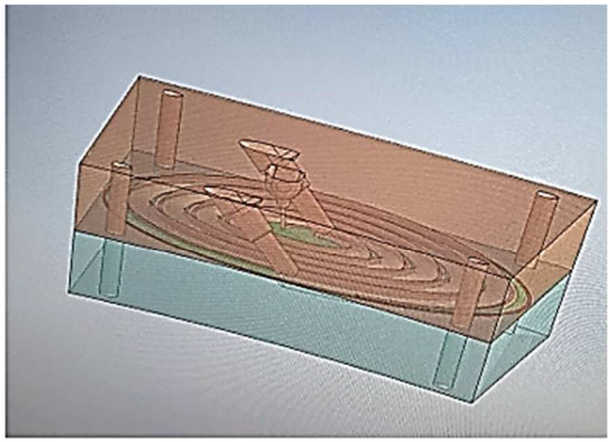


Рисунок 11

Выводы

Широкое применение современных 3D систем позволяет моделировать и решать широкий круг задач, связанных с различными отраслями науки и техники. Представленные в статье особенности моделирования спиралевидных каналов в программе «Компас 3D» помогут как начинающим, так и тем у кого уже имеется опыт проектирования технических устройств с использованием плоских и пространственных кривых. Широкие возможности отечественной САПР «Компас-3D» позволяют адаптировать построенные 3D модели для их последующего изготовления на станках с ЧПУ за счет сохранения моделей в совместимых с оборудованием форматах, например, *Parasolid* (*.x_t), *IGES* (*.igs, *.iges) и др.

Список литературы:

1. Алексюк А.А. Конструирование кинематических моделей линий и поверхностей в компьютерной графике // Вестник Евразийской науки. – 2019 – № 6. – URL : https://esj.today/PDF/38ITVN619.pdf
2. Алексюк А.А. Кинематический метод построения линий и поверхностей в Mathcad : учеб. пособие для вузов. – М. : Юрайт, 2022. – 105 с.
3. Тимофеев С. Спирали в T-FLEX CAD 17 / С. Тимофеев, И. Батюченко. – URL : https://www.tflex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4730

УДК 531

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: ИСТОРИЯ, ПРИНЦИПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

♦♦♦♦♦

THEORETICAL MECHANICS: HISTORY, PRINCIPLES AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Теоретическая механика является фундаментальной дисциплиной, изучающей общие законы механического движения и равновесия материальных тел. В статье рассматриваются основные принципы этой науки, ее связь с другими естественными науками и роль в развитии техники. Особое внимание уделяется методам теоретической механики, включая математическую дедукцию и абстракцию, а также историческому развитию дисциплины. Обсуждаются границы применимости классической механики и возникновение релятивистской механики в связи с достижениями физики XX века. Работа подчеркивает значимость механики в инженерных расчетах и научных исследованиях, а также ее влияние на технический прогресс.

Ключевые слова: теоретическая механика, механическое движение, равновесие тел, классическая механика, релятивистская механика, математическая дедукция, методы механики, законы Ньютона, технические расчеты, развитие науки.

Savickiy Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Theoretical mechanics is a fundamental discipline that studies the general laws of mechanical motion and equilibrium of material bodies. The article discusses the basic principles of this science, its relation to other natural sciences and its role in the development of technology. Special attention is paid to the methods of theoretical mechanics, including mathematical deduction and abstraction, as well as the historical development of the discipline. The limits of the applicability of classical mechanics and the emergence of relativistic mechanics in connection with the achievements of physics of the XX century are discussed. The work highlights the importance of mechanics in engineering calculations and scientific research, as well as its impact on technological progress.

Keywords: theoretical mechanics, mechanical motion, equilibrium of bodies, classical mechanics, relativistic mechanics, mathematical deduction, methods of mechanics, Newton's laws, technical calculations, development of science.

Теоретическая механика является одной из важнейших дисциплин, изучаемых в высшей технической школе. Её законы и выводы широко применяются в ряде других дисциплин при решении самых разнообразных и сложных технических задач. Все технические расчёты при постройке различных сооружений, проектировании машин, изучении полёта летательных аппаратов, снарядов и т.п. основаны на законах теоретической механики.

В чём же состоит основное содержание этой науки? Каковы её задачи и какими методами пользуется механика при решении этих задач?

Теоретическая механика – это наука об общих законах механического движения и равновесия материальных тел.

Движение, понимаемое в широком смысле слова, является неотъемлемым атрибутом материи и охватывает все происходящие в мире явления. Таким образом, под движением материи понимается не только перемещение тел в пространстве, но и любые изменения, происходящие в телах при тепловых, электромагнитных, химических и других процессах. Наконец, под движением материи понимается и самая высшая форма движения – наше сознание и мысль. Конечно, между всеми этими формами движения материи существует глубокое качественное различие: чем оно больше, тем сильнее различие в методах их изучения. Однако все эти формы движения материи находятся во взаимной связи и при соответствующих условиях переходят одна в другую. Движение есть внутренне присущий материи атрибут, так как оно неотделимо от неё. Материя без движения так же немыслима, как и движение без материи.

Оторвать движение от материи равносильно тому, чтобы оторвать мышление от объективной реальности. Движение, как и материя, существует извечно и не может быть ни создано, ни уничтожено. При этом неуничтожаемость движения нужно понимать не только в количественном, но и в качественном смысле, то есть в том смысле, что не может быть уничтожена ни одна из форм движения материи.

Теоретическая механика изучает простейшую форму движения материи – механическое движение.

Механическим движением называется изменение с течением времени положения материальных тел относительно друг друга (а также изменение относительного положения материальных частиц данного тела, то есть деформация тела). Так как состояние равновесия тела является частным случаем механического движения, то в задачу теоретической механики входит также изучение равновесия материальных тел. Однако необходимо учитывать, что абсолютного равновесия в природе не существует и что всякое равновесие лишь относительно и временно.

Классифицируя естественные науки, начинать эту классификацию следует с механики, поскольку такая последовательность соответствует историческому ходу развития естествознания. Из всех естественных наук раньше других возникла и стала развиваться механика.

Поскольку механическое движение мы постоянно наблюдаем в природе и технике, становится понятной огромная роль, которую играет теоретическая механика в современном естествознании и технике. Изучение общих законов движения тел объясняет нам многие явления окружающего мира. Однако необходимо понимать, что теоретическая механика изучает только механическое движение, поэтому она не может претендовать на исчерпывающую роль в науке. Далеко не все происходящие в мире процессы можно объяснить только на основании законов механики и с помощью механических моделей. Ввиду глубокого качественного различия между отдельными формами движения материи нельзя сводить всё многообразие явлений природы только к механическому движению.

Наиболее востребованный курс механики посвящён изучению так называемой классической механики, основанной на законах, впервые точно сформулированных Галилеем и Ньютоном.

Галилей является основоположником важнейшего раздела механики – динамики, т.е. учения о движении материальных тел. Он впервые ввел понятия скорости и ускорения движущегося тела при неравномерном прямолинейном поступательном движении и установил на основании своих опытов точные законы падения тел в пустоте, отметив тот важный факт, что в данном месте наблюдения все тела падают в пустоте с одним и тем же постоянным ускорением, не зависящим от веса падающего тела; тем самым он опроверг неверное воззрение, твердо державшееся в науке со времен Аристотеля, что из двух тел, падающих на землю, более тяжелое тело движется быстрее. Кроме того, Галилей установил один из основных законов динамики – закон инерции. Исходя из этого закона и из идеи сложения движений, Галилей первый дал верное решение задачи о движении в пустоте тела, брошенного под углом к горизонту (снаряд), и на шел, что траекторией центра тяжести тела в этом движении является парабола. В то время решение этой задачи имело первостепенное значение для баллистики. Оценивая значение работ Галилея по динамике, знаменитый французский математик и механик Лагранж говорит: «Нужен был необыкновенный гений, чтобы открыть закон природы в таких явлениях, которые всегда пребывали перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от изысканий философов».

Продолжением работ Галилея по динамике явились исследования голландского ученого Гюйгенса, состоявшего членом французской Академии наук (1629–1695), который создал теорию физического маятника, введя при этом понятия о центре качаний и о приведенной длине физического маятника. Кроме того, Гюйгенс обобщил введенное Галилеем понятие ускорения на случай криволинейного движения точки и установил понятие центробежной силы. Ряд работ Гюйгенса относится к теории удара твердых тел.

Установление основных законов динамики, начатое Галилеем, было завершено крупнейшим английским ученым Ньютоном (1643—1727).

В своем знаменитом сочинении «Математические начала естественной философии» (1687), Ньютон окончательно установил основные законы классической механики и, исходя из этих законов, дал систематическое изложение динамики. Кроме установления общих законов динамики, Ньютону принадлежит решение многих новых математических й механических задач, создание теории движения тела в сопротивляющейся среде и, наконец, открытие закона всемирного тяготения, послужившего основой для дальнейшего блестящего развития небесной механики. В своих естественнонаучных взглядах Ньютон стоял на метафизической точке зрения. Метафизические взгляды Ньютона выразились прежде всего в том, что при установлении основных законов механики он вводит понятия «абсолютного пространства» и «абсолютного времени», считая их независимыми от материи и ее движения. Открыв закон всемирного тяготения, Ньютон не смог дать научного решения вопроса о происхождении солнечной системы; для этого ему пришлось прибегнуть к антинаучной гипотезе «первоначального толчка», которая по существу содержит в себе антиматериалистическую идею о сотворении движения. В то время как Ньютон разрабатывал динамику, статика получила свое дальнейшее развитие главным образом в работах его современника, французского ученого Вариньона (1654–1722). Вариньон установил в окончательном виде понятие момента силы относительно точки и доказал теорему о моменте равнодействующей, носящую его имя. В своей работе «Проект новой механики» (1687) Вариньон, пользуясь этой теоремой, а также методом сложения и разложения сил, дает строгую статическую теорию простейших машин. В этой работе статика твердого тела получила почти полное завершение. XVII век в истории механики можно охарактеризовать как период установления основ динамики. XVIII век характеризуется разработкой общих принципов механики и важнейшими исследованиями по механике твердого тела, гидродинамике и небесной механике. При этом развитие механики идет по пути создания и разработки аналитических методов, чему способствовало развитие новых мощных методов анализа бесконечно малых, основы которого были заложены Ньютоном и Лейбницем.

Благодаря блестящим успехам физики в конце XIX и первой четверти XX века и новым важнейшим открытиям в области электродинамики, радиоактивности, учения о строении атома и движении его составляющих выяснилось, что область применения законов классической механики ограничена. Эти законы неприменимы к движению микрочастиц, а также к движению тел, скорость которых близка к скорости света. В связи с этим в XX веке возникла так называемая релятивистская механика, основанная на теории относительности А. Эйнштейна. Возникновение этой новой дисциплины стало важным этапом в развитии механики.

Теория относительности, в отличие от классической механики, установила закономерные связи между пространством и временем, а также между массой и энергией. Однако классическая механика сохраняет свою значимость и в настоящее время, так как различие между результатами, полученными на основании законов классической механики и законов релятивистской механики, становится значительным только в случаях, когда скорость тела близка к скорости света. Если же это не так, то различие настолько мало, что им можно пренебречь. Таким образом, область классической механики – это изучение медленных по сравнению со скоростью света движений макроскопических тел.

Теоретическая механика связана с техникой с момента своего возникновения. Техническая практика постоянно ставила перед механикой новые задачи, способствовавшие её дальнейшему развитию. В свою очередь, механика содействовала и продолжает содействовать техническому прогрессу. Современная техника всё чаще выдвигает перед наукой сложные проблемы, решение которых возможно только на основании точного эксперимента и глубоких теоретических исследований.

Как и в любой естественной науке, в механике исходной точкой исследования являются наблюдения, опыт и практика. Однако, наблюдая какое-либо явление, невозможно сразу охватить его во всём многообразии. Поэтому в процессе изучения приходится выделять наиболее существенные черты, абстрагируясь от менее значимых факторов. Этот метод абстракции играет важную роль в теоретической механике.

После того как изучены законы равновесия абсолютно твёрдого тела, переходят к изучению равновесия деформируемых тел. После изучения законов движения идеальной жидкости переходят к изучению движения жидкости с учётом внутреннего трения.

Применение метода абстракции, а также обобщение результатов многовекового опыта и производственной деятельности позволили установить фундаментальные законы классической механики. Ньютон называл их аксиомами движения. Эти аксиомы, наряду с методами строгого математического анализа, составляют основу теоретической механики. Единственным критерием истинности научных теорий является практика. Любая научная теория считается верной, если она согласуется с реальностью и наблюдаемыми фактами.

Исторически развитие механики было тесно связано с технической практикой, и этот процесс продолжается по сей день.

Список литературы:

1. Ландау Л.Д. Механика. Курс теоретической физики : в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М., 1988. – Т. 1.
2. Тарг С.М. Курс теоретической механики. – М. : Изательство «Наука», 1963.
3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М. : Изательство «Наука», 1986.
4. Новожилов В.В. Основы теоретической механики : учеб. пособие / В.В. Новожилов; Под ред В.Н. Филимонова. – Владимир, 2003.
5. Никифоров А.В. Теоретическая механика: динамика, статика, кинематика / А.В. Никифоров, Ю.П. Суслова.
6. Кочин Н.Е. Теоретическая гидромеханика / Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе. – М. : Физматгиз, 1963. – Ч. 1. – 584 с.
7. Голдстейн Г. Классическая механика. – М. : ГИТТЛ, 1957. – 408 с.

УДК 621.01

СОСТАВ ВОСЬМИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПЕРВОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

THE COMPOSITION OF EIGHT-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOVABLE LINKS OF THE FIRST SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH TYPE

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Выскубов Е.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести, общем числе звеньев цепи равном восьми и общем числе кинематических пар цепи от одиннадцати до пятнадцати.

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 Flight School
kvvaul@mil.ru

Vyskubov E.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. . The article considers the features of the application of the universal structural system of Professor L.T. Dvornikov to determine the composition of eight-link closed kinematic chains of moving links of the first subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found describing the organization of eight-link closed kinematic chains of moving links of the first subfamily of the first family with a basic chain link complexity of five, chain mobility of six, a total number of chain links of eight and a total number of kinematic pairs of the chain from eleven to fifteen.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение. Метод создания многозвенных плоских механизмов М. Грюблера [1, 2] получил широкое распространение в западных странах (особенно в Германии) [3, 4, 5].

Суть метода М. Грюблера состоит в определении сочетаний звеньев и кинематических пар замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев (далее – ЗКЦ), и построении на их основе полного многообразия вариантов структурных схем ЗКЦ, из которых путем остановки одного из звеньев могут образовываться одноподвижные механизмы.

В работе [6] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [7, 8] для развития метода М. Грюблера на ЗКЦ первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы первого семейства для определения состава замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого подсемейства первого семейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести, общем числе звеньев цепи равным восьми и общем числе кинематических пар цепи от одиннадцати до пятнадцати.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [6]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена цепи n_τ; 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.

В системе уравнений (1) структурная формула подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) идентична формуле подвижности первого подсемейств данного семейства [6]. При $\tau = 5,$ исходная система уравнений (1) для первого подсемейства ЗКЦ первого семейства пятого вида примет вид:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(1)} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ первого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Рассмотрим решения системы уравнений (2) для значений $n_ц = 8.$

Решение системы (2) сводится к отысканию параметров p_5, p_4, p_3, p_2 и n_i.

Для первого подсемейства: $p_5 \neq 0,\ p_4 \neq 0,\ p_3 \neq 0,\ p_2 \neq 0.$

При $n_ц = 8$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 + p_2 = 11 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 6 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 34, \end{cases} \quad (3)$$

При общем числе кинематических пар цепи $p = 11$ система уравнений (3) имеет четыре решения, при $p = 12$ десять, при $p = 13$ тридцать, при $p = 14$ двадцать восемь, а при $p = 15$ сорок восемь решений.

В таблице 1, представлены найденные решения в виде восьмизначных цифровых кодов:

– первая цифра кода – число звеньев, добавляющих в цепь одну кинематическую пару (n_1);

– вторая цифра – число звеньев, добавляющих в цепь две кинематических пары (n_2);

– третья цифра – число звеньев, добавляющих в цепь три кинематических пары (n_3);

– четвертая цифра – число звеньев, добавляющих в цепь четыре кинематических пары (n_4);

– пятая цифра – число кинематических пар пятого класса (p_5);

– шестая цифра – число кинематических пар четвертого класса (p_4);

– седьмая цифра – число кинематических пар третьего класса (p_3);

– восьмая цифра – число кинематических пар второго класса (p_2).

При построении структурных схем ЗКЦ на основе приведенных в таблице 1 решений, необходимо учитывать важную особенность универсальной структурной системы.

Таблица 1 – Решения, описывающие организацию ЗКЦ первого подсемейства первого семейства при $\tau = 5,\ n_{ц} = 8, n_{\tau} = 1, n_0 = 1$

№ п/п	Общее число кинематических пар цепи p	Код решения	№ п/п	Общее число кинематических пар цепи p	Код решения	№ п/п	Общее число кинематических пар цепи p	Код решения
1	11	60006212	41	13	42002632	81	15	24002454
2	11	60006131	42	13	42002551	82	15	24002373
3	11	60005321	43	13	42001822	83	15	24002292
4	11	60004511	44	13	42001741	84	15	240021.11.1
5	12	51006123	45	14	50015135	85	15	24001644
6	12	51005313	46	14	50014325	86	15	24001563
7	12	51005232	47	14	50014244	87	15	24001482
8	12	51005151	48	14	50014163	88	15	240013.10.1
9	12	51004422	49	14	50013434	89	15	40205127
10	12	51004341	50	14	50013353	90	15	40204317
11	12	51003612	51	14	50013272	91	15	40204236
12	12	51003531	52	14	50013191	92	15	40204155
13	12	51002721	53	14	50012624	93	15	40203345
14	12	51001911	54	14	50012543	94	15	40203264
15	13	50106115	55	14	50012462	95	15	40203183
16	13	50105224	56	14	50011733	96	15	40202535
17	13	50105143	57	14	50011652	97	15	40202454
18	13	50104414	58	14	50011571	98	15	40202373
19	13	50104333	59	14	41105135	99	15	40202292
20	13	50104252	60	14	41104325	100	15	402021.11.1
21	13	50104171	61	14	41104244	101	15	40201644
22	13	50103523	62	14	41104163	102	15	40201563
23	13	50103442	63	14	41103434	103	15	40201482
24	13	50103361	64	14	41103353	104	15	402013.10.1
25	13	50102713	65	14	41103272	105	15	41015127
26	13	50102632	66	14	41103191	106	15	41014317
27	13	50102551	67	14	41102624	107	15	41014236
28	13	50101822	68	14	41102543	108	15	41014155
29	13	50101741	69	14	41102462	109	15	41013345
30	13	42006115	70	14	41101733	110	15	41013264
31	13	42005224	71	14	41101652	111	15	41013183
32	13	42005143	72	14	41101571	112	15	41012535
33	13	42004414	73	15	24005127	113	15	41012454
34	13	42004333	74	15	24004317	114	15	41012373
35	13	42004252	75	15	24004236	115	15	41012292
36	13	42004171	76	15	24004155	116	15	410121.11.1
37	13	42003523	77	15	24003345	117	15	41011644
38	13	42003442	78	15	24003264	118	15	41011563
39	13	42003361	79	15	24003183	119	15	41011482
40	13	42002713	80	15	24002535	120	15	410113.10.1

В данной системе сложность звеньев отождествляется с числом кинематических пар, привносимых звеном в кинематическую цепь, поэтому численные значения n_1, n_2, n_3, …, n_i, …, $n_{\tau-1}$, представляют собой количества, так называемых, виртуальных звеньев [9].

Поэтому, приведенные в таблице 1 решения, могут быть эффективно использованы при построении структурных схем ЗКЦ, только после идентификации виртуальных звеньев.

Для идентификации виртуальных звеньев ЗКЦ, используем теорему Эйлера для графов [10, 11], которая гласит: сумма степеней вершин графа равна удвоенному количеству его ребер.

По отношению к ЗКЦ теорему Эйлера можно представить в виде следующего уравнения [12]:

$$2\,p=\sum_{j=2}^{\tau} jn_j\,, \tag{4}$$

где p – общее число кинематических пар ЗКЦ; n_j – количество j – парных звеньев.

Результаты идентификации виртуальных звеньев представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Состав звеньев восьмизвенных ЗКЦ первого семейства пятого вида

Общее число звеньев цепи, $n_ц$	Общее число кинематических пар цепи, p	Состав звеньев цепи			
		5-и парные	4-х парные	3-х парные	2-х парные
8	11	1	0	3	4
		1	1	1	5
		2	0	0	6
8	12	1	0	5	2
		1	1	3	3
		1	2	1	4
		2	0	2	4
		2	1	0	5
		4	0	0	4
8	13	1	0	7	0
		1	1	5	1
		1	2	3	2
		1	3	1	3
		2	0	4	2
		2	1	2	3
		2	2	0	4
		3	0	1	4
8	14	1	2	5	0
		1	3	3	1
		1	4	1	2
		2	0	6	0
		2	1	4	1
		2	2	2	2
		2	3	0	3
		3	0	3	2
		3	1	1	3
8	15	1	4	3	0
		1	5	1	1
		2	2	4	0
		2	3	2	1
		2	4	0	2
		3	0	5	0
		3	1	3	1
		3	2	1	2
		4	0	2	2
		4	1	0	3

Заключение.

Полученные в результате проведенных исследований решения, представленные в таблицах 1 и 2, являются фундаментом для построения структурных схем восьмизвенных ЗКЦ первого подсемейства первого семейства пятого вида и позволяют находить все возможные структурные схемы данных цепей при заданных параметрах.

Список литературы:

1. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwanglaufigen ebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.
2. 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.
3. Пейсах Э.Е. Проблема изоморфизма структур и идентификационный структурный код для замкнутых кинематических цепей // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – СПб, 2008. – № 15. – С. 40–46.
4. Butcher E.A. Efficient enumeration and hierarchical classification of planar simple-jointed kinematic chains: Application to 12-and 14-bar single degree-of-freedom chains / E.A. Butcher, C. Hartman // Mechanism and Machine Theory. – 2005. – Vol. 40. – № 9. – P. 1030–1050.
5. Федоров А.И. К вопросу о полном составе восьмизвенных плоских цепей Грюблера / А.И. Федоров, Л.Т. Дворников // МашиноСтроение. – Новокузнецк, 2010. – № 20. – С. 45–51.
6. 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.
7. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов: Учебное пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994.– 102 с.
8. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. № 21. – С. 4–37.
9. Степанов А.В. Виртуализация в задачах компьютерного синтеза структур механизмов // Вестник КузГТУ. – 2007. – № 3(61). – С. 47–50.
10. Харари Ф. Теория графов. – М. : Мир, 1973. – 300 с.
11. Домнин Л.Н. Элементы теории графов. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2004.– 139 с.
12. Вовкотруб В.В. Структурный синтез восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого подсемейства первого семейства // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 6. – С. 31–40.

УДК 621.314.2

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В АЭРОДРОМНЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЯХ

♦♦♦♦♦

WAYS TO IMPROVE THE QUALITY OF ELECTRIC POWER CONVERSION IN AIRFIELD RECTIFIERS

Атрощенко В.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сингаевский Н.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сараев И.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
antzoo@mail.ru

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

Аннотация. В статье рассматриваются пути повышения качества и эффективности работы аэродромных выпрямителей с учетом их специфики, обусловленной совместной работой с электрооборудованием воздушных судов. Предлагается решение этой проблемы за счет увеличения фазности схем выпрямления.

Ключевые слова: воздушное судно, система электроснабжения, источник вторичного электропитания, управляемый выпрямитель, коэффициент мощности.

Atroshchenko V.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Singaevsky N.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Saraev I.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
antzoo@mail.ru

Zaporozhets V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article considers ways to improve the quality and efficiency of airfield rectifiers, taking into account their specificity, caused by joint operation with aircraft electrical equipment. A solution to this problem is proposed by increasing the phase of the rectification circuits.

Keywords: aircraft, power supply system, secondary power source, controlled rectifier, power factor.

Электрооборудование аэродромов – это комплекс электрических устройств, размещенных на его территории, предназначенный для получения, распределения и использования электрической энергии [1].

Электрооборудование аэродрома включает систему электроснабжения (СЭС) и систему потребителей (СП) электрической энергии (рисунок 1).

Аэродромные выпрямители (АВ) (рисунок 2) относятся к вторичным источникам внутренней СЭС, которые предназначены для питания электрооборудования воздушных судов (ВС) во время предполетного обслуживания в аэропорту.

Основные технические характеристики АВ представлены в таблице 1.

На рисунке 3 представлена типовая структурная схема АВ, подключенного по входу к трехфазному источнику питания частотой 50 Гц напряжением 380 В и по выходу к нагрузке постоянного тока (Н).

АВ состоит из силовой части (СЧ) и системы управления (СУ). В СЧ входят силовой трехфазный трансформатор (Т), схема выпрямления (СВ) и индуктивно-емкостной сглаживающий фильтр (Ф).

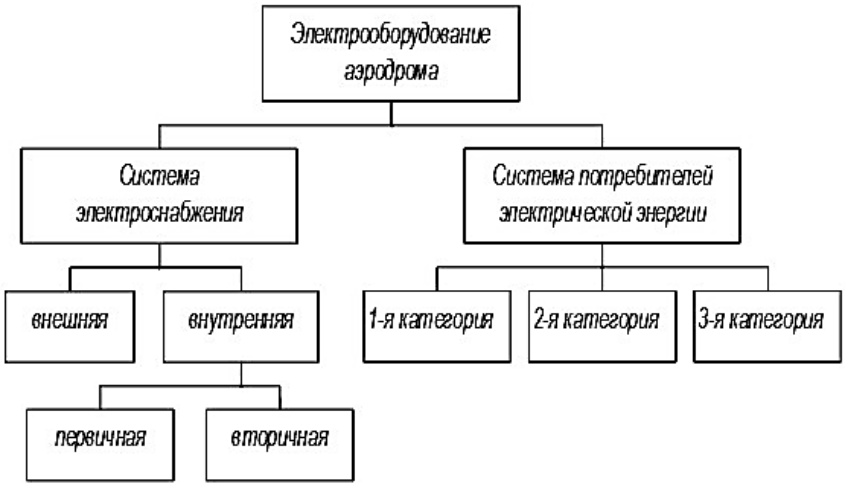


Рисунок 1 – Структурная схема электрооборудования аэродрома



Рисунок 2 – Аэродромные выпрямители в передвижном исполнении

Таблица 1 – Технические характеристики аэродромных выпрямителей

Коэффициент полезного действия в номинальном режиме, о.е.	≥ 0,92
Коэффициент пульсаций выходного напряжения, %	≤ 7,4
Номинальная частота питающей сети, Гц	50
Номинальное выходное напряжение, В	28,5
Номинальное напряжение питающей сети, В	3 × 400
Точность стабилизации выходного напряжения, В	±0,85
Коэффициент нелинейных искажений, %, не более	2

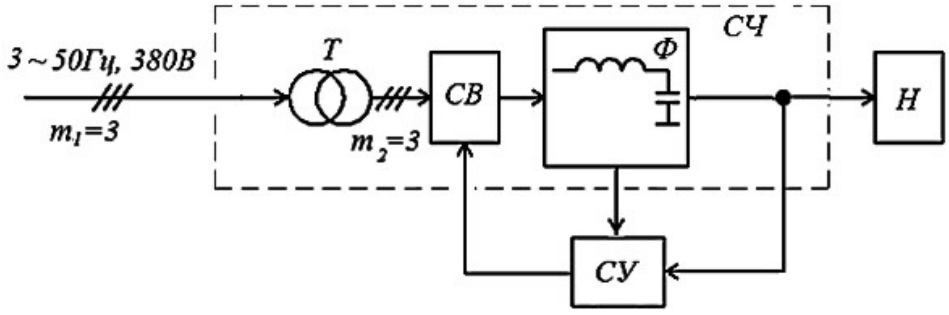


Рисунок 3 – Структурная схема АВ

Традиционно в качестве силового трансформатора в АВ используются трехфазные трансформаторы с пульсирующим магнитным полем, первичная обмотка которых с числом фаз $m_1 = 3$ соединена по схеме треугольник, а вторичная с числом фаз $m_2 = 3$ соединена по схеме звезда.

Для преобразования трехфазного переменного тока в постоянный в АВ обычно используются тиристорные мостовые схемы выпрямления, которые в совокупности с системой управления представляют собой тиристорный управляемый выпрямитель (УВ).

В тиристорных УВ процессы преобразования электрической энергии (выпрямления) и регулирования (стабилизации) выходных параметров АВ совмещены. Причем, стабилизация не связана с гашением избытка мощности в самом выпрямителе. Благодаря этому, преобразование электроэнергии осуществляется с высоким КПД, а УВ на тиристорах могут быть реализованы на большие мощности и способны работать в условиях мощных динамических возмущений и перегрузок. Именно эти преимущества обусловили широкое применение УВ в АВ. Вместе с тем, традиционные трехфазные тиристорные УВ обладают целым рядом существенных недостатков, вызванных импульсным характером преобразования электроэнергии.

Высокий уровень переменной составляющей (пульсаций) в кривой выпрямленного напряжения (тока) не позволяет подключать нагрузку АВ непосредственно к выходу схемы выпрямления. Снижение уровня пульсаций до требуемого значения достигается включением на выход схемы выпрямления сглаживающих LC-фильтров, мощность которых возрастает вместе с расширением диапазона стабилизации. В результате, ухудшаются массогабаритные показатели АВ, снижается его КПД и увеличивается стоимость. Кроме того, реактивные элементы фильтра – дроссель и конденсатор, образуют колебательный контур с малым затуханием, что при изменении нагрузки приводит к протеканию интенсивных переходных процессов на выходе преобразователя. При определенных условиях возможны значительные перенапряжения, провалы напряжения и аномально большие броски тока, опасные, как для питаемых электроприемников, так и для самих АВ. Таким образом, существует противоречие: применение сглаживающих фильтров обеспечивает требуемое качество электроэнергии на выходе АВ в статических режимах, но одновременно вызывает его ухудшение в динамических режимах. Для ослабления интенсивности переходных процессов в АВ применяется ряд специальных мер: «мягкий» пуск преобразователей, шунтирование дросселя фильтра активным сопротивлением, включение между выходом АВ и функциональной частью нагрузки дополнительных стабилизаторов напряжения (встроенные ИВЭП), увеличение установленной мощности фильтров и др. Однако, эти меры нельзя считать в достаточной степени эффективными. Например, включение параллельно индуктивности фильтра активного сопротивления позволяет ускорить затухание переходных процессов, но, в то же время, сглаживание пульсаций таким фильтром заметно ослабляется. Как следствие, входящие в состав электроприемников блоки питания (встроенные ИВЭП), должны быть рассчитаны на значительные динамические отклонения питающего напряжения и стабилизацию выходных параметров с высоким быстродействием, что достигается за счет ухудшения других характеристик (КПД, надежности, массогабаритных и стоимостных показателей). При этом необходимо учесть, что в состав электроприемников ВС входит значительное количество встроенных ИВЭП. Следовательно, низкое качество электроэнергии на выходе АВ приводит к заметному снижению КПД, ухудшению массогабаритных и стоимостных показателей как АВ, так и электрооборудования ВС.

С другой стороны, по отношению к питающей сети тиристорный УВ является существенно нелинейной нагрузкой, которая потребляет несинусоидальный ток. Искажение синусоидальности формы тока питающей сети негативно сказывается на работе электроприемников, включенных вместе с выпрямителем в эту сеть, вызывая снижение функциональных характеристик различного оборудования, увеличение потерь в сердечниках электромагнитных элементов, ускорение старения изоляции и сокращение сроков службы устройств [2]. Проявление этих негативных явлений особенно заметно, когда мощность первичного источника энергии соизмерима с мощностью нагрузки выпрямителя (например, при питании АВ от передвижного дизельного электроагрегата) [3]. Поэтому, в случае применения традиционных схем выпрямления, для улучшения электромагнитной совместимости полупроводниковых выпрямителей с питающей сетью приходится либо уменьшать долю нагрузки постоянного тока в системе, либо уве-

личивать мощность первичных источников энергии, либо включать на входе АВ фильтро-компенсирующие устройства. С учетом прогнозируемого потребления электроэнергии в перспективных ВС первое направление невозможно, а второе и третье нежелательны так как обуславливают дополнительное ухудшение технико-экономических показателей АВ.

Таким образом, из проведенного анализа очевидно, что АВ не в полной мере удовлетворяют современным требованиям, предъявляемым к ним, так как обладают низким уровнем электромагнитной совместимости как с нагрузкой, так и с питающей сетью, т.е. недостаточно высокими технико-экономическими показателями, и нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

Известно, что качество электрической энергии на входе и выходе АВ зависит от их типа, силовой схемы, выбранного закона управления, а также от режима работы. При этом одной из основных причин, обуславливающих эту зависимость, является использование в силовой схеме любого из полупроводниковых преобразователей полупроводниковых вентилей (диодов, тиристоров или транзисторов), которые имеют нелинейные вольтамперные характеристики. Кроме того, в ряде преобразователей силовые вентили работают в импульсном режиме. Оба эти фактора обуславливают искажения (помехи), генерируемые полупроводниковыми преобразователями в питающую сеть [4].

Анализ искажений, вызванных работой полупроводниковых преобразователей, целесообразно производить раздельно по их входу и выходу. При этом необходимо отметить, что над снижением искажений в выходных цепях преобразователей, к которым подключаются электроприемники, работы всегда велись параллельно с разработкой самих преобразователей, поэтому качественная и количественная характеристика этих искажений подробно описана в литературе (например, в [5]), чего нельзя сказать об искажениях на входе преобразователей.

Любому типу полупроводниковых преобразователей электрической энергии свойственно искажение формы кривой потребляемого тока по отношению к форме напряжения питающей сети, что в свою очередь обуславливает его искажение. Степень искажения тока определяется типом и режимом работы преобразователя, а напряжения – формой тока, потребляемого преобразователем, и сопротивлением питающей сети, которое определяется внутренним сопротивлением источника питания и структурой СЭС.

На рисунке 4 показаны временные диаграммы напряжения питающей сети неограниченной мощности и синхронизированные с ними по времени идеализированные (не учитывающие нелинейность вольтамперных характеристик силовых вентилей) кривые токов, потребляемых преобразователями переменного напряжения в постоянное – выпрямителями различных типов при чисто активном характере нагрузки.

Анализ кривых показывает, что среди рассматриваемых преобразователей наименьшими искажениями характеризуется ток однофазного неуправляемого мостового выпрямителя (рисунок 4, а). Отличие формы тока от напряжения в реальном режиме работы такого преобразователя определяется только нелинейностью вольтамперной характеристики вентилей в первом квадранте. Наибольшие же искажения в этой группе преобразователей имеет ток в трехфазном мостовом управляемом выпрямителе (рисунок 4, г). Причем, в составе потребляемого им тока присутствуют искажения, связанные с наличием в спектре высших гармонических составляющих (гармонические искажения), и искажения, характеризующие фазовый сдвиг первой гармоники тока относительно первой гармоники напряжения (фазовые искажения). Величина гармонических и фазовых искажений в управляемых выпрямителях возрастает с увеличением угла управления.

Таким образом, все типы рассмотренных полупроводниковых преобразователей потребляют из питающей сети ток, форма которого существенно отличается от формы питающего напряжения, что характеризует АВ как существенно нелинейную нагрузку, обуславливающую высокий уровень искажений тока.

Качество и эффективность преобразования электрической энергии в любом из преобразователей, а, следовательно, и степень влияния преобразователя на напряжение питающей сети, характеризуются их энергетическими характеристиками, которые в

свою очередь существенно зависят от гармонического состава тока на входе преобразователя [6].

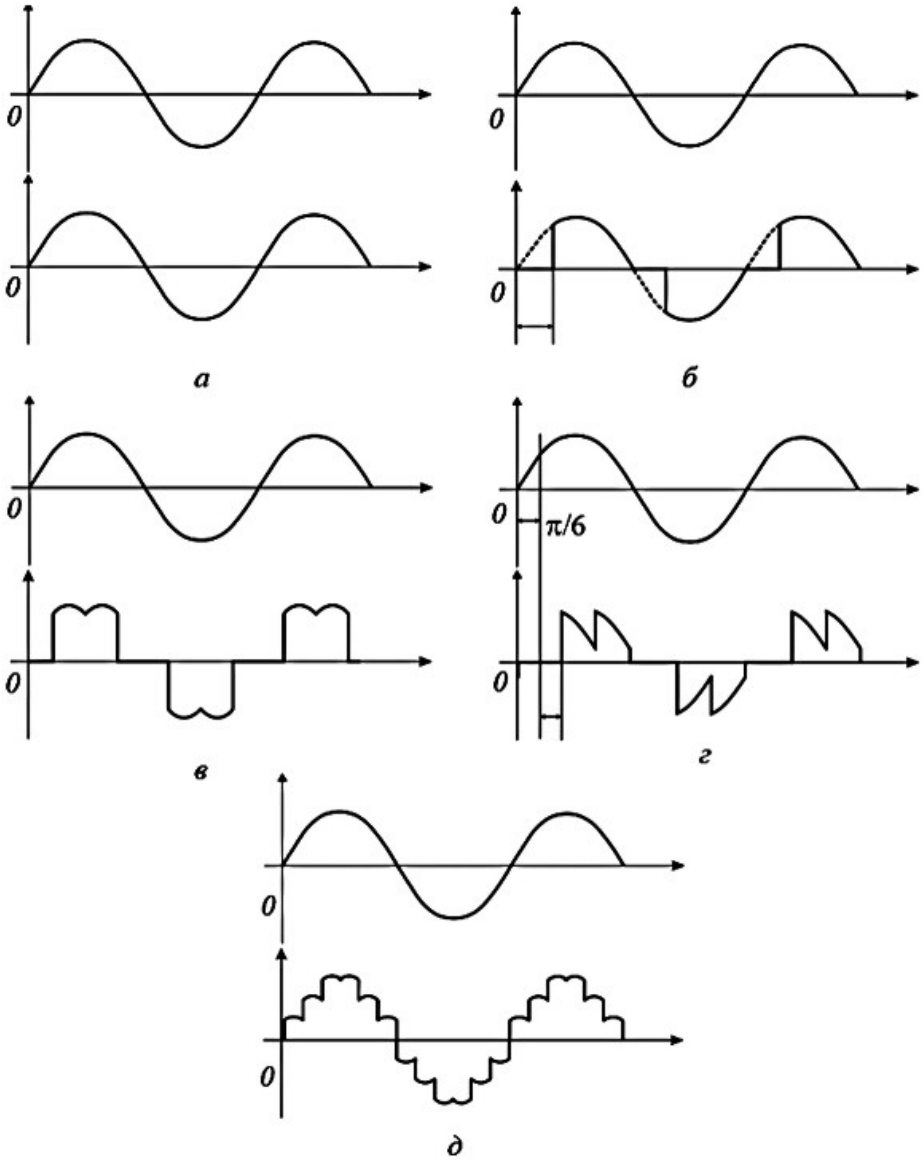


Рисунок 4 – Временные диаграммы питающего напряжения и потребляемого тока:
а – однофазного мостового неуправляемого выпрямителя;
б – однофазного мостового управляемого выпрямителя;
в – трехфазного мостового неуправляемого выпрямителя;
г – трехфазного мостового управляемого выпрямителя;
д – двенадцатифазного мостового неуправляемого выпрямителя

Одной из основных энергетических характеристик любого выпрямителя является коэффициент мощности.

Известно, что коэффициент мощности выпрямителя определяется следующим соотношением [5]:

$$\chi = \frac{P}{S} = \frac{U_{c1} \cdot I_{c1} \cdot \cos \varphi_1}{U_c \cdot I_c}, \quad (1)$$

где P – активная мощность, потребляемая выпрямителем; S – полная мощность, потребляемая выпрямителем; U_c – действующее значение напряжения питающей сети; I_c – действующее значение тока, потребляемого выпрямителем из пи-

тающей сети; U_{c1} – действующее значение первой гармоники напряжения питающей сети; I_{c1} – действующее значение первой гармоники тока, потребляемого выпрямителем из сети; φ_1 – угол сдвига фаз первой гармоники тока, потребляемого выпрямителем из сети по отношению к первой гармонике напряжения питающей сети.

При условии синусоидальности напряжения питающей сети $\left(U_c = U_{c1}\right)$, что характерно для случая, когда выпрямитель подключен с сети, мощность которой как минимум на порядок превышает мощность выпрямителя, и с учетом несинусоидальности тока, потребляемого выпрямителем из сети, выражение (1) может быть представлено в следующем виде [5]:

$$\chi = \frac{I_{c1} \cdot \cos\varphi_1}{I_c} = \frac{I_{c1} \cdot \cos\varphi_1}{\sqrt{I_{c1}^2 + \sum_{\nu=2}^{\infty} \mathrm{I}_{c\nu}^2}} = \mu \cdot \cos\varphi_1, \quad (2)$$

где $I_{c\nu}$ – действующее значение ν-й гармонической составляющей тока, потребляемого выпрямителем из сети; μ – коэффициент искажения тока, потребляемого выпрямителем из сети.

Из выражения (2) следует, что чем ниже уровень высших гармоник в кривой тока, потребляемого выпрямителем из сети, тем выше коэффициент мощности выпрямителя.

В свою очередь уровень высших гармоник тока на входе выпрямителя зависит от его гармонического состава, который определяется следующим неравенством:

$$\nu \geq q \cdot m \pm 1, \quad (3)$$

где q – тактность схемы выпрямления; m – число фаз входного напряжения схемы выпрямления (фазность схемы выпрямления).

С учетом выражения (3) можно сделать вывод, что с увеличением m, коэффициент мощности выпрямителя повышается.

Основным показателем качества электрической энергии на выходе АВ является коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения.

Из анализа следующего известного выражения, в соответствии с которым определяется коэффициент пульсаций напряжения на выходе выпрямителя [5]:

$$\kappa_{\text{п}} = \frac{\sqrt{\sum_{\nu=1}^{\infty} U_{\nu m}^2}}{U_d}, \quad (4)$$

где $U_{\nu m}$ – амплитудное значение ν-й гармонической (синусной и косинусной) составляющей выпрямленного напряжения; U_d – среднее значение выпрямленного напряжения,

С учетом выражения (3) следует, что с увеличением фазности схемы выпрямления m этот коэффициент уменьшается.

Эффективность такого способа уменьшения коэффициента пульсаций выпрямленного напряжения, как повышение фазности выпрямления, можно оценить с помо-

щью упрощенной формулы расчета коэффициента пульсаций для неуправляемого (диодного) или управляемого (тиристорного) выпрямителя при угле управления равном нулю по 1-й (основной) гармонике пульсаций выпрямленного напряжения [7]:

$$\kappa_{п1} = \frac{2}{q^2 m^2 - 1}. \quad (5)$$

Так, например, коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения рассчитанный по формуле (5) для однофазного двухполупериодного (мостового) выпрямителя составляет 0,67, для трехфазного мостового – 0,057, а для девятифазного мостового – 0,003, т.е. менее одного процента относительно среднего значения выпрямленного напряжения. При таком значении коэффициента пульсаций применение девятифазных мостовых выпрямителей обеспечивает приемлемый уровень качества выпрямленного напряжения для большинства электроприемников без использования сглаживающих фильтров.

Следует также отметить, что КПД выпрямителя тоже зависит от гармонического состава токов и напряжений, так как определяется выражением следующего вида:

$$\eta = \frac{P_н}{P_н + (\Delta P_1 + \sum_{\nu=2}^{n} \Delta P_\nu)}, \quad (6)$$

где $P_н$ – активная мощность нагрузки на выходе выпрямителя, потребляемая подключаемыми к нему электроприемниками; ΔP_1 – активная мощность потерь в трансформаторе, силовых вентилях и во вспомогательных устройствах выпрямителя на 1-й (основной) гармонике входного тока; ΔP_ν – активная мощность потерь в трансформаторе, силовых вентилях и во вспомогательных устройствах выпрямителя на ν -й (высшей) гармонике входного тока.

Очевидно, что увеличение фазности схем выпрямления обуславливает уменьшение потерь мощности от высших гармоник и, следовательно, позволяет увеличить КПД выпрямителя.

С учетом вышеизложенного можно сделать вывод о том, что увеличение фазности схем выпрямления позволяет повысить качество преобразования энергии как по входу, так по выходу АВ.

Одним из перспективных способов увеличения фазности выпрямления АВ является использование в его составе многофазного кольцевого трансформатора с вращающимся магнитным полем [8].

Список литературы:

1. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
2. Розанов Ю.К. Основы силовой электроники. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 296 с.
3. Атрощенко В.А. Силовые полупроводниковые выпрямители на основе многофазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем / В.А. Атрощенко, Н.А. Сингаевский. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2010. – 168 с.
4. Розанов Ю.К. Современные методы регулирования качества электроэнергии средствами силовой электроники / Ю.К. Розанов, М.В. Рябчицкий, А.А. Кваснюк // Электротехника. – 1999. – № 4. – С. 28–32.
5. Руденко В.С. Основы преобразовательной техники / В.С. Руденко, И.М. Чиженко, В.И. Сенько. – М. : ВШ, 1983. – 431 с.
6. Зиновьев Г.С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. – Новосибирск : НГТУ, 1998.
7. Размадзе Ш.М. Преобразовательные схемы и системы. – М. : ВШ, 1967. – 527 с.
8. Патент на полезную модель № 1818712, РФ. Многофазный трансформатор / С.Ю. Герасимов, А.В. Масенко, Н.А. Суртаев, Н.А. Сингаевский, А.Е. Церковный, А.В. Мильчевич. 2018.

УДК 355

ВОЗРОЖДЕНИЕ «БЕЛЫХ ЛЕБЕДЕЙ»

♦♦♦♦♦

THE REVIVAL OF THE «WHITE SWANS»

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Романенко Т.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Соловьев В.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье авторы проводят исследование и рассматривают этапы создания и развития, а также возрождения отечественного стратегического ракетоносца с изменяемой геометрией крыла Ту-160.

Ключевые слова: стратегический ракетоносец, изменяемая геометрия крыла, цельноповоротные рулевые поверхности, шасси, турбореактивный двухконтурный двигатель с форсажной камерой, скорость, модификация, оборудование, дальность полета, тяга двигателя.

Kokhany A.F.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Romanenko T.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Soloviev V.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In the article, the authors conduct a study and consider the stages of creation and development, as well as the revival of the domestic strategic missile carrier with variable wing geometry Tu-160.

Keywords: strategic missile carrier, variable wing geometry, all-rotating steering surfaces, landing gear, bypass turbojet engine with afterburner, speed, modification, equipment, flight range, engine thrust.

Ту-160 (по классификации НАТО Blackjack) – сверхзвуковой бомбардировщик-ракетоносец, обладающий крылом изменяемой стреловидности, создан ОКБ Туполева в 1980-х годах. Состоит на вооружении, начиная с 1987 года. В составе ВВС России в настоящее время находится 16 стратегических ракетоносцев Ту-160. Данный самолет является самым большим в истории военной авиации сверхзвуковым самолётом и самолётом с крылом изменяемой геометрии, а также самым тяжелым среди всех боевых самолетов мира. Ту-160 обладает крупнейшей среди всех существующих бомбардировщиков максимальной взлётной массой. Среди российских пилотов самолет имеет прозвище «Белый лебедь».

Самолёт Ту-160 выполнен по схеме интегрального низкоплана с крылом изменяемой стреловидности, цельноповоротными стабилизатором и килем, а также с трёхопорным шасси. 4 турбореактивных двухконтурных двигателя с форсажной камерой (ТРДДФ) НК-32 установлены попарно в мотогондолах в нижней части фюзеляжа.

Основные применяемые материалы планёра – титан, термообработанные алюминиевые сплавы, стальные сплавы и композиционные материалы. Экипаж Ту-160 состоит из 4 человек, размещаемых в общей гермокабине. Самолёт Ту-160 снабжён современным пилотажно-навигационным и радиотехническим оборудованием, в том числе специальным комплексом управления вооружением. Оборудование обеспечивает автоматический полёт и боевое применение всей номенклатуры вооружения. На Ту-160 установлена сдублированная инерциальная навигационная система, система астронавигации, аппаратура спутниковой навигации, многоканальный цифровой комплекс связи и развитая система радиоэлектронной борьбы, обеспечивающая обнаружение радиолокационных станций противника в широком диапазоне, постановку мощных активных и пассивных помех. Ту-160 имеет систему дозаправки топливом в полёте типа «шланг-конус».

Основное вооружение состоит из стратегических крылатых ракет (КР) воздушного базирования типа Х-55. Оно позволяет наносить ядерные удары по целям с заранее заданными координатами. Вооружение располагается в 2 грузовых отсеках: переднем и заднем. Система вооружения Ту-160 рассчитана на применение бомбового вооружения, в том числе корректируемых авиабомб (КАБ). Прицельно-навигационный комплекс предназначен для обнаружения и опознавания на большом удалении наземных и морских целей, управления средствами их поражения, а также для решения задач навигации и самолётовождения. Бортовой комплекс обороны позволяет обнаружить средства ПВО противника, засечь их положение, заглушить помехами или поставить за самолётом завесу из ложных целей. В хвостовом конусе размещены многочисленные контейнеры с инфракрасными ловушками и дипольными отражателями. В составе оборудования также имеется система спасения экипажа. Каждое из 4 рабочих мест экипажа оборудовано катапультируемым креслом К-36Л, которое обеспечивает спасение во всех аварийных ситуациях и случаях боевого поражения во всём диапазоне высот полёта и на земле. Система обеспечивает принудительное и раздельное катапультирование членов экипажа. Работы над созданием стратегического бомбардировщика нового поколения были начаты в ОКБ А.Н. Туполева в 1968 году. В 1972 году проект многорежимного бомбардировщика, обладающего крылом изменяемой стреловидности, был готов, в 1976 году прошла эскизная защита проекта Ту-160, а уже в 1977 году ОКБ им. Кузнецова начало работы над созданием двигателей для нового самолета. Первоначально его собирались вооружить высокоскоростными ракетами Х-45, но в дальнейшем от этой идеи отказались, отдав предпочтение малогабаритным дозвуковым крылатым ракетам типа Х-55, а также аэробаллистическим гиперзвуковым ракетам Х-15, которые размещались на многопозиционных пусковых установках внутри корпуса.

Натурный макет нового бомбардировщика был утвержден в 1977 году. В этом же году на опытном производстве ММЗ «Опыт» в Москве приступили к сборке партии из 3-х опытных машин. Крыло и стабилизаторы для них производились в Новосибирске, фюзеляж изготавливался в Казани, опоры шасси – в Горьком. Окончательная сборка первой опытной машины была произведена в январе 1981 года, самолеты Ту-160 с номерами «70-1» и «70-3» предназначались для проведения летных испытаний, а самолет с номером «70-02» для статичных испытаний.

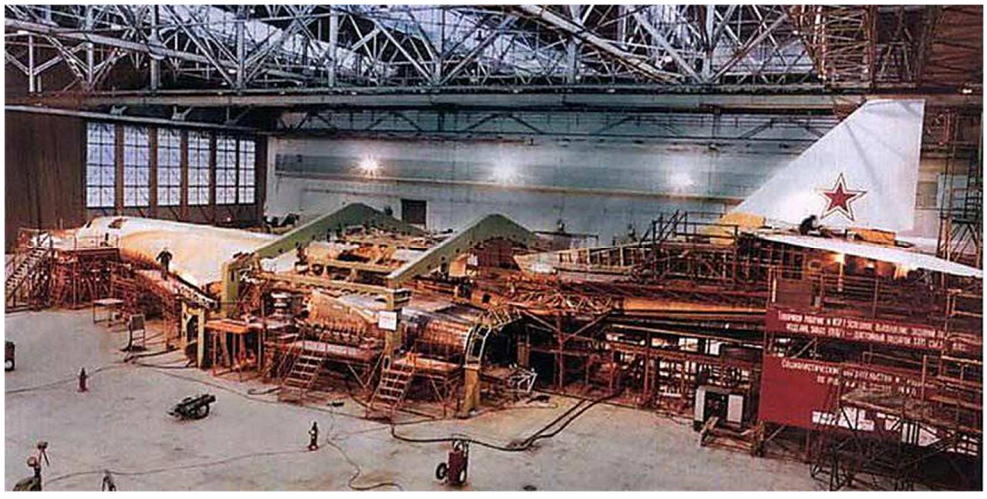


Рисунок 1 – Сборка опытного образца

Первый полет самолет с заводским номером «70-01» состоялся 18 декабря 1981 года (командиром экипажа был Б. И. Веремей), а 06 октября 1984 года в воздух поднялась машина с заводским номером «70-03», которая уже имела полный комплект оборудования серийного бомбардировщика. Еще через 2 года, 15 августа 1986 года ворота сборочного цеха в Казани покинул 4-й серийный бомбардировщик, который стал первым строевым. Всего же в выполнении летных испытаний было задействовано 8 самолетов двух опытных серий.

В ходе проведения госиспытаний, которые были завершены в середине 1989 года, с борта бомбардировщика-ракетоносца было произведено 4 успешных пуска крылатых ракет Х-55, которые были основным оружием машины. Также была достигнута максимальная скорость горизонтального полета, составившая без малого 2200 км/ч. При этом в ходе эксплуатации скоростной порог решили ограничить скоростью в 2000 км/ч, что в основном было обусловлено сохранением ресурса двигательной установки и планера. Первые 2 опытных стратегических бомбардировщика Ту-160 были включены в состав строевой части ВВС 17 апреля 1987 года. После распада СССР практически все имеющиеся на тот момент серийные машины (19 бомбардировщиков) остались на территории Украины, на авиабазе в городе Прилуки. В 1992 году бомбардировщики данного типа начинают поступать на вооружение 1-го ТБАП ВВС России, который базировался в Энгельсе. К концу 1999 года на данной авиабазе находилось 6 самолетов Ту-160, еще часть машины находилась в Казани (в стадии сборки) и на аэродроме в Жуковском. В настоящее время большая часть российских Ту-160 носят индивидуальные названия. К примеру, в составе ВВС имеются самолеты «Илья Муромец» (такое имя носил первый в мире тяжелый бомбардировщик, который был построен в России в 1913 году), «Михаил Громов», «Иван Ярыгин», «Василий Решетников.



Рисунок 2 – «Белый лебедь» в полете

Высокие характеристики российского стратегического бомбардировщика были подтверждены установлением 44 мировых рекордов. В частности, с полезной нагрузкой в 30 тонн самолет совершил полет по замкнутому маршруту протяженностью в 1000 км. со скоростью 1720 км/ч. А в полете на дальность в 2000 км., имея взлетную массу в 275 тонн самолет смог достичь средней скорости 1678 км/ч, а также высота полета в 11250 м.

В ходе серийного изготовления бомбардировщик подвергался ряду усовершенствований, которые обуславливались опытом его эксплуатации. К примеру, было увеличено число створок для подпитки двигателей самолета, что позволило увеличить устойчивость ТРДДФ (двухконтурный турбореактивный двигатель с форсажной камерой) и упростить их управляемость. Замена ряда элементов конструкции с металлических на углепластиковые позволила в некоторой мере снизить массу самолета. Люки оператора и штурмана были оснащены перископами заднего обзора, также было доработано программное обеспечение и внесены изменения в гидросистему. В рамках реализации многоэтапной программы по снижению радиолокационной заметности на каналы воздухозаборников и обечайки было нанесено специальное графитовое радиопоглощающее покрытие, также радиопоглощающей краской был покрыт и нос самолета. Удалось реализовать меры по экранированию двигателей. Введение в остекление кабины сетчатых фильтров позволило устранить переотражение радиолокационного излучения от ее внутренних поверхностей.



Рисунок 3 – Взлет Ту-160

На сегодняшний день стратегический бомбардировщик-ракетоносец Ту-160 является наиболее мощной боевой машиной в мире. По составу вооружения и своим основным характеристикам он существенно превосходит американский аналог – многорежимный стратегический бомбардировщик В-1В «Лансер». Предполагается, что дальнейшее проведение работ по совершенствованию Ту-160, в частности расширение и обновление состава вооружения, а также установка нового БРЭО, сможет еще больше увеличить его потенциал.

Бомбардировщик Ту-160 выполнен по нормальной аэродинамической схеме с изменяемой геометрией крыла. Особенностью конструкции планера самолета является интегральная схема аэродинамической компоновки, согласно которой неподвижная часть крыла образует с фюзеляжем единое целое. Такое решение позволило наилучшим образом использовать внутренние объемы планера для размещения топлива, грузов, различного оборудования, а также снизить количество конструктивных стыков, что привело к снижению массы конструкции. Планер бомбардировщика производится в основном из сплавов алюминия (В-95 и АК-4, термообработанных для увеличения ресурса). Консоли крыла изготавливаются из титановых и высокопрочных алюминиевых сплавов и пристыковываются к шарнирам, позволяющим изменять стреловидность крыла в диапазоне от 20 до 65 градусов. Доля титановых сплавов в массе планера бомбардировщика равняется 20 %, также используются стеклопластики, широко применяются клееные трехслойные конструкции.

Экипаж бомбардировщика, состоящий из 4-х человек, располагается в единой просторной герметичной кабине. В передней ее части установлены кресла первого и второго пилотов, а также штурмана-оператора и штурмана. Для повышения работоспособности операторов и летчиков во время совершения длительного полета, спинки кресел оснащены подушками с пульсирующим воздухом для массажа. В задней части кабины пилотов располагается малогабаритная кухня, откидная койка для отдыха и туалет. Самолеты поздних моделей выпуска оснащались встроенным трапом.

Шасси самолета трехопорное с 2-мя управляемыми колесами передней опоры. Основные опоры шасси имеют качающуюся амортизационную стойку и находятся за центром массы бомбардировщика. Они имеют пневматические амортизаторы и трехосные тележки по 6 колес. Шасси убирается в небольшие ниши в фюзеляже назад по полету бомбардировщика. Щитки и аэродинамические дефлекторы, предназначенные для прижатия воздуха к ВПП, отвечают за защиту воздухозаборников двигателей от попадания в них грязи и осадков.

Силовая установка Ту-160 включает в себя 4 двухконтурных турбореактивных двигателя с форсажной камерой НК-32 (созданы ОКБ Н.Д. Кузнецова). Двигатели серийно производятся в Самаре с 1986 года, до середины 1990-х годов они не имели аналогов в мире. НК-32 – один из первых в мире серийных двигателей, при проектировании которого были приняты меры по уменьшению ИК и радиолокационной заметно-

сти. Двигатели самолета расположены попарно в мотогондолах и разделены между собой специальными противопожарными перегородками. Двигатели функционируют независимо друг от друга. Для реализации автономного энергоснабжения на Ту-160 была установлена также отдельная вспомогательная газотурбинная силовая установка.



Рисунок 4 – Подготовка к полету

Бомбардировщик Ту-160 оснащается прицельно-навигационным комплексом ПРНК, состоящим из оптоэлектронного бомбардировочного прицела, обзорно-прицельной РЛС, ИНС, СНС, астрокорректором и бортовым комплексом обороны «Байкал» (контейнеры с дипольными отражателями и ИК-ловушками, теплопеленгатор). Также имеется многоканальный цифровой комплекс связи, который сопряжен со спутниковыми системами. В БРЭО бомбардировщика задействовано более 100 специальных ЭВМ.

Бортовой комплекс обороны стратегического бомбардировщика гарантирует обнаружение и классификацию РЛС системы ПВО противника, определение их координат и последующее их дезориентирование ложными целями, либо подавление мощными активными помехами. Для проведения бомбометания применяется прицел «Гроза», который обеспечивает поражение различных целей с высокой точностью в дневных условиях и при недостаточном уровне освещенности. Теплопеленгатор для обнаружения ракет и самолетов противника с задней полусферы находится в крайней задней части фюзеляжа. В хвостовом конусе находятся контейнеры с дипольными отражателями и ИК ловушками. В кабине пилотов находятся стандартные электромеханические приборы, которые в целом аналогичны установленным на Ту-22М3. Управление тяжелой машиной осуществляет при помощи ручки управления (джойстика), как на истребителях.

Вооружение самолета размещается в 2-х внутрифюзеляжных грузовых отсеках, в которых может находиться разнообразная целевая нагрузка общей массой до 40 тонн. Состав вооружения может состоять из 12 дозвуковых крылатых ракет Х-55 на 2-х многопозиционных пусковых установках барабанного типа, а также до 24 гиперзвуковые ракет Х-15 на 4 ПУ. Для уничтожения малоразмерных тактических целей самолет может применять корректируемые авиационные бомбы (КАБ) массой до 1500 кг. Также самолет может нести до 40 тонн обычных свободнопадающих бомб. В перспективе комплекс вооружения стратегического бомбардировщика может существенно усилиться за счет включения в его состав новых высокоточных крылатых ракет, к примеру, Х-555, предназначенных для уничтожения как тактических, так и стратегических наземных и морских целей практически всех возможных классов.

Тактико-технические характеристики Ту-160:

Размеры: размах крыла максимальный – 55,7 м., минимальный – 35,6 м., длина – 54,1 м., высота – 13,2 м.

Площадь крыла – 360,0 кв. м.

Масса самолета, кг.

– пустого – 110000;
– нормальная взлетная – 267600;
– максимальная взлетная – 275000.

Тип двигателя – 4 ТРДДФ НК-32, бесфорсажна тяга – 4 × 137,2 кН, на форсаже – 4 × 247,5 кН.

Максимальная скорость на высоте – 2230 км/ч, крейсерская – 917 км/ч.

Практическая дальность полета без дозаправки: 12300 км.

Боевой радиус: 6000 км.

Практический потолок – 15000 м. Экипаж – 4 человека.

Вооружение: в двух подфюзеляжных отсеках размещается различная целевая нагрузка общей массой 22 500 кг, максимальная – до 40 000 кг. В состав вооружения входят тактические и стратегические крылатые ракеты Х-55 и Х-55М, а также аэробаллистические гиперзвуковые УР малой дальности Х-15 (М=5) с ядерными и неядерными БЧ, а также корректируемые авиационные бомбы КАБ различных типов до КАБ-1500, обычные виды бомб, а также мины.

В 2021 г. завершена глубокая модернизация ракетоносца Ту-160. При сохранении прежнего облика самолёта на новой технологической базе с использованием цифровых технологий создана новая машина Ту-160М с новыми двигателями НК-32-02, бортовым оборудованием и агрегатами. Полностью оцифрована вся документация по самолёту. Обновлено оборудование цехов, модернизирована лётно-испытательная база, запущена в работу крупнейшая в мире установка электронно-лучевой сварки и вакуумного отжига титана. Восстановлена технология вакуумной сварки титановых изделий, возобновлено производство агрегатов планёра самолёта, сформирована новая кооперация из предприятий промышленности в областях авиастроения, машиностроения, приборостроения и металлургии.

Ту-160М являются глубоко модернизированными строевыми машинами. Машины новой сборки обозначаются индексом Ту-160М2. Первый серийный ракетоносец Ту-160М2 совершил свой первый полёт 12 января 2023 г.

Список литературы:

1. Гордон Е. Ту-160. – М. : Полигон-Пресс, 2003. – 184 с.
2. Затучный А.М. Стратегический ракетоносец-бомбардировщик Ту-160 / А.М. Затучный, В.Г. Ригмант, П.М. Синеокий. – М. : Полигон-пресс, 2016. – 552 с.
3. Черёмухин Г.А. «Туполев»: полёт в будущее / Г.А. Черёмухин, Е.И. Гордон, В.Г. Ригмант. – М. : Polygon press, 2009. – С. 302–384.
4. Почтарев А. Российская авиация. – Росмэн, 2016. – С. 75–80.
5. Сытин Л.Е. Все об авиации: большая энциклопедия. – М. : Издательство АСТ, 2018. – 640 с
6. Ильин В.Е. Бомбардировщики / В.Е. Ильин, М.А. Левин. – М. : Виктория, АСТ, 1996. – 272 с.
7. Иден Пол. Энциклопедия современных военных самолетов. – Лондон : Эмбер Букс, 2004.
8. Джексон Пол. «Jane's All The World's Aircraft 2003–2004». – Коулсдон, Великобритания : Jane's Information Group, 2003.
9. Николяу Стефан. Туполев Ту-160: абсолютное оружие. – Ч. 2: Авиация (на французском языке). – 2020. – № 235. Р. 86–95.
10. Тейлор Майкл Дж. Х. Справочник по самолетам и системам мира. – Лондон : Брасси, 2023.

УДК 621.01

СОСТАВ ВОСЬМИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ТРЕТЬЕГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

STRUCTURE OF EIGHT-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOVING LINKS OF THE THIRD SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH TYPE

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чабров С.Е.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев третьего подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев третьего подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном восьми.

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 Flight School
kvvaul@mil.ru

Chabrov S.E.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kohany A.F.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article considers the features of the application of the universal structural system of Professor L.T. Dvornikov to determine the composition of eight-link closed kinematic chains of moving links of the third subfamily of the first family fifth type. A complete set of solutions has been found describing the organization of closed kinematic chains of movable links of the second subfamily of the first family with the complexity of the main chain link equal to five, chain mobility equal to six, and the total number of chain links equal to eight.

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 ЗКЦ первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы для определения состава восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев третьего подсемейства первого семейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равным восьми.

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 третьего подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(3)} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства четвертого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5 + 3p_4 + p_2) + 6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры восьмизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 3p_4 + p_2)$ согласно (3), при $n_ц = 8$ будет принимать значения 34.

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:

$$p_5 + p_4 + p_2 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 8$ по (4) $n_1 = 6 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_4 + p_2 = 11 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 8$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 11 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 6 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_4, p_2 и n_i.

Для третьего подсемейства: $p_5 \neq 0$, $p_4 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 11$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 11, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 3,\ p_4 = 7,\ p_2 = 1; \quad \text{(I)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 4,\ p_2 = 2; \quad \text{(II)}$$

$$p_5 = 7,\ p_4 = 1,\ p_2 = 3; \quad \text{(III)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 12$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 12, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 2,\ p_4 = 8,\ p_2 = 2; \quad \text{(IV)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 5,\ p_2 = 3; \quad \text{(V)}$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 2,\ p_2 = 4; \quad \text{(VI)}$$

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 13$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 13, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 9,\ p_2 = 3; \text{(VII)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 6,\ p_2 = 4; \text{(VIII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 3,\ p_2 = 5; \text{(IX)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 13$.
Тогда система (6) примет вид (9) и имеет три решения: (VII), (VIII), (IX).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 14$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 14, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет четыре целочисленных решений:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 9,\ p_2 = 4; \text{(X)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 7,\ p_2 = 5; \text{(XI)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 4,\ p_2 = 6; \text{(XII)}$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 1,\ p_2 = 7; \text{(XIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 14$.
Тогда система (6) примет вид (10) и имеет четыре решения:(X), (XI), (XII), (XIII).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 14$.
Тогда система (6) примет вид (10) и имеет четыре решения:(X), (XI), (XII), (XIII).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 15$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 15, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_2 = 6; \quad (XIV)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 5,\ p_2 = 7; \quad (XV)$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_2 = 8; \quad (XVI)$$

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 15$.
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (XIV), (XV), (XVI).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 15$.
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (XIV), (XV), (XVI).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 16, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_2 = 8; \quad (XVII)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 3,\ p_2 = 9. \quad (XVIII)$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид (12) и имеет два решения: (XVII), (XVIII).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид (12) и имеет два решения: (XVII), (XVIII).
Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид (12) и имеет два решения: (XVII), (XVIII).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 17, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9; \quad (XIX)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10; \quad (XX)$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11; \quad (XXI)$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет три решения: (XIX), (XX), (XXI).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет три решения: (XIX), (XX), (XXI).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет три решения: (XIX), (XX), (XXI).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет три решения: (XIX), (XX), (XXI).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 18, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11; \quad (XXII)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12; \quad (XXIII)$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет два решения: (XXII), (XXIII).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет два решения: (XXII), (XXIII).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет два решения: (XXII), (XXIII).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет два решения: (XXII), (XXIII).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 19, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (15)$$

Система (15) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12; \quad (XXIV)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13; \quad (XXV)$$

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (15) и имеет два решения: (XXIV), (XXV).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (15) и имеет два решения: (XXIV), (XXV).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (15) и имеет два решения: (XXIV), (XXV).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (15) и имеет два решения: (XXIV), (XXV).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (15) и имеет два решения: (XXIV), (XXV).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 20, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 34. \end{cases} \quad (16)$$

Система (15) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14; \quad (XXVI)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15; \quad (XXVII)$$

Задаваясь $n_2=3,\ n_3=0,\ n_4=2$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_4+p_2=20$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет два решения: (XXVI), (XXVII).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=1,\ n_4=2$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_4+p_2=20$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет два решения: (XXVI), (XXVII).
Задаваясь $n_2=2,\ n_3=2,\ n_4=1$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_4+p_2=20$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет два решения: (XXVI), (XXVII).
Задаваясь $n_2=0,\ n_3=3,\ n_4=1$ получим $n_1=2$, а $p_5+p_4+p_2=20$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет два решения: (XXVI), (XXVII).
Задаваясь $n_2=1,\ n_3=4,\ n_4=0$ получим $n_1=1$, а $p_5+p_4+p_2=20$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет два решения: (XXVI), (XXVII).
При других значениях n_2 и n_3 система (6) не имеет целочисленных решений.
Сведем полученные решения в таблицу 1.

Таблица 1 – Решения, описывающие организацию восьмизвенных ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства пятого вида из *ni* и pk

№ решения	Общее число кинематических пар, p	Решения, описывающие организацию ЗКЦ из ni и pk
1	2	3
1	11	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=6, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=3,\ p_4=7,\ p_2=1;$
2	11	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=6, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=5,\ p_4=4,\ p_2=2;$
3	11	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=6, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=7,\ p_4=1,\ p_2=3;$
4	12	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=2,\ p_4=8,\ p_2=2;$
5	12	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=4,\ p_4=5,\ p_2=3;$
6	12	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=1,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=6,\ p_4=2,\ p_2=4;$
7	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=1,\ p_4=9,\ p_2=3;$
8	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=3,\ p_4=6,\ p_2=4;$
9	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=5,\ p_4=3,\ p_2=5;$
10	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=2,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=1,\ p_4=9,\ p_2=3;$
11	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=2,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=3,\ p_4=6,\ p_2=4;$
12	13	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=2,\ n_3=0,\ n_4=0,\ p_5=5,\ p_4=3,\ p_2=5;$
13	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=1,\ p_5=1,\ p_4=9,\ p_2=4;$
14	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=1,\ p_5=2,\ p_4=7,\ p_2=5;$
15	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=1,\ p_5=4,\ p_4=4,\ p_2=6;$
16	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=5, n_2=0,\ n_3=0,\ n_4=1,\ p_5=6,\ p_4=1,\ p_2=7;$
17	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=1,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=1,\ p_4=9,\ p_2=4;$
18	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=1,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=2,\ p_4=7,\ p_2=5;$
19	14	$n_\tau=1,\ n_0=1,\ n_1=4, n_2=1,\ n_3=1,\ n_4=0,\ p_5=4,\ p_4=4,\ p_2=6;$

Продолжение таблицы 1

1	2	3
20	14	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 6,\ p_4 = 1,\ p_2 = 7;$
21	14	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 9,\ p_2 = 4;$
22	14	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 7,\ p_2 = 5;$
23	14	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 4,\ p_2 = 6;$
24	14	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 6,\ p_4 = 1,\ p_2 = 7;$
25	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_2 = 6;$
26	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 3,\ p_4 = 5,\ p_2 = 7;$
27	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_2 = 8;$
28	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_2 = 6;$
29	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 5,\ p_2 = 7;$
30	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_2 = 8;$
31	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_2 = 6;$
32	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 5,\ p_2 = 7;$
33	15	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_2 = 8;$
34	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_2 = 8;$
35	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 3,\ p_2 = 9;$
36	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_2 = 8;$
37	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 3,\ p_2 = 9;$
38	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_2 = 8;$
39	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 3,\ p_2 = 9;$
40	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_2 = 8;$
41	16	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 3,\ p_2 = 9;$
42	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9;$
43	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10;$
44	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 4,\ n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11;$
45	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9;$
46	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10;$
47	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11;$
48	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9;$
49	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10;$
50	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11;$

Продолжение таблицы 1

1	2	3
51	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9;$
52	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10;$
53	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11;$
54	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 7,\ p_2 = 9;$
55	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_2 = 10;$
56	17	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0,\ p_5 = 5,\ p_4 = 1,\ p_2 = 11;$
57	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11;$
58	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12;$
59	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11;$
60	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12;$
61	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11;$
62	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12;$
63	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11;$
64	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12;$
65	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 5,\ p_2 = 11;$
66	18	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_2 = 12;$
67	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
68	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
69	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
70	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
71	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1,\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
72	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1,\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
73	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
74	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2,\ n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
75	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
76	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0,\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
77	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_2 = 12;$
78	19	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1,\ p_5 = 3,\ p_4 = 3,\ p_2 = 13;$
79	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$
80	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$
81	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1,\ n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$

Окончание таблицы 1

82	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1, n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$
83	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2, n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$
84	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2, n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$
85	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1, n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$
86	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1, n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$
87	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2, n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$
88	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 2, n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$
89	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1, n_2 = 1,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0,\ p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_2 = 14;$
90	20	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 1, n_2 = 1,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0,\ p_5 = 4,\ p_4 = 1,\ p_2 = 15;$

Заключение.

Полученные в результате проведенных исследований решения, представленные в таблице 1, являются основой для построения структурных схем восьмизвенных ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства пятого вида. При этом, необходимо учитывать, что указанные в таблице 1 численные значения n_0, n_1, n_2, n_3, n_4 представляют собой количества, так называемых, виртуальных звеньев, [6]. Для определения реального состава звеньев цепи по сложности необходимо произвести их идентификацию по методике предложенной в работе [7].

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.
6. Степанов А.В. Виртуализация в задачах компьютерного синтеза структур механизмов // Вестник КузГТУ. – 2007. – № 3(61). – С. 47–50.
7. Вовкотруб В.В. Структурный синтез восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого подсемейства первого семейства // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 6. – С. 31–40.

УДК 621.314.2

КОНСТРУКЦИЯ И ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МНОГОФАЗНЫХ КОЛЬЦЕВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

♦♦♦♦♦

DESIGN AND PARAMETER SELECTION OF MULTIPHASE RING TRANSFORMERS WITH ROTATING MAGNETIC FIELD

Атрощенко В.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сингаевский Н.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сараев И.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
antzoo@mail.ru

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

Аннотация. В статье рассматривается порядок выбора параметров и особенности конструирования перспективных элементов систем электроснабжения – кольцевых трансформаторов с вращающимся магнитным полем. На основе разработанных авторами методик расчета оцениваются их параметры, влияющие на качество преобразования электроэнергии и экономическую эффективность.

Ключевые слова: магнитопровод, магнитное поле, трансформатор, число фаз, выпрямитель, фазовый сдвиг.

Atroshchenko V.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Singaevsky N.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Saraev I.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
antzoo@mail.ru

Zaporozhets V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the procedure for selecting parameters and design features of promising elements of power supply systems – ring transformers with a rotating magnetic field. Based on the calculation methods developed by the authors, their parameters affecting the quality of electricity conversion and economic efficiency are estimated.

Keywords: magnetic circuit, magnetic field, transformer, number of phases, rectifier, phase shift.

В целом ряде областей техники, в частности для электропитания потребителей воздушных судов на земле, использующих напряжение постоянного тока, актуальна проблема повышения энергоэффективности, качества напряжения, улучшения массогабаритных характеристик оборудования.

Одним из направлений ее решения является увеличение числа фаз вторичной обмотки, питающей выпрямитель. Это может быть обеспечено за счет использования многофазных кольцевых трансформаторов (МКТ) с вращающимся магнитным полем.

МКТ работает следующим образом. При подключении первичной обмотки МКТ к трехфазной сети в кольцевых магнитопроводах возникает вращающееся магнитное поле (ВМП), которое наводит в многофазной вторичной обмотке систему ЭДС. Эта система отличается высокой симметрией благодаря идентичности параметров катушек вторичной обмотки, что очень трудно обеспечить при использовании других способов формирования многофазной системы ЭДС, например, с помощью нескольких трехфаз-

ных трансформаторов с различными схемами соединения обмоток – звезда, треугольник, зигзаг [1, 2].

Практический интерес представляет конструкция МКТ с ВМП, магнитопровод которого выполнен из четырех одинаковых витых шлифованных с одной стороны колец 1–4 и прямоугольных шихтованных шлифованных по торцам зубцов 5 и собранным так, что два кольца 2 и 3, склеенных между собой нешлифованными сторонами, образуют среднюю часть магнитопровода, а два других кольца 1 и 4, обращенных шлифованными сторонами к средней части магнитопровода, образуют его боковые части, примыкающие к средней части через равноудаленные относительно оси симметрии колец и друг относительно друга по окружности зубцы 5, приклеенные шлифованными торцами к средней и боковым частям магнитопровода и образующие совместно с ними пазы 6 для укладки охватывающих среднюю часть магнитопровода катушек трехфазной первичной 7 и многофазной вторичной 8 обмоток, изолированных от колец средней части и зубцов магнитопровода пазовой изоляцией 9 из диэлектрического материала (рисунки 1, 2).

Пазовая изоляция трансформатора образована двумя расположенными зеркально с обоих торцов средней части магнитопровода одинаковыми литыми деталями 10 и 11, выполненными из диэлектрического материала (например, АВС-пластика) в виде прямого кругового полого цилиндра 12, в стенке которого с одного торца имеется углубление кольцевой формы 13, ширина и глубина которого равна ширине и высоте одного из колец средней части магнитопровода, а с противоположного торца стенки указанного цилиндра расположены радиально взаимно равноудаленные полые прямоугольные параллелепипеды 14 по числу зубцов примыкающих к одному из торцов средней части магнитопровода, ширина, глубина и длина сквозных внутренних отверстий 15 которых соответственно равны ширине, высоте и длине зубцов (рисунки 3, 4). При этом все стенки литых деталей пазовой изоляции имеют одинаковую толщину, необходимую для обеспечения изоляции проводников трехфазной первичной и многофазной вторичной обмоток относительно магнитопровода [3, 4].

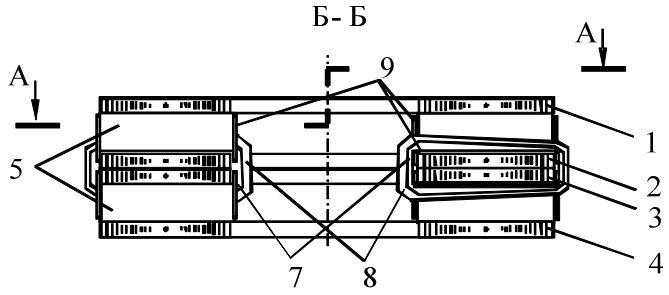


Рисунок 1 – Многофазный трансформатор, разрез по Б-Б на рисунке 6

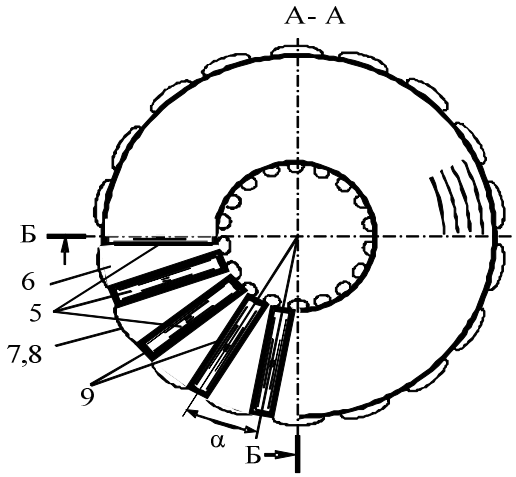


Рисунок 2 – Многофазный трансформатор – вид сверху, разрез по А-А на рисунке 1

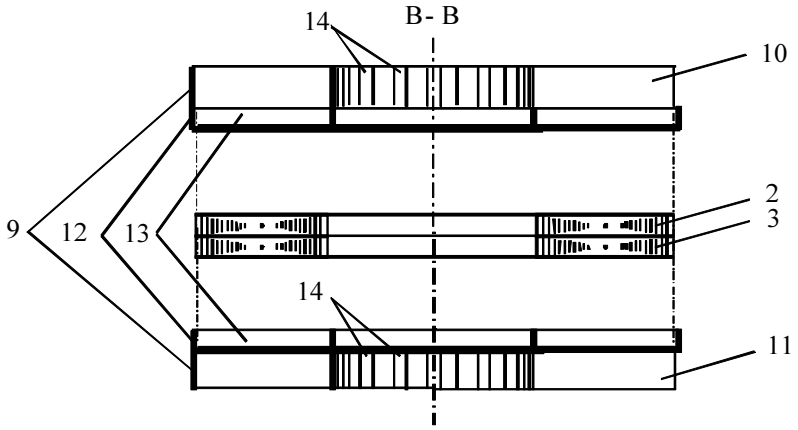


Рисунок 3 – Литые детали пазовой изоляции, устанавливаемые на среднюю часть магнитопровода

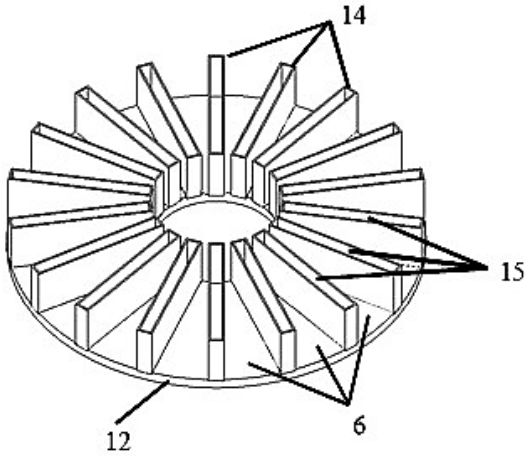


Рисунок 4 – Литая деталь пазовой изоляции 10 и 11 (на рисунке 3), общий вид

Важным параметром, от которого зависит фазность выпрямления, является число фаз вторичной обмотки МКТ с ВМП. Поэтому выбор числа фаз вторичной обмотки МКТ с ВМП целесообразно осуществлять исходя из реальных (возможных) значений показателей качества электроэнергии на входе выпрямителя, особенностей технологии изготовления МКТ с ВМП и требований электроприемников к качеству выпрямленного напряжения.

При сравнении характеристик различных схем выпрямителей обычно используются следующие коэффициенты:

– коэффициент схемы выпрямления:

$$k_{сх} = U_d / U_2; \tag{2}$$

– коэффициент использования вентилей по напряжению и току:

$$k_U = U_{обр.м.} / U_d \ , \ k_I = I_в / I_d \ , \tag{2}$$

где $U_{обр.м.}$ – максимальное обратное напряжение на вентиле; $I_â$ – действующее значение тока, протекающего через вентиль;

– коэффициент использования (превышения расчетной мощности) трансформатора:

$$k_{пр} = S_T / P'_{d\,н} . \tag{3}$$

где $P'_{d\,í}$ – активная мощность на выходе выпрямителя при номинальной нагрузке, которая определяется по выражению:

$$P'_{dн} = \frac{1}{T}\int_0^T u_d i_d dt\,, \tag{4}$$

где T – период повторяемости пульсаций выпрямленного напряжения; u_d, i_d – мгновенные значения выпрямленного напряжения и тока.

Для выпрямителей на основе МКТ характерны следующие схемы соединения его вторичной обмотки:

- комбинированный треугольник;
- комбинированная звезда;
- многолучевая звезда;
- кольцевой многоугольник;
- многоугольник.

В таблице 1 представлены выражения для расчета выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя с девятифазным МКТ при угле управления $\alpha = 0^\circ$.

Таблица 1 – Выпрямленное напряжение ТПС на основе девятифазного МКТ с различными схемами соединения вторичной обмотки при угле управления $\alpha = 0^\circ$

Схема соединения вторичной обмотки МКТ	Выпрямленное напряжение	
	Максимальное значение, U_{dm}	Среднее значение, U_d
Комбинированный треугольник	$U_{dm} = \underline{U}_{2m} = \sqrt{2}\,U_2 = 1{,}41\,U_2$	$1{,}37\,U_2$
Комбинированная звезда	$U_{dm} = \sqrt{3}\,U_{2m} = \sqrt{3}\,\sqrt{2}\,U_2 = 2{,}45\,U_2$	$2{,}38\,U_2$
Многолучевая звезда	$U_{dm} = 2U_{2m}\cos \pi/m_2 =$ $= 2\sqrt{2}\,U_2 \cos \pi/9 = 2{,}65\,U_2$	$2{,}57\,U_2$
Кольцевой многоугольник	$U_{dm} = \frac{U_{2\hat{e}m}}{\sin\frac{\pi}{2m_2}} \cdot \sin\frac{\pi(m_2-1)}{2m_2} = \frac{\sqrt{2}U_2}{\sin\frac{\pi}{2\cdot 9}} \cdot \sin\frac{\pi\cdot 8}{2\cdot 9} =$ $= 4{,}08\,U_2$	$3{,}96\,U_2$
Многоугольник	$U_{dm} = \frac{U_{2m}}{2\sin\frac{\pi}{2m_2}} = \frac{\sqrt{2}U_2}{2\sin\frac{\pi}{2\cdot 9}} = 4{,}15\,U_2$	$4{,}03\,U_2$

В таблице 2 приведены значения перечисленных выше коэффициентов для 9-фазного мостового выпрямителя на основе МКТ с различными схемами соединения вторичной обмоткой, а также для сравнения – 3-фазного мостового выпрямителя.

Таблица 2– Сравнительная характеристика выпрямителей

Выпрямитель	k_{cx}	k_U	k_I	k_{np}
9-фазный мостовой выпрямитель на основе МКТ со вторичной обмоткой, соединенной по схеме:				
– многолучевая звезда;	2,57	1,03	0,25	1,539
– комбинированная звезда;	2,38	1,03	0,25	1,026
– комбинированный треугольник;	1,37	1,03	0,30	1,020
– кольцевой многоугольник;	3,96	1,03	0,40	1,015
– многоугольник	4,03	1,03	0,40	1,034
3-фазный мостовой выпрямитель (схема Ларионова)	2,34	1,05	0,33	1,050

Из анализа таблицы 2 следует, что выпрямитель на основе МКТ в девятифазном его исполнении при одном и том же фазном напряжении вторичной обмотки позволяет получить пять различных уровней выпрямленного напряжения с коэффициентом схемы от 1,37 до 4,03. Кроме того, такие выпрямители по сравнению с обычными трехфазными мостовыми имеют в целом лучшие значения коэффициентов использования вентилей и трансформатора. Причем коэффициент использования вентилей по напряжению во всех схемах с МКТ одинаков, поскольку максимальное обратное напряжение у них равно максимальному значению среднего выпрямленного напряжения. Что касается коэффициента использования вентилей по току, то он также для всех указанных схем практически одинаков и в среднем может приниматься равным 0,25. Это обусловлено тем, что в формировании тока нагрузки одновременно участвуют практически восемь фаз из девяти (в четырех фазах ток имеет положительную полярность, а в других четырех – отрицательную) и 8 вентилей из 18 (четыре вентиля анодной группы и соответствующих им четыре вентиля катодной группы), а форма кривых фазных токов вторичной обмотки, как правило, близка к синусоидальной.

Важным параметром МКТ, от которого зависит фазность выпрямления, а, следовательно, и уровень электромагнитной совместимости (ЭМС) трехфазных преобразователей в составе системы аэродромного электроснабжения (САЭ), является число фаз вторичной обмотки МКТ. Поэтому выбор числа фаз вторичной обмотки МКТ целесообразно осуществлять исходя из реальных (возможных) значений показателей качества электроэнергии на входе силового преобразователя, особенностей технологии изготовления МКТ и требований электроприемников к качеству выпрямленного напряжения, а также к параметрам переходных процессов на выходе выпрямителя.

С целью обеспечения наилучших энергетических показателей процесс изготовления МКТ должен учитывать его конструктивные и технологические особенности. При этом, исходя из опыта производства, МКТ целесообразно изготавливать мощностью не более 20 кВА с числом фаз вторичной обмотки не более пятнадцати.

Выбор числа фаз вторичной обмотки в МКТ напрямую зависит от задач, возлагаемых на МКТ.

Очевидно, что при питании МКТ от трехфазной сети для уменьшения его искажающего воздействия на напряжение питающей сети (повышения уровня ЭМС) и обеспечения высокого качества выпрямленного напряжения число фаз вторичной обмотки МКТ должно быть нечетным и кратным 3:

$$m_2 = m_1 k = 3k,$$

где $k = 3, 5, 7$ – не более, с практической точки зрения), т.е. $m_2 = 9, 15, 21$.

В условиях применения МКТ в составе САЭ оптимальным является 9-ти фазное построение МКТ, в этом случае габаритные размеры ТПС составят 450*450*750 мм [5].

Кроме того, в случае применения 9-ти фазного МКТ число пульсаций выпрямленного напряжения за период напряжения питающей сети равняется 18, что вполне отвечает типовым требованиям к качеству электроэнергии на выходе и входе ТПС при уровне технологии изготовления МКТ сопоставимом с уровнем технологии изготовления традиционных трехфазных трансформаторов.

При проектировании САЭ военного назначения важную роль играет соотношение цены и электрических характеристик на выходе МКТ. Другими словами, при разработке МКТ необходимо добиться минимальной стоимости при сохранении электрических характеристик на заданном уровне.

В связи с тем, что при разработке МКТ может изменяться конструкция МКТ, а именно, изменяться размеры пазов для укладки первичных и вторичных обмоток, сечение стали магнитопроводов и обмоток в каждом пазу, необходимо проводить расчет его электромагнитных параметров.

Такой расчет необходим для определения оптимальной стоимости МКТ.

Эту задачу можно решить путем построения критериальной модели МКТ [6].

$$Ц = Ц_с + Ц_м = k_с V_с \gamma_с C_с + k_м V_м \gamma_м C_м, \quad (5)$$

где $Ц$, $Ц_с$, $Ц_м$, – стоимости активных материалов (общая стоимость, стоимость стали и меди, соответственно); $k_с$ и $k_м$,– коэффициенты заполнения элементов магнитной системы МКТ сталью и поперечного сечения катушек медью; $V_с$ и $V_м$ – объемы магнитопровода (стали) и обмоток (меди); $\gamma_с$ и $\gamma_м$,– плотности стали и меди; $C_с$ и $C_м$ – стоимости 1 кг стали и меди.

При изменении размеров пазов для укладки первичных и вторичных обмоток, сечения стали магнитопроводов и обмоток в каждом пазу будет происходить изменение количества применяемого материала и соответственно будут изменятся затраты на изготовление МКТ.

В качестве примера на рисунке 5 приведены зависимости стоимости (в ценах 2022 года) активных материалов опытного образца МКТ от ширины зубца при толщине пластины 0,3 мм, из анализа которых следует, что выбор ширины зубца существенно влияет на стоимость активных материалов МКТ – график Ц = Ц(bз) имеет явно выраженный минимум при $b_з$ = 10,4 мм.

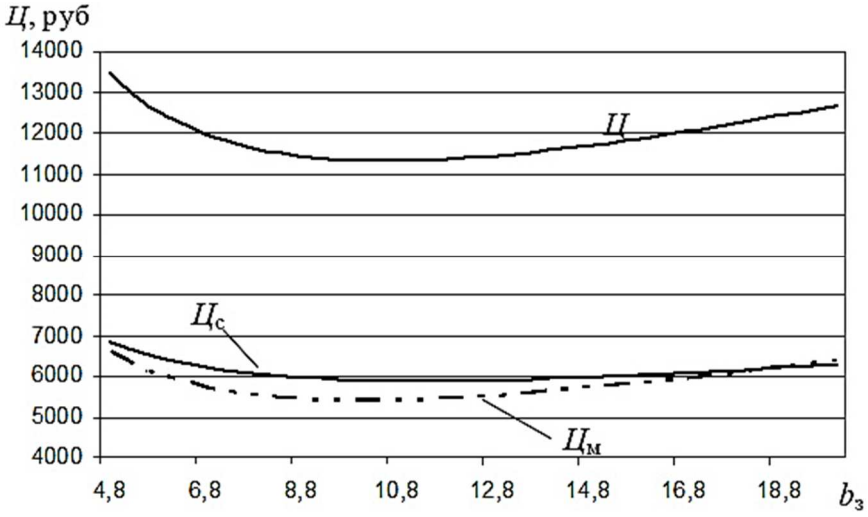


Рисунок 5 – Зависимость стоимости активных материалов МКТ от толщины пластины зубца

За счет использования различных схем соединения многофазной вторичной обмотки МКТ при одном и том же фазном напряжении вторичной обмотки можно получить пять различных уровней выпрямленного напряжения с коэффициентом схемы от 1,37 до 4,03 при практически одинаковых значениях коэффициентов использования вентилей схемы выпрямления.

На рисунке 6 показаны схемы соединения обмоток МКТ: трехфазной первичной обмотки – в звезду и девятифазной вторичной обмотки – в многолучевую звезду, которой соответствует векторная диаграмма напряжений на рисунке 7.

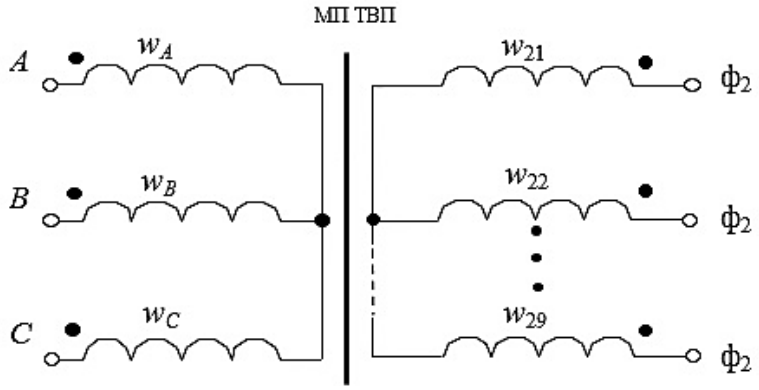


Рисунок 6 – МКТ с трехфазной первичной обмоткой, соединенной в звезду, и девятифазной вторичной обмоткой, соединенной в многолучевую звезду

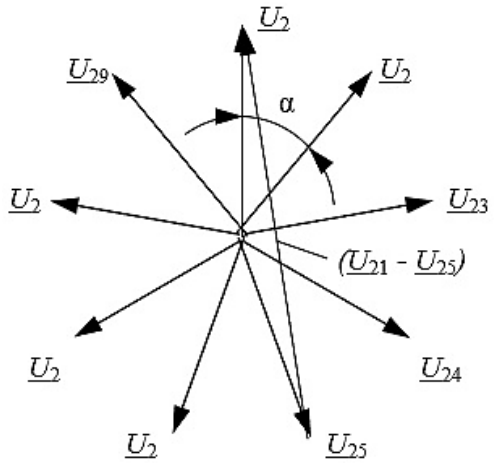


Рисунок 7 – Векторная диаграмма напряжений девятифазной вторичной обмотки МКТ, соединенной в многолучевую звезду

Из представленной векторной диаграммы следует, что при соединении вторичной обмотки МКТ в многолучевую звезду фазные напряжения имеют фазовый сдвиг друг относительно друга на угол кратный:

$$\alpha = 2\pi / m_2 = 40^\circ .$$

При этом, в отличие от трехфазной звезды, где определенному значению фазного напряжения соответствует вполне определенное значение линейного напряжения (например, фазному напряжению 220 В соответствует линейное напряжение 380 В), в многолучевой звезде по отношению к различным сочетаниям фазных напряжений имеют место несколько междуфазных (линейных) напряжений, количество которых при фиксировании одной из фаз вторичной обмотки равно:

$$l = \frac{m_2 - 1}{2}.$$

В частности, для рассматриваемого случая, когда $l = 4$, линейные напряжения при фиксированной первой фазе будут представлены множеством: $|\underline{U}_{21} - \underline{U}_{22}| = |\underline{U}_{21} - \underline{U}_{22}|$, $|\underline{U}_{21} - \underline{U}_{23}| = |\underline{U}_{21} - \underline{U}_{28}|$, $|\underline{U}_{21} - \underline{U}_{24}| = |\underline{U}_{21} - \underline{U}_{27}|$ и $|\underline{U}_{21} - \underline{U}_{25}| = |\underline{U}_{21} - \underline{U}_{26}|$. Очевидно, что максимальными из перечисленных линейных напряжений будут $|\underline{U}_{21} - \underline{U}_{25}| = |\underline{U}_{21} - \underline{U}_{26}|$.

Кроме многолучевой звезды вторичные обмотки могут быть соединены в многоугольник, комбинированную звезду, комбинированный треугольник, кольцевой многоугольник. Эти схемы также имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при разработке МКТ с ВМП в зависимости от его функционального назначения [7].

Полученные аналитические зависимости позволяют рассчитать все геометрические и конструктивные параметры МКТ, необходимые для выполнения проектно-конструкторских работ при подготовке к производству силовых преобразователей различного назначения.

Список литературы:

1. Зиновьев Г.С. Электромагнитная совместимость устройств силовой электроники. – Новосибирск : НГТУ, 1998.
2. Размадзе Ш.М. Преобразовательные схемы и системы. – М. : ВШ, 1967. – 527 с.
3. Патент на полезную модель № 1818712, РФ. Многофазный трансформатор /С.Ю. Герасимов, А.В. Масенко, Н.А. Суртаев, Н.А. Сингаевский, А.Е. Церковный, А.В. Мильчевич. – 2018.
4. Патент на изобретение № 2125749, РФ. Многофазный агрегатированный трансформатор / В.А. Атрощенко, Б.Х. Гайтов, Ф.И. Жуков, Н.А. Сингаевский, Ю.А. Суртаев. – 1999.

5. Сингаевский Н.А. Оптимизация геометрических параметров трансформатора с вращающимся магнитным полем. Технические и технологические системы / Н.А. Сингаевский, А.Е. Церковный // Материалы международной научной конференции. – Краснодар : «КубГАУ», 2009.
6. Сингаевский Н.А. Оптимизация геометрических параметров трансформатора с вращающимся магнитным полем. Технические и технологические системы / Н.А. Сингаевский, А.Е. Церковный // Материалы международной научной конференции. – Краснодар : «КубГАУ», 2009.
7. Схемы соединения обмоток трансформатора с вращающимся магнитным полем и рекомендации по их применению в многофазных выпрямителях / А.Г. Кудряков, Н.А. Сингаевский, Н.А. Суртаев, А.Е. Церковный, А.В. Масенко // Журнал «Сельский механизатор», №11, 2018. С. 38–39. – 48 с.

УДК 621.01

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ НЕАССУРОВЫХ ВОСЬМИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ТРЕТЬЕГО ВИДА

♦♦♦♦♦

STRUCTURAL SYNTHESIS OF NON-ASSURIAN EIGHT-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOVABLE LINKS OF THE FIRST FAMILY OF THE THIRD TYPE

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Цель исследования: развитие метода структурного синтеза замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев на неассуровы подсемейства первого семейства. Задачи: на основе универсальной структурной системы замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства, определить состава решений, описывающих организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев неассуровых подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи, равной трем, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи, равном восьми. Используя полученные данные, рассмотреть на конкретном примере процесс построения структурных схем неассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства третьего вида. Методы исследования: метод структурного синтеза замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства, теория множеств и комбинаторика, виртуализация, идентификация и кодирование, теория графов. Новизна работы: раскрыты особенности применения универсальной структурной системы для определения состава восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев неассуровых подсемейств первого семейства. На конкретном примере, рассмотрен процесс построения структурных схем, восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев неассуровых подсемейств первого семейства. Результаты исследования: найдены сочетания кинематических пар и звеньев, позволяющие построить все возможные структурные схемы восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев неассуровых подсемейств первого семейства при заданных параметрах.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пар.

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The purpose of the study is to develop a method for the structural synthesis of closed kinematic chains of movable links non-assurovs subfamilies the first family. Tasks: based on the universal structural system of closed kinematic chains of moving links of the first family, to determine the composition of solutions describing the organization of closed kinematic chains of moving links of non-assurovs subfamilies of the first family with the complexity of the basic chain link equal to three, the mobility of the chain equal to six and the total number of chain links equal to eight. Using the data obtained, we can use a specific example to consider the process of constructing structural schemes of non-assurovs eight-link closed kinematic chains of moving links of the first family of the third type. Research methods: the method of structural synthesis of closed kinematic chains of moving links of the first family, set theory and combinatorics, virtualization, identification and coding, graph theory. The novelty of the work: the features of the application of a universal structural system for determining the composition of eight-link closed kinematic chains of moving links of non-assurovs subfamilies of the first family are revealed. Using a specific example, the process of constructing structural schemes, eight-link closed kinematic chains of moving links of non-assurian subfamilies of the first family is considered. Research results: combinations of kinematic pairs and links have been found that make it possible to construct all possible structural schemes of eight-link closed kinematic chains of moving links of non-assurovs subfamilies of the first family with specified parameter.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение.

Метод создания многозвенных плоских механизмов М. Грюблера [1, 2] получил широкое распространение в западных странах [3, 4, 5].

Метод разработан М. Грюблером для плоских цепей, и до настоящего времени, не получил принципиального развития на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства.

В работе [6] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [7,8] для развития метода М. Грюблера на ЗКЦ первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В работе [9], показаны особенности применения универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства для определения состава ассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства для определения состава неассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства при сложности базисного звена цепи равной трем, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном восьми.

На конкретном примере покажем порядок применения полученных решений для синтеза структурных схем неассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [6]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

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) поочередно на формулы подвижности неассуровых подсемейств ЗКЦ данного семейства, при $\tau = 3$, получим исходные системы уравнений по подсемействам для неассуровых ЗКЦ первого семейства третьего вида:

Девятое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(9)} = 5n_ц - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6. \end{cases} \quad (2)$$

Десятое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(10)} = 5n_ц - 3p_4 - 2p_3 = 6. \end{cases} \quad (3)$$

Одиннадцатое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(11)} = 5n_ц - 3p_4 - p_2 = 6. \end{cases} \quad (4)$$

Двенадцатое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{ЦI1(12)} = 5n_ц - 3p_4 = 6. \end{cases} \quad (5)$$

Тринадцатое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{ЦI1(13)} = 5n_ц - 2p_3 - p_2 = 6. \end{cases} \quad (6)$$

Четырнадцатое подсемейство:

$$\begin{cases} p = 3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_2 + n_1, \\ W_{ЦI1(6)} = 5n_ц - 2p_3 = 6. \end{cases} \quad (7)$$

Системы уравнений (2–7) позволяют находить все возможные структуры неассуровых ЗКЦ первого семейства третьего вида для заданных значений $n_ц$.

Рассмотрим решения систем уравнений (2–7) для значений $n_ц = 8$.

Девятое подсемейство:

Решение системы (2) сводится к отысканию параметров p_4, p_3, p_2 и n_i.

Для девятого подсемейства: $p_4 \neq 0$, $p_3 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

При $n_ц = 8$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 + p_2 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 3p_4 + 2p_3 + p_2 = 34, \end{cases} \quad (8)$$

Система уравнений (8) не имеет целочисленных решений.

Десятое подсемейство:

Решение системы (3) сводится к отысканию параметров p_4, p_3 и n_i.

Для десятого подсемейства: $p_4 \neq 0$, $p_3 \neq 0$.

При $n_ц = 8$ система уравнений (3) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_3 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 3p_4 + 2p_3 = 34, \end{cases} \quad (9)$$

Решение системы уравнений (9) приведено в таблице 1, № 1.

Одиннадцатое подсемейство:

Решение системы (4) сводится к отысканию параметров p_4, p_2 и n_i.

Для одиннадцатого подсемейства: $p_4 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

При $n_ц = 8$ система уравнений (4) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 + p_2 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 3p_4 + p_2 = 34, \end{cases} \quad (10)$$

Решение системы уравнений (10) приведено в таблице 1, № 2.
Двенадцатое подсемейство:
Решение системы (5) сводится к отысканию параметров p_4 и n_i.

При $n_ч = 8$ система уравнений (5) примет вид:

$$\begin{cases} p_4 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 3p_4 = 34, \end{cases} \quad (11)$$

Система уравнений (11) не имеет целочисленных решений.
Тринадцатое подсемейство:
Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_3, p_2 и n_i.

Для тринадцатого подсемейства: $p_3 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

При $n_ч = 8$ система уравнений (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_3 + p_2 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 2p_3 + p_2 = 34, \end{cases} \quad (12)$$

Система уравнений (12) не имеет целочисленных решений.
Четырнадцатое подсемейство:
Решение системы (7) сводится к отысканию параметров p_3 и n_i.

Для четырнадцатого подсемейства: $p_3 \neq 0$.

При $n_ч = 8$ система уравнений (7) примет вид:

$$\begin{cases} p_3 = 9 + n_2, \\ n_1 = 6 - n_2, \\ 2p_3 = 34, \end{cases} \quad (13)$$

Система уравнений (13) не имеет целочисленных решений.

Таблица 1 – Решения, описывающие организацию неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида

№ решения	Общее число кинематических пар, p	Решения, описывающие организацию ЗКЦ из n_i и p_k
Десятое подсемейство		
1	12	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ p_4 = 10,\ p_3 = 2;$
Одиннадцатое подсемейство		
2	12	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ p_4 = 11,\ p_2 = 1;$

При построении структурных схем ЗКЦ на основе данных таблицы 1, необходимо учитывать, что в таблице указано количество виртуальных звеньев, сложность которых отождествляется с числом кинематических пар, привносимых звеном в кинематическую цепь [10, 11].

Для идентификации виртуальных звеньев ЗКЦ, используем теорему Эйлера для графов [12, 13], которая гласит: сумма степеней вершин графа равна удвоенному количеству его ребер.

По отношению к ЗКЦ теорему Эйлера можно представить в виде следующего уравнения [14]:

$$2p=\sum_{j=2}^{\tau} jn_j . \qquad (14)$$

где p – общее число кинематических пар ЗКЦ; n_j – количество j – парных звеньев.

Результаты идентификации виртуальных звеньев представлены в таблице 2.

Таблица 2 –Состав реальных звеньев неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида

Общее число звеньев цепи, $n_ц$	Общее число кинематических пар цепи, p	Состав звеньев цепи	
		3-х парные	2-х парные
8	12	8	0

Как видно из таблицы 2, неассуровы восьмизвенные ЗКЦ первого семейства третьего вида реально могут быть образованы только при соединении восьми трехпарных звеньев двенадцатью кинематическими парами.

В таблице 3 приведены возможные варианты сочетаний кинематических пар и реальных звеньев для построения структурных схем неассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства третьего вида.

Таблица 3 – Состав неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида

№ п/п	Общее число кинематических пар цепи, p	Общее число звеньев цепи, $n_ц$	Количество звеньев		Решения, описывающие организацию ЗКЦ из n_i и p_k
			3-х парн.	2-х парн.	
Десятое подсемейство					
1	12	8	8	0	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ p_4 = 10,\ p_3 = 2;$
Одиннадцатое подсемейство					
2	12	8	8	0	$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ p_4 = 11,\ p_2 = 1;$

Полученные в результате проведенных исследований решения, представленные в таблице 3, являются основой для построения структурных схем неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида и позволяют находить все возможные структурные схемы данных цепей при заданных параметрах.

Пример синтеза структурных схем неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида

Рассмотрим на конкретном примере особенности структурного синтеза неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида на основе решений, приведенных в таблице 3.

Пусть требуется построить структурную схему неассуровой восьмизвенной ЗКЦ десятого подсемейства по заданным параметрам:

$$\tau = 3,\ n_ц = 8,\ p = 12.$$

Для такой ЗКЦ в таблице 3 имеется решение под № 1:

$$n_\tau = 1,\ n_0 = 1,\ n_1 = 3,\ n_2 = 3,\ p_4 = 10,\ p_3 = 2;$$

Состав звеньев ЗКЦ по сложности: восемь трехпарных звеньев.

Синтез структурной схемы ЗКЦ проведем в три этапа [14]:

На первом этапе, строим структурную схему восьмизвенной ЗКЦ с виртуальными кинематическими парами. Структурная схема данной ЗКЦ приведена на рисунке 1.

Квадратами на схеме показаны связи – виртуальные кинематические пары. Цифра внутри квадрата – порядковый номер виртуальной пары.

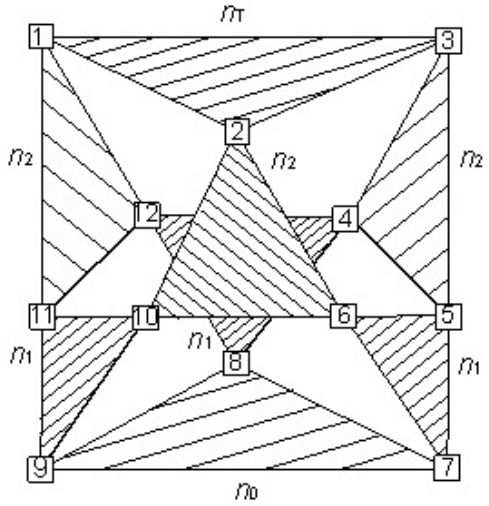


Рисунок 1 – Структурная схема восьмизвенной ЗКЦ с виртуальными кинематическими парами

На втором этапе, производим замену, виртуальных кинематических пар на кинематические пары четвертого и третьего классов, в количествах $p_4 = 10,\ p_3 = 2.$

Для определения количества R возможных вариантов расстановки кинематических пар четвертого и третьего класса на местах расположения виртуальных пар используем известную из комбинаторики формулу [15], которая для нашего случая имеет вид:

$$R = \frac{p!}{p_3! \times p_4!}. \qquad (15)$$

Подставив в формулу (15) значения $p = 12,\ p_4 = 10,\ p_3 = 2,$ получим общее количество вариантов расстановки кинематических пар $R = 66$.

В таблице 4, показаны все 66 вариантов расстановки кинематических пар, каждый вариант имеет свой номер и код из 12 цифр, цифра «3» кода соответствует кинематической паре третьего класса, а цифра «4» четвертого.

Таблица 4 – Варианты расстановки кинематических пар P_3 и P_4 на схемах

№	Код	№	Код	№	Код
1	2	3	4	5	6
1	334444444444	23	443434444444	45	444434444443
2	343444444444	24	443443444444	46	444443344444
3	344344444444	25	443444344444	47	444443434444
4	344434444444	26	443444434444	48	444443443444
5	344443444444	27	443444443444	49	444443444344
6	344444344444	28	443444444344	50	444443444434
7	344444434444	29	443444444434	51	444443444443
8	344444443444	30	443444444443	52	444444334444
9	344444444344	31	444334444444	53	444444343444
10	344444444434	32	444343444444	54	444444344344
11	344444444443	33	444344344444	55	444444344434
12	433444444444	34	444344434444	56	444444344443
13	434344444444	37	444344443444	57	444444433444
14	434434444444	36	444344444344	58	444444434344
15	434443444444	37	444344444434	59	444444434434
16	434444344444	38	444344444443	60	444444434443
17	434444434444	39	444433444444	61	444444443344

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
18	434444443444	40	444434344444	62	444444443434
19	434444444344	41	444434434444	63	444444443443
20	434444444434	42	444434443444	64	444444444334
21	434444444443	43	444434444344	65	444444444343
22	443344444444	44	444434444434	66	444444444433

В результате замены виртуальных кинематических пар в структурной схеме ЗКЦ, изображенной на рисунке 1, кинематическими парами четвертого и третьего класса, можно получить 66 вариантов структурных схем ЗКЦ с условными классами кинематических пар.

На рисунке 2, приведена структурная схема восьмизвенной ЗКЦ десятого подсемейства первого семейства третьего вида, полученной в результате замены виртуальных пар в схеме, изображенной на рисунке 1, на условные классы кинематических пар, в соответствии с вариантом размещения № 1 таблицы 4.

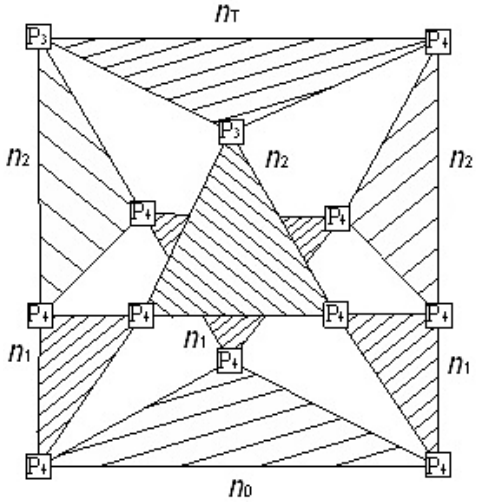


Рисунок 2 – Структурная схема восьмизвенной ЗКЦ десятого подсемейства первого семейства третьего вида с условными классами кинематических пар, разрешенными к применению

На третьем этапе, выбираем пространство функционирования цепи ВПВПП и заменяя в структурной схеме ЗКЦ, изображенной на рисунке 2, условные классы кинематические пар на виды технически реализуемых, получаем структурную схему восьмизвенной ЗКЦ десятого подсемейства первого семейства третьего вида, приведенную на рисунке 3, из которой путем остановки одного из звеньев, могут образовываться неассуровы одноподвижные восьмизвенные механизмы первого семейства.

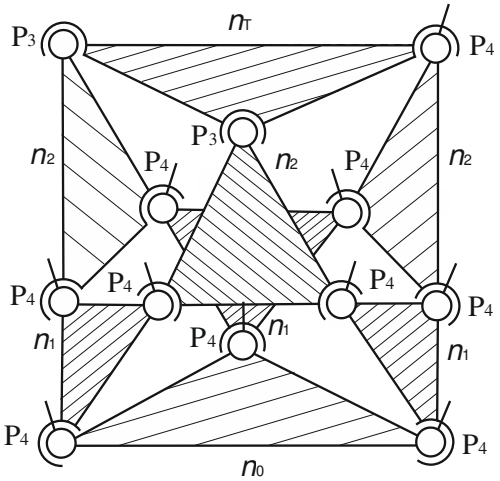


Рисунок 3 – Структурная схема неассуровой восьмизвенной ЗКЦ десятого подсемейства первого семейства третьего вида

Заключение

В данной работе, на основе универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства, определен состав решений, описывающих организацию восьмизвенных ЗКЦ неассуровых подсемейств первого семейства при сложности базисного звена цепи, равной трем и подвижности цепи равной шести. Найдены сочетания кинематических пар и звеньев, позволяющие построить все возможные структурные схемы восьмизвенных ЗКЦ неассуровых подсемейств первого семейства, при заданных параметрах. На конкретном примере, рассмотрен порядок применения полученных решений при построении структурных схем неассуровых восьмизвенных ЗКЦ первого семейства третьего вида. Получена структурная схема восьмизвенной замкнутой кинематической цепи подвижных звеньев десятого подсемейства первого семейства третьего вида, из которой путем остановки одного из звеньев, могут образовываться неассуровы одноподвижные восьмизвенные механизмы первого семейства.

Список литературы:

1. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwanglaufigen ebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.
2. 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.
3. Пейсах Э.Е. Проблема изоморфизма структур и идентификационный структурный код для замкнутых кинематических цепей // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – СПб., 2008. – № 15. – С. 40–46.
4. Butcher E.A. Efficient enumeration and hierarchical classification of planar simple-jointed kinematic chains: Application to 12-and 14-bar single degree-of-freedom chains / E.A. Butcher, C. Hartman // Mechanism and Machine Theory. – 2005. – Vol. 40. – № 9. – P. 1030–1050.
5. Федоров А.И. К вопросу о полном составе восьмизвенных плоских цепей Грюблера / А.И. Федоров, Л.Т. Дворников // МашиноСтроение. – Новокузнецк, 2010. – № 20. – С. 45–51.
6. 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.
7. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов : учеб. пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.
8. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов. – Новокузнецк : Машиностроение, 2011. – № 21. – С. 4–37.
9. Вовкотруб В.В. Структурный синтез ассуровых восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев первого семейства четвертого вида // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 7. – С. 11–21.
10. Степанов А.В. Виртуализация в задачах компьютерного синтеза структур механизмов // Вестник КузГТУ. – 2007. – № 3(61). – С. 47–50.
11. Степанов А.В. Развитие алгоритмов расчета состава кинематических цепей // Вестник КузГТУ. – 2014. – № 4(104). – С. 57–60.
12. Харари, Ф. Теория графов. – М. : Мир, 1973. – 300 с.
13. Домнин Л.Н. Элементы теории графов.– Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. – 139 с.
14. Вовкотруб В.В. Структурный синтез восьмизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев четвертого подсемейства первого семейства // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 6. – С. 31–40.
15. Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика / Д.А. Андерсон; Пер. с англ. – М. : Вильямс, 2004. – 960 с.

УДК 621.314.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АЭРОДРОМНЫХ СИЛОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТОКА С МНОГОФАЗНЫМ КОЛЬЦЕВЫМ ТРАНСФОРМАТОРОМ

♦♦♦♦♦

EXPERIMENTAL STUDIES OF ELEMENTS OF AIRFIELD POWER CURRENT CONVERTERS WITH A MULTIPHASE RING TRANSFORMER

Атрощенко В.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сингаевский Н.А.
доктор технических наук,
профессор,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Сараев И.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
antzoo@mail.ru

Черный Р.Р.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Рассматриваются методика и результаты экспериментальных исследований элементов силовых преобразователей тока, построенных на основе многофазных кольцевых трансформаторов. Делается вывод о преимуществах такого решения для повышения качества и эффективности работы аэродромных выпрямителей.

Ключевые слова: многофазный кольцевой трансформатор, вращающееся магнитное поле, управляемый выпрямитель, коэффициент мощности, фаза, вторичная обмотка.

Atroshchenko V.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School,
kvvaul@mil.ru

Singaevsky N.A.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Saraev I.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
antzoo@mail.ru

Cherniy R.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The methodology and results of experimental studies of elements of power current converters based on multiphase ring transformers are considered. The conclusion is made about the advantages of such a solution for improving the quality and efficiency of airfield rectifiers.

Keywords: multiphase ring transformer, rotating magnetic field, controlled rectifier, power factor, phase, secondary winding.

В настоящее время с учетом перспективных разработок в области электромагнитных преобразователей нового поколения и силовой электроники аэродромные выпрямители могут быть реализованы в многофазном исполнении на основе многофазных кольцевых трансформаторов (МКТ) с вращающемся магнитным полем (ВМП), что позволит улучшить такие их технические характеристики, как коэффициент мощности, коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения и коэффициент полезного действия [1, 2, 3].

Для оценки преимуществ силовых преобразователей с МКТ по сравнению с аналогами и подтверждения теоретических положений о возможности улучшения уровня электромагнитной совместимости силовых полупроводниковых преобразователей трехфазного переменного тока в постоянный в штатных системах аэродромного электроснабжения [4, 5] была разработана и изготовлена физическая модель данного преобразователя на основе девятифазного МКТ, процесс изготовления, фрагменты конструкции и общий вид которого представлены на рисунках 1 а, б, в, г.



Рисунок 1 – Физическая модель девятифазного МКТ:
а) кольцевой магнитопровод с зубцами; б) пазовая 3-D изоляция;
в) пазовая 3-D изоляция на кольцевом магнитопроводе; г) МКТ в сборе

Экспериментальные исследования физической модели силового преобразователя с МКТ, общий вид которой представлен на рисунке 2, проводились на испытательном стенде, структурная схема которого показана на рисунке 3, с использованием микропроцессорного блока измерения и контроля параметров (МП БИКП), показанного на рисунках 4.

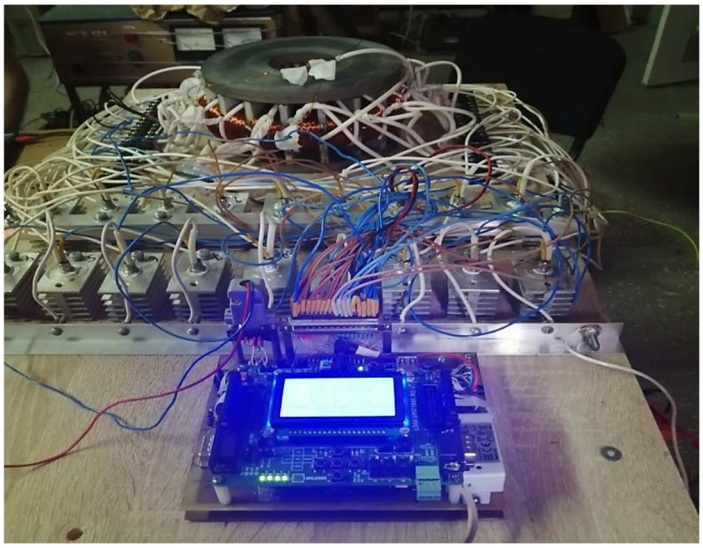


Рисунок 2 – Физическая модель девятифазного преобразователя с МКТ

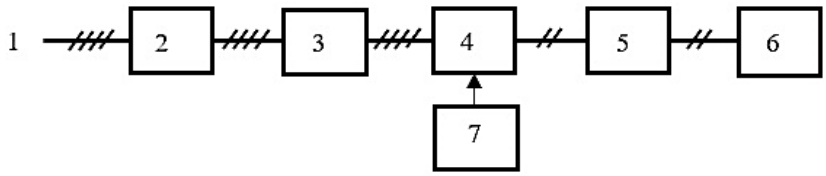


Рисунок 3 – Структурная схема испытательного стенда

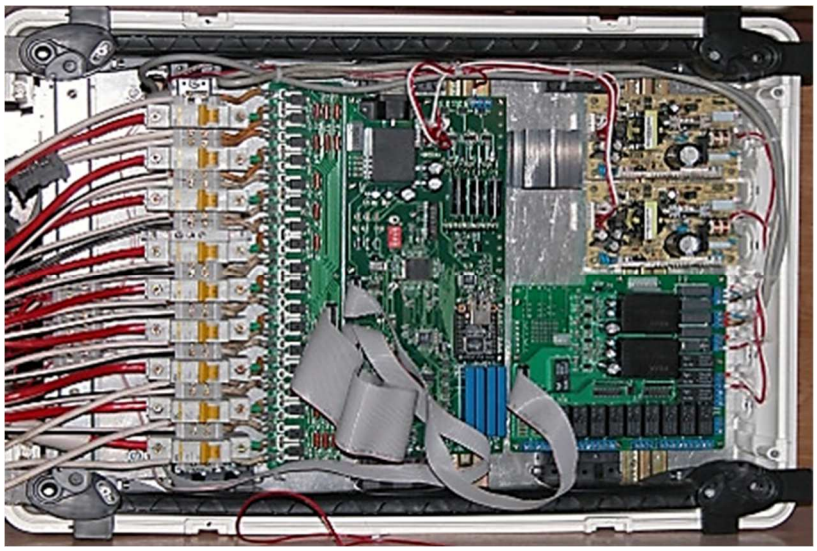


Рисунок 4 – Микропроцессорная система измерения и контроля параметров ТПС с МКТ

Напряжение питания от трехфазной сети 1 (рисунок 3) по четырехпроводной линии поступает на трехфазный регулируемый автотрансформатор 2, с выхода которого через измерительный комплекс 3 переменного тока напряжение подается на исследуемый выпрямитель 4, электроэнергия с выхода которого через измерительный комплекс 5 выпрямленного тока поступает в нагрузку 6. Четырехканальный цифровой запоминающий осциллограф 7 используется для регистрации мгновенных значений токов и напряжений в различных точках электрической цепи стенда.

В состав измерительного комплекса 3 переменного тока входит комплект щитовых цифровых измерительных приборов типа С3020, обеспечивающих оперативный контроль параметров рабочего режима стенда, и прибор для измерения показателей качества электроэнергии типа Ресурс-UF2M. Данный прибор использовался для регистрации с требуемой точностью напряжений, токов, активных и реактивный мощностей в трехфазной цепи, усредненных за 0,16 с. Параллельно регистрировался гармонический состав токов и напряжений.

Согласование приборов С3020 с напряжениями и токами питающей сети обеспечивается с помощью измерительных трансформаторов напряжения и тока. Ресурс-UF2M по каналам напряжения подключается к сети 0,4 кВ непосредственно, а по каналам тока – через токоизмерительные клещи, входящие в состав комплекта.

Измерительный комплекс 5 выпрямленного тока включает в себя универсальный цифровой измерительный прибор типа РС510 действующего значения в режиме милливольтметра с шунтом 30 А, 75 мВ, токоизмерительные клещи типа APPA A18 Plus и вольтметр действующего значения типа Э544. Данные приборы имеют класс точности не хуже 0,5.

Для осциллографирования токов и напряжений в элементах ТПС использовался четырехканальный цифровой запоминающий осциллограф АСК-3117, сопряженный с персональным компьютером и МП БИКП.

В качестве статической нагрузки ТПС применялся балластный реостат, который обеспечивал ступенчатое изменение сопротивления нагрузки.

Основные результаты экспериментальных исследований при включении силового преобразователя с МКТ на активную статическую нагрузку представлены на осциллограммах токов в фазах вторичной обмотки МКТ (рисунок 5). Важнейшим результатом, вытекающим из анализа осциллограмм, является то, что в формировании выходного

тока преобразователя с МКТ одновременно участвует несколько фаз вторичной обмотки МКТ. Естественно, при этом одновременно находятся в открытом состоянии по несколько соответствующих тиристоров в анодной и катодной группах блока управляемых вентилей (БУВ).

Так, например, в момент времени t_1 ток нагрузки формируется всеми фазами, кроме шестой, так, что через фазы 2…5 вторичной обмотки токи протекают в положительном направлении, а через фазы 1, 7…9 – в отрицательном.

По первому закону Кирхгофа ток нагрузки по величине равен сумме положительных (или отрицательных) фазных токов.

К моменту времени t_2 фазы 2 и 7 выключаются из работы, а фаза 6 начинает проводить ток в положительном направлении. В дальнейшем отключается фаза 3 и начинает проводить ток в отрицательном направлении фаза 2.

Таким образом, за один период питающего напряжения каждая из фаз вторичной обмотки МКТ обтекается обеими полуволнами тока – положительной и отрицательной. При этом каждая из полуволн может наблюдаться одновременно в трех-четырех фазах. Например, в момент времени t_1 и положительной, и отрицательной полуволнами обтекается по 4 фазы, а в момент времени t_2 положительной полуволной обтекается 4 фазы и отрицательной –3 фазы.

Совместная работа тиристоров анодной группы БУВ и фаз вторичной обмотки может быть рассмотрена на примере четвертой фазы этой обмотки – осциллограммы i_{24} и u_{VS4A} на рисунке 5. Анод тиристора VS4A при осциллографировании был подключен к общему входу четырехканального осциллографа, поэтому положительной полуволне тока i_{24} в четвертой фазе соответствует отрицательное напряжение u_{VS4A} на тиристоре VS4A. По величине оно равно падению напряжения на этом тиристоре при протекании по нему прямого тока.

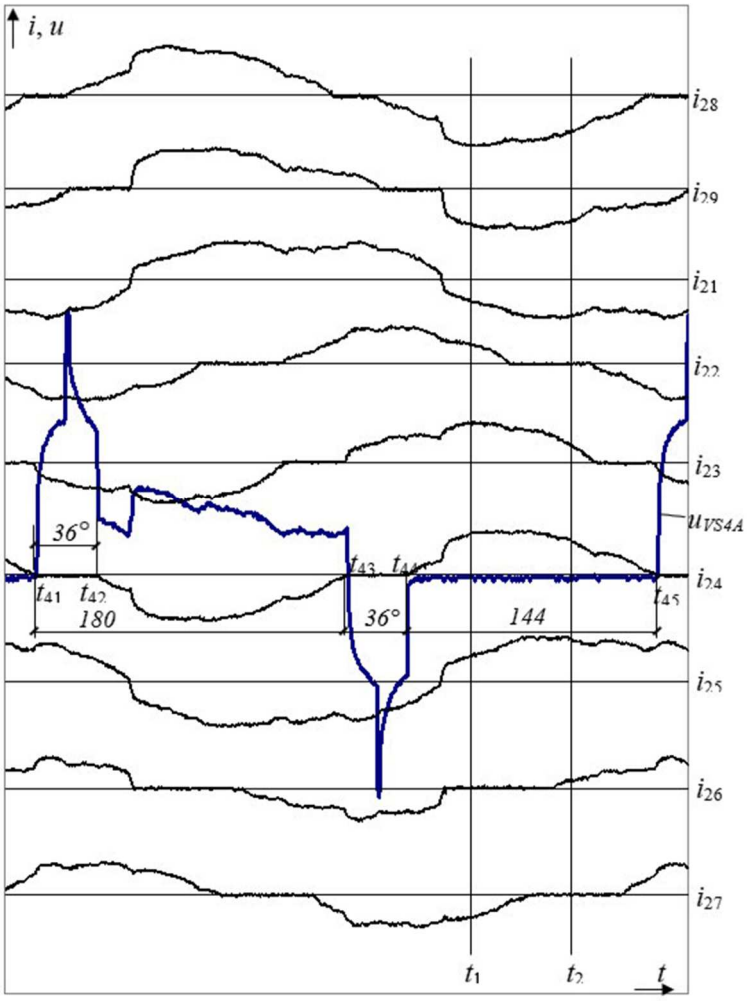


Рисунок 5 – Осциллограммы фазных токов вторичной обмотки МКТ и напряжения на тиристоре VS4 анодной группы БУВ

Из осциллограммы напряжения u_{VS4A} следует, что в работе тиристора VS4A можно выделить четыре этапа.

На первых двух этапах (им соответствует отрезок времени t_{41}, t_{43} и угол 180°) тиристор закрыт, так как к нему приложено обратное напряжение. При этом закрывание тиристора происходит в момент времени t_{41} после уменьшения, протекающего через него тока (ток i_{24}) ниже уровня тока удержания, то есть, практически до нуля.

При этом первый этап (ему соответствуют отрезок времени t_{41}, t_{42} и угол 36°) характерен тем, что ток в фазе 4 отсутствует, а обратное напряжение на тиристоре равно сумме ЭДС этой фазы и напряжения на нагрузке. Этап заканчивается в момент времени t_{42} после включения фазы 4 в работу через открывшийся по команде системы управления тиристор катодной группы. ЭДС фазы 4 уменьшается до ее напряжения, обуславливая снижение обратного напряжения на тиристоре VS4A. Величина перепада обратного напряжения значительна в силу того, что велико полное внутреннее сопротивление фаз вторичной обмотки, прежде всего – за счет индуктивной составляющей рассеяния. Дальнейшие изменения обратного напряжения вызваны открыванием других тиристоров катодной группы.

Окончание второго этапа (момент времени t_{43}) совпадает с уменьшением до нуля отрицательной полуволны тока i_{24} за счет уменьшения до нуля ЭДС четвертой фазы.

На третьем этапе (ему соответствует отрезок времени t_{43}, t_{44} и угол 36° во второй половине периода) к тиристору прикладывается уже прямое напряжение, но он остается закрытым до появления на его управляющем электроде импульса от системы управления. С приходом этого импульса в момент времени t_{44} начинается четвертый этап работы тиристора – он открывается и напряжение на нем падает примерно до 1 В. Запирание тиристора происходит в момент времени t_{45} в результате естественной коммутации после уменьшения до нуля ЭДС четвертой фазы.

Таким образом, совместная работа вторичной обмотки МКТ и тиристоров БУВ существенно отличается от работы «классических» многофазных мостовых управляемых выпрямителей, где формирование выпрямленного тока через нагрузку обеспечивается, как правило, двумя фазами вторичной обмотки и двумя вентилями.

При одновременном участии в формировании выпрямленного тока нескольких тиристоров нагрузка на каждый из них уменьшается. Как показали измерения, действующее значение тока, протекающего через каждый из девяти тиристоров анодной группы БУВ, составляет в среднем 1/9 от тока на выходе ТПС с МКТ. Осциллограммы на рисунке 5 подтверждают, что тиристоры катодной группы находятся в аналогичных условиях. Это значит, что действующее значение тока в каждой фазе вторичной обмотки может быть принято равным $\sqrt{2}/9$ от выпрямленного тока. Подобное распределение нагрузки между тиристорами БУВ и фазами вторичной обмотки МКТ дает возможность выбирать эти элементы на меньшие значения тока и, кроме того, обеспечивает более эффективное использование активных материалов МКТ.

Имеющиеся на осциллограмме напряжения u_{VS4A} всплески и провалы обусловлены коммутационными процессами в фазах вторичной обмотки, которые связаны между собой как индуктивно, так и гальванически. Различную длительность полуволн тока в разных фазах вторичной обмотки можно объяснить работой системы управления в условиях, когда напряжения питающей сети и ЭДС вторичной обмотки МКТ не полностью удовлетворяют требованиям симметрии.

Важной особенностью работы МКТ в составе ТПС является и тот факт, что в токах всех фаз вторичной обмотки доминирует первая гармоническая составляющая. За счет этого кривые фазных токов первичной обмотки МКТ по форме приближаются к синусоиде – рисунок 6, что обусловливает меньшие искажения кривой напряжения источника соизмеримой мощности.

Следует отметить, что наблюдаемые на осциллограмме выпрямленного напряжения u_d (рисунок 6) увеличения амплитуды каждой третьей пульсации вызваны большими значениями магнитного потока в пазах магнитопровода, которые соответствуют средним катушкам в фазах первичной обмотки. При этом уровень пульсаций напряжения на выходе девятифазного выпрямителя оказывается незначительным – не более 3 %.

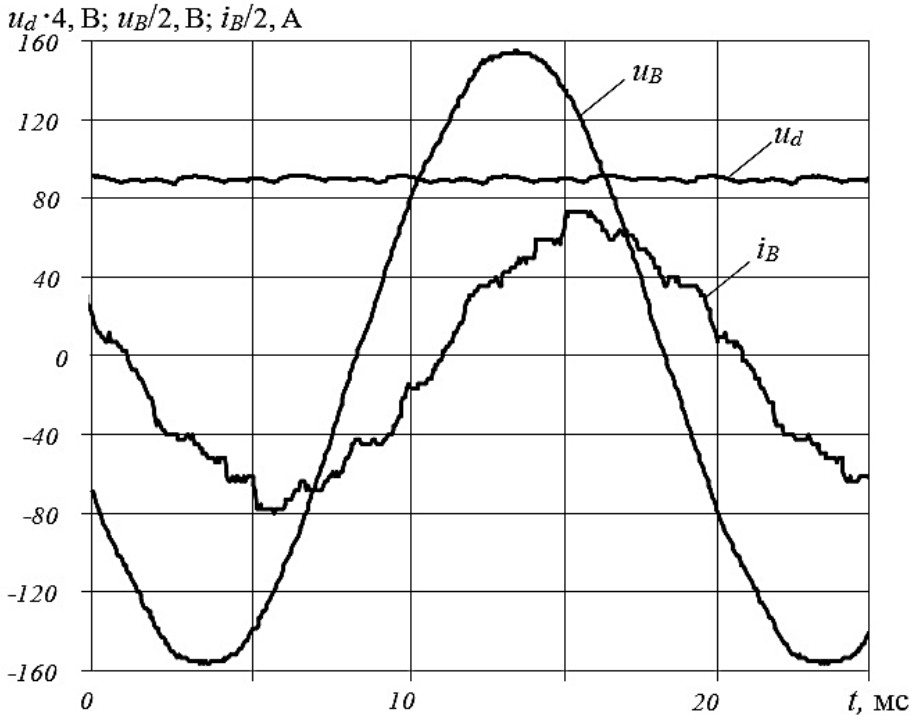


Рисунок 6 – Осциллограммы тока (i_B) и напряжения (u_B) фазы В и выпрямленного напряжения (u_d)

Выводы по результатам эксперимента.

1. Конструктивные и схемотехнические особенности МКТ обеспечивают распределение тока нагрузки в каждый момент времени между несколькими фазами его вторичной обмотки, что позволяет выполнять эту обмотку проводом меньшего сечения, а вентили выпрямительного блока выбирать на меньший номинальный ток.

2. Физическая модель МКТ с девятифазной вторичной обмоткой и экспериментальные установки для исследования силовых преобразователей с МКТ позволяют определить параметры, необходимые для математического моделирования этих преобразователей с целью исследования особенностей их работы в различных режимах.

3. Экспериментальные исследования показали, что работа силовых преобразователей с МКТ под нагрузкой существенно отличается от работы «классических» многофазных мостовых выпрямителей. В частности, формирование выпрямленного тока через нагрузку в последних обеспечивается, как правило, двумя фазами вторичной обмотки и двумя вентилями из шести, а в формировании выходного тока силовых преобразователей с МКТ за один период напряжения питания участвует одновременно по три-четыре тиристора в анодной и катодной группах БУВ и, соответственно, – по шесть-семь фаз вторичной обмотки МКТ, что обеспечивает уменьшение действующего значения тока как в тиристорах, так и в обмотках МКТ и повышение коэффициента их использования. При этом важной особенностью работы МКТ в составе силовых преобразователей является и то, что в токах всех фаз вторичной обмотки доминирует первая гармоническая составляющая. За счет этого кривые фазных токов первичной обмотки МКТ по форме приближаются к синусоиде, что обусловливает меньшие искажения кривой напряжения источника питания соизмеримого по мощности с мощностью силового преобразователя.

4. Благодаря более высокому уровню качества преобразования трехфазного переменного тока в постоянный, силовой преобразователь с МКТ обладает лучшими энергетическими и массогабаритными показателями по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами: по коэффициенту полезного действия – на 5 %, по коэффициенту мощности – на 15 %, по массе и габаритам – до 15 %.

5. Натурные испытания ТПС с МКТ подтверждают высокий уровень его электромагнитной совместимости с электростанциями соизмеримой мощности, что позволяет увеличить долю выпрямительной нагрузки этих источников электроэнергии с 20 до 35–40 %.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 54073-2017 Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.
2. Атрощенко В.А. Силовые полупроводниковые выпрямители на основе многофазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем / В.А. Атрощенко, Н.А. Сингаевский. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2010. – 168 с.
3. Патент на полезную модель № 1818712, РФ. Многофазный трансформатор / С.Ю. Герасимов, А.В. Масенко, Н.А. Суртаев, Н.А. Сингаевский, А.Е. Церковный, А.В. Мильчевич. – 2018.
4. Сингаевский Н.А. Теоретические и схемотехнические основы силовых полупроводниковых выпрямителей на базе многофазных трансформаторов с вращающимся магнитным полем / дис. … на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. – 2011.
5. Уточненный порядок расчета параметров МКТ с ВМП / В.А.Атрощенко [и др.]; КВВАУЛ им. А.К. Серова // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос (13–15 апреля 2021 года). Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 537–540.

УДК 378

МЕТОД КОНСТРУКТИВНОГО МЫШЛЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

♦♦♦♦♦

METHOD OF CONSTRUCTIVE THINKING IN TEACHING HIGHER MATHEMATICS

Вербицкая Ю.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
julliverba@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрено применение методов конструктивного мышления при преподавании математики студентам вузов, которые дают возможность студенту усвоить знания в полном объеме. Рассмотрены педагогические открытия и направления для развития конструктивного мышления студентов при изучении математики. При этом актуальность применения методов критического ориентирована на методику обучения отдельно взятым дисциплинам. Правильный подобранный преподавателем методов обучения позволяет развивать конструктивное мышление студентов.

Ключевые слова: математика, конструктивное мышление, вуз, студент, подход, практическая значимость, задача.

Verbitskaya Yu.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
julliverba@gmail.com

Abstract. This article discusses the use of constructive thinking methods in teaching mathematics to university students, which enable the student to acquire knowledge in full. Pedagogical discoveries and directions for developing students' constructive thinking in studying mathematics are considered. At the same time, the relevance of using critical methods is focused on the methodology of teaching individual disciplines. Correctly selected teaching methods by the teacher allow developing students' constructive thinking.

Keywords: mathematics, constructive thinking, university, student, approach, practical significance, task.

Конструктивное обучение, ориентированное на студентов, включает такие критерии, как функциональная оценка, обучение на основе проекта исследования, профессиональное обучение в учебном пространстве, интегрированная учебная программа и презентация учащихся, погружение и ротация в разнообразные учебные мероприятия. Кроме того, обучение, ориентированное на студента, фокусируется на мышлении более высокого порядка. Кроме того, преподаватели должны уметь распознавать уникальность каждого студента и разрабатывать педагогический план, основанный на их уникальном опыте.

Применение методов конструктивного мышления при преподавании математики студентам высших учебных заведений требует внедрения новых методик формирования процесса анализа и оценки математических данных.

Для развития естественно-математического мышления учащихся при обучении решению задач, необходимо целенаправленное постепенное формирование у них таких основных умений и навыков, как [5, с. 112]:

1) анализ и синтез;
2) сравнение;
3) обобщение;
4) конкретизация;
5) абстрагирование.

Конструктивное мышление при преподавании математики подразумевает при решении задач провести этап проверки и оценки решений на поставленный вопрос перед окончательным ответом.

При этом под конструктивным мышлением понимают такую форму оценочной деятельности обучающихся, направленную на выявление соответствия того или иного продукта познания, принятым стандартом образования.

В современных высших учебных заведениях восприятие обучающимися сложного математического материала вызывает затруднения, это связано с низкой мотивацией к познавательной деятельности, т.е. уровень развития конструктивного мышления недостаточен.

При этом всем известно, что именно конструктивное мышление позволяет определить приоритеты решения задач математики прикладного характера и прогнозировать последствия своих решений.

И именно математическая подготовка способствует умению структурировать ситуацию, вычислять математические отношения, создавать математическую модель ситуации, анализировать и преобразовывать ее.

Применение методов конструктивного мышления при преподавании математики организует:

1. Самостоятельность студентов.

При построения педагогом занятия на принципах конструктивного мышления обучающимися формулируются свои идеи и убеждения независимо друг от друга. Никто не может думать конструктивно за отдельно взятого студента, каждый делает это самостоятельно, исключительно только за себя.

При этом каждый обучающийся вправе принять идею другого как свои собственные, если докажет своё убеждение [1, с. 45].

2. Информативность студентов.

Информация благодаря конструктивному мышлению становится осмысленным, продуктивным. Для того, чтобы доказать сложное математическое решение, нужно переработать большое количество информации (пересмотреть различные факты, тексты, теории, данные).

3. Конструктивное мышление при решении математических задач начинается с постановки вопросов и нахождения нужных способов решения.

Конструктивно мыслящий студент быстро находит собственное решение математической задачи, ставя локальные цели, а затем достигать эти цели.

При применении конструктивного мышления на занятиях по математике создается такая атмосфера обучения, при котором обучающийся активно работает на семинарских занятиях, сознательно размышляет над тем или иным способом решения нестандартных задач, расширяет свои знания в области математики. При этом технология конструктивного мышления базируется на коммуникативном принципе обучения, который предусматривает совместный поиск решения математических задач, применение интерактивности в отношениях между преподавателем и студентом [3, с. 78].

Применение методов конструктивного мышления при преподавании математики студентам высших учебных заведений так же предусматривает проведение занятий в форме вызова, принятия осмысленных решений и рефлексии.

Занятия в форме вызова мотивируют обучающихся к изучению нового материала, интереса к получению новой информации и актуализации уже имеющихся знаний [6, с. 65].

На стадии вызова у обучающихся есть возможность, используя свои предыдущие знания, строить прогнозы, самостоятельно определять цели познавательной деятельности на данном занятии, что создает необходимый внутренний мотив к процессу изучения математики.

Здесь можно организовать занятие с помощью использование таблицы. Где в первом столбце студенты заполняют графу «Это я знаю в математике», а во втором – графу «Новые знания по математике» [2, с. 43].

Заполняя таблицу обучающиеся формулируют свои познавательные интересы, которые побуждают мотивацию к изучению математических решений задач прикладного характера.

Материал и информация для заполнения таблицы берется из курса лекционного материала.

Занятия в форме осмысления дает студентам возможность познакомиться с новыми способами решения математических задач. Она предусматривает активную работу с различной литературой и источниками.

На данном занятии целесообразен приём «мозговой штурм». Студентам предлагается подумать и записать все, что они знают или думают, что знают, по данной теме, затем следует обмен информацией.

Метод мозгового штурма является одним из способов поиска новых идей и решений. Этот метод представляет собой способ решения проблемы или задачи на базе стимулирования творческой активности.

Преподаватель формулирует задачу: из крупного стада коров произведена случайная выборка, получено 20 вариант удоя коров за 300 дней лактации (в ц):

35,9; 35,3; 42,7; 45,2; 25,9; 35,5; 33,4; 27,0; 35,9; 38,8; 33,7; 38,6; 40,9; 35,5; 44,1; 37,4; 34,2; 30,8; 38,4; 31,3.

Требуется получить вариационный ряд и построить гистограмму относительных частот; найти основные выборочные характеристики: Bx, s2, s, V, sx; с надежностью 95% указать доверительный интервал для оценки генеральной средней $x_г$. [4, с. 126].

Обучающиеся приступают к работе в малых группах. Каждая группа должна предложить свое решение задачи и представить его для обсуждения другим группам. Всего на работу дается 20 минут.

Рефлексия позволяет обучающимся осмыслить всё то, что они изучали на уроке в собственном контексте, выразить это своими словами.

Рассмотрим пример. Используя метод Бернулли для решения линейного дифференциального уравнения вида $y' + p(x)y = f(x)$ решить дифференциальное уравнение вида $y' + p(x)y = q(x) \cdot y^n$ на примере дифференциального уравнения. Затем показать решение данного уравнения способом введения новой переменной для подведения к линейному виду. Предполагается работа по микрогруппам.

Решение:

1 способ.

$$xy' - 4y = x^2\sqrt{y} \;\Rightarrow\; y' - \frac{4}{x}y = x\sqrt{y}\,.$$

Полагаем $y = uv$.

Получаем уравнение:

$$u'v + uv' - \frac{4}{x}uv = x\sqrt{uv} \text{ или } u'v + u\left(v' - \frac{4}{x}v\right) = x\sqrt{uv}\,.$$

Решаем первое уравнение $v' - \frac{4}{x}v = 0$, разделяя переменные: $\frac{dv}{v} = \frac{4}{x}dx$, т.е. $\ln|v| = 4\ln|x| + C$.

Выбирая простейшее решение (при $C = 0$), находим $v = x^4$.

Решаем второе уравнение с разделяющимися переменными:

$$u'x^4 = x\sqrt{u}\cdot x^2,\ \frac{du}{\sqrt{u}} = \frac{dx}{x},$$

откуда

$$2\sqrt{u} = \ln|x| + \ln|C|,\quad C \neq 0\,.$$

Таким образом, $u = \frac{1}{4}\ln^2|xC|$, $C \neq 0$, и, следовательно, $y = uv = \frac{1}{4}x^4\ln^2|xC|$, где $C \neq 0$, – общее решение заданного уравнения; $y = 0$ – особое решение.

2 способ.

$$xy' - 4y = x^2\sqrt{y}$$

Приводится к линейному подстановкой $z = \sqrt{y}$. Разделим уравнение на $\sqrt{y} \Rightarrow xy' \cdot \frac{1}{\sqrt{y}} - 4\sqrt{y} = x^2$.

Введем переменную z $\Rightarrow y = z^2$, $y' = 2z \cdot z'$. Получим следующее уравнение $x \cdot 2z \cdot z' \cdot \frac{1}{z} - 4z = x^2 \Rightarrow x \cdot 2z' - 4z = x^2$.

Полагаем $z = UV$, тогда $z' = U'V + V'U$. Подставляем в уравнение и получаем дифференциальное уравнение $2x(U'V + V'U) - 4UV = x^2$, которое решается как линейное дифференциальное уравнение относительно z одним из методов.

Таким образом, применение методов конструктивного мышления при преподавании математики студентам высших учебных заведений способствует формированию у студентов математических знаний, которые необходимы для формирования математических компетенций.

Метод конструктивного мышления в математике позволяет обучающемуся становится осознанным и рефлексивным, повышает его потенциал.

В ходе обучения математике с использованием технологии конструктивного мышления решаются следующие задачи:

– обучающиеся учатся ставить цели и планировать деятельность по их достижению;

– совершенствуют навыки работы в команде, учатся высказывать и аргументировано отстаивать своё мнение, вносить посильный вклад в достижение общего результата, грамотно использовать в речи математические термины и применять математические знания и умения в реальных ситуациях.

Список литературы:

1. Бабкина А.А. Методы обучения математике // Инновационные научные исследования 2023: естественные и технические науки. Сборник материалов XVI Международной очно-заочной научно-практической конференции. – М. : Империя, 2023. – С. 45–46.
2. Бабкина А.А. Технологии для преподавания математики в вузах // Научные дискуссии в эпоху глобализации: Материалы XXIII Всероссийской научно-практической конференции. – М. : Полиграф, 2022. – С. 42–43.
3. Гузеев В.В. Планируемые результаты образования и образовательные технологии. – М. : Народное образование, 2023. – 190 с.
4. Лаптинская С.В. Конструктивное мышление как объект педагогического исследования в системе высшего образования // Вестник Томского госуд. пед. университета. – 2024. – № 5. – С. 125–129.
5. Линдсей Г. Творческое и конструктивное мышление / Г. Линдсей, К.С. Халл, Р.Ф. Томсон // Познавательные психические процессы. – СПб. : Питер, 2023. – 500 с.
6. Немов Р.С. Психология : учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М. : ВЛАДОС, 2023. – 608 с.
7. 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.
8. 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.
9. Вербицкая Ю.М. Использование современных технологий преподавания математики в высшей школе // Интернаука: электрон. науч. журн. – М. : Изд. «Интернаука», 2024. – № 46 (363). – Ч. 2. – С. 43–46.
10. Вербицкая, М.Ю. Математическое моделирование полетов самолета / М.Ю. Вербицкая, Д.А. Веклич, П.Е. Сидоров // XV Международная научно-практическая конференция военно-научного общества «Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники», посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : КВВАУЛ, 2025. – Ч. 2. – С. 183–186.

УДК 378.1

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

♦♦♦♦♦

MAIN DIRECTIONS AND PROSPECTS OF USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL ACTIVITIES OF THE UNIVERSITY

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
marinavyach24@mail.ru

Илюшенко Н.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
documentst@yandex.ru

Аннотация. Информационные технологии могут быть использованы преподавателем: на занятиях по различным дисциплинам для поддержки и сопровождения; для тестирований; в учебно-воспитательном процессе; при оформлении документации; для подготовки научно-исследовательских работ; для проведения семинаров и курсов; для обращения к ресурсам сети Интернет, в том числе образовательных. Наиболее востребованные программные продукты – мультимедиа презентации; учебные видеоролики, кинофильмы и другие видеоматериалы; программные комплексы для тестирования; электронные учебники, методические материалы.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии, образовательный процесс, интернет-технологии, преподаватель.

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
marinavyach24@mail.ru

Ilyushenko N.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
documentst@yandex.ru

Abstract. Information technologies can be used by the teacher: in the classroom in various disciplines for support and maintenance; for testing; in the educational process; when preparing documentation; for the preparation of research works; for seminars and courses; for accessing Internet resources, including educational ones. The most demanded software products among teachers are highlighted, such as: multimedia presentations; educational videos, films and other video materials; software systems for testing; electronic textbooks, teaching materials.

Keywords: information and communication technologies, humanitarian disciplines, Internet technologies, teacher.

На сегодняшний день перед образованием ставится новая задача – дать будущему специалисту такие знания и навыки, чтобы он смог полноценно жить в нем и приспосабливаться к стремительно изменяющемуся информационному миру. В этих условиях, когда информационное общество находится на этапе формирования, применение информационных технологий, будь то персональный компьютер или смартфон, стало частью нашей повседневной жизни, и не потому, что это модно или престижно, а потому что информационные технологии дают такие возможности в самых разных сферах, которые раньше могли себе представить лишь фантасты. Так же, как и во многие сферы человеческой деятельности, информационные технологии привносят новые, ранее невообразимые возможности в образовательный процесс, повышая его качество. Однако нельзя сказать, что образование, ввиду бурного роста научно–технического прогресса и своей, по отношению к нему, инертностью, успевает отвечать реалиям.

Информатизация – это новое течение в жизни общества на основе достоверного применения знаний во всех важных сферах человеческой жизни. Информатизация приводит к коренным изменениям в структуре общественного производства: стремительно трансформируется характер технологических процессов, знания, и умения постоянно обновляются, осваиваются новые технологии, усиливается общекультурный уровень специалиста предприятия. Но всё-таки приоритетным направлением информатизации общества является информатизации образования [7, с. 113].

При организации образовательного процесса одинаково важно иметь информацию как о конечном объеме знаний, получаемых обучающимися, так и о творческих способностях, познавательных интересах, мотивации к самостоятельной деятельности, способности применять полученные знаний на практике. Всё перечисленное является одной из основных задач любого образовательного учреждения.

Организация учебного процесса в вузе с применением информационно–коммуникативных технологий создает условия, позволяющие:

– повысить эффективность учебного процесса;

– развить личностные качества обучающихся (способность к самообразованию, самовоспитанию, саморазвитию, творческие способности, умение осуществлять учебную деятельность по самостоятельному извлечению знаний, умение применять полученные знания на практике, познавательный интерес и мотивация к учебной деятельности);

– развить коммуникативные и социальные способности обучающихся;

– существенно расширить возможности индивидуализации и дифференциации открытого обучения за счет возможности выбора содержания учебного материала, индивидуальной траектории, темпа и режима обучения;

– учесть субъективный опыт обучающегося, его индивидуальные особенности;

– привить обучающемуся навыки работы с современными технологиями, что способствует его адаптации к быстро изменяющимся социальным условиям для успешной реализации своих профессиональных задач;

– совершенствовать содержание образования, методов и организационных форм обучения [4, с. 86].

Информационно-коммуникационная среда в целом понимается как совокупность умений искать, анализировать, оценивать, организовывать, представлять, передавать информацию, моделировать и проектировать объекты и процессы, ответственно реализовывать планы, квалифицированно используя доступные современные средства информационных и коммуникационных технологий [4, с. 88]. Фактически такая среда объединяет в одну упорядоченную систему все информационные ресурсы и технологии, используемые в деятельности вуза.

Наиболее используемой и доступной является технология применения мультимедийных ресурсов и средств. В открытой обучающей среде, созданной информационно-коммуникативными технологиями, основными являются процессы организации и интерпретации мультимедийной информации.

Внедрение информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс при изучении дисциплин, сегодня, является не то, что рекомендацией, а необходимостью. Для этого у педагога есть обширное поле электронных ресурсов, находящихся в открытом доступе и не требующих от педагога материальных или временных затрат для их поиска [6, с. 192].

М.Т. Студеникин пишет, что применение вычислительной техники является одним из отличительных признаков развития образования и педагогики, с точки зрения современного видения процесса обучения. Его труд посвящен новым методикам преподавания истории, таким как проектная деятельность, применение программного обеспечения на занятиях по истории, модульно-блочное обучение, использование интернет–ресурсов. Также разработаны задачи, упражнения, развивающие викторины и вопросы для обучающихся. В книге описан опыт применения информационно–коммуникационных технологий учителями истории, рассказано о том, как может быть оборудован кабинет истории, на каких элементах стоит заострить внимание при компоновке электронно–информационной базы, описаны методические рекомендации применения специального программного обеспечения в сочетании с другими формами обучения. М.Т. Студеникин достаточно подробно описывает применение аудио- и видеотехники при изучении истории, а также отдает предпочтение использованию на занятиях различных ресурсов Интернет [5, с. 227].

И.Г. Захарова в книге «Информационные технологии в образовании», повествует о необходимости и важности применения информационно-коммуникационных технологий – «иначе трудно двигаться дальше» [2, с. 54]. В книге говорится о том, что

большое количество познавательной и учебной информации представлено именно в электронном виде и это сложно игнорировать, поэтому необходимо идти в одном направлении с прогрессом, в направлении информационного развития.

В пособии И.Г. Захаровой описана классификация программных и информационных продуктов, используемых в образовании. Рассказано о способах постепенного внедрения информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс. Описаны методические рекомендации по созданию учебных электронных пособий, содержащих гипертекстовую разметку, а также образовательных сайтов. Благодаря описанным в книге технологиям, любой педагог может самостоятельно создать свои, авторские информационные продукты и успешно применять их в учебном процессе.

Информационные технологии могут использоваться в процессе изучения дисциплин в нескольких формах. Используемые направления можно представить в виде следующих основных блоков [1, с. 2–6]:

– мультимедийные сценарии занятий;
– проверка знаний на занятии;
– внеаудиторная деятельность.

Внедрение информационных технологий с использованием интерактивных технологий обладают следующими преимуществами:

1. Позволяют демонстрировать графический материал, такой как таблицы или схемы.
2. Процесс знакомства с учебным материалом можно сопровождать показом фотографий, видеохроник или других видеоматериалов.
3. Можно «оживить» учебный материал.
4. Использовать демонстрацию снимков.
5. Активизировать процесс обучения.

К недостаткам применения таких технологий можно отнести:

1. Интеграция использования компьютера в традиционную почасовую структуру проведения занятий достаточно сложна.
2. Требования к преподавателю возрастают, так как теперь ему необходимо иметь достаточный уровень компьютерной грамотности.
3. В процессе обучения на занятиях не предусмотрено использование Интернет.

Еще десять лет назад необходимо было бы упомянуть о носителях, на которых необходимо было бы хранить электронные учебники, лекционные материалы, справочники, обучающие программы и другие учебные материалы. Однако уже на данный момент это утверждение устарело, поскольку теперь можно использовать те же ресурсы, расположенные в облачных хранилищах данных, свободных источниках, интернет–энциклопедиях.

Преимущество такого подхода в том, что «физический», то есть передаваемый и хранимый в ограниченном количестве экземпляров, носитель больше не нужен, данные становятся доступны в любой точке мира, нужен лишь выход в Интернет. Это замечание еще раз показывает, насколько бурно развивается индустрия и сколько перспектив ждет её уже в ближайшие годы. Это же утверждение применимо и к информационно–коммуникационным технологиям в образовании.

Информационные технологии могут быть использованы преподавателем:

– в изучении дисциплин инженерного направления;
– на занятиях по различным дисциплинам для поддержки и сопровождения;
– для тестирований;
– в учебно-воспитательном процессе;
– при оформлении документации;
– для подготовки научно–исследовательских работ;
– для проведения семинаров и курсов;
– для обращения к ресурсам сети Интернет, в том числе образовательных.

Можно выделить наиболее востребованные среди педагогов программные продукты:

– мультимедийные презентации;
– учебные видеоролики, кинофильмы и другие видеоматериалы;

– программные комплексы для тестирования;
– электронные учебники, методические материалы.

Наиболее распространенным продуктом являются презентации, которые чаще других средств используются преподавателями в процессе занятий.

Обучающие видеоролики применяются значительно реже, в основном потому что их содержание может содержать неточности или противоречия с программой обучения. В отличие от презентаций в видеоролик сложно внести изменения, и это сомнительно с точки зрения авторского права. Тем не менее на занятиях по социально–экономическим и гуманитарным предметам видеоматериалы применяются все чаще [8, с. 179].

Опыт преподавателей различных дисциплин показывает, что обучающиеся положительно реагируют на использование видеофильмов, в частности принимают активное участие в их обсуждении, учатся аргументированно доказывать свою точку зрения, правильной устной речи и, в целом, лучше и с большим интересом запоминают содержание.

Электронные учебники и электронные методические материалы также являются достаточно распространенными в образовательной среде. За счет появления облачных технологий и развития сети Интернет множество справочников, электронных изданий, энциклопедий находятся в публичном доступе [3, с. 312].

Программные комплексы для тестирования позволяют беспристрастно оценивать знания учащихся, быстро обрабатывать результаты (зачастую, автоматически) и выявлять пробелы в знаниях, впоследствии внося коррективы в программу обучения.

Благодаря открытости метода тестирования (студенты уверены, что человеческий фактор не повлиял на оценку результата) оценка своих знаний студентами производится более адекватно. Метод позволяет детальнее сформулировать их недочеты, организовать как проведение экзаменов, так и проведение домашних, практических, промежуточных работ [9, с. 335].

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, насколько широкие возможности открывает применение информационно-коммуникационных технологий в образовании, насколько они позволяют совершенствовать, дополнять традиционный учебный процесс. В то же время имеются некоторые проблемы внедрения такого подхода, которые необходимо исследовать и решать.

В условиях информатизации образования и динамично меняющейся действительности преподаватель должен эффективно использовать информационные технологии в подготовке специалистов. Ему необходимо разрабатывать инновационные дидактические средства, обосновывать их применение в образовательном процессе при проведении контроля за уровнем знаний обучающихся и т.п. Высокий уровень владения преподавателем вуза информационно-коммуникационными технологиями является важным показателем его квалификации, конкурентоспособности и компетентности.

Список литературы:

1. Аствацатуров Г.А. Технология конструирования мультимедийной лекции // Педагог истории. – 2022. – № 2. – С. 2–6.
2. Захарова, И.Г. Информационные технологии в образовании. – М. : Академия, 2020. – 294 с.
3. Роберт И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании : учебно-метод. пособие. – М. : Дрофа, 2020. – С. 312.
4. Панюкова С.В. Использование информационных технологий в образовании : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М. : Академия, 2020. – 224 с.
5. Студеникин М.Т. Современные технологии преподавания истории. – М. : Владос, 2021. – С. 227.
6. Третьякова Н.В. Применение информационных технологий в решении задач линейного программирования / Н.В. Третьякова, Н.В. Головнина // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференция, Краснодар, 14–15 ноября 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова, 2024. – С. 190–194.

7. Дейкун Д.Г. Использование ментальных карт в образовательной деятельности для совершенствования методики обучения / Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун, В.А. Турчин // Наука и военная безопасность. – 2023. – № 3(34). – С. 111–118.
8. 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.
9. Турчин В.А. Специфика обучения информационным технологиям курсантов военного вуза / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: Сборник научных трудов материалов Двадцатой открытой Всероссийской конференции, Москва: 19–20 мая 2022 года. – М. : ООО «1С-Паблишинг», 2022. – С. 333–336.

УДК 378.147

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ В ВУЗЕ

♦♦♦♦♦

FEATURES OF USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN PRACTICAL CLASSES AT THE UNIVERSITY

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
marinavyach24@mail.ru

Козак Л.Г.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
lk32510@mail.ru

Аннотация. В последние годы инновационные технологии стали неотъемлемой частью образовательного процесса. Цифровые инструменты, такие как онлайн-платформы, образовательные приложения и виртуальная реальность, оказывают значительное влияние на методы обучения и педагогические практики. Данная статья исследует влияние цифровых технологий на учебный процесс, рассматривает их преимущества и вызовы, а также предлагает рекомендации для эффективного внедрения инновационных технологий в образовательную среду. Результаты анализа показывают, что правильное использование цифровых инструментов может повысить вовлеченность обучающихся, улучшить их учебные результаты и подготовить их к вызовам современного мира.

Ключевые слова: инновационные технологии, цифровые инструменты, образование, педагогические практики, онлайн-обучение, вовлеченность обучающихся.

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
marinavyach24@mail.ru

Kozak L.G.
Krasnodar Higher Military Flight School
lk32510@mail.ru

Abstract. In recent years, innovative technologies have become an integral part of the educational process. Digital tools such as online platforms, educational applications, and virtual reality have a significant impact on teaching methods and pedagogical practices. This article examines the impact of digital technologies on the educational process, considers their benefits and challenges, and offers recommendations for the effective implementation of innovative technologies in the educational environment. The results of the analysis show that the correct use of digital tools can increase student engagement, improve their learning outcomes, and prepare them for the challenges of the modern world.

Keywords: innovative technologies, digital tools, education, teaching practices, online learning, student engagement.

Современное образование сталкивается с множеством вызовов, связанных с необходимостью подготовки обучающихся к жизни в цифровом обществе. Инновационные технологии, используемые в образовательном процессе, открывают новые возможности для повышения качества обучения и адаптации педагогических практик к требованиям времени.

Целью инноваций в образовании является качественное изменение личности обучающегося по сравнению с традиционной системой. В соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования современный выпускник должен быть готов применять современные методики и технологии, в том числе и информационные, для обеспечения качества учебно-воспитательного процесса на конкретной образовательной ступени конкретного образовательного учреждения. Будущий специалист должен сформировать творческое мышление, уметь использовать новейшие достижения науки, самостоятельно ориентироваться в больших объемах информации, быть готовым к постоянно изменяющимся условиям.

Инновационная деятельность в образовательном процессе призвана подготовить конкурентоспособного специалиста, способного применять полученные знания и навыки на практике.

Цифровые инструменты становятся важным компонентом образовательного процесса, оказывая значительное влияние на методы обучения, взаимодействие между преподавателями и обучающимися, а также на результаты обучения. Рассмотрим более подробно, как именно цифровые технологии изменяют обучение [1, с. 74].

1. Повышение вовлеченности обучающихся.

Цифровые инструменты, такие как интерактивные платформы и образовательные приложения, способствуют повышению интереса обучающихся к учебному процессу. Интерактивные задания, тесты и геймификация создают более динамичную и увлекательную учебную среду. Это не только делает занятия более интересными, но и помогает обучающимся лучше усваивать материал.

2. Индивидуализация обучения.

Цифровые технологии позволяют адаптировать учебный процесс к индивидуальным потребностям обучающихся. С помощью онлайн-курсов и персонализированных обучающих программ каждый учащийся может изучать материал в своем темпе. Например, обучающиеся могут повторять сложные темы или пропускать знакомые разделы, что значительно увеличивает их мотивацию и способствует более глубокому пониманию предмета.

3. Доступ к обширным ресурсам.

Цифровые инструменты обеспечивают доступ к огромному количеству образовательных материалов. Обучающиеся могут использовать онлайн-библиотеки, видеолекции, электронные учебники и другие ресурсы, что расширяет их кругозор и углубляет знания. Этот доступ к информации также позволяет проводить исследования и выполнять проекты, используя актуальные и надежные источники [2, с. 47].

4. Поддержка сотрудничества и взаимодействия.

Цифровые платформы облегчают сотрудничество между обучающимися. Они могут работать над групповыми проектами, общаться в реальном времени через чаты и видеозвонки, а также делиться документами и материалами. Это способствует развитию навыков командной работы и коммуникации, что особенно важно в современном мире.

5. Интеграция новых методов оценивания.

Цифровые инструменты позволяют внедрять альтернативные методы оценивания, такие как онлайн-тесты, проекты и портфолио. Эти методы дают более полное представление о знаниях и навыках обучающихся, а также способствуют развитию критического мышления и самостоятельности.

6. Обратная связь в реальном времени.

Цифровые технологии позволяют преподавателям предоставлять обратную связь обучающимся в реальном времени. Это может быть сделано через автоматизированные системы оценки, комментарии к работам или онлайн-консультации. Быстрая обратная связь помогает обучающимся понять свои ошибки и улучшить свои навыки [3, с. 62].

7. Расширение образовательных возможностей.

Цифровые инструменты позволяют осуществлять обучение на расстоянии, что особенно актуально в условиях пандемии. Онлайн-курсы и вебинары дают возможность обучающимся получать образование независимо от их местоположения. Это открывает новые горизонты для обучающихся из удаленных или сельских районов, которые могут не иметь доступа к качественным образовательным ресурсам.

8. Развитие цифровых навыков.

Использование цифровых инструментов в обучении способствует развитию цифровых навыков обучающихся. В современном мире умение работать с различными цифровыми технологиями становится необходимым для успешной карьеры. Обучаясь в цифровой среде, обучающиеся осваивают навыки, которые будут полезны им в будущем [4, с. 25].

Влияние на педагогические практики.

Цифровые технологии значительно изменяют педагогические практики, внедряя новые методы и подходы в обучении. Это влияет как на роль преподавателей, так и на взаимодействие с обучающимися. Рассмотрим подробнее, как именно цифровые инструменты трансформируют педагогические практики.

1. Изменение роли преподавателя.

С внедрением цифровых технологий роль преподавателя меняется с традиционного источника знаний на наставника и модератора. Преподаватели теперь больше

сосредоточены на создании условий для активного обучения и поддержании обсуждений. Они помогают обучающимся ориентироваться в обширной информации, доступной в цифровом формате, и обучают их критическому мышлению.

2. Адаптация методов преподавания.

Цифровые инструменты позволяют использовать различные методы обучения, такие как:

– Перевернутый класс: обучающиеся изучают материал в домашних условиях с помощью видеолекций, а на занятиях обсуждают и закрепляют изученное через практические задания.

– Проектное обучение: обучающиеся работают над реальными проектами, используя цифровые ресурсы для исследований и представления результатов.

Эти методы способствуют более глубокому пониманию материала и развитию практических навыков [5, с. 81].

3. Развитие критического мышления и самостоятельности.

Цифровые инструменты предоставляют обучающимся доступ к обширным ресурсам и данным, что требует от них способности анализировать, сопоставлять и критически оценивать информацию.

Преподаватели могут использовать различные формы оценивания, такие как проекты и исследования, что способствует развитию у обучающихся навыков самостоятельной работы и критического мышления.

4. Обучение на основе данных.

С помощью цифровых технологий преподаватели могут собирать и анализировать данные о процессе обучения. Это позволяет мониторить успеваемость обучающихся; преподаватели могут отслеживать, как обучающиеся осваивают материал, и вовремя корректировать свои подходы. На основе собранных данных можно разрабатывать персонализированные образовательные маршруты для каждого обучающегося.

5. Новые формы взаимодействия.

Цифровые платформы способствуют более открытому и взаимодействующему подходу к обучению. Преподаватели могут использовать форумы, чаты и социальные сети для общения с обучающимися, что создает более комфортную и дружелюбную атмосферу. Это также позволяет обучающимся задавать вопросы и получать поддержку в любое время.

6. Разработка цифровых материалов.

Цифровые технологии позволяют преподавателям создавать и использовать разнообразные образовательные материалы: видеолекции, интерактивные презентации, тесты и викторины. Это не только обогащает учебный процесс, но и делает его более доступным и интересным для обучающихся.

7. Поддержка сотрудничества и командной работы.

Цифровые инструменты облегчают совместную работу обучающихся над проектами. Платформы для совместной работы позволяют учащимся обмениваться идеями, документами и проводить обсуждения в реальном времени. Это способствует развитию навыков командной работы и повышает уровень вовлеченности обучающихся.

8. Постоянное профессиональное развитие.

Преподаватели также должны постоянно обучаться и развивать свои цифровые навыки, чтобы эффективно использовать новые технологии в обучении. Участие в курсах повышения квалификации и семинарах по цифровым инструментам становится необходимым условием для успешной педагогической практики [6, с. 17].

Таким образом, инновационные технологии и цифровые инструменты играют ключевую роль в трансформации образовательного процесса. Их правильное использование может значительно повысить качество обучения и изменить педагогические практики. Важно, чтобы образовательные учреждения активно внедряли цифровые инструменты, обучали преподавателей и обеспечивали доступ к необходимым ресурсам для обучающихся.

Использование педагогом инновационных технологий позволит преобразить дисциплину, замотивировать обучающихся получать новые знания и навыки. С помощью инновационных методов обучения педагог способен создавать насыщенные и

разнообразные занятия, которые обучающиеся будут с нетерпением ждать. Использование информационных технологий является одним из современных подходов в обучении. Гаджеты, ноутбуки, планшеты позволяют сформировать у обучающихся целостный взгляд на мир и мировые инновации. Будущие специалисты становятся более развитыми, инновации помогают им изучать материал более эффективно. Инновации являются необходимостью для каждой образовательной организации.

Список литературы:

1. Громова Т.М. Онлайн-образование: вызовы и перспективы // Дистанционное образование. – 2024. – № 2. – С.11–20.
2. Дейкун Д.Г. К вопросу повышения качества обучения информатике в военном вузе / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин, Г.И. Дейкун // Развитие высшего образования: теория и практика: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 17 февраля 2023 года. – Омск : Филиал федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации в г. Омске, 2023. – С. 132–136.
3. Иванов Д.А. Изменение роли преподавателя в цифровом образовательном пространстве // Современные проблемы науки и образовании. – 2023. – № 2. – С. 77–84.
4. Кузнецов А.А. Цифровые инструменты в образовательном процессе / А.А. Кузнецов, Е.В. Михайлова // Педагогические исследования. – 2021. – № 3. – С. 45–52.
5. Ларин А.Ю. Персонализированное обучение с использованием цифровых платформ // Инновации в образовании. – 2023. – № 4. – С. 22–30.
6. Петрова Н.С. Вовлеченность студентов в условиях цифровизации // Образовательные технологии и общество. – 2024. – № 1. – С. 60–68.
7. Соловьев В.И. Инновационные технологии в образовании: теория и практика. – М. : Наука, 2023. – 185 с.
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. 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.

УДК 519

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕКЛАМЕ

♦♦♦♦♦

MATHEMATICAL MODELING IN ADVERTISING

Вербицкая Ю.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
julliverba@gmail.com

Веклич Д.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков,
demid.veklich@inbox.ru

Сидоров П.Е.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
licсc5@rambler.ru

Аннотация. Математика – это язык, на котором говорят данные. В эпоху информационных технологий понимание и анализ больших массивов информации стали ключевыми для различных сфер, особенно в рекламе. Применение математических методов в рекламной индустрии позволяет компаниям оптимизировать свои рекламные кампании, углублять понимание поведения потребителей и, в конечном итоге, увеличивать рентабельность инвестиций. Аналитика, моделирование и прогнозирование на основе данных стали неотъемлемой частью современной рекламной стратегии. В данной статье мы исследуем, как математические методы трансформируют рекламную отрасль. От статистического анализа до машинного обучения, каждый инструмент играет свою роль в создании эффективных рекламных сообщений, которые достигают правильной аудитории в оптимальное время.

Ключевые слова: математические методы, реклама, анализ, данные, компании, алгоритмы.

Verbitskaya Yu.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
julliverba@gmail.com

Veklich D.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
demid.veklich@inbox.ru

Sidorov P.E.
Krasnodar Higher Military Flight School
licсc5@rambler.ru

Abstract. Mathematics is the language of data. In the age of information technology, understanding and analyzing large amounts of data has become key to various industries, especially advertising. The application of mathematical methods in the advertising industry allows companies to optimize their advertising campaigns, gain a deeper understanding of consumer behavior, and ultimately increase their return on investment. Analytics, modeling, and forecasting based on data have become an integral part of modern advertising strategy. In this article, we explore how mathematical methods are transforming the advertising industry. From statistical analysis to machine learning, each tool plays a role in creating effective advertising messages that reach the right audience at the right time.

Keywords: mathematical methods, advertising, analysis, data, companies, algorithms.

Применение математических методов в рекламе открывает новые горизонты для оптимизации и повышения эффективности рекламных кампаний. Во введении к этой теме стоит отметить, что современная реклама оперирует огромными массивами данных: от демографических показателей до поведенческих метрик. Математика помогает превратить эти данные в ценные инсайты, предсказывая поведение потребителей и оптимизируя расходы на рекламу.

Ключевые математические методы включают статистический анализ, машинное обучение, оптимизационные модели и прогнозирование. Эти инструменты позволяют анализировать эффективность рекламных сообщений, определять оптимальные каналы распространения и временные интервалы для показа рекламы, а также формировать персонализированные предложения, максимально соответствующие интересам целевой аудитории. Итак, внедрение математических методов в рекламную деятельность – это шаг к более научному и системному подходу к маркетингу [3, с. 224].

Анализ данных и статистика в рекламе: как математика помогает оптимизировать рекламные кампании Безусловно, математические методы играют ключевую роль в анализе данных рекламных кампаний. С помощью статистики и аналитических инструментов специалисты оценивают эффективность рекламы, изучая показатели, та-

кие как CTR (Click-Through Rate), конверсии, ROI (Return on Investment) и др. Анализ больших объемов данных позволяет выявить закономерности и предпочтения целевой аудитории, что способствует более точной настройке таргетинга и повышению релевантности рекламных сообщений.

Важно отметить, что математическая оптимизация используется для распределения бюджета между различными каналами и форматами рекламы, чтобы максимизировать вовлеченность и конверсию при минимальных затратах. Таким образом, математика обеспечивает научный подход к управлению рекламными кампаниями, существенно повышая их эффективность.

Моделирование и прогнозирование в рекламе: как математические модели помогают предсказывать результаты рекламных акций.

Кроме того, моделирование и прогнозирование играют ключевую роль в рекламной индустрии, позволяя оптимизировать стратегии и бюджеты рекламных кампаний. Использование статистических и математических моделей, таких как линейная регрессия, машинное обучение и временные ряды, дает возможность выявить закономерности и тенденции в данных о прошлых рекламных акциях. Эти модели могут учитывать множество переменных, включая частоту показа рекламы, её целевые аудитории, сезонность и медийные каналы. Анализируя эти данные, специалисты могут прогнозировать отдачу от рекламных вложений (ROI), предсказывая эффективность будущих кампаний [1, с. 115].

Таким образом, математические методы помогают рекламодателям принимать обоснованные решения, снижая риски и повышая вероятность успеха рекламных акций.

Оптимизация бюджета и выделение ресурсов в рекламе с помощью математических методов.

Безусловно, оптимизация рекламных бюджетов – ключевая задача для маркетологов, где математические методы выступают незаменимым инструментом. С применением линейного программирования и моделей прогнозирования, компании могут эффективно распределить средства между различными каналами рекламы, учитывая их потенциальный вклад в общий успех кампании. Техники машинного обучения, такие как анализ кластеров и классификация, помогают выявлять оптимальные сегменты аудитории для целевых рекламных акций. Это позволяет не только увеличить ROI (Return on Investment), но и снизить риск растраты на неэффективные рекламные мероприятия. Математические методы предоставляют ценные данные для принятия решений о распределении бюджета, что в конечном счете приводит к повышению общей рентабельности рекламных инвестиций [2, с. 92].

Рассмотрим примеры математического моделирования в рекламе.

Модель «Реклама – двигатель торговли»

Пусть некоторая фирма реализует продукцию, о которой в момент времени t из числа потенциальных покупателей N знает лишь x покупателей. Предположим, что для ускорения сбыта продукции были даны рекламные объявления по радио и телевидению. Будем считать, что последующая информация о продукции распределяется среди покупателей посредством их общения друг с другом [4, с. 80]. С большой степенью достоверности можно также считать, что после рекламных объявлений скорость изменения числа знающих о продукции пропорциональна как числу уже знающих о товаре покупателей, так и числу покупателей, о нем еще не знающих. Составим дифференциальное уравнение для числа покупателей, знающих о реализации фирмой продукции, при условии, что время отсчитывается с момента выхода рекламных объявлений, когда о товаре узнало:

$$N / g \ (g > 1) \text{ человек, т.е. } x(0) = N / g.$$

Решение. Согласно механическому смыслу производной скорость изменения числа покупателей x(t), знающих о продукции фирмы равна dx / dt.

По условию задачи составляем дифференциальное уравнение

$$\frac{dx}{dt} = kx\ N - x\ ,$$

$$\frac{dx}{x(N-x)} = kdt,$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Интегрируя левую и правую части уравнения, находим $\frac{1}{N} ln \frac{x}{N-x} = kt + C$, откуда $x = \frac{N}{1+ea^{-Nkt}}$.

Полученная функция представляет собой уравнение логической кривой, в котором:

$$a = \frac{1}{A}, A = e^{c_1}, C_1 = NC,$$

где *C* – произвольная постоянная.

Если использовать дополнительное условие об отсчете времени (начальные условия в теории дифференциальных уравнений), то можно найти, что произвольная постоянная C равна

$$C = \frac{1}{N} ln \frac{g}{g-1}.$$

Таким образом, количество знающих о товаре не может расти до бесконечности, а имеет некоторый предел насыщения, выше которого это количество подняться не может, сколько не увеличивай количество рекламы. Еще недавно математик в любом агентстве занимался лишь «счетоводством», однако сейчас математика является неотъемлемой частью рекламной среды, что касается не только бухгалтерского отдела, но и медийного и даже креативного. Математика в рекламе нужна не только для подсчета целевой аудитории компании, но и для того, чтобы знать, во сколько обойдется ее сообщение. Это и данные, формулы, статистика, тестирование и моделирование. Практически все в рекламе основано на подсчете различных показателей.

Рекламная информация публикуется с позиций наиболее вероятного совпадения интересов рекламодателя и читателей рекламного носителя. Главным для рекламодателя является определение величины рекламных затрат на каждый рекламный носитель. Для подсчета общих затрат компании необходимо воспользоваться простейшей математической формулой:

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 \times L, , \quad (1)$$

где Z_1 – реклама в прессе; Z_2 – затраты на рекламу на телевидение и радио; Z_3 – наружная реклама; Z_4 – полиграфическая реклама (буклеты, каталоги); *L* – количество рекламных акций на планируемый период.

Из данной формулы мы можем предположить, как при желаниях компании и ее бюджетных ограничениях, выбрать рекламные средства и сбалансировать публикации так, чтобы сократить число и длительность времени между объявлениями.

Для решения данной задачи также используются и другие математические методы. Распространенные подходы к определению эффективности рекламных объявлений и рекламных компаний, которые используются как инструмент для анализа воздействия рекламы на потребительский спрос, не представляют достоверной информации для дальнейшего прогнозирования и моделирования поведения потребителей. Мониторинговые исследования обычно ограничиваются подсчетом количества предприятий.

Рассмотрим пример «О влиянии эластичности продукции». Как известно, важную роль в экономической теории играет понятие эластичности продукции. Правильно установив эластичность своей продукции, фирма может определить возможные при-

были или убытки. Существуют правила так называемой прямой эластичности спроса по цене.

Зная эти правила, можно выяснить, какое влияние окажет реклама на конфигурацию линии спроса. Так как реклама пытается убедить покупателя в правильности выбора товара, то это приводит к следующим последствиям:

1. Линия спроса сдвигается вправо (если реклама привлечет внимание покупателей и возбудит у них желание купить данный товар).

2. Эластичность линии спроса понижается (если реклама убедит покупателя, что данный товар является наилучшим и не имеет полноценных субститутов).

На рисунке 1. Представлен график влияние рекламы на конфигурацию линии спроса [4, с. 81].

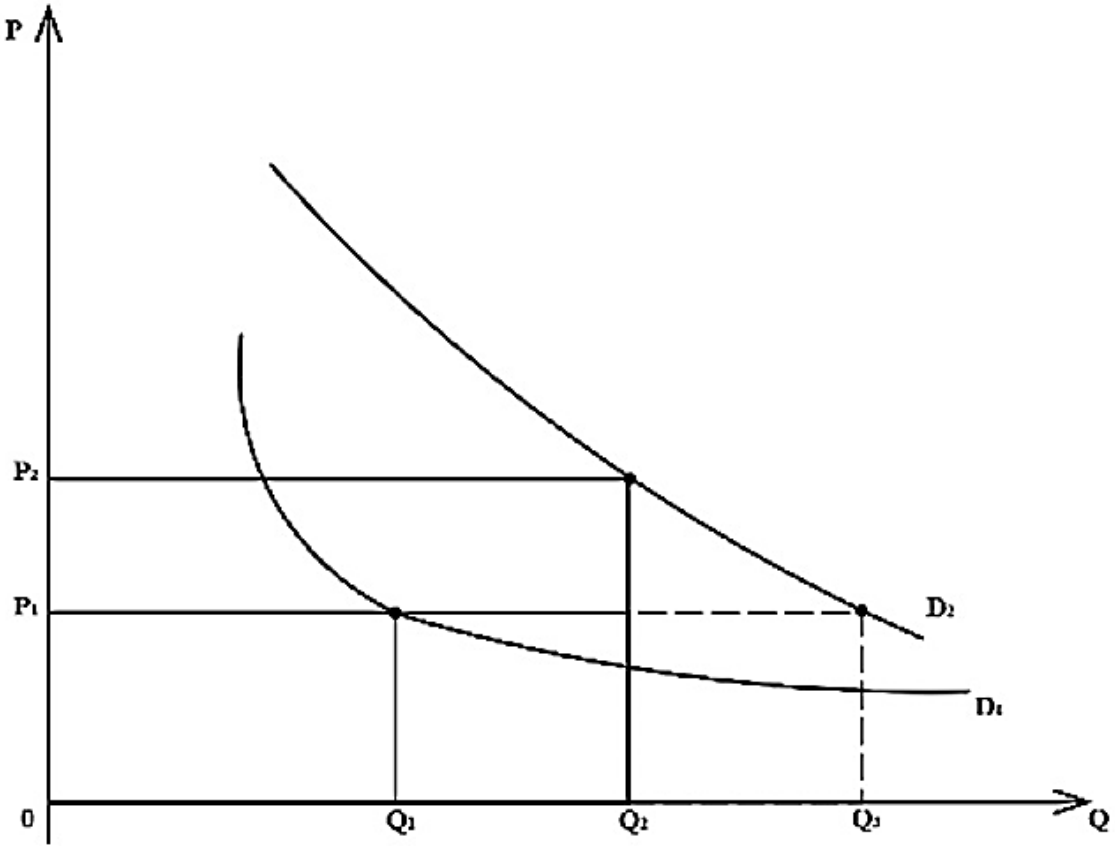


Рисунок 1 – Влияние рекламы на конфигурацию линии спроса

На рисунке 1 первоначальная линия спроса D_1 иллюстрирует объем продажи Q_1 при цене P_1. Линия спроса D_2 иллюстрирует положение линии спроса после рекламной компании. Сдвиг вправо показывает увеличение объема продаж (до Q_3), который может быть достигнут при первоначальной цене. Но если при этом спрос становится менее эластичным, то это может привести к росту цен на товар (P_2) при объеме продаж (Q_2).

Методы элементарной и классической высшей математики используются не только в обычных традиционных экономических расчетах таких как, обоснование потребности в ресурсах, определение плановых и фактических технико-экономических показателей, оценивание эффективности деятельности, а также выполнение расчетов, но и применяются в рамках других методов. Математическое моделирование рекламных мероприятий позволяет проводить с достаточной степенью достоверности прогнозирование экономической эффективности рекламных компаний, распределение рекламного бюджета, получить практические рекомендации по корректировкам элементов модели с учетом полученных результатов [5, с. 208].

Математические алгоритмы в рекламе: от рекомендательных систем до машинного обучения Математические алгоритмы играют ключевую роль в современной ре-

кламе, позволяя компаниям предлагать персонализированный контент и улучшать взаимодействие с аудиторией. Рекомендательные системы используют пользовательские данные для создания индивидуальных предложений, анализируя историю покупок и предпочтения, что повышает вероятность совершения сделок. Машинное обучение дает возможность автоматически оптимизировать рекламные кампании, прогнозируя эффективность различных рекламных сообщений и каналов распространения. Эти методы обеспечивают более точное целевое позиционирование и оптимизацию рекламного бюджета, что важно для достижения максимальной отдачи от инвестиций в рекламные активности.

Список литературы:

1. Клейнер Г.Б. Экономико-математическое моделирование и экономическая теория // Экономика и математические методы. – 2022. – № 3. – С. 111–127.
2. Малышева Л.В. Применение прикладных задач по математике в экономическом ВУЗе / Л.В. Малышева, Е.Ю. Высочанская // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2023. – № 5. – С. 91–93.
3. Малышева Л.В. Моделирование экономических задач с помощью дифференциальных разностных уравнений // В сборнике: Современные проблемы и тенденции внутренней и внешней торговли. Материалы международной научно-практической конференции. – 2024. – С. 223–229.
4. Жак С.В. Математические модели менеджмента и маркетинга // Экономика и математические методы. – 2024. – № 2. – С. 78–81.
5. Лившин Д.А. Математическое моделирование в маркетинге при построении рекламных компаний / Д.А. Лившин, Л.И. Воронова // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 5. – С. 207–209.
6. 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.
7. 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.
8. Вербицкая Ю.М. Использование современных технологий преподавания математики в высшей школе // Интернаука: электрон. науч. журнал. – М. : Изд. «Интернаука», 2024. – № 46(363). – Ч. 2– С. 43–46.
9. Вербицкая М.Ю. Математическое моделирование полетов самолета / М.Ю. Вербицкая, Д.А. Веклич, П.Е.Сидоров // XV Международная научно-практическая конференция военно-научного общества «Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники», посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : КВВАУЛ, 2025. – Ч. 2. – С. 183–186.

УДК 678.029.42

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ УПЛОТНЯЮЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

♦♦♦♦♦

POSSIBILITIES OF USING SOME SEALING POLYMERIC MATERIALS

Шаров Р.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Фурсина А.Б.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
fursina74@mail.ru

Степанова М.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
mvs4967@mail.ru

Sharov R.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Fursina A.B.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
fursina74@mail.ru

Stepanova M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
mvs4967@mail.ru

Аннотация. В работе обобщены результаты исследований и применения материалов на основе олигоэфиракрилаткарбонатов, обеспечивающих стопорение резьбовых соединений, фиксацию и уплотнение любых механических узлов.

Ключевые слова: анаэробный, кислород, катализатор, ингибитор, применение.

Abstract. The paper summarizes the results of research and application of materials based on oligoester acrylate carbonates, providing locking of threaded connections, fixation and sealing of any mechanical units.

Keywords: anaerobic, oxygen, catalyst, inhibitor, application.

В настоящее время известно множество марок Loctite различного назначения. Loctite обеспечивают стопорение резьбовых соединений, фиксацию и уплотнение любых механических узлов.

Использование анаэробных продуктов позволяет обойтись без механических стопорных устройств, при этом обеспечивается максимальная устойчивость обычных резьбовых крепежных деталей к ослаблению под действием вибраций и ударных нагрузок. Будучи жидкими, они подходят для крепежных деталей всех размеров [0].

Основой анаэробных материалов Loctite являются олигоэфиракрилаты.

Отечественные ученые разработали отечественные анаэробные материалы типа ВАК на основе олигоэфиракрилаткарбонатов с высокими скоростями отверждения (15–30 мин) на любых металлических поверхностях даже при температурах до –10 °С и более высокими физико-механическими характеристиками, чем у всех известны материалов такого типа. Материалы устойчивы к воздействию авиационных топлив, минеральных масел, органических растворителей, пресной и морской воды, а некоторые из них – и к агрессивным средам.

Полимерные материалы пригодны для стопорения и уплотнения резьбовых соединений, герметизации литья и сварных швов, для монтажа технологической оснастки в качестве компенсирующего заполнителя и для других целей. Применение анаэробных материалов при сборке узлов изделий позволяет значительно упростить процесс сборки, повысить качество и надежность работы конструкций.

Анаэробные продукты представляют собой жидкие композиции с вязкостью от 10 до 1000000 сП. Они поставляются в готовом виде, хранятся на воздухе не менее 1 года, отверждаются в зазорах деталей без доступа воздуха, т.е. в анаэробных условиях при комнатной температуре. Изменение вязкости композиций в таких широких пределах позволяет применять их при допусках на деталях от 0,2 мм (прессовая посадка) до 0,6 мм (максимально). Низковязкие композиции благодаря их высокой смачивающей способности можно использовать даже после сборки изделий.

Продолжительность отверждения композиций – это время, необходимое для превращения жидкого продукта в твердый прочный полимер. Для разных марок анаэробных материалов оно меняется, например, на углеродистой стали – от 5 мин до 24 ч. Время отверждения зависит также от температуры, с ее повышением отверждение материала ускоряется. Большую роль играют подготовка поверхности – степень чистоты соединяемых деталей и материал, из которого они выполнены: активный, нормальный или неактивный. К активным относятся материалы, содержащие медь и ее сплавы – латунь, бронза и т.п. (медь ускоряет полимеризацию), к нормальным материалам – стандартные конструкционные стали, к неактивным – коррозионностойкая сталь, все неметаллические материалы и материалы, подвергнутые поверхностной обработке: кадмированные, оцинкованные, оксидированные и др.

Для ускорения отверждения анаэробных материалов применяется дополнительная обработка сопрягаемых поверхностей активаторами – растворами, содержащими различные ускорители полимеризации.

Анаэробные композиции типа ВАК отверждаются на всех материалах с большими скоростями и не требуют применения активаторов [0].

Принцип работы анаэробных материалов в механических узлах состоит в том, что композиция, введенная между двумя сопрягаемыми поверхностями, полностью заполняет свободное пространство (шероховатости и поры), вытесняя воздух, затвердевает без заметной усадки, обеспечивая практически полный контакт поверхностей и за счет заклинивания - высокий предел прочности при сдвиге и кручении.

Анаэробные материалы предохраняют узлы от коррозии, не создают дополнительных напряжений в соединении благодаря равномерному распределению нагрузки по всей поверхности, исключают усталостное разрушение материала.

Прочность соединения определяется прежде всего составом анаэробной композиции, она зависит от шероховатости сопрягаемых поверхностей, величины зазора, степени чистоты сопрягаемых поверхностей, размеров и коэффициента сцепления деталей, материалов деталей, уровеня прилагаемого момента кручения, режима нагружения и направления действия усилия, рабочей температуры.

Одной из основных областей применения анаэробных материалов является стопорение и уплотнение резьбовых соединений. Детали скрепляются настолько прочно, что даже под действием сильных динамических нагрузок, вибрации и ударов не происходит самопроизвольного ослабления резьбы и нарушения герметичности при давлении до 300–400 ат. При благоприятных условиях анаэробный материал способствует значительному снижению напряжений в резьбовых соединениях. Крутящий момент раскручивания на 20 % выше, чем крутящий момент затягивания.

Выбор марки материала для фиксации определяется типом резьбового соединения. В неразъемных соединениях необходимо применение высокопрочных материалов. Для разборных, собираемых шарнирных соединений пригодны композиции со средней прочностью при сдвиге около 40 кгс/см^2. В соединениях, требующих подрегулирования или легкой разборки необходимо использовать материалы с пределом прочности при сдвиге 10–20 кгс/см^2.

За рубежом анаэробные материалы широко используются для фиксации скользящих соединений: роликовых подшипников, подшипников скольжения, зубчатых колес, муфт сцепления, втулок и т.п. [2].

При этом прессовые и горячие посадки заменяют скользящими посадками, не требующими жестких допусков. Скользящие посадки, усиленные анаэробными материалами, часто превосходят по качеству прессовые посадки. Стопорные пружины, шпонки и другие неподвижно посаженные стопорные элементы в этом случае становятся ненужными» Если же они и применяются то прочность их крепления значительно повышается. Это объясняется тем, что прессовые посадки, как правило, обеспечивают контакт поверхностей металла не более чем на 30 %. При уплотнении соединения анаэробными материалами достигается полный контакт поверхностей, следовательно увеличение прочности и надежности соединения. Наличие полимера в соединении предотвращает нежелательные микросвязи точек опоры, коррозию материала от трения. Если по конструктивным соображениям нельзя избежать прессовой посадки, ее прочность можно значительно увеличить одновременным применением анаэробного материала. Использование анаэробных материалов в большинстве случаев позволяет

отказаться от тугой резьбы, пайки, сварки, кернения, горячей и тугой посадок и завальцовки подшипников (рисунок 1).

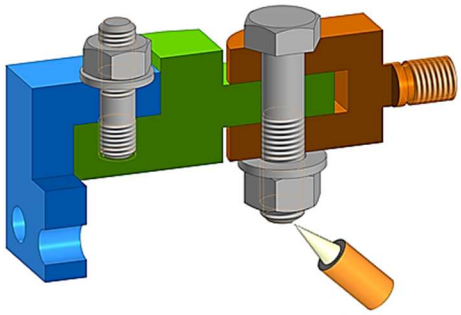


Рисунок 1 – Типовые узлы применения полимерных композиций

Анаэробные материалы успешно используются в качестве уплотнителей фланцевых соединений с одновременным стопорением болтовых соединений. Благодаря высокой прочности при сжатии отвержденная пленка не сжимается и не течет, при этом значительно повышается коэффициент трения. Следовательно, для передачи крутящего момента во фланцевых соединениях вместо болтов с высокой прочностью на растяжение могут применяться стандартные болты. В случае применения жидких анаэробных материалов отпадает необходимость в изготовлении и хранении на складе разнообразных дорогостоящих прокладов.

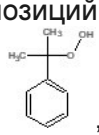
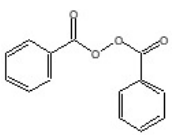
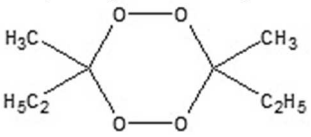
Низковязкие (10–50 сП) анаэробные материалы успешно используются для герметизации пористого литья и сварных швов.

Анаэробные материалы представляют собой многокомпонентные системы достаточно сложного состава. В них входят полимеризационная основа, сомономер, полимерный загуститель или наполнитель, инициатор радикальной полимеризации, регулятор или ускоритель полимеризации и ингибитор полимеризации.

В качестве полимеризационной основы в зарубежных материалах используются олигоэфиракрилаты – диметакриловые эфиры гликолей (моно-, ди-, три-, тетра-, пента-, полиэтилен- и полипропиленгликоля).

Сомономерами в композициях служат акриловая, метакриловая кислоты, амиды ненасыщенных кислот (метакриламид и др.), способствующие повышению адгезии и теплостойкости.

Полимерные загустители вводят в композицию для регулирования ее вязкостных характеристик. В качестве полимерных загустителей используют растворимые в олигомере полимеры и сополимеры акриловых и метакриловых мономеров с молекулярной массой от 2000 до 50000. Применяют и нерастворимые полимеры, но хорошо распределяющиеся в олигомере с образованием воскообразной массы. В состав композиций в качестве тиксотропных добавок вводят неорганические наполнители (TiO_2 и SiO_2) [5] .

Инициаторами полимеризации анаэробных композиций служат органические гидроперекиси (в основном гидроперекись кумола , перекиси бензоила  и метилэтилкетона  а также их смеси.

В качестве регуляторов и ускорителей полимеризации используются амины, амиды и имиды органических кислот (формамид, сахарин), аминоспирты $HOR–NH_2$.

Активаторами полимеризации служат соли металлов переменной валентности органических и неорганических кислот ($FeCl_3$, $CuCl_2$) соли жирных кислот свинца, кобальта и никеля (сиккативы). Соли являются очень сильными ускорителями, поэтому их вводят в композицию только перед ее употреблением или предварительно активируют

сопрягаемые поверхности растворами их в органических растворителях. С целью уменьшения активности солей используют комплексы солей с органическими продуктами или хелатные соединения – ацетилацетонат марганца, хелаты железа, кобальта и других металлов переменной валентности [0].

Ионы металлов могут действовать как восстановители (двухвалентное железо) или как окислители (четырехвалентный церий):

$$Fe^{2+} + ROOH \rightarrow Fe^{3+} + RO^{\cdot} + OH^{-},$$

$$Ce^{4+} + ROOH \rightarrow Ce^{3+} + ROO^{\cdot} + H^{+}.$$

Ионы кобальта и марганца действуют по обоим механизмам. Ионы с низкой валентностью восстанавливают гидропероксиды, а ионы с высокой валентностью окисляют гидропероксиды. Ионы металлов разной валентности выступают в роли катализаторов распада гидропероксидов. В результате радикалы способствуют окислению и образуют больше гидропероксидов, которые, в свою очередь, разлагаются ионами металлов. Некоторые ионы переходных металлов действуют как катализаторы автоокисления, которое может быть замедлено добавлением небольшого количества антиоксидантов [4].

Ингибиторами полимеризации обычно являются фенолы, замещенные фенолы или вторичные ароматические амины, содержащие легко отщепляющиеся атомы водорода, после потери которых они образуют стабильный мало-реакционноспособный радикал.

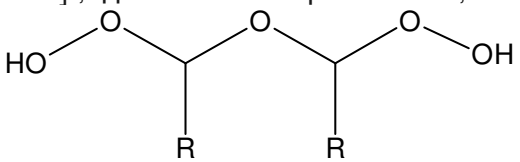
Инициатор, ускоритель и ингибитор представляют собой окислительно-восстановительную систему анаэробных материалов, которая определяет жизнеспособность, скорость и полноту полимеризации композиции.

Кислород воздуха при полимеризации мономеров и олигомеров акрилового ряда обладает двоякой ролью. При постоянном контакте с мономером кислород ингибирует полимеризацию, а в случае его ограниченного доступа в реакционную систему инициирует этот процесс. Кислород является эффективным акцептором свободных радикалов [5].

Реакция $R^{\bullet} + O_2 \rightarrow RO_2^{\bullet}$ протекающая в жидких средах, имеет константу скорости $К_1 = 10^6 - 10^7$ л/моль · с и мало зависит от природы радикала $R^{\bullet}$. Величина $К_1$ близка к константам скоростей взаимодействия двух свободных радикалов. Для реакции $R^{\bullet} + R^{\bullet} \rightarrow R - R$ (где $R^{\bullet}$ – полиметилметакрилатный радикал) константа скорости равна примерно $2 \cdot 10^7$ л/моль.

Поскольку реакционная способность $RO_2^{\bullet}$ значительно ниже, чем $R^{\bullet}$, акцептирование свободных радикалов кислородом должно сопровождаться ингибированием любых радикально-цепных процессов, радикалом-носителем в которых является $R^{\bullet}$. Превращение $R^{\bullet} + O_2 \rightarrow RO_2^{\bullet}$ равносильно обрыву цепи.

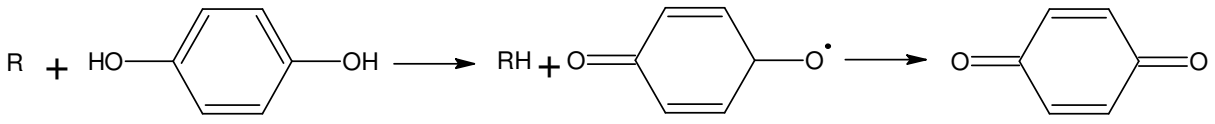
Ингибирующее влияние кислорода на процесс полимеризации акриловых олигомеров объясняется распадом образующихся при мономера с кислородом перекисей обшей формулы $[-\mathrm{M}n - \mathrm{OO}-]$, где М – мономерное звено, n ≥ 1, или гидроперекиси



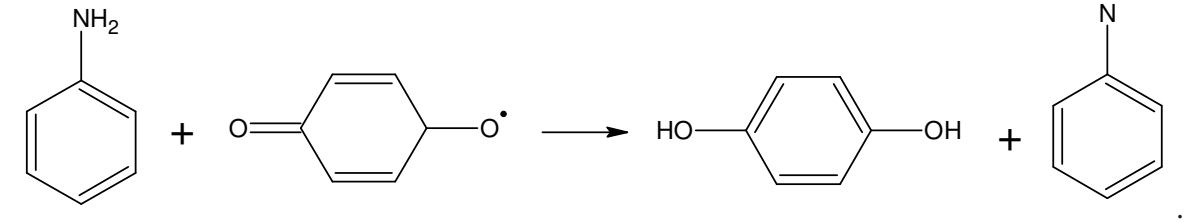
в результате отрыва атома водорода от α-углеродных атомов эфирной связи [5].

Для подавления процесса полимеризации, в частности, при хранении композиций вводят ингибиторы, которые присоединяются к свободным радикалам и предотвращают полимеризацию по схеме:

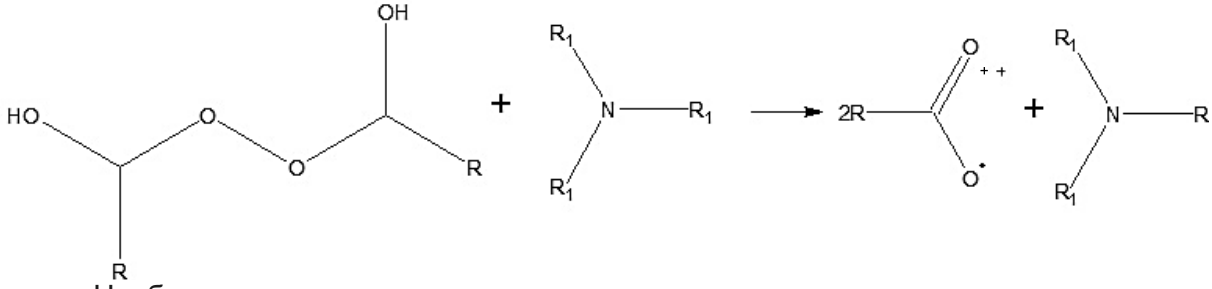
$$R^{\bullet} + AH \rightarrow RH + A^{\bullet}$$



Хинон является слабым ингибитором и его необходимо регенерировать в гидрохинон с помощью аминов, являющимися восстановителями:



В то же время амины разлагают перекиси на свободные радикалы:



Наиболее активны третичные амины, наименее – первичные, вторичные амины по активности занимают промежуточное положение.

Отечественные анаэробные материалы разработанные ВИАМ ВАК-1, ВАК-1Ф, представляют собой композиции, состоящие из двух растворов на основе олигокарбонатакрилатов, в которых один компонент содержит катализатор, а второй компонент – ускоритель хелатного типа, что обеспечивает жизнеспособность композиций до 1 года и высокие скорости их отверждения на любых подложках [3].

Композиция ВАК-1, предназначенная для стопорения и уплотнения неразъемных соединений, способна полимеризоваться при отрицательных температурах, а также в контакте с топливами и маслами.

Получаемый в результате отверждения полимер обладает высокой устойчивостью к действию авиационных топлив, минеральных масел, органических растворителей, пресной и морской воды, не вызывает коррозии широко применяемых в машиностроении металлических материалов и различных гальванических покрытий.

Композиция ВАК-1Ф применяется для стопорения и уплотнения различных соединений при температурах, работающих от –60 до +150 °С длительно и при 200 °С – кратковременно в морской воде, минеральных маслах, бензине, керосине, авиационном топливе. Этот материал позволяет в течение нескольких минут зафиксировать и уплотнить соединение.

Преимуществом композиции ВАК-1Ф является то, что инициатор полимеризации предварительно наносится на одну или обе сопрягаемые поверхности и в тонкой, прочно удерживающейся пленке сохраняется в активном состоянии несколько месяцев. В момент сборки изделия на сопрягаемые поверхности наносится только один компонент. Простота нанесения композиции позволяет уплотнять соединения разной конфигурации за короткий промежуток времени. Полнота полимеризации достигается через 2–3 ч [5, 2].

Список литературы:

1. Анаэробные герметики/клеи. – URL : https://chemi.by/arhiv-novostej/stati/anaerobnye-klei.html
2. Использование анаэробных композиций для замены тугих резьб на нормальные / Д.Н. Козьминская [и др.] // В сборнике Авиационные материалы. Анаэробные материалы и их применение. – ОНТИ ВИАМ. – 1979. – Вып. 4. – С. 25–29.
3. Каталог анаэробная композиция ВАК-1Ф. – URL : https://catalog.viam.ru/catalog/_dlya_skleivaniya_metallov_i_nemetallicheskikh_materialov/anaerobnaya-kompozitsiya-vak-1f/ (дата обращения 24.02.2025).
4. Петрова А.Н. Клеящие материалы. Справочник. М. : ЗАО «Редакция журнала каучук и резина» (К и Р), 2002. – 196 с.
5. Попова Г.Л. Общие сведения об анаэробных материалах // В сборнике Авиационные материалы. Анаэробные материалы и их применение. – ОНТИ ВИАМ. – 1979. – Вып. 4. – С. 6–25.

УДК 004.4272

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБМЕНА СООБЩЕНИЯМИ В ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЯХ: АРХИТЕКТУРА И ВНЕДРЕНИЕ

♦♦♦♦♦

DEVELOPMENT OF A MESSAGE EXCHANGE SYSTEM IN LOCAL NETWORKS: ARCHITECTURE AND IMPLEMENTATION

Арутюнян М.М.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
m.arutyunyan@yandex.ru

Воробьев Д.А.
студент,
Санкт-Петербургский государственный университет
dav1dvorobev@vk.com

Шаповалов М.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В работе представлена разработка мессенджера для локальных сетей на Rust. Описаны архитектура, безопасность, асинхронные технологии и TUI-интерфейс. Проект ориентирован на эффективное текстовое общение без Интернета.

Ключевые слова: программирование, программа для обмена сообщениями, Rust, TUI.

Arutyunyan M.M.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
margarit2000@mail.ru

Vorobev D.A.
Student,
Saint Petersburg State University
dav1dvorobev@vk.com

Shapovalov M.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The paper presents the development of a messenger for local networks using Rust. The architecture, security, asynchronous technologies, and TUI interface are described. The project is focused on efficient text communication without the Internet.

Keywords: programming, messaging application, Rust, TUI.

С учетом изменений в мировой политике и требований закона об импортозамещении программного обеспечения для российских учреждений возрастает необходимость в разработке собственного ПО [1]. Закрытые организации нуждаются в эффективной системе внутренней коммуникации, позволяющей обмениваться мгновенными сообщениями в локальной сети без выхода в Интернет.

Нами был разработан программный комплекс [2], который позволяет пользователям обмениваться сообщениями в общем чате через локальную сеть. Все участники видят сообщения друг друга, что создает единое информационное пространство внутри сети. Данные хранятся на внутреннем сервере организации, обеспечивая безопасность информации. Программное обеспечение разработано на языке C++ для операционной системы Linux и соответствует установленным функциональным требованиям.

Дальнейшая работа по созданию ПО, привела к разработке платформы для общения в общем чате, ориентированной на безопасность, масштабируемость и минималистичность интерфейса.

Современные коммуникационные платформы сталкиваются с вызовами, связанными с безопасностью, избыточностью интерфейсов и масштабируемостью в условиях роста числа пользователей. Существующие чат-платформы, такие как Slack, Discord, WhatsApp и традиционный IRC, предлагают широкий спектр функций, от простого текстового обмена сообщениями до сложных инструментов управления проектами. Эти платформы обычно имеют графические пользовательские интерфейсы (GUIs) и поддерживают несколько каналов, приватные сообщения, обмен файлами и интеграции с другими инструментами.

Традиционные решения, такие как Slack или Discord, часто перегружены функционалом, что снижает их эффективность для базового общения. В отличие от них, «Dispatch» – это более простая платформа с одним общим чат-комнатой и TUI, фоку-

сирующаяся на эффективности и производительности. Научная новизна работы заключается в интеграции асинхронных технологий с минималистичным TUI, реализованным на Rust – языке, известном своей безопасностью и производительностью [3].

Проект «Dispatch», доступный на GitHub странице проекта [4], представляет собой платформу для общения пользователей в одном общем чате. Она фокусируется на создании безопасной, устойчивой и масштабируемой системы с асинхронным взаимодействием между клиентом и сервером.

Интерфейс минималистичен и оптимизирован для быстрого общения в реальном времени (рисунок 1), что делает его удобным для пользователей, предпочитающих текстовые интерфейсы. Проект «Dispatch» построен на Rust, что подчеркивает фокус на производительности, безопасности и эффективности.

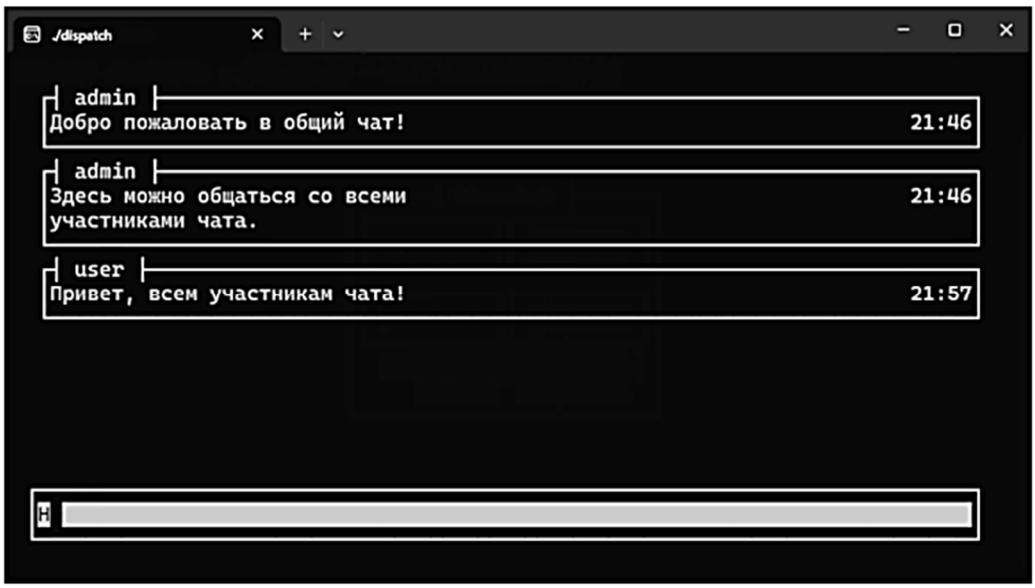


Рисунок 1 – Интерфейс Dispatch

Технологии и структура

Бэкенд:

- Описание: чат-сервер, управляющий соединениями пользователей и обменом сообщениями через WebSocket;
- Технологии: использует Tokio для асинхронных операций, Tungstenite для WebSocket, и PostgreSQL для хранения данных;
- Функциональность: предоставляет REST API для регистрации (POST /signup), входа (POST /signin) и подключения (GET /connect). Хранит данные в таблицах Users (логин, пароль, created_at) и Messages (id, from, body, timestamp);
- Настройка: требует переменных окружения (.env) для подключения к PostgreSQL (POSTGRES_USER, POSTGRES_PASSWORD, POSTGRES_DB). Сборка и развертывание возможны через Docker Compose: docker-compose up --build -d.

Подробности в README бэкенда [4].

Ниже представлен код на Rust с использованием Tokio, который реализует асинхронный TCP-сервер, слушает порт 3000 и направляет запросы на обработку авторизации, регистрации или WebSocket-соединения. Давайте разберём, как это организовано.

Код:

```
#[tokio::main]
async fn main() -> Result<()> {
 let context = Context::create().await?;
 let listener = TcpListener::bind("0.0.0.0:3000").await?;
 while let Ok((socket, _)) = listener.accept().await {
 tokio::spawn(handle(context.clone(), socket));
 }
 Ok(())
}
```

```
async fn handle(context: Context, socket: TcpStream) -> Result<()> {
 let mut buf = [0; 1024];
 let n = socket.peek(&mut buf).await?;
 let request = String::from_utf8_lossy(&buf[..n]);
 let (headers, body) = request.split_once("\r\n\r\n").unwrap();
 if let Some(line) = headers.lines().next() {
 let parts: Vec<&str> = line.split_whitespace().collect();
 let method = parts[0];
 let path = parts[1];
 match (method, path) {
 ("POST", "/signin") => signin(context, socket, body).await?,
 ("POST", "/signup") => signup(context, socket, body).await?,
 ("GET", "/connect") => connect(context, socket, headers).await?,
 _ => {}
 }
 }
 Ok(())
}
```

Далее представлен код, который определяет структуру Context для управления соединениями и данными в асинхронном приложении на Rust. Метод create инициализирует контекст с ключом шифрования, пулом подключений к базе данных PostgreSQL и пулом пользовательских соединений. Методы plug и unplug обеспечивают подключение и отключение пользователей, отправляя им сохраненные сообщения из базы данных при подключении.

Код:

```
#[derive(Clone)]
pub struct Context {
 key: HS256Key,
 pub pg_pool: PgPool,
 pub channel: Channel,
 pub connections: ConnectionsPool,
}

impl Context {
 pub async fn create() -> Result<Self> {
 let key = HS256Key::generate();
 let pg_pool = PgPoolOptions::new()
 .max_connections(10)
 .connect(&std::env::var("DATABASE_URL")?)
 .await?;
 let connections = Arc::new(RwLock::new(HashMap::new()));
 let channel = Channel::new(pg_pool.clone(), connections.clone()).await?;
 Ok(Self { key, pg_pool, channel, connections })
 }

 pub async fn plug(&mut self, username: &str, connection: UserConnection) -> Result<()> {
 let mut lock = self.connections.write().await;
 let preload = sqlx::query_as::<_, ChannelMessage>("SELECT * FROM messages")
 .fetch_all(&self.pg_pool)
 .await?;
 preload.into_iter().for_each(|msg| connection.send(msg));
 lock.insert(username.to_string(), connection);
 Ok(())
 }
```

```
pub async fn unplug(&mut self, username: &str) {
 self.connections.write().await.remove(username).unwrap().close();
 }
}
```

Функция connect реализует обработку WebSocket-соединений в асинхронном приложении на Rust. Она проверяет запрос на апгрейд до WebSocket, верифицирует токен пользователя, подключает его к контексту через plug и отправляет сообщения в канал, пока соединение активно. При завершении или ошибке соединение корректно закрывается с помощью unplug или прямого закрытия потока.

Код:

```
pub async fn connect(mut context: Context, socket: TcpStream, headers: &str) -> Result<()> {
 if headers.contains("Upgrade: websocket") {
 let mut ws_stream = accept_async(socket).await?;
 if let Some(Ok(Message::Text(token))) = ws_stream.next().await {
 match context.key().verify_token::<NoCustomClaims>(&token, None) {
 Ok(claims) => {
 let username = claims.subject.unwrap();
 let (ws_tx, mut ws_rx) = ws_stream.split();
 let connection = UserConnection::new(ws_tx).await;
 context.plug(&username, connection).await?;
 while let Some(Ok(Message::Text(msg))) = ws_rx.next().await {
 context.channel.send(ChannelMessage {
 from: username.clone(),
 body: msg,
 timestamp: Utc::now().timestamp_millis(),
 })?;
 }
 context.unplug(&username).await;
 }
 Err(_) => ws_stream.close(None).await?,
 }
 }
 }
 Ok(())
}
```

Фронтенд:

- Описание: терминальный пользовательский интерфейс (TUI) на Rust с библиотекой Cursive, обеспечивающий минималистичный и интуитивный интерфейс для реального взаимодействия;
- Функциональность: отправляет POST-запросы для регистрации и авторизации, устанавливает WebSocket-соединение через tokio-tungstenite. Поддерживает обработку ошибок, например, «Неверный формат» для данных, не соответствующих требованиям (длина логина/пароля 1–8 символов, только ASCII);
- Интерфейс: включает главное меню с полями для логина и пароля, кнопки для входа/регистрации, а также окно чата после успешного подключения;
- Сборка и запуск: команда сборки: cargo build -p frontend --release, запуск: target/release/frontend --host localhost:3000;
- Подробности в README фронтенда [4].

Функциональность и уникальность

«Dispatch» фокусируется на простоте и эффективности, предоставляя:

- Регистрацию и вход пользователей через REST API;
- Реальное время общения через WebSocket, что обеспечивает асинхронное взаимодействие;

• Хранение истории сообщений в базе данных, что позволяет новым пользователям видеть предыдущие сообщения;

• Уникально, что интерфейс выполнен в виде TUI, что редко для современных чат-приложений. Это может быть полезно для пользователей с ограниченными ресурсами или предпочитающих текстовые среды, но может быть менее удобным для тех, кто привык к графическим интерфейсам.

Проект не поддерживает сложные функции, такие как приватные сообщения или несколько чат-комнат, что ограничивает его масштабируемость для больших сообществ.

Потенциальные сценарии использования

Исследования показывают, что «Dispatch» может быть полезен в следующих случаях:

• Для небольших сообществ или групп, ищущих простой и эффективный способ общения;

• В образовательных целях, чтобы изучить разработку реальных приложений на Rust, особенно с фокусом на асинхронное программирование и WebSocket;

• Для внутренней коммуникации в небольших организациях или командах, работающих в текстовых средах.

Лицензия и сравнение

Проект распространяется под MIT License [4], что делает его открытым для использования и модификации. Сравнение с аналогами, такими как Slack или Discord, показывает, что «Dispatch» проще и фокусируется на базовых функциях, что делает его подходящим для нишевых сценариев, таких как небольшие сообщества или образовательные цели.

«Dispatch» – это проект, демонстрирующий возможности Rust в разработке чат-приложений с фокусом на производительность и безопасность. Его текущая реализация подходит для небольших масштабов и образовательных целей. С дальнейшим развитием и улучшениями он может стать более универсальным и широко используемым инструментом коммуникации, что делает его интересным объектом для академического изучения и профессионального применения.

Список литературы:

1. Приказ Минцифры России № 21 «Об утверждении Методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения, в том числе на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации» от 18.01.2023.
2. Арутюнян М.М. Программный комплекс для обмена сообщениями в локальных сетях / М.М.Арутюнян, Д.А. Воробьев, М.А. Шаповалов // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: Сб. науч. ст. XV Юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 245–249.
3. Klabnik S. The Rust Programming Language / S. Klabnik, C. Nichols. – San Francisco : No Starch Press, 2019. – 552 с.
4. Воробьев Д.А. URL : https://github.com/dav1dvorobev/dispatch (дата обращения 10.03.2025).

УДК 004.4272

«ЭВОЛЮЦИЯ ДРОНОВ»: СОЗДАНИЕ ВОЙСК БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ В РОССИИ

♦♦♦♦♦

«EVOLUTION OF DRONES»: ESTABLISHMENT OF UNMANNED SYSTEMS TROOPS IN RUSSIA

Баштовая А.В.
студентка,
Северо-Кавказский федеральный университет
annabashtovaya3@gmail.com

Аннотация. Современные вооруженные конфликты, начиная со второй декады XXI века, характеризуются стремительной трансформацией тактико-оперативных парадигм, обусловленной внедрением высокотехнологичных систем вооружения. Особое место в этом процессе занимают беспилотные летательные аппараты (БПЛА), эволюционировавшие от вспомогательных инструментов разведки до ключевых элементов боевого управления.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат (БПЛА), войска беспилотных систем (ВБС), война дронов, гибридные угрозы, радиоэлектронная борьба, специальная военная операция (СВО), Россия.

Bashtovaya A.V.
Student,
North Caucasus Federal University
annabashtovaya3@gmail.com

Abstract. Modern armed conflicts, starting from the second decade of the 21st century, are characterized by a rapid transformation of tactical and operational paradigms driven by the introduction of high-tech weapon systems. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), which have evolved from auxiliary reconnaissance tools to key elements of combat management, occupy a central place in this process.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Unmanned Systems Troops (UST), Drone Warfare, Hybrid Threats, Electronic Warfare, Special Military Operation (SMO), Russia.

Российско-украинский конфликт (2022–2025 гг.) стал катализатором качественного скачка в применении БПЛА, превратив их в центральный компонент «войны нового поколения», где доминирование в воздушном и информационном пространстве предопределяет исход операций.

Данный конфликт, часто именуемый в экспертной среде «войной дронов», продемонстрировал беспрецедентную интеграцию беспилотных систем на всех уровнях ведения боевых действий – от тактической разведки до высокоточных ударов по стратегическим объектам. Если в предыдущих локальных войнах (например, в Афганистане или Сирии) БПЛА применялись фрагментарно и преимущественно стороной, обладающей воздушным превосходством, то в украинском театре военных действий их использование приобрело симметричный и массовый характер. Это обусловило не только пересмотр классических доктрин, но и стимулировало технологическую гонку, в которой Российская Федерация, объявив о формировании Войск беспилотных систем (ВБС) как отдельного рода войск, заняла лидирующие позиции.

Целью настоящего исследования является анализ роли БПЛА в трансформации военного искусства на примере российско-украинского конфликта, а также оценка стратегических последствий создания ВБС для России и глобальной безопасности.

В работе применяются методы компаративного анализа открытых данных (заявления официальных лиц, отчеты Минобороны РФ, материалы международных СМИ), что позволяет реконструировать логику организационных и технологических решений РФ в контексте противодействия вызовам гибридной войны. Научная новизна статьи заключается в комплексном рассмотрении феномена «войны дронов» через призму институциональных изменений в структуре ВС РФ, а также в оценке реакции НАТО на технологическое превосходство России в сфере БПЛА. Особое внимание уделяется рассмотрению видов беспилотников и их влиянию на оперативную обстановку, что ранее не получало достаточного освещения в академической литературе.

Практическая значимость исследования заключается в комплексном обосновании необходимости создания Войск беспилотных систем как принципиально нового вида войск в структуре ВС РФ.

Российско-украинский конфликт (2022–2025 гг.) стал уникальным «полигоном» для апробации новых форм применения беспилотных систем, радикально изменив

представления о их роли в современной войне. Если в начале столетия БПЛА рассматривались как вспомогательный инструмент для точечных операций (например, ликвидация целей в Афганистане), то к 2022 году их функционал расширился до уровня системообразующего элемента тактики.

Массовое применение БПЛА обеими сторонами конфликта привело к формированию феномена «симметричной войны дронов», где доминирование в воздушном пространстве перестало быть монополией одной из сторон. В отличие от операций в Сирии, где российские БПЛА типа «Орлан-10» действовали в условиях минимального противодействия, на Украине беспилотники столкнулись с активным использованием РЭБ, зенитных комплексов малой дальности и аналогичных систем противника. Это потребовало перехода от единичных миссий к сетецентричным операциям, где дроны интегрированы в единый контур управления с артиллерией, спутниковой разведкой и пехотными подразделениями.



Рисунок 1 – БПЛА «Орлан-10»

Ключевым фактором стала децентрализация применения БПЛА. Малые дроны (например, «Ланцет» или коммерческие квадрокоптеры) начали использоваться на уровне взводов и рот для решения локальных задач: обнаружение целей в реальном времени, корректировка огня, минимизация потерь при штурме укреплений. По данным Минобороны РФ, к 2024 году до 80 % артиллерийских ударов ВС РФ осуществлялось с использованием данных от БПЛА, что сократило время цикла «обнаружение-поражение» с 20–30 минут до 3–5 минут.

Несмотря на сохраняющуюся роль традиционных видов вооружений – танков, артиллерии, авиации – именно беспилотные системы радикально изменили оперативную реальность. Ключевым новшеством стало «оцифровывание поля боя»: операторы получили возможность в режиме реального времени отслеживать перемещения противника, корректировать огонь и наносить высокоточные удары, оставаясь вне зоны прямого риска.

Одновременно совершенствовались тактико-технические характеристики (ТТХ). Акцент сместился на:

1. Помехозащищённость: внедрение альтернативных систем навигации (например, использование визуального позиционирования при подавлении GPS).

2. Автономность: применение ИИ для распознавания целей и маршрутизации без постоянной связи с оператором.

3. Сетевое взаимодействие: интеграция БПЛА в работу комплекса «Стрелец-М» для автоматической передачи данных артиллерии.

Ярким примером технологического прорыва стал ударный БПЛА «Герань-3», серийное производство которого началось в феврале 2025 года. Оснащённый турбореактивным двигателем, он способен развивать скорость до 600 км/ч и нести до 50 кг боевой нагрузки, что ставит его в один ряд с тактическими ракетами. В отличие от предшественников, «Герань-3» предназначен для подавления систем ПВО и ударов по критической инфраструктуре, демонстрируя переход от тактических к оперативно стратегическим задачам.

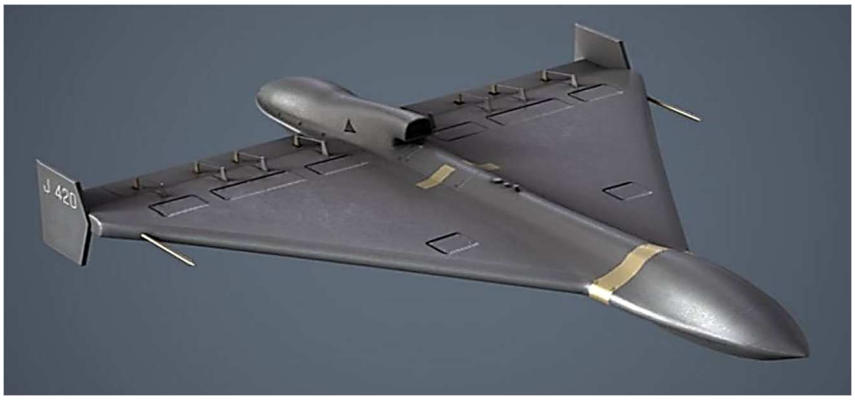


Рисунок 2 – БПЛА «Герань-3»

В ноябре президент России Владимир Путин, отвечая на пресс-конференции в ходе визита в Казахстан на вопрос о возможности выделения беспилотников в отдельный род войск, сказал, что над этим «думают в Генштабе, в Министерстве обороны». У нас современный министр обороны, человек, который неплохо разбирается во всех этих сферах, хотя по базовому образованию он прежде всего экономист. Но тем не менее он же у меня занимался и беспилотными летательными аппаратами, когда еще был первым вице-премьером. Так что он в материале, они вместе с профессиональными военными думают сейчас над этим, над организацией этой работы. Вопрос действительно важный».

Институциональным ответом на вызовы конфликта стало предложение о формировании ВБС как отдельного рода войск, на коллегии Минобороны 16 декабря 2024 года. Эта мера отражает стремление РФ систематизировать опыт применения БПЛА и закрепить технологическое лидерство. Согласно заявлению министра обороны, ВБС будут объединять все типы беспилотников – воздушные, наземные и морские – в единую структуру под централизованным управлением.

Министр обороны А. Белоусов назвал «массовое применение беспилотных летательных аппаратов различного назначения» в ходе специальной военной операции «самым значимым прорывом в тактике действий подразделений». В 2024 году поставки беспилотников в войска различного назначения выросли по сравнению с предыдущим годом в 23 раза.

«Необходимо сосредоточить усилия на улучшении тактико-технических характеристик беспилотных летательных аппаратов – в части увеличения дальности их применения, автономности и помехозащищенности», – добавил министр.

Анализ практики ведущих военных держав подтверждает логику российских реформ:

– США: Беспилотники интегрированы в ВВС (например, 432-е крыло БПЛА), но отсутствие отдельного вида войск приводит к конфликту интересов между армейскими и авиационными подразделениями.

– Китай: С 2023 года в составе НОАК действует Отдельное командование интеллектуальных систем, объединяющее БПЛА, роботизированные платформы и ИИ-алгоритмы.

– Турция: Спецподразделения типа «Бора» демонстрируют эффективность узкой специализации, но их опыт ограничен тактическим уровнем.

По информации на март 2024 года, на Украине беспилотные летательные аппараты (БПЛА) выделены в отдельный род войск – силы беспилотных систем.

Для РФ оптимальной моделью, может стать гибридная структура:

– Центральное командование ВБС (аналогично РВСН) для стратегических задач.

– Тактические бригады БПЛА в составе общевойсковых объединений.

Формирование Войск беспилотных систем в Российской Федерации представляет собой комплексный процесс, затрагивающий как теоретико-доктринальные основы военного искусства, так и практические механизмы интеграции новых технологий в

структуру Вооружённых Сил. Как подчеркнул адмирал Авакянц, российский военачальник, экс-командующий Тихоокеанским флотом, ключевой задачей является разработка «теории и практики подготовки и ведения военных действий оперативного масштаба», где БПЛА становятся не вспомогательным инструментом, а системообразующим элементом. Это требует пересмотра устоявшихся подходов к планированию операций, обучению личного состава.

Адмирал Авакянц акцентирует, что успех ВБС зависит от отказа от формализма: «Главное, чтобы это была не просто вывеска на двери кабинета. Нужно продумать систему подготовки как сержантско-рядового состава, так и офицерского. Для этого необходимо внести изменения в учебные программы – создать специальные факультеты или учебные заведения среднего и высшего образования. Нововведения должны коснуться и уже существующих военных академий, в частности Академии Генерального штаба».

Военный эксперт Дмитрий Корнев указывает на необходимость тактической интеграции: *«Будут созданы отделения, взводы, отдельные дивизионы, которые будут находиться в плотном взаимодействии с другими родами войск и обеспечивать применение беспилотников в их интересах»*.

Аналитики предлагают двухуровневую модель:

– Тактический уровень: Подразделения БПЛА в составе Сухопутных войск, ВКС и ВМФ. Например, ВМФ развивает безэкипажные катера типа «Катран».

– Стратегический уровень: Централизованное управление по аналогии с войсками ПВО. Как пояснил Владислав Шурыгин в интервью «Известиям»: *«Войска беспилотных систем, скорее всего, получат статус, аналогичный тому, который есть у войск ПВО. Их подразделения будут в составе Сухопутных войск, ВКС, а также в ВМФ… К ним будут относиться все используемые беспилотные системы».

Таким образом, главным вызовом для ВБС станет, качественная подготовка специалистов, способных управлять БПЛА в условиях гибридных конфликтов, а также эффективное использование опыта военнослужащих, участников специальной военной операции (СВО), обладающих уникальными навыками управления дронами в боевых условиях. Однако, интеграция данной категории специалистов в образовательную систему требует разработки гибких институциональных механизмов, учитывающих их статус и квалификацию. Ветераны без офицерских званий могут быть включены в штат учебных заведений и военных академий на позиции гражданского персонала. Для лиц с высшим образованием, возможно предусмотреть ускоренную процедуру присвоения педагогического статуса. Предлагаемые меры:

1. Специализированные учебные заведения:

2. Факультеты БПЛА в вузах (например, Краснодарском высшем военном авиационном училище) с программами специалитета.

3. Учебные центры для сержантского состава (6-месячные курсы).

4. Практико-ориентированное обучение: Внедрение симуляторов, воссоздающих условия СВО.

5. Интеграция ветеранов: Привлечение опытных операторов в качестве инструкторов и педагогов.

Некоторые уже реализованы, в Донбассе участников СВО в качестве инструкторов привлекли к подготовке операторов БПЛА военного назначения, которую организовали в Севастопольском госуниверситете.

Планы по созданию Войск беспилотных систем в России и их успешное применение, спровоцировали глубокую рефлексию в странах НАТО. Технологическое превосходство РФ в сфере БПЛА, подкреплённое серийным выпуском дронов-камикадзе «Куб», «Ланцет» концерном «Калашников», выявило системные пробелы в стратегии альянса, ориентированной на дорогостоящие и сложные платформы.

Как отмечает TheWallStreetJournal, американские компании, несмотря на многомиллиардные инвестиции, не смогли создать массовые БПЛА, сопоставимые по эффективности с российскими аналогами. Проекты вроде Switchblade-600 производства «AeroVironment» страдают от низкой помехозащищённости и ограниченной автономности, а их стоимость (свыше 120 тыс. долл. за единицу) делает их экономически невыгодными в условиях «войны на истощение».



Рисунок 3. Российский высокоточный БПЛА «Куб»



Рисунок 4. – Российский БПЛА «Ланцет»



Рисунок 5 – Крупный барражирующий боеприпас Switchblade-600 (США)

Ситуацию усугубляет успех российских дронов в экстремальных условиях. По данным Reuters (январь 2025 г.), как минимум 6 оборонных ведомств и 14 компаний НАТО пытались воспроизвести технологии, обеспечивающие устойчивость российских БПЛА к низким температурам и электронным помехам. Однако отсутствие единой координации и избыточная бюрократизация процессов НИОКР замедлили прогресс. Командующий Вооружёнными силами Норвегии Ларс Лервик констатировал: «Нам всем приходится нагонять Россию… Их дроны дешевы, живучи и идеально адаптированы к реальным боевым условиям».

Преимущества российских БПЛА, такие как способность действовать в условиях подавления GPS и интеграция в сетевые системы управления, ставят перед НАТО ряд нерешённых вопросов:

1. Защита критической инфраструктуры: Немецкий военный обозреватель Юлиан Репке подчёркивает, что Российские беспилотники стали наиболее эффективным оружием против западной военной техники ВСУ.

2. Тактическая адаптация: Массовое применение малых дронов РФ на передовой требует пересмотра стандартов подготовки пехоты и разработки компактных систем РЭБ.

3. Экономическая асимметрия: Себестоимость российских БПЛА (менее 10 тыс. долл.) позволяет РФ «заваливать» противника дронами, тогда как западные аналоги остаются нишевым продуктом.

Осознавая угрозу, альянс предпринимает шаги по сокращению разрыва:

– Стандартизация БПЛА: В 2024 году принята инициатива NATO DroneInitiative, направленная на унификацию протоколов связи и навигации для беспилотников стран-членов.

– Ускоренные закупки: Польша и Прибалтийские государства закупили у Турции партии ударных дроновBayraktar TB2, однако их эффективность против российских систем РЭБ остаётся под вопросом.

– Имитация российского опыта: США запустили программу Replicator, нацеленную на выпуск тысяч дешёвых дронов-камикадзе, копирующих логику применения «Ланцета».



Рисунок 6 – Турецкий ударный БПЛА «Bayraktar TB2»

Однако эти меры носят реактивный характер и не устраняют ключевой проблемы – отсутствия в НАТО единой доктрины применения БПЛА, сопоставимой по гибкости с российской моделью.

Формирование Войск беспилотных систем в России стало закономерным ответом на вызовы «войны дронов», превратив БПЛА из тактического инструмента в стратегический актив. Этот процесс имеет далекоидущие последствия:

1. Смена парадигмы военного искусства: БПЛА становятся основой сетевых боевых систем, где скорость принятия решений и массовость превалируют над традиционными показателями огневой мощи.

2. Глобальная гонка вооружений: Успехи РФ стимулируют милитаризацию сферы БПЛА, но отсутствие международных норм их применения повышает риски эскалации в регионах напряжённости (Тайвань, Ближний Восток).

3. Технологический суверенитет: Доктрина ВВС демонстрирует, что санкции не смогли остановить развитие российских военных технологий, а лишь ускорили импортозамещение.

Направления для государственно регулирования:

– Разработка правовых рамок использования БПЛА в рамках ООН, включая запрет на автономные системы с ИИ.

– Создание альянсов «быстрых фондов» для финансирования стартапов в области дроностроения.

– Усиление подготовки операторов БПЛА и интеграции беспилотников в системы ПВО.

Российский опыт создания Войск беспилотных систем открывает новую главу в истории военного дела, где доминирование определяется не численностью танков или самолётов, а способностью насытить поле боя интеллектуальными и недорогими платформами. Ответ НАТО на этот вызов станет тестом на живучесть альянса в эпоху асимметричных угроз. Однако без глубокой реформы подходов к разработке и применению БПЛА Запад рискует навсегда остаться в роли догоняющего.

Как отметил В. Путин на совещании по вопросу развития беспилотных авиационных систем специального назначения «Кто быстрее реагирует, тот и побеждает». ВБС, объединяя инновации и опыт СВО, могут стать эталоном для военных реформ глобального Юга, бросая вызов гегемонии Запада.

Список литературы:

1. Ивестия IZ. – URL : https://iz.ru/1808177/ulia-leonova-vladimir-matveev-bogdan-stepovoi/s-novym-rodom-voiska-bespilotnyh-sistem-sozdadut-v-rossii
2. РБК. – URL : https://www.rbc.ru/politics/21/12/2024/6766de049a79475899cc6ebb
3. Министерство обороны Российской Федерации (Минобороны России). – URL : https://function.mil.ru/news_page/country/more.htm?id=12542363%40egNews
4. Центр анализа мировой торговли оружием (ЦАМТО). URL : https://armstrade.org/includes/periodics/news/2024/1217/082584012/detail.shtml
5. ТАСС. – URL : https://tass.ru/armiya-i-opk/22681699
6. RGRU Новости. – URL : https://rg.ru/2024/12/23/drony-upravliaiut-ognem.html?ysclid=m91o1bs86w25080756
7. AV AeroVironment USA. – URL : https://www.avinc.com/lms/switchblade-600
8. Reuters. Великобритания. – URL : https://www.reuters.com/world/nato-scrambles-drones-that-can-survive-arctic-2025-01-30
9. SecurityLab. – URL : https://www.securitylab.ru/news/542895.php
10. Topwar. – URL : https://topwar.ru/183243-vsled-za-ukrainoj-polsha-zakupaet-tureckie-udarnye-bespilotniki-bayraktar-tb2.html?ysclid=m91pcktyqy298799884
11. Topwar. – URL : https://topwar.ru/224989-iniciativa-replicator-massovye-i-jeffektivnye-bespilotnye-sistemy-dlja-armii-ssha.html?ysclid=m91pfdcfl137611347

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

HUMANITIES SCIENCES

УДК 130.2

ФЕНОМЕН РУССКОГО КОСМИЗМА В ГЛОБАЛЬНОМ ФИЛОСОФСКОМ ПРОЦЕССЕ

♦♦♦♦♦

THE PHENOMENON OF RUSSIAN COSMISM IN THE GLOBAL PHILOSOPHICAL PROCESS

Стрелецкий Я.И.
кандидат философских наук,
профессор,
профессор Краснодарского высшего
военного авиационного училища летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. На методологической основе исторического факта о том, что «мы были первыми» анализируются уникальность и основное содержание философии русского космизма в его различных аспектах, в том числе и военно-профессиональном, сопряженном и со Специальной военной операцией (СВО) России на Украине и патриотическим воспитанием нашей молодежи, особенно армейской.

Ключевые слова: направления русского космизма, философия Всеединства, антропокосмизм, гуманизм, человечество, россиеведение, сциентизм, ноосфера, милитаризация Космоса, Специальная военная операция.

Streletsky Ya.I.
PhD in Philosophical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Based on the methodological, historical fact that «we were the first», the uniqueness and main content of the philosophy of Russian cosmism in its various aspects are analyzed, including military-professional aspects associated with the Special Military Operation (SMO) of Russia in Ukraine and the patriotic education of our youth, especially army ones.

Keywords: trends of Russian cosmism, philosophy of Unity, anthropocosmism, humanism, humanity, Russian studies, scientism, noosphere, militarization of Space, SMO.

Первые философские школы, как известно читателю, зародились в Древнем Китае и в Древней Индии, но философия как особая форма общественного сознания, как «учение обо всем», как «любовь к мудрости» (Пифагор) сформировалось в Древней Греции. Ее сущностными чертами были: антропоцентризм, синкретизм и космоцентризм. Первая в центр философского осмысления ставила человека, вторая отражала стремление мудрецов Античности анализировать мировоззрение в единстве, в слитности его форм, а третья основывалась на методологии, при которой все бытие рождено Космосом, зависит от него и диалектически с ним связано.

Но европейский философский процесс в Новое время, в силу ряда социальных условий и причин разного уровня и содержания, развернулся в сторону проблем более «приземленных» – зарождающейся, укрепившейся во власти и капитале буржуазии необходима была своя философия – рационализм, основу которого разработали Френсис Бэкон и Рене Декарт. Однако при всех достижениях этой философии она во многом утратила «дум высокое стремленье» (А.С. Пушкин), в частности, отмеченные выше особенности философии Античности.

Отсюда автор данной статьи видит свою задачу в том, чтобы представить философию русского космизма как Ренессанс (от франц. – renessans – возрождение) сущностных черт, изначально присущих философии. С другой стороны, актуальность озаглавленной темы обусловлена уникальностью и оригинальностью самого феномена «философия русского космизма». В самом деле, есть китайская, французская, немецкая и так далее философия, но философия космизма – только русская. Иной не было и нет. Поэтому она аккумулирует в себе определенный потенциал патриотического воспитания будущих летчиков ВКС России.

Методологической основой предпринятого анализа определена абсолютная истина о том, что в философии космизма, как и в практическом воплощении ее многих аспектов, «русские были первыми». Этот фундаментальный тезис предполагается к реализации по направлениям, раскрывающим содержание философии русского космизма.

1. Философское направление представлено именами мыслителей мирового уровня учение которых проанализируем в следующих аспектах.

Во-первых, в онтологическом, (ontos – бытие, logos –учение), раскрывающем методологическую позицию философа – идеалист, материалист, дуалист. Отметим сразу, что за исключением Циолковского К. Э. и Вернадского В. И. все русские философы-космисты в онтологическом аспекте были последовательными идеалистами, причем, верующими православными христианами, стало быть, представителями объективного идеализма.

Так, *Соловьев Владимир Сергеевич (1853–1900)* в своей теории Всеединства выделял три вида бытия: идеальное, материальное и абсолютное. Последнее бытие – это Бог, сотворивший два первых. «Бог, будучи один, вместе с тем заключает в себе все, и, будучи безусловно самостоятельным и единичным существом, вместе с тем есть производящее начало всего другого» [1, с. 39]. Созданный Им мир в своем развитии последовательно проходит природный и человеческий этапы, замыкающиеся на своем Творце. При этом предусмотрены пять ступеней динамики «царств»: минеральный, растительный, животный, человеческий и божественный. Здесь, полагается, диалектическое единство мировоззрения самого В. Соловьева, сочетающего в себе и религию и элементы научного анализа.

Существенный вклад в разработку анализируемого аспекта внес *Флоренский Павел Александрович (1882–1937)*, который в учении «космического христианства» представил Всеединство мира и человека на платформе православия. Богослов и ученый выделяет два вида бытия: «павшее», то есть греховное, земное, ущербное и «премирное» – небесное, светлое, стремящееся к Богу. Дорога к Нему освещается церковью, которой «действительность обоживается» по направлениям: «от Бога к миру» и «мира к Богу» на основе христианских постулатов Веры Надежды и Любви.

Булгаков Сергей Николаевич (1871–1944), развивая концепцию Всеединства В. Соловьева, выделяет бытие Абсолютное (Бог) и относительное – созданный Им мир. При этом последнему «не принадлежит бытие – оно ему дано» Творцом. Материя у Булгакова первична, но она по своей природе духовная и, обладая атрибутом первичности, становится идейным фундаментом Вселенной. При этом мыслитель выделяет две формы реализации этой духовной основы – Божественная и тварная. Первая – душа, как первооснова человека, а вторая – его труд и искусство, делающие человека Человеком.

Во-вторых, в антропологическом (antropos – человек, logos – учение), анализирующем проблемы сущности человека, смысла его жизни, приоритета ценностей…И философия русского космизма поставила и решила эти вечные фундаментальные вопросы оригинально.

В самом деле, ее родоначальник *Федоров Николай Федорович (1828–1903)* в посмертном издании сборнике его работ «Философия общего дела» впервые выдвинул концепцию «бессмертия человека» не на религиозной, а на земной – научной основе. Так, его «общее дело», – когда «сыновья» не только обеспечат себе бессмертие, но и вернут к жизни поколения ушедших в мир иной «отцов» – решается на путях высочайшего уровня развития науки и технологии. Более того, чтобы «жить не только для себя (эгоизм) и не для других (альтруизм), а с каждым и для каждого [2, с. 166] необходимо не только овладеть знаниями о природе, но и перестроить общество на подлинно «человеческих основаниях» – преодолеть социальное неравенство, враждебность, зло…

Циолковский Константин Эдуардович (1857–1935) разработал концепцию панпсихизма (pan – везде, кругом; psyche – душа, жизнь) согласно которой жизнь в просторах Галактики «пульсирует», то есть в одном ее пространстве завершается, а в другом – зарождается, обеспечивая таким образом себе вечность. Залог этому – идея единства Космоса и человека, ибо «судьба существа зависит от судьбы Вселенной», а человек, оказавшись вне Земли, должен руководствоваться принципами «космической этики» – «не навреди Вселенной».

Уникальна антропология С.Н. Булгакова. Его «загадка о человеке» состоит, с одной стороны, в служении Богу, а с другой, Земле. Чеовек –часть Божественного бытия, реализация которого во многом зависит от содержания искусства, которое нередко «из

высшей деятельности духа низводится до какого-то праздничного развлечения или спорта, это вовсе не есть истинное искусство, ибо последнее требует всего человека, его душу, его мысль. Оно всегда серьезно, содержательно, оно является, в известном смысле, художественным мышлением». [3, с. 15–16]. Эта методология объективной научной оценки сущности искусства ныне весьма актуальна, ибо в погоне за прибылью приватизированное, например, телевидение транслирует программы, культивирующие паразитивизм, гедонизм, потребительство…

В-третьих, в историософском аспекте, ориентированном на анализ социальной проблематики во взаимосвязи с масштабами Вселенной, что нашло отражение в творчестве наших философов-космистов. Здесь остановимся на уже на известных читателю именах.

У Соловьева В.С. сущность мировой истории состоит в духовно-нравственном возрождении человека на основе ценностей с целью освобождения его от сатанистских пороков, с одной стороны, и соединения с Богом, с другой. Однако этот процесс может осуществиться не только при участии Бога, но и в результате активной духовной работы человека над собой. «Осуществление Царства Божия зависит не только от Бога, но и от нас, ибо ясно, что духовное перерождение человечества не может произойти помимо самого человечества…[4, с. 116].

Н.Ф. Федоров свою идею бессмертия человека увязывает с условиями не только научно-техническими, но и с перспективой объединения человечества в единую цивилизацию. Последняя возможна только на духовной основе православия при ведущей роли России. Но не только. Русскому народу, помимо этого, надо «проснуться» – отряхнуть с себя ярмо «западного духовного порабощения». Здесь он не только продолжает, но и радикализирует правое течение в славянофильстве – А.С. Хомяков, И.В. Киреевский, К.С. Аксаков и другие.

Более того, основоположник русского космизма видел в Западе «царство ренегатов», а Россию – страной, ведущей «под рукой белого царя» человечество к своему бессмертию через отмену частной собственности и «чуждых» формально-гражданских отношений, равно как и городов – «совокупности небратских состояний». Конечно, это не только маргинализм, но и утопизм с примесью изрядной доли мистики. Но его борьба с «чужебесием», то есть с преклонением перед западным менталитетом, защита отечественной культуры и нашего национального цивилизационного кода весьма актуально в наше время.

2. Художественно-поэтическое направление выражает философию русского космизма в категориях музыки, изобразительного искусства, поэзии, которые реализуются в соответствующих художественных образах. Например, Владимир Федорович Одоевский, Петр Ильич Чайковский – в музыке; Николай Константинович Рерих – в живописи; Александр Леонидович Чижевский – в поэзии, который в стихотворении «Гиппократ» (1915г.) представил концепцию Всеединства следующими строками:

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 – все; и в малом, и в большом.
Кровь общая течет по жилам всей Вселенной…

При этом заметим, что автор этих строк «официально» относится к сциентическому (научному) направлению русского космизма, ибо он – биофизик, один из основателей космического естествознания и космической экологии.

Сциентическое (от лат. scientia – знание, наука) **направление** (Н.А. Умов, К.Э. Циолковский, В.И. Вернадский, Н.Г. Холодный) концентрирует философские идеи ранних космистов – Всеединства, Богочеловечества, бессмертия, но реализует их не на религиозно-мистической основе, а на научной, технологической. Более того, его представители «выдвигают идею направленности эволюции, рассматривают жизнь, сознание, творческую жизнь человека как ключевой фактор развития Земли и Вселенной» [5, с. 5]. Учитывая ограниченные рамки статьи, ограничимся анализом вклада в космическую науку двух наших ученых.

К.Э. Циолковский как инженер-новатор, как первопроходец, как основатель космической науки, известен, по крайней мере, следующими конкретными открытиями и достижениями:

– авторством реактивного принципа полетов в Космос;
– математическим обоснованием концепции многоступенчатой ракеты;
– разработкой теории ракетостроения;
– программой освоения Космоса: преобразование Земли на научно-технической основе; освоение ближнего Космоса; колонизация дальнего Космоса.

Вернадский Владимир Иванович (1863–1945) – ученый-новатор в ряде естественных наук, автор научных и философских работ: «Начало и вечность жизни», «Биосфера», «Очерки геохимии» квинтэссенцию которых представим в следующих основных положениях о Земле и Космосе.

Во-первых, в учении о биосфере, исследующем диалектику всего живого с «областью жизни», трактуемой как «планетарное явление космического характера». Биосфера не только регулирует взаимосвязь Космоса и Земли, но и оберегает всё живое на нашей планете. Стало быть, человек должен ею дорожить как источником своего не только земного, но и космического бытия.

Во-вторых, в концепции ноосферы (от греч. – разум и шар) – сферы, отражающей воздействие человечества на природу. Но не только. Ноосфера, определяемая как «мощная разумная геологическая сила», открывает уникальные виды энергии, вырабатывает новые методы познания, совершенствует формы управления обществом в направлении его гуманизации при которой «Впервые в истории человечества интересы народных масс – всех и каждого – и свободной личности представляют жизнь человечества, являются мерилом его представления о справедливости» [6, с. 512].

В-третьих, в теории, анализирующей взаимосвязь природы и общества, которая в наше время именуется как «глобальные проблемы современности» (ГПС). Решение последних видится отечественными учеными не на пути назад – «в пещеру» – то есть не на принципах иррационализма и антисциентизма, а на методологии, сочетающей передовые научно-технические достижения, с одной стороны, и сохранения традиционных морально-нравственных ценностей, прекращения гонки вооружений и при условии, что человек «не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление» [7, с. 511]. В дополнение к этому он рекомендовал расширить процесс освоения Арктики как мощной и перспективной базы развития страны.

4. Россиеведение – всплеск интереса на Западе к русской философии, обусловленный, с одной стороны, победой советского народа в Великой Отечественной войне его решающим вкладом в разгром Третьего рейха, что признавалось лидерами государств – наших союзников – по антигитлеровской коалиции.

В наше время руководство этих стран, как и многих других, не только «забыло» об этом, но даже присваивает победу во Второй мировой войне исключительно США и Великобритании, открывшим 06.06.1944 г. Второй фронт. Свидетельством этого – торжества по празднованию 80-летия этого события на котором президент США Дж. Байден заявил, что победа была одержана в результате операции «Оверлорд». У лишенного исторической памяти западного обывателя уже давно сформирован нарратив о том, что Берлином овладели американцы, а поляки, оказывается, как витийствовал президент Польши А. Дуда, «сами себя освободили».

С другой стороны, популяризация русской философии на Западе была результатом «неожиданных» там прорывных достижений нашей страны в научной сфере: 04 октября 1957г. – запуск первого в мире искусственного спутника Земли; 26 июня 1954 г. в Обнинске заработала первая на планете атомная электростанция; а 12 апреля 1961 г. был осуществлён уникальный прорыв в Космос Ю.А. Гагарина. И как следствие этого в странах «подлинной демократии» инициировались «русские исследования» (Russian studies). В научный оборот вводится понятие «послеспутниковое поколение» на изучение которого сконцентрировалась американская социология. Последняя особенно интересовалась русской и советской культурой в том числе философией [8, с. 5].

Европейское интеллектуальное сообщество старалось не отставать. Так, немецкий философ Вильгельм Гёрдт писал о том, что «русская философия – это кровное де-

ло Запада», а английский исследователь русской философской мысли Фредерик Чарльз Коплстон в работе «Философия в России. От Герцена до Бердяева и Ленина» (1986 г.) осуществил достаточно широкое погружение в мир отечественной философии, причем, во многих аспектах дал ей объективную оценку.

Особый интерес к нашей философии проявили: английский исследователь русского происхождения Исайя Берлин («Русские мыслители», 1978 г.), итальянский ученый Франко Вентури («Корни революции, 1960 г.), известный аналитик Ватикана Томас Шпидлик – автор многих монографий по русской религиозной философской мысли.

5. Военно-стратегическое направление как вынужденная ответная реакция руководства нашей страны на стремление Пентагона милитаризировать Космос с целью реализации концепции однополярного мира под управлением Вашингтона. При этом последний, с одной стороны, бездоказательно пытался обвинить Россию в стремлении овладеть космическим пространством в военных целях, а с другой, «уже более 15 лет блокирует наше предложение о предотвращении размещения оружия в космосе… [9, с. 1].

Теоретической основой опровержения нарратива о милитаризации нами космоса является сама методология, сама суть, сама «душа» русского космизма как философии, базовой основой которой стал принцип «не навреди живому существу». Это, *во-первых*. *Во-вторых*, да, «мы были первыми», но не в военных, а в «гражданских» аспектах развития космической науки, технике и технологии:

– 12 апреля 1961 г. Ю.А. Гагарин совершил первый космический полет;

– 12 сентября 1959 г. советский «Лунник» первым опустился на поверхность Луны;

– 18 марта 1965 г. А.А. Леонов первым вышел в открытый Космос…

В-третьих, процесс милитаризации Космоса был запущен руководством США, о чем свидетельствуют как факты уже размещённых там Пентагоном ударных систем различных типов, так и разработка его новых способов и средств воздушно-космического нападения, что обусловило необходимость ответных мер со стороны руководства России, стало объектом современной отечественной военной науки [10, с. 34–45].

Русский космизм – многогранный феномен мировой философской мысли, который, с одной стороны, отразил в себе вековые чаяния Человека о добре, справедливости, надежде и любви, а с другой, обогатил ее оригинальными идеями Всеединства, антропокосмизма, бессмертия…Более того, русские мыслители-космисты были не только мечтателями, утопистами-мистиками, но и реалистами-рационалистами, первыми проложившими человечеству дорогу в Космос исследовавшими и актуальные жизненно важные вопросы – глобальные проблемы современности.

Уникальность философии русского космизма обусловлена не только и не столько актом своего рождения, сколько его методологией, основанной на принципах гуманизма, подлинной морали и нравственности, патриотизма, что в наше время особенно важно и актуально в целях воспитания у российской молодежи, в том числе и особенно армейской, высокой духовности, любви к Родине, готовности к ее вооруженной защите.

Милитаризация Космоса странами НАТО, особенно США и Англией, идет, что называется, полным ходом и одним из аспектов этого процесса – реальное участие их специалистов в технологическом обеспечении ударов по территории России, снабжении разведданными, диверсионно-террористическим и информационным сопровождением актов, совершаемых ВСУ в ходе развязанной Западом прокси-войны на Украине.

Функциональная сторона русского космизма работает сегодня на своё Отечество во многих своих дискурсах – от «гражданских» научно-технических и социальных (экология, здравоохранение, образование) до обеспечения национальной безопасности страны как «Авангардами», «Кинжалами» и «Орешниками», как и высоким профессионализмом летчиков ВКС России.

Список литературы:

1. Соловьев В.С . Собр. соч. : в 10 т. – СПб., 1912. – Т. 1.
2. Федоров Н.Ф. Соч. – М., 1982.

3. Булгаков С.Н. Чехов как мыслитель. – М., 1910.
4. Соловьев В.С. Об упадке средневекового миросозерцания. Избр. – М. : Советская Россия, 1990.
5. Гачева Анастасия. Будущее со всеми и для всех // Завтра. – 2024. – № 22.
6. Вернадский В.И. Научная мысль как планетарное явление. Философские мысли натуралиста. – М., 1988.
7. Черчилль, Рузвельт и мир о победе русского народа над фашизмом. – URL : https://monocler.ru//cherchill-rusvelt-i0mir-o-pobede-russkogo-naroda-nad-fashizmom (дата обращения 05.11.2024).
8. Маслин Михаил. Россиеведение // Завтра. – 2024. – № 21.
9. Путин В.В. Послание Президента России Федеральному Собранию // Российская Газета. – 2024. – № 46.
10. Полковников Е.Н. Развитие способов противодействия средствам воздушно-космического нападения вооружённых сил США и НАТО // Военная мысль. – 2024. – № 4.

УДК 371.2

РОЛЬ РУССКОЙ ПРАВОСЛАВНОЙ ЦЕРКВИ В БОРЬБЕ ЗА СВОБОДУ И НЕЗАВИСИМОСТЬ РОССИИ

♦♦♦♦♦

THE ROLE OF THE RUSSIAN ORTHODOX CHURCH IN THE STRUGGLE FOR FREEDOM AND INDEPENDENCE OF RUSSIA

Филиппов А.В.
кандидат исторических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
Alexandr31012025@mail.ru

Аннотация. В статье раскрывается трудный и драматичный путь духовной и материальной поддержки русского воинства Русской православной церковью на различных этапах истории России.

Ключевые слова: Русская православная церковь, пресвятая Богородица, Смутное время, ослабление православной духовности, авиаэскадрилья Александр Невский, митрополит Сергий (Страгородский), Лука (Войно-Ясенецкий).

Filippov A.V.
PhD in Historical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Alexandr31012025@mail.ru

Abstract. Russians Russian Orthodox Church reveals the difficult and dramatic path of spiritual and material support of the Russian army at various stages of Russia's history.

Keywords: Russian Orthodox Church, Abbot Sergius of Radonezh, the Most Holy Theotokos, Time of Troubles, Our Lady of Kazan, military clergy, «Europeanization», weakening of Orthodox spirituality, Metropolitan Sergius (Stragorodsky), Luke (Voino-Yasenetsky).

Победа в Великой Отечественной войне народов Советского Союза была обусловлена не только благодаря единству фронта и тыла и превосходством военно-экономического потенциала Советского Союза над экономическими возможностями европейских стран-сателлитов фашистской Германии, но и массовым героизмом, отвагой, стойкостью и самопожертвованием, которые воплощали духовно-нравственных ценностей нашего народа.

Во все времена, когда над страной нависала угроза военного вторжения и Отечеству выпадали тяжёлые испытания, Православная Церковь всегда благословляла православных сражаться с врагами Отечества, не щадя своей жизни: «…бей врагов Отечества и ненавидь врагов Божьих». Отдать жизнь за Родину – значит, исполнить заповедь Христа о жертвенной любви к ближним, ибо «нет большей той любви, как если кто положит душу свою за друзей своих» [Новый Завет, Ин 15:13]. Русские дружины шли в бой с благословения Церкви, под святыми знаменами и заступничеством чудотворных икон. Вера вселяла уверенность в победе, в правоте своего дела. Ярким примером является Куликовская битва. Перед битвой с монгольскими ордами великий князь Московский Дмитрий прибыл в Свято-Троицкий монастырь, где получил благословение на победу от преподобного игумена Сергия Радонежского, который послал с князем двух своих иноков - Александра Пересвета и Андрея Ослябю.

После Куликовской битвы Русское государство стало укрепляться. Идея единого, сильного государства и живительный дух Православия сплотили удельных князей и весь народ, создав условия для рождения будущей Великой Российской Империи [2, с. 32].

В течение многих веков Русская Православная Церковь укрепляла духовные основы военной мощи страны, поднимала моральный дух ее защитников.

Ещё в период Смутного времени удалось спасти Россию от польского нашествия благодаря консолидирующей роли русской православной церкви во главе с патриархом Гермогеном. Во главе национально-религиозной оппозиции в это время становится патриарх Гермоген, который стал обращаться к русским людям с прямыми призывами к восстанию на защиту Церкви и Отечества. Голос патриарха был услышан. Народ поднялся на борьбу с интервентами, и было организовано Ополчение, которое возгла-

вили К. Минин и Д. Пожарский. Чтобы поднять моральный дух воинов был организован перенос из Казани чудотворного образа Казанской Богоматери. Икона должна была стать покровительницей всех патриотов. Польские интервенты потерпели поражение и отступили. В период Смутного времени окончательно сформировались идеи религиозного и национального единства населения страны [5].

В XVIII в. было немало доблестных офицеров, для которых служение Отечеству было главным смыслом и занятием жизни. Многие из них были глубоко верующими людьми. «С крестом священника я взял Измаил!» и «Молись Богу – от Него победа!» [6, с. 101] – эти слова знаменитого полководца Александра Суворова говорят о его религиозном чувстве, с которым он добивался выдающихся успехов во всех войнах, где его войска всегда побеждали более многочисленного врага. Фёдор Фёдорович Ушаков, являясь адмиралом флота, и верующим человеком считал, что «Моряк – как и монах, постоянно должен пребывать в трудах и молитвах» [2].

Военная деятельность флотоводца Ф.Ф. Ушакова и полководца А.В. Суворова, подпитываемая православной верой, обеспечила блистательные победы в войнах XVIII в.

Известно, что всю Отечественную войну 1812 года русскую армию сопровождала Смоленская икона Божьей Матери. Перед ней молились воины, шедшие на сражение, совершались благодарственные молебны после каждой победы. Полководец М.И. Кутузов был глубоко верующим человеком. Он часто молился перед этой иконой, прося о спасении России от страшного врага. «С нами – Бог» – говорил он перед началом каждой военной операции и всегда верил в Божью помощь. И помощь приходила.

Анализ российских социальны реформ с позиций их негативного влияния на русскую и имперскую государственность периода XVII–XIX веков подводит к выводу, что ослабление православной духовности, лежащей в основе всей русской духовной культуры неприемлемо для нравственного здоровья народа и угрожает российской государственности. Падение Российской империи в 1917 году стало возможным в результате деградации политической элиты, которая началась ещё с петровских времён, выразившейся в политике вестернизации страны, то есть насаждении европейских традиций и нравов русскому обществу. Со временем культурное эпигонство приняло устойчивый характер в виде преклонения и уничижения перед Западом. Русский философ и культуролог Н.Я. Данилевский подверг критике ту эту отрицательную черту русской жизни, которую назвал «европейничанием», являвшуюся «слабостью и немощью народного духа в высших образованных слоях русского общества». Николай Данилевский прозорливо указал на пагубность культивирования европейских традиций и нравов на судьбу имперской России [1, с. 330].

Октябрьская пролетарская революция привела к власти атеистов, одержимых материалистическим мировоззрением, которые повели борьбу с Русской православной церковью и священством.

Большевики отрицали роль православной церкви в становлении Российской цивилизации, и её организационно-мобилизующую роль во все времена борьбы русского народа с захватчиками.

Церковь внесла, прежде всего, духовный вклад в общую победу. Великая Отечественная война с самого начала воспринималась Церковью как война священная, как война, в которой главным является духовное начало, как воистину схватку добра со злом. И захватчики, немцы, воспринимались как носители мирового зла, которое необходимо победить.

Уже 22 июня 1941 года митрополит Сергий (Старгородский), благословил прихожан, отправляющихся на фронт добровольцами. Примечательно, что в дату начала войны отмечался важный церковный праздник – День всех святых, в земле Российской просиявших. В этот день митрополит вспомнил о славных героях Отечества, среди которых были и святые – Александр Невский и Дмитрий Донской. «Православная наша Церковь всегда разделяла судьбу народа. Не оставит она народа своего и теперь», – ободрял митрополит верующих в своем послании, разосланном по храмам.

Церковь оказывала Красной Армии не только моральную, но и материальную поддержку. На собранные прихожанами средства была построена танковая колонны «Димитрий Донской». На постройку танков было направлено 8 млн рублей, а также

большое количество золотых и серебряных вещей. В состав колонны вошло 19 танков Т-34 и 21 огнеметный танк ОТ-34, построенные на Нижне-Тагильском танковом заводе. В армию бронетехника поступила весной 1944 году под Тулой [7].

Жертвовали верующие и на строительство самолетов. На средства православных были построены сибирская эскадрилья «За Родину», а также эскадрилья имени Александра Невского.

Верующие приносили в храмы теплые вещи для бойцов Красной Армии и участвовали в других мероприятиях.

В начале войны к властям обратился архиепископ Лука (Войно-Ясенецкий), священнослужитель, находящийся в ссылке в Красноярском крае. Являясь специалистом в области гнойной хирургии, предложил оказать медицинскую помощь воинам на фронте. Его прошение было удовлетворено. Талантливый хирург эвакуационного госпиталя архиепископ Лука делал помногу сложных операций каждый день, ставил на ноги безнадёжных больных, показывая пример более молодым коллегам.

В 1944 году возглавил Тамбовскую епархию, где по его инициативе перечислено на военные нужды около миллиона рублей.

Бескорыстное служение Богу и Отечеству на протяжении всей своей жизни были по достоинству оценены Православной Церковью. В 1995 году определением Синода Украинской Православной Церкви архиепископ Лука был причислен к лику местночтимых святых [3].

Активное участие священнослужителей и простых верующих РПЦ в духовной и материальной поддержке воюющей Красной Армии изменили отношение главы государства к Русской Православной Церкви. 04 сентября 1943 года Сталин встретился с руководством Московской патриархии. Было принято решение восстановить Патриаршество в Русской Православной Церкви. 08 сентября 1943 года в Москве, Патриархом единогласно был избран митрополит Сергий (Страгородский). После его смерти в мае 1944 года новым главой Церкви 2 февраля 1945-го стал митрополит Алексий (Симанский), при котором клир и верующие встретили Победу в войне [4].

День Победы 9 мая 1945 года пришелся на день памяти святого великомученика Георгия Победоносца, небесного покровителя христианского воинства.

Список литературы:

1. Данилевский Н.Я. Россия и Европа. – М. : Издательство АСТ: ОГИЗ, 2023. – 624 с.
2. Русский мир и русский меч. Полководцы, которые были истинными христианами. – URL : https://aif/ru (дата обращения 18.02.23).
3. Святитель Лука: от ссылки до Сталинской премии. – URL : https://foma.ru/slovom-i-mechom-podvig-tserkvi-v-godyi-voynyi.html (дата обращения 06.03.2025).
4. Словом и мечом: подвиг Церкви в годы войны. – URL : https://foma.ru/slovom-i-mechom-podvig-tserkvi-v-godyi-voynyi.html (дата обращения 05.03.2025).
5. Смутное время. – URL :https://bstudy.net/815699/istoriya/smutnoe_vremya (дата обращения 17.02.25).
6. Суворов А. Наука побеждать. – СПб. : Азбука – Аттикус, 2023. – 480 с.
7. Цыганкова С. Колонна «Дмитрий Донской»: как церковь подарила Красной армии 40 танков. – URL : https://rg.ru/2020/03/07/kolonna-dmitrij-donskoj-kak-cerkov-podarila-krasnoj-armii-40-tankov.html (дата обращения 17.02.25).

УДК 1811.11

ПРИЕМЫ АКТИВИЗАЦИИ ЛЕКСИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ЗАНЯТИЯХ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ

♦♦♦♦♦

TECHNIQUES FOR ACTIVATING LEXICAL MATERIAL IN FOREIGN LANGUAGE CLASSES

Сорокина Л.В.
кандидат филологических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
sorokina2727@mail.ru

Аннотация. В статье определяются способы формирования лексической компетенции как части профессиональной языковой компетенции при обучении иностранному языку авиационных специалистов. Рассматриваются приемы активизации лексического материала по теме «Перед вылетом», нацеленные на прочное усвоение стандартной фразеологии радиообмена и совершенствование коммуникативных навыков у курсантов с разноуровневой языковой подготовкой с учетом индивидуализации обучения.

Ключевые слова: лексическая компетенция, лексические навыки, активизация, стандартная фразеология радиообмена, этапы работы с лексикой.

Sorokina L.V.
PhD in Philosophical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
sorokina2727@mail.ru

Abstract. The article defines the ways of forming lexical competence as part of professional language competence in teaching a foreign language to aviation specialists. The methods of activating lexical material on the topic «Before departure» are considered, aimed at a solid assimilation of the standard phraseology of radio exchange and improving the communication skills of cadets with multi-level language training.

Keywords: lexical competence, lexical skills, activation, standard phraseology of radio exchange, stages of working with vocabulary.

Владение иностранным языком является составной частью профессиональной подготовки военных летчиков. Цель освоения иностранного языка в военном вузе – это формирование иноязычной коммуникативной компетенции, компонентом которой является лексическая компетенция. По определению А.Н. Щукина, лексическая компетенция – это совокупность знаний о лексической системе изучаемого языка – его составе и структуре, а также навыки, умения и способности адекватно применять эти знания в соответствии с ситуацией общения [2, с. 125]. Формирование лексической компетенции у курсантов летных вузов предполагает эффективное использование профессионально ориентированного иностранного языка, в частности, авиационного английского языка. Для него характерно наличие профессиональной лексики, авиационной терминологии, фразеологии радиотелефонной связи для основных этапов полета, владея которыми можно читать и понимать иноязычные тексты профессиональной направленности, реагировать на высказывания в ситуациях профессионального взаимодействия, применять стандартную фразеологию для взаимодействия со службами, обеспечивающими полеты, и органами обслуживания воздушного движения.

Работа над лексикой – системный процесс, этот этап является важным в обучении иностранным языкам, поскольку лексика лежит в основе развития практических навыков и умений говорения. Для того чтобы сформировать лексические навыки, преподавателю необходимо соблюдать поэтапность в их формировании: от введения лексики с помощью языковой догадки, контекста, перевода, ассоциативных связей, визуального метода и других приемов, до ее активизации с целью дальнейшего использования в устной речи для решения коммуникативных профессиональных задач. Под активизацией понимается «использование специальных языковых и речевых упражнений с целью практического усвоения языкового материала учащимися» [1, с. 11].

Чтобы повысить успеваемость курсантов по дисциплине, поддержать мотивацию к изучению профессионально ориентированного иностранного языка и сделать образовательный процесс более эффективным, преподавателям необходимо помнить о приемах индивидуализации обучения и активно их использовать на занятиях.

Практический опыт показывает, что эффективность освоения лексического материала зависит от системы упражнений, разработанной по принципу «от простого к сложному», нацеленной на многократное оперирование лексическими единицами, на их понимание и запоминание. Задания разрабатываются для отработки лексики и стандартной фразеологии с опорой на определенный грамматический материал, для изучения учебных диалогов, которые используются в качестве образцов переговоров между пилотом и диспетчерским пунктом управления воздушным движением, для развития логики и последовательности при построении запросов пилота и сообщений диспетчера. Важно помнить, что результативность работы с лексикой во многом зависит от профессиональной компетенции преподавателя, его способности учитывать уровень языковой подготовки обучающихся и их индивидуальные особенности, а также от выбора приемов и методов работы при ее активизации.

В качестве примеров рассмотрим приемы активизации лексического материала по теме «Перед вылетом» при изучении радиообмена. Напомним, что на этом этапе пилот получает разрешение у диспетчера Руления на буксировку и запуск двигателей. Диспетчер Руления дает указания по рулению до занятия предварительного старта и при необходимости информирует экипаж воздушного судна о движении других воздушных судов или транспортных средств, способных создать угрозу безопасности руления. Задания могут быть следующими:

Translate the key words and word combinations:

push back – unable to push back– push back facing south; start up – expect start up – start up at own discretion.

Match the Russian variant to the English one:

Ускорьте руление. Освободите ВПП. Ждите у следующего перекрестка. –

Vacate RWY. Hold at the next intersection. Expedite taxi.

Choose the correct variant:

«Запускайте по своему усмотрению» shall be transmitted as

а) Start up approved.

б) Start up at own discretion.

в) Expect start up at 30.

«Выполните первый направо» means

а) Take first right.

б) Take first left.

в) Backtrack.

«Оставайтесь на месте» stands for

а) Hold at the next intersection.

б) Hold position.

в) Hold short of RWY 12.

Read and translate the controller's commands:

Start up at 15. Backtrack RWY 02R. Pushback approved, stand by for start up. Give way to traffic right of you. Hold position. Take second left.

Translate the pilot's messages:

Прошу разрешить буксировку от стоянки 12. Разрешите руление. Рулю на предварительный старт ВПП 05. Занимаю исполнительный ВПП 04Л.

Как видим, все задания разработаны с учетом принципа «от простого к сложному», т.е. уровень слова, словосочетания, предложения, и сама подача учебного материала осуществляется с нарастанием языковых трудностей.

При разработке заданий для активизации лексики преподавателю следует учитывать индивидуальные языковые способности учащихся. Отличие работы курсантов со средним уровнем знания языка и курсантов с отличной языковой подготовкой по выполнению заданий на отработку лексики заключается лишь в варьировании заданий, в подборе и разработке адекватных приемов с учетом личностных способностей курсантов, в частности, способностей к активной умственной деятельности, с учетом развития внимания, мышления, памяти и языковых возможностей, что является важным условием для реализации индивидуализации образовательного процесса.

Для «средних» курсантов следует предлагать несложные задания с применением опор в виде готовых моделей, таблиц, иллюстративного материала (картинок, схем, изображений). Например:

Translate the sentences. Use the model: May I vacate RWY?

Разрешите пропустить B747. Разрешите занять РД 5 и рулить к перрону. Разрешите запускать двигатели по своему усмотрению. Разрешите замедлить руление.

Make up the pilot's requests. Use the model: Request taxi.

(start up for London, cross RWY 04, taxi instructions, backtrack);

Курсантам с отличной языковой подготовкой предлагаются более сложные задания, требующие творческого подхода, глубоких профессиональных и языковых знаний. Например:

Make up exchanges, substituting the underlined words:

Pilot: Ground. AFL 223, gate 23, request start up for Paris.

Controller: AFL 223, expect start up at 35, cleared to Paris, 1N Departure, squawk 3012.

call sign: G-BO, Korean 793, AFL 102;

gate: 12, 15, 24;

destination: Rome, Ankara, Brussels;

time: 25, 42, 55,

SID: 2S Departure , 3L Departure , 1F Departure;

Transponder code: 2316, 4061, 2335.

Complete the exchanges:

Controller: AFL 331. Ground. Give way to B767 immediately.

Pilot: … .

Прочно усвоенная лексика является основой для развития устной речи и дает возможность преподавателю перейти к заключительному этапу работы над темой, к развитию у обучающихся диалогической речи в режиме «пилот-диспетчер» по заданным коммуникативным ситуациям. Выполнение коммуникативных заданий может осуществляться в группах, в парах и сопровождаться показом видеофрагментов, прослушиванием аутентичных аудиоматериалов и использованием других обучающих технологий, что значительно повышает практический интерес курсантов к изучаемой теме. Коммуникативные упражнения – это творческие задания. Они отражают практические интересы и потребности обучающихся с разным уровнем языковой подготовки и обеспечивают формирование речевых умений и высокий уровень практического владения языком.

Список литературы:

1. Азимов Э.Г. Новый словарь методических терминов и понятий / Э.Г. Азимов, А.Н. Щукин. – М. : Издательство ИКАР, 2009. – С. 11.
2. Щукин А.Н. Методика преподавания иностранных языков : учебник для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по направлению подготовки «Лингвистика» / А.Н. Щукин, Г.М. Фролова. – М. : Академия, 2015. – С. 125.

УДК 629.7

НАЛИЗ РАЗВИТИЯ ПСИХОМОТОРИКИ И НАВЫКОВ ЛЕТНЫМ СОСТАВОМ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF PSYCHOMOTOR SKILLS AND SKILLS OF FLIGHT CREW

Науменко А.А.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
naym23@mail.ru

Князев А.С.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Аннотация. В статье авторами исследуется формирование психомоторики и навыков пилотирования. Анализируются рабочие движения летчика, включающие в себя механическую, физиологическую и психологическую стороны. Выделена ведущая роль знаниям, умениям и навыкам. Акцентированно внимание на завершающий этап обучения связанный с дальнейшим совершенствованием навыков.

Ключевые слова: умение, навыки, простая реакция, сложная реакция, скорость реакции, идеомоторика, динамический стереотип.

Naumenko A.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
naym23@mail.ru

Knyazev A.S.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
knyazev.aleksei.87@gmail.com

Abstract. In the article the authors study the formation of psychomotor skills and piloting skills. The working movements of the pilot, including mechanical, physiological and psychological aspects, are analyzed. The leading role of knowledge, skills and abilities is highlighted. Attention is focused on the final stage of training associated with further improvement of skills.

Keywords: skill, abilities, simple reaction, complex reaction, reaction speed, ideomotor skills, dynamic stereotype.

Психомоторика – это понятие, связанное с изучением рабочих движений человека.

Рабочее движение летчика включает в себя механическую, физиологическую и психологическую стороны. Непосредственная связь восприятия и ответного движения проявляется в различных психомоторных процессах, которые подразделяются на три группы:

– простая сенсомоторная реакция;
– сложная сенсомоторная реакция;
– сенсомоторная координация.

В каждой сенсомоторной реакции необходимо различать сенсорный, центральный и моторный моменты.

Сенсорный момент реакции означает процесс восприятия, а моторный – процессы, определяющие характер движения.

Центральный момент реакции – это сложные процессы, связанные с переработкой восприятия, иногда с различением, узнаванием, оценкой и выводами.

С физиологической стороны сенсомоторные реакции представляют собой условные рефлексы и их комплексы, динамические стереотипы, а с психологической – действие, причем иногда они могут входить в структуру психомоторного акта.

В зависимости от сложности центрального момента различают простые и сложные реакции.

Простая реакция представляет собой быстрое ответное действие на заранее известный раздражитель (сигнал).

Сложная реакция связана с выбором нужного ответа на появление нескольких сигналов. В летной деятельности чаще всего встречаются сложные реакции, которые протекают медленнее, чем простые,

Скоростью реакции называется время от момента появления раздражителя до начала ответного действия (движения). Скорость простой реакции в среднем равна

примерно 0,2 сек. Скорость сложной реакции зависит от характера раздражителя и условий полета. Так, например, время реакции летчика на отклонение в режиме полета, записанное на тренажёре, оказалось: на взлете – 0,05–0,5 сек (в среднем 0,2 сек), при крене на планировании – 0,15–0,4 сек (в среднем 0,25 сек).

Экспериментальными исследованиями установлено, что время определения отклонений от заданных режимов по показаниям пяти основных пилотажных приборов (авиагоризонту, вариометру, указателю скорости, высоты, компасу) и принятия соответствующего решения в среднем равно 2,5 сек (по 0,5 сек на каждый прибор).

Время двигательной реакции может быть уменьшено путем специальной или систематической тренировки. Например, у летчиков-истребителей время простой реакции на 40 % меньше, чем у людей других профессий. Улучшения качества реакции можно добиться за счет сокращения времени на восприятие сигналов и выполнение необходимого ответного действия путем тренировки (в кабине, на тренажерах), специальных и физических занятий, репетиций действий летчика, которые предстоит выполнять во время полета.

Отрицательное влияние на двигательную реакцию оказывают ускорения, утомление, болезненное состояние, кислородное голодание, раздражение вестибулярного аппарата, а также сильные раздражители.

Качество реакции и оценка времени выполнения действия в полете зависят и от степени эмоциональных переживаний летчика. При отрицательных эмоциях временные интервалы кажутся более длительными. Высокое эмоциональное напряжение летчика иногда может быть даже причиной ошибок и предпосылок к летным происшествиям. Поэтому при оценке действий летчика, особенно в условиях недостатка времени, необходимо учитывать и влияние эмоционального фактора.

В понятие психомоторики, кроме сенсомоторных процессов, входят сенсоречевые процессы, выражающие ответные действия в словах, и идеомоторные процессы, связывающие представление о движении с выполнением движения.

Сенсоречевые процессы непосредственно связаны с мышлением человека и зависят в основном от запаса знаний, готовности памяти и степени развития умственных способностей. Идеомоторные акты в узком плане понимаются только как неправильные движения, автоматически возникающие вслед за представлениями о движении, а в широком - как проблема связи рабочего движения с его идеальным образом.

Проблема идеомоторики в широком плане имеет большое значение для авиационной психологии. С физиологической точки зрения, – это проблема связи второй сигнальной системы с двигательным анализатором, с педагогической и психологической – проблема сознательности обучения двигательным навыкам, связи умственных и двигательных навыков.

Идеомоторными процессами объясняются воображаемые полеты, эмпирически найденные летчиками-испытателями. Экспериментально доказано, что воображаемые полеты, в которых летчик произвольно и более отчетливо воспроизводит в мыслях и словах обстановку полета и свои действия, способствуют восстановлению навыков, разрушившихся вследствие длительного перерыва.

Однако после воображаемых полетов основные ошибки на учебном самолете выражаются в некотором несоответствии, в основном, в увеличении скорости и амплитуды движений тех компонентов двигательных навыков, которые труднее всего воспроизводить в воображении. К таким компонентам можно отнести соразмерности движения ручки управления при изменении заданной скорости полета, вертикальной скорости набора или снижения, скорости перемещения ручки (штурвала) на себя в момент посадки и в выполнении некоторых других эволюций самолета.

В подготовке летного состава к боевым действиям ведущая роль принадлежит знаниям, умениям и навыкам.

Прежде чем совершить какое-либо действие, нужно иметь представление о нем, т.е. располагать определенными знаниями.

Приобретая знания, летный состав проходит те же ступени, что и любой человек, познавая окружающий мир. Он изучает необходимые дисциплины, авиационную технику, слушает пояснения командира, анализирует изучаемое, сравнивает, обобщает

полученные сведения, выявляет связи, отношения и закономерности изучаемых предметов и явлений.

Разница между познанием объективной реальности и процессом приобретения знаний в ходе боевой подготовки состоит в том, что летный состав знакомят с реальной действительностью, которая уже познана, систематизирована и обобщена другими людьми. Изучение техники, оружия, тактики осуществляется под руководством командира или же самостоятельно по книгам, схемам, плакатам. Как в первом, так и во втором случае основную роль в обучении играет слово, слышимое или видимое, т.е. активно действует вторая сигнальная система.

Отсюда вытекает необходимость правильного подбора слов для воздействия на ум, чувства и волю обучаемых, широкого использования наглядности и опоры на ранее полученные знания.

Основное внимание в процессе овладения знаниями следует уделять осмыслива-нию их обучаемыми.

Наличие твердых и глубоких знаний служит необходимым условием приобретения определенных умений и навыков.

Умение – это сознательное выполнение действия на основе знаний и выработанных навыков.

В большинстве своем умения являются сложными действиями, которые всегда требуют напряженной, активной работы мышления. Они не автоматизируются, но могут включать в качестве автоматизированных звеньев навыки.

Умение характеризует степень подготовленности летчика, техника, инженера, командира. Когда говорят об умении того или иного специалиста, то подразумевают сравнительно высокий уровень его теоретической и практической подготовки.

Так, например, если в ходе боевой подготовки у летчика выработалось умение летать днем и ночью в простых и сложных метеорологических условиях с применением различных посадочных систем, то о нем говорят, как о мастере своего дела, в совершенстве овладевшем техникой пилотирования данного типа самолета.

Навыки неразрывно связаны с умением, дополняют его и делают более эффективным. Иногда просто трудно выделить из умения тот или иной навык. В зависимости от характера действий и условий, в которых проявляется умение, оно может включать столько автоматизированных действий, что сливается в единый сложный навык. Так, у летчика, выполняющего комплекс фигур высшего пилотажа, действия и движения настолько автоматизированы, что с земли это красивое зрелище кажется каким-то одним упражнением, которое летчик осуществляет механически, не задумываясь над отдельными его элементами.

В практике умение проявляется и без автоматизированных элементов. Например, принятие решения командиром на боевые действия осуществляется в результате большой умственной работы, которую нельзя полностью автоматизировать. Однако и при принятии решения определенные навыки облегчают работу командира. Придерживаясь выработанной им последовательности уяснения задачи, оценки обстановки, он без особого труда совершает волевой акт, принимая то или иное решение.

Навык является обязательной составной частью почти всякой деятельности.

Навык – это действие, доведенное в процессе упражнения до известной степени автоматизма.

Формирование, перестройка и разрушение навыков подчиняются всем законам образования, изменения и торможения условных рефлексов. Если различные условные рефлексы (временные связи) многократно повторяются в определенном порядке, то они складываются в определенную систему, которая называется динамическим стереотипом.

Различают сенсорные, двигательные и умственные навыки. Примерами сенсорных навыков являются определение на глаз расстояния до земли при посадке или полете на малой высоте, контроль работы двигателя на слух, считывание показаний приборов без детального рассматривания шкалы. Примерами двигательных летных навыков являются строго координированные движения ручкой и педалями при выполнении разворота, выполнение рабочих движений рычагами управления и тумблерами без контроля зрения.

Умственные навыки связаны с процессами мышления. Однако их не надо смешивать со знаниями. Одно дело знать, что обозначает стрелка на каждом приборе, и совсем другое – сразу обобщить их показания, определить соответствие заданному режиму полета и внести необходимые поправки. Примером умственного навыка является быстрое определение направления и величины доворота самолета при уточнении захода на посадку. Многие навыки являются сложными. Процесс выравнивания и выдерживания требует сочетания сенсорных и двигательных навыков; исправление ошибок при посадке включает в себя и сенсорный, и двигательный, и умственный компоненты.

Как и всякие другие, летные навыки проходят определенные этапы развития. Число упражнений, необходимых для формирования того или иного навыка, весьма различно и зависит от его трудности, методики обучения и способностей обучаемых. Уже сформировавшиеся навыки в процессе дальнейших упражнений могут менять свою структуру. Одной из причин довольно закономерного явления, когда летчик после отличного выполнения первых самостоятельных полетов ухудшает их качество, является переход от копирования инструктора к созданию своего «почерка» с несколько иной структурой навыков.

Процесс образования навыков происходит в строго установленной последовательности. Вначале изучается теория вопроса, содержание и последовательность действия, а также разбирается физическая сущность производимых движений и операций. Затем отрабатываются отдельные элементы движения. Этот этап характеризуется наличием лишних, нецелесообразных движений. Так, например, в начальной стадии обучения полетам всегда отмечается большое количество ненужных и резких движений рулями, излишнее напряжение и значительные отклонения от заданных параметров.

После отработки отдельных элементов движения происходит объединение их в сложный комплекс целого действия.

Данный этап в обучении характеризуется постепенным устранением ненужных движений и излишнего мышечного напряжения путем повторения упражнения с целью постепенного формирования динамического стереотипа. В последующем в результате многократных повторений действия автоматизируются, а полученные навыки закрепляются более прочно.

Заключительный этап обучения связан с дальнейшим совершенствованием навыка. На этом этапе динамический стереотип уже сформирован, большинство действий выполняется автоматически, т.е. без участия сознания, и для совершенствования навыков можно выполнять самые сложные комплексные упражнения как на земле, так и в воздухе с применением различных помех.

Навыки формируются в процессе упражнения, т.е. неоднократно повторяемого сознательного целенаправленного действия. Но далеко не всякое повторение действий можно считать упражнением. Для того чтобы повторное выполнение действий стало упражнением, летчик должен уяснить цели, понять значение и целесообразность вырабатываемого навыка, а после каждого повторного выполнения действия знать, чего он достиг, какие ошибки допустил, насколько больше возросли его возможности и уверенность.

Опытом доказано, что многократное повторение без осознанной направленности ни к чему не приводит. Например, летчик, имеющий огромный налет, может выполнить полет с оценкой «удовлетворительно» или «хорошо», потому что он не задавался целью выполнить его отлично.

Сознательное отношение летчика к своим действиям необходимо для правильного, наиболее рационального выполнения движений, связанных с управлением самолета. Если при обучении тот или иной летчик допустил грубую ошибку при посадке, а проверяющий инструктор, не разобравшись в причине этой ошибки, повторяет полет без предварительного разбора, то от такой методики пользы будет мало. И совершенно другой результат, если инструктор вскроет физическую сущность ошибки, объяснит методы ее устранения, заинтересует летчика и последовательно разберет все его действия в предстоящем полете.

В практике нередко встречаются такие факты, когда летчик после выполнения двух фотострельб вылетает в тот же день на стрельбу боевыми средствами поражения

и получает неудовлетворительную оценку. Это вполне закономерно, так как произведенные им фотострельбы не дешифрировались или детально не разбирались, а следовательно, и степень образования навыков в стрельбе была определена неправильно.

Продуктивность навыка зависит от методов и принципов обучения, индивидуальных способностей и эмоционального состояния обучаемых, правильного распределения и планирования времени.

При переучивании на новую авиационную технику наиболее важным является перестройка навыков летного состава.

Основными психологическими особенностями этого процесса являются: влияние старых навыков на формирование новых, перерывы в летной деятельности и эмоциональный фактор, связанный с новыми условиями полета.

Новые навыки формируются на основе ранее выработанных. Старые навыки могут облегчать процесс формирования новых навыков или тормозить его. Влияние ранее усвоенных навыков на новые называется переносом. Он может быть положительным или отрицательным. Отрицательный перенос называют интерференцией.

Положительный перенос объясняется наличием тождественных элементов, присущих двум или нескольким навыкам. Поэтому, например, сходство кабин нового и прежнего типов самолета значительно облегчает процесс переучивания. Командир (инструктор) должен учитывать эту закономерность и стремиться к тому, чтобы предыдущие навыки служили спорой для формирования последующих.

Гибкость навыков, т.е. умение применять их в различных условиях, тесно связана с положительным переносом навыков. Она позволяет летчикам-испытателям успешно справляться с пилотированием новых, нередко весьма различных самолетов, в то время как для начинающего летчика полет на освоенном, но не «своем» самолете представляет известную трудность. Чем больше типов самолетов освоил летчик и чем разнообразнее были условия, в которых он летал, тем легче овладевает он новыми видами летной подготовки и тем быстрее осваивает новую авиационную технику.

Отрицательный перенос навыков – это процесс торможения навыками друг друга. Его можно наблюдать при переучивании, например, с современного самолета где приборная панель представлена МФИ на самолет с аналоговыми приборами, когда в действиях летчика проявляются резкие размашистые движения педалями, плохая координация, трудности в выдерживании курса, скорости, неправильное направление взгляда при заходе на посадку.

Специальные исследования показали, что ошибки, вызванные отрицательным переносом навыков при переучивании на различные типы самолетов, составляли 7–8 % всех ошибочных действий, допускавшихся летчиками.

Борьба с отрицательным переносом навыков должна заключаться в том, чтобы новый навык был закреплен и доведен до степени автоматизма. Это достигается не только количеством, но и качеством проведения занятий, упражнений и тренировок.

Навыкам свойственна изменчивость. Если упражнение прекращается, то они разрушаются (деавтоматизируются). Разрушение навыков не означает полной утраты их человеком, однако качество выполнения действия в той или иной степени снижается.

Наибольшим изменениям навыки подвергаются после перерыва, когда действия летчика оказываются то более быстрыми, то более медленными по сравнению с требуемой продолжительностью.

Процесса разрушения навыка человек не замечает. Ему кажется, что отсутствие тренировки не влияет на навык, но это чувство обманчиво и даже опасно. Вот почему Наставлением по производству полетов предусмотрены контрольные полеты после перерывов в летной работе в зависимости от квалификации летчика, длительности перерыва и типа самолета.

Летчики, имеющие перерывы, превышающие установленные сроки, к самостоятельным полетам без контрольно-вывозных полетов не допускаются.

Разрушение, утрата навыков при перерыве в полетах зависят от опыта и налета летчика. Специальным исследованием установлено, что у летчика с налетом более 500 час на данном типе самолета навыки утрачиваются до определенной степени, а затем как бы больше не разрушаются. Но, как правило, после перерыва 94 % ошибок в

технике пилотирования самолетом связано, с нарушением навыков переключения и распределения внимания, а у 51 % изученных летчиков все ошибки или преобладающее большинство их вызваны недостатками внимания. Перерыв наиболее отрицательно сказывается на навыках взлета, расчета на посадку и посадки. Это происходит потому, что сенсорные навыки менее устойчивы к перерывам, чем двигательные.

Частота ошибочных действий, зарегистрированных у летчиков в первых 10 полетах после перерыва, по элементам полета показана в таблице 1.

Таблица 1

Элементы полета	Частота ошибок, %
Посадка	28
Взлет	27
Расчет на посадку	20
Развороты	10
Горизонтальный полет	7
Набор высоты	4
Планирование	4

Из анализа таблицы следует, что после перерывов в летной работе у летчиков необходимо восстанавливать прежде всего сложные навыки, связанные с отработкой взлета, расчета на посадку и посадки.

После вынужденных перерывов в полетах лучше реже давать сразу большой налет, чем более часто, но меньший.

При переучивании на новую технику, особенно после перерыва в летной работе, следует учитывать отрицательное влияние на полет эмоциональной реакции, связанной с новизной условий полета. Профилактикой этих реакций являются те же мероприятия, которые проводятся в борьбе с отрицательным переносом навыков.

Навыки очень схожи с привычками. Как те, так и другие представляют собой автоматизированные элементы поведения, однако между ними есть существенная разница.

Навык предполагает умение совершать те или иные действия автоматически, а привычка есть потребность совершать те или иные автоматические действия. Привычки больше, чем навыки, освобождают сознание человека при выполнении им необходимых двигательных актов, поэтому необходимо добиваться, чтобы навыки переходили в привычки. Так, например, осмотрительность вначале прививается как навык, а затем становится привычкой.

Привычки бывают полезные и вредные. К полезным привычкам относятся: предполетный осмотр самолета перед каждым вылетом, опробование рулей, проверка в действии авиагоризонта перед взлетом и т.д. К вредным следует отнести, например, привычку проверять правильность включения агрегатов на взлете, на разворотах.

Привычки в отличие от навыков могут вырабатываться непреднамеренно, независимо от желания человека. Поэтому командир должен бороться с вредными привычками у подчиненных, а не считать их мелочью, не заслуживающей внимания, и способствовать выработке у них полезных привычек как в летной работе, так и в быту.

Формирование системы знаний, умений и навыков, а также ряда необходимых в летной деятельности качеств психики является целью летного обучения.

Методика летного обучения строится на основе общих дидактических принципов, имеющих глубокий психологический смысл. Так, сознательность обучения обусловливается пониманием летной деятельности как такого взаимодействия человека и среды в условиях полета, в котором человек осуществляет поставленную летным заданием цель. Чем более отчетливо она сформулирована, тем сознательней деятельность и эффективнее обучение и выполнение любого задания. Обучению в значительной мере способствуют продумывание предстоящего полета, систематические мысленные, воображаемые полеты.

Активность обучения предполагает единство обучения и самообучения: чем активнее летчик в процессе обучения, тем успешнее усваивает он знания и навыки. Активность есть обязательное условие перехода понимания и запоминания в усвоение.

Психологическая сущность наглядности обучения исходит из того, что любое действие формируется сначала как предметное действие и только потом становится умственным действием. В методике летного обучения этот принцип реализуется в правильном сочетании рассказа и показа. Например, даже простое пребывание летного состава на аэродроме и наблюдение за полетами облегчают в дальнейшем усвоение положений аэродинамики, правил полетов и ряда других предметов, изучаемых в классах в процессе теоретической учебы. Изучение каждого нового типа самолета желательно начинать не с технического описания его, а с осмотра реальной машины и т.д.

Значение принципа систематичности и последовательности обучения находит психологическое обоснование в понимании нейродинамических механизмов знаний и навыков как систем условно-рефлекторных связей, как сложных нейродинамических стереотипов. Эти связи легче создаются и оказываются более прочными и гибкими, если образуются постепенно и согласованно.

Важным является принцип индивидуального подхода в летном обучении. Он требует от инструктора знания индивидуально-психологических особенностей обучаемых и правильного понимания их летных способностей. Иногда, например, достаточно рассмешить курсанта в полете, чтобы значительно уменьшить у него напряженность. Большое значение имеет тактичное, иногда и ласковое слово, привитие уверенности в своих силах, краткость и тон указаний в полете и т.д.

Несоблюдение принципа доступности обучения, т.е. обучения от простого к сложному, является одной из наиболее частых причин возникновения напряженности в полете.

С усложнением авиационной техники все большее значение в обучении и воспитании летного состава приобретают прочность и гибкость знаний, умений и навыков. Успешное выполнение полетных заданий в условиях дефицита времени, вынужденно быстрого темпа деятельности и влияния различных психофизиологических факторов на организм летчика могут обеспечить только высокоавтоматизированные навыки в технике пилотирования, работе с оборудованием самолета, осмотрительности и ориентировке.

Список литературы:

1. Ю.Ананьев Б.Г. Системный механизм восприятия пространства и парнаяработа полушарий головного мозга. В кн.: «Проблемы восприятия пространства и пространственных отношений». – М. : Изд-во АПН РСФСР, 1961.
2. Ананьев Б.Г. Индивидуальное развитие человека и константность восприятия / Б.Г. Ананьев, М.Д. Дворяшина, Н.А. Кудрявцева. – М., «Просвещение», 1968.
3. Аршавский В.В. Популяционные механизмы формирования полиморфизма межполушарной асимметрии мозга человека // Мир психологии. – 1999. – № 1(17). – С. 29–46.
4. Асратян Э.А. О принципе относительной пластичности нервной системы. Труды института им.Бехтерева. – 1939. – Т. 11.
5. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. – М. : Медицина, 1966. – 349 с.
6. Бернштейн Н.А. Техника изучения движений. – М. : Изд-во «Стандартизация и рационализация», 1934.
7. Бернштейн Н.А. Физиология движений. Физиология труда / Н.А. Бернштейн [и др.]. – М., 1935.

УДК 37.018.43

РЕШЕНИЕ ВОСПИТАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ КУРАТОРОМ УЧЕБНОЙ ГРУППЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

♦♦♦♦♦

SOLVING EDUCATIONAL TASKS BY THE CURATOR OF THE STUDY GROUP IN THE EDUCATIONAL ACTIVITIES

Собко В.В.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В современном учебном процессе необходимо реализовывать задачи воспитательного характера. В статье рассмотрены воспитательные задачи, которые реализует образовательная организация с помощью кураторов учебных групп. Приведены пути решения воспитательных задач и порядок привития курсантам практических навыков воспитательной работы.

Ключевые слова: образовательная деятельность, воспитание, преподаватель, куратор учебной группы, воспитательная работа.

Sobko V.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In the modern educational process, it is necessary to implement educational tasks. The article discusses the educational tasks that an educational organization implements with the help of curators of study groups. The ways of solving educational tasks and the procedure for instilling practical skills of educational work to cadets are given.

Keywords: educational activities, education, teacher, curator of the study group, educational work.

В учебном заведении обучение и воспитание – это единый неразрывный, целенаправленный и непрерывный процесс.

Учебный процесс – это целенаправленное взаимодействие преподавателя и учащихся, в ходе которого решаются задачи образования, развития и воспитания.

В соответствии с требованиями приказа МО РФ № 308 от 30.05.2022 г. образовательная организация осуществляет свою деятельность в целях решения следующих главных задач:

– подготовка для Вооруженных Сил квалифицированных военных кадров с высшим образованием и средним профессиональным образованием;

– подготовка научных и научно-педагогических кадров;

– создание условий для подготовки диссертаций на соискание ученой степени доктора наук в военной докторантуре;

– обучение по дополнительным профессиональным программам;

– организация и проведение фундаментальных, прикладных и поисковых научных исследований;

– формирование у обучающихся государственно-патриотического сознания, воспитание их в духе патриотизма, верности воинскому долгу и Военной присяге (обязательству), гордости за принадлежность к Вооруженным Силам;

– удовлетворение потребностей обучающихся в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии посредством получения образования;

– организация и проведение работы по военно-профессиональной ориентации молодежи и подготовке ее к поступлению в образовательные организации [1].

Решение некоторых перечисленных задач, в том числе воспитательных, осуществляется с помощью кураторов учебных групп курсантов.

Кураторство является одним из приоритетных направлений в воспитательной деятельности высшего военно-учебного заведения. Кураторская деятельность рассматривается, как целенаправленная, профессионально-педагогическая и психологическая деятельность преподавателя с учебной группой курсантов в учебное и вне учебное время, направленная на создание эффективных педагогических условий успешного профессионального и личностного развития каждого курсанта.

Куратор – это педагог-профессионал, организующий через разнообразные виды воспитывающей деятельности систему отношений в учебной группе, создающий усло-

вия для творческого самовыражения каждого обучающегося, раскрытия потенциальных способностей, сохранения его уникальности и осуществляющий защиту интересов обучающихся, индивидуальную коррекцию учебного процесса [2].

Образ куратора учебной группы можно рассмотреть на рисунке 1.

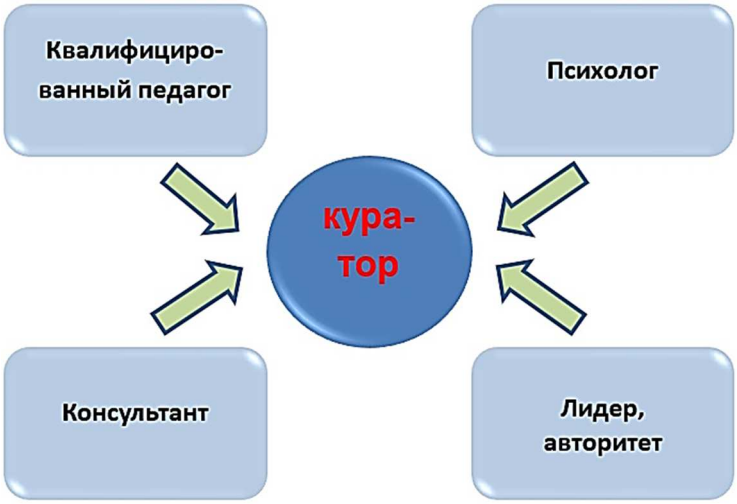


Рисунок 1 – Образ куратора учебной группы

Как видно из рисунка, куратор – это не надзиратель, который должен следить за каждым обучающимся группы, он должен быть старшим товарищем, методическим руководителем, должен помочь курсанту освоиться в учебной группе (особенно на первом курсе обучения) и что бы он успешно реализовал себя в будущей профессиональной деятельности.

Воспитательная работа является составной частью образовательной деятельности и одним из основных видов деятельности всех должностных лиц высшего военно-учебного заведения.

Воспитание – это специально организованное, целенаправленное и управляемое воздействие коллектива и воспитателей на воспитуемого с целью формирования у него заданных качеств, осуществляемое в учебно-воспитательных учреждениях и охватывающее весь учебно-воспитательный процесс.

Воспитание как общественное явление носит объективно закономерный характер, его ход и результаты не могут произвольно определяться людьми, а обусловлены социальными условиями, в которых вступают в жизнь подрастающие поколения. Вместе с тем, педагоги не могут оставаться равнодушными к результатам воспитания, и поэтому, организуя воспитательный процесс, они выдвигают те или иные цели и задачи, подчиняя набор используемых воспитательных средств их достижению [3].

А.С. Макаренко говорил: «...педагогика, в особенности теория воспитания, есть, прежде всего, наука практически целесообразная. Мы не можем просто воспитывать человека, мы не имеем права проводить работу воспитания, не ставя перед собой определенную политическую цель…»

В воспитательной работе с курсантами значительная роль отводится центральной фигуре образовательного процесса – преподавательскому составу. Приоритетная роль преподавателей в воспитании курсантов обусловлена рядом объективных обстоятельств:

1. Преподавательский состав больше всех других категорий постоянного состава вуза проводит служебное время в педагогическом взаимодействии с курсантами, имеет благоприятные возможности целенаправленного воспитательного воздействия на них.

2. Преподаватель - наиболее подготовленный и квалифицированный в воспитательном плане, обладающий не только широким арсеналом профессионально-педагогических знаний, но и значительным жизненным и служебным опытом, являющийся в большинстве своем примером для подражания у курсантов.

3. Преподавательский состав отличается динамичностью и подвижностью в реализации сложных задач, в том числе и воспитательных. На современном этапе развития высшей военной школы эффективность военно-образовательных систем, их воспитательных подсистем определяется новыми социально-экономическими, политическими, культурными и педагогическими ориентирами, требованиями и идеями: развития личности, демократизации и гуманизации обучения и воспитания, сотрудничества и сотворчества обучаемого и педагога, компьютеризации образовательной среды. Именно преподавателям принадлежит стержневое место в творческой реализации передовых воспитательных технологий.

Эти и другие факторы обусловливают выдвижение задачей первостепенной важности реальное усиление роли и места преподавателей в воспитательной работе с обучаемыми. Достижение этой цели связано с целенаправленным и комплексным формированием и развитием у преподавателей навыков и умений воспитательной работы с курсантами.

Основы воспитательной работы преподавателей определяются требованиями нормативных документов по содержанию, организации и методике ее проведения в вузах, квалификационными требованиями к уровню профессиональной подготовки преподавателей в области обучения и воспитания курсантов.

Содержание воспитательного воздействия преподавателей детерминировано основными задачами воспитательной работы в высшем военно-учебном заведении Министерства обороны Российской Федерации, которыми являются формирование и развитие у курсантов:

– государственно-патриотического сознания, воспитания их в духе патриотизма, гордости за принадлежность к Вооруженным силам Российской Федерации;

– верности воинскому долгу и Военной присяге;

– дисциплинированности и исполнительности, чувства офицерской чести и достоинства;

– общекультурных, нравственных, эстетических и психологических качеств.

Активное участие преподавателей в воспитательных мероприятиях включает в себя:

– проведение индивидуально-воспитательной работы с курсантами;

– оказание помощи в организации и проведении коллективных воспитательных мероприятий (общих собраний, вечеров вопросов и ответов, тематических вечеров, подведений итогов в учебной группе, роте, курсе и др.);

– выполнение обязанностей куратора учебной группы и др.

Следовательно, реализация воспитательных задач в учебном процессе, достигается:

1. Формулированием воспитательных целей конкретного вида учебных занятий и реализацией их на занятиях;

2. Обоснованием приоритетных направлений воспитания, определением конкретных качеств личности курсантов, которые целесообразно формировать и развивать преподавателям на данном виде занятия;

3. Использованием методики реализации воспитательных задач в процессе подготовки и проведения учебных занятий;

4. Подготовкой и использованием приемов воспитания излагаемым материалом (личных примеров, фактов, мыслей и идей известных военачальников, педагогов, деятелей культуры, искусства, кино, видеофильмов и комментариев и др.) в целях усиления воспитательного воздействия учебных занятий;

5. Выступлением на самостоятельной работе офицеров летно-методического отдела и инженерно-авиационной службы с целью решения как учебных, так и воспитательных задач;

6. Созданием на учебных занятиях соответствующих условий: психологической комфортности, доброжелательности, доверительности, заинтересованности в целях эффективного решения воспитательных задач и др.

Куратор учебной группы обеспечивает решение воспитательных задач следующими путями:

– приданием проводимым учебным занятиям воспитательной направленности;

– целенаправленным участием в проведении мероприятий воспитательного характера;

– привитием курсантам в процессе педагогического взаимодействия практических навыков воспитательной работы с будущими подчиненными;

– личной примерностью в ходе образовательного процесса и повседневной военной службы, высокой дисциплинированностью и требовательностью к себе и обучающимся;

– участие в разработке научно-методических материалов по обеспечению процесса воспитания в вузе.

Привитие курсантам в процессе педагогического взаимодействия практических навыков воспитательной работы с будущими подчиненными достигается:

– образцовым методическим построением проводимых учебных занятий, демонстрацией демократического стиля общения с обучаемыми высокого уровня личного интеллекта;

– постановкой целей формирования у курсантов навыков воспитательной работы при проведении с ними учебных занятий и воспитательных мероприятий;

– акцентуацией проблемы навыков воспитательной работы в индивидуально-воспитательной работе с курсантами и др.

Личная примерность в ходе образовательного процесса и повседневной военной службы, высокая дисциплинированность и требовательность к себе и обучающимся обеспечивается:

– качественной подготовкой и проведением учебных занятий и воспитательных мероприятий;

– образцовым внешним видом, качественным выполнением служебных обязанностей и др.;

– проявлением в ходе образовательного процесса и повседневной военной службы качеств офицера-профессионала, патриота своей страны, человека высокой общей и педагогической культуры.

Преподаватели в воспитательной работе используют методы и средства, наиболее полно отвечающие их индивидуальным особенностям и обеспечивающие высокое качество решения воспитательных задач.

Список литературы:

1. Приказ Министра обороны РФ от 30.05.2022 № 308 (ред. от 17.04.2024) «Об организации образовательной деятельности в федеральных государственных организациях, осуществляющих образовательную деятельность и находящихся в ведении Министерства обороны Российской Федерации».
2. Текина К.В. Образовательно-воспитательный потенциал проектной деятельности студентов в воспитательной работе куратора педагогического вуза // Таврический научный обозреватель. – 2016. – № 1. – С. 182–186.
3. Булатасова Г.Х. Роль куратора в воспитательном процессе учебного заведения // Нягань ский технологический колледж. – Нягань, 2006. – 154 с.

УДК 930

ИСТОРИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ИСТРЕБИТЕЛЯ ДЛЯ ВВС РФ

♦♦♦♦♦

THE HISTORY OF A PROMISING FIGHTER FOR THE RUSSIAN AIR FORCE

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@ yandex.ru

Хамидуллин Р.Р.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье описана история создания перспективного истребителя для ВВС РФ. Рассмотрено практическое применение экспериментального самолета по последним достижениям авиапромышленности и оценены его возможности в небе. Приведены преимущества экспериментального самолета, а на основе выводов внесены корректировки в проекты будущих самолетов.

Ключевые слова: истребитель с крылом обратной стреловидности, лучшая аэродинамика, подъемная сила, улучшенная управляемость на малых скоростях.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@ yandex.ru

Khamidullin R.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article describes the history of the creation of a promising fighter for the Russian Air Force. The practical application of an experimental aircraft based on the latest achievements of the aviation industry is considered and its capabilities in the sky are evaluated. The advantages of the experimental aircraft are presented, and based on the conclusions, adjustments have been made to the designs of future aircraft.

Keywords: fighter with a swept-back wing, better aerodynamics, lift, improved handling at low speeds.

В 1955 году Совмин СССР принял постановление о запуске разработки перспективной ядерной силовой установки для летательных аппаратов. К работам по программе были привлечены все основные предприятия атомной и авиационной промышленности. Планировалось создать целый ряд самолетов и крылатых ракет с особыми летными характеристиками.

На разных этапах рассматривались несколько вариантов компоновки реактора и двигателей. В фюзеляже самолета планировалось установить собственно реактор, а в мотогондолах следовало помещать турбореактивные или турбовинтовые двигатели с теплообменниками вместо камер сгорания [1]. При этом рассматривались две основные компоновки двигателя: соосная и типа «коромысло». В первом случае ось теплообменника совпадала с осью компрессора и турбины. Во второй компоновке использовались изогнутые воздуховоды, а теплообменник устанавливался со сдвигом [2]. Также вместо теплообменников на двигателе мог присутствовать компактный реактор.

В ОКБ В.М. Мясищева к началу шестидесятых годов проработали сразу несколько вариантов атомного самолета с разными особенностями. Предлагалось использование разных аэродинамических схем и компоновочных решений. Общей чертой проектов было использование ядерной силовой установки (ЯСУ), развитой биологической защиты и максимальной автоматизации управления машиной [1]. При этом пришлось проработать вопросы эксплуатации самолета, представляющего радиационную опасность в полете и на земле.

Бюро рассматривало несколько вариантов бомбардировщика, известных под названиями М-30 и М-60. Они должны были серьезно отличаться друг от друга разными особенностями. В частности, в проекте М-60М предлагалось строительство тяжелой летающей лодки – использование гидроаэродрома позволяло избавиться от ряда проблем, связанных с сухопутным базированием [3]. В то же время, это предъявляло особые требования к конструкции машины и не слишком упрощало ее гипотетическую эксплуатации.

В 1956 году вышло постановление Совмина, согласно которому ОКБ А.Н. Туполева поручалась разработка летающей лаборатории на базе серийного бомбардировщика Ту-95. По сути, конструкторам предстояло вписать новые устройства в существующий планер. Ввиду объективных ограничений такая задача была достаточно сложной. Экспериментальный образец остался в истории под обозначениями Ту-95ЛАЛ («Летающая атомная лаборатория») и «119» (также Ту-119) [2].

Носовая кабина самолета получила биологическую защиту дифференцированной конструкции. Основные ее элементы защищали людей от облучения сзади – непосредственно от реактора. В грузоотсеке поместили контрольную аппаратуру и реактор. Реактор поместили в защитной оболочке с открываемыми лючками для проведения экспериментов. Активная зона охлаждалась водой, вода второго контура циркулировала через радиатор с охлаждением воздушным потоком [2].

Связь реактора и двигателей не предусматривалась, но в дальнейшем планировалось создать соответствующие агрегаты. На базе ТВД НК-12 разрабатывалось изделие НК-14А с теплообменником. При этом сохранялись камеры сгорания, благодаря чему НК-14А мог использовать обычный керосин [3]. Атомный вариант Ту-95 должен был иметь два таких двигателя в дополнение к паре штатных НК-12.

Перестройка серийного Ту-95 по проекту «119», сборка реактора и подготовка аэродрома на Семипалатинском полигоне заняли несколько лет. Весной 1961 года Ту-95ЛАЛ выполнил первый полет. До августа выполнили еще 33 экспериментальных вылета с работающим реактором. В полетах производились различные измерения; при помощи лючков в оболочке реактора проверяли действие отраженного излучения.

После проведения испытаний Ту-95ЛАЛ работы по ядерной тематике в ОКБ Туполева остановились, однако другие организации продолжили изучение этой тематики.

В 1965 году Совмин постановил разработать на базе транспортника Ан-22 самолет противолодочной обороны, способный длительное время оставаться в воздухе. Проект Ан-22ПЛО предусматривал использование одного реактора в фюзеляже и четырех двигателей НК-14А. С их помощью машина могла бы выполнять патрулирование в течение 50 ч; не исключалось и дальнейшее увеличение времени работы [3, 5].

Проект Ан-22ПЛО столкнулся с затруднениями технического характера. Самолет получался слишком тяжелым, из-за чего пришлось переработать биологическую защиту. В 1970 году провели эксперимент, в ходе которого Ан-22 сделал несколько вылетов с точечным источником радиации на борту. Радиоактивный материал закрыли защитой новой конструкции, и она подтвердила свои характеристики. В 1972 году лаборатория на базе Ан-22 выполняла полеты с готовым реактором в грузовом отсеке, при этом осуществлялось отслеживание всех параметров. Полноценная ЯСУ не была построена и не испытывалась [4].

Проектирование Ан-22ПЛО так и не завершилось, опытный образец не строился. За несколько лет проект проделал определенный путь, но затем остановился без какой-либо надежды на возобновление. Отдельные исследования продолжались, однако теперь заказчик более не проявлял интереса к ядерным самолетам.

Развитие технологий последних десятилетий позволило вернуться к почти забытым идеям. В прошлом году российская промышленность анонсировала два принципиально новых проекта ядерных реакторов, отличающихся выгодным соотношением мощности и габаритов. Один из них предлагается для использования на автономном подводном аппарате «Посейдон», а другой предназначен для крылатой ракеты «Буревестник».

Конструкторы – лирики по своей природе. Создавая новые творения авиапромышленности, они, как правило, сравнивают каждое новое изделие с чем-то живым, с чем-то летающим, а именно с птицей. Беркут – это одна из наиболее известных хищ-

ных птиц семейства ястребиных. Он является представителем самого крупного вида рода орлов с размахом крыла до 2,5 метров!

Именно «Беркутом» назван проект Российского истребителя с крылом обратной стреловидности – Су-47. При всех его преимуществах перед «собратьями», он так и не дошел до серийного производства, а единственный экземпляр сейчас находится в музее.

С 1983 года этот самолет разрабатывался, как перспективный истребитель для ВВС РФ. В 88-м программа была закрыта и лишь потом заказчиком выступил ВМФ РФ, так как существовала необходимость в палубном истребителе с укороченным взлетом и посадкой. Затем развал СССР, прекращение финансирования и проект выжил лишь на личные средства конструкторского бюро им. Сухого, за счет которых и был построен единственный летный экземпляр.

Образец, построенный в 1997 году, был создан уже для иных целей. Новый Су-47 отличался от всех не только крылом обратной стреловидности; в его конструкции были активно применены композитные материалы.

Именно это вызывало интерес конструкторов и инженеров: создать экспериментальный самолет по последним достижениям авиапромышленности и оценить его возможности в небе, а на основе выводов вносить корректировки в проекты будущих самолетов.

Схема планера Су-47 оказалась удачной. Самолет мог взлетать и садиться на полосу, втрое короче полос для обычных истребителей [1]. Именно для экспериментов создавался этот самолет, и они пошли на благо, так как уже на Су-57 было установлено множество заимствованных у Су-47 частей. Да и многие решения касательно аэродинамики «Беркута» позже нашли свое отражение в других объектах, разработанных Российскими конструкторскими бюро.

В конце 90-х годов, российские авиаторы объявили о создании новейшего истребителя с обратной стреловидностью крыла. Самолет представляли как нечто, не имеющее аналогов, что было действительно так, и уникальную боевую единицу, которой нет равных. Появление нового самолета представлялось как локальная победа.

Однако, проект со временем благополучно закрыли. За все это время самолет Су-47, был единственным экземпляром. Про него все забыли. В 2019 году на авиасалоне МАКС-2019 в Жуковском, единственный построенный и сохранившийся до наших дней экземпляр этого уникального самолета был выставлен на показ широкой публике.

В 90-е годы, можно было услышать, что Российский военно-промышленный комплекс (ВПК) находится в таком состоянии, что не способен ничего создать с нуля, а те немногие разработки, что удавалось реализовать в тех непростых условиях, основаны на советских наработках, или вовсе являются продолжением того, что начало конструироваться до 1991 года. В большинстве своем это действительно было так. Не являлся исключением и Су-47 «Беркут», который был впервые представлен в 1997 году. Начали разрабатывать самолет еще в 80-е годы в Советском Союзе, на основе истребителя Су-27. Если развернуть Су-47 крылья обратно, придав им классическую стреловидность и поставить машину рядом с Су-27, то не видно отличий. Но это лишь внешне. По содержанию это были два абсолютно разных самолета [1, 6].

Предполагалось, что благодаря обратной стреловидности крыла, Су-47 не будет равных в воздухе. По сравнению с более привычными нам самолетами, машина с новым крылом имела значительно более лучшую аэродинамику, подъемную силу, улучшенную управляемость на малых скоростях [2]. Все это в совокупности делало самолет в разы надежнее и маневреннее, по сравнению с конкурентами, что давало бы ему неоспоримое преимущество в бою. Кроме того, освобожденная от большей части силовых элементов, которые теперь переносились к корме самолета, средняя часть фюзеляжа, давала новую, улучшенную центровку, расширяя возможности по размещению вооружения.

Конструкторы столкнулись с огромным количеством трудностей. Каждая из них по отдельности была способна поставить крест на всем проекте.

Несмотря на преимущества, развернутое в обратном направлении крыло, показало один очень существенный недостаток. При достижении определенной скорости, оно попросту начинало скручиваться. Чтобы избежать этого, крыло нужно было как-то усилить. В те времена еще не существовало легких и прочных материалов, активно

используемых в авиации сегодня. Конечно, конструкцию старались максимально, насколько это возможно, облегчить. И все же, вес самолета значительно превышал расчетный [2]. В конечном итоге, все пришло к тому, что в СССР попросту не оказалось авиационных двигателей, которые можно было бы установить на такого класса самолет, но которые выдавали бы необходимую тягу. Помимо прочего, в новых условиях, с новой аэродинамикой, самолету нужна была и новая электроника, без которой пилот вручную попросту бы не справился при возникновении ряда событий. Всё это, нужно было разрабатывать с нуля.

Но конструкторы всегда готовы к любым вызовам. И в начале 90-х все необходимые для дальнейшего развития проекта технологии были созданы. Не помешали даже нараставшие как ком политические и экономические трудности. Государство уже фактически рушилось, но самолет не забросили.

Не забросили его и когда СССР не стало. Несмотря на то, что американцы проявили к нему особый интерес, и даже заполучили немало информации, которая в другой бы ситуации, охранялась как государственная тайна, конструкторам удалось сохранить в секрете основные наработки, и продолжить создавать этот самолет. В ходе работ над Су-47 инженерам удалось решить множество задач и на основе этих решений, добиться внушительных результатов и создать множество новых наработок, которые в будущем использовались при создании других наших новых самолетов, в частности новейшего Су-57.

Все это, перестало делать новый самолет похожим на своего предшественника Су-27 не только крыльями, но и внешне. У специалистов «КБ Сухого» получился абсолютно новый самолет, унаследовавший от предшественника теперь лишь отдельные элементы.

В 1997 году, о новом самолете было торжественно объявлено на весь мир. Казалось бы, у проекта, родившегося в столь трудные для страны времена, но несмотря ни на что, выжившего, не заброшенного, доведенного до ума и реализованного за счет такого тяжкого труда, теперь точно должно быть великое будущее.

К середине 2000-х годов авиаконструкторы уже были готовы к созданию истребителя пятого поколения Су-47. Многое из того, что легло в основу перспективного Су-57, было обкатано именно на Су-47 «Беркут» [3]. Этот самолет по-прежнему вызывает жаркие споры. Есть ли будущее у подобных самолетов? Но не будь он реализован, наше авиастроение было бы отброшено сегодня на десятилетия назад. И, несмотря на то, что единственный построенный экземпляр этой машины никогда больше не увидит неба, со своей великой задачей он определенно справился.

Список литературы:

1. Обеспечение безопасности полетов самолетов / Л.А. Гимбицкая [и др.]; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей IX Международной НПК «Научные чтения имени Н.Е. Жуковского», 12.12.2019. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019.
2. Гимбицкая Л.А. Особенности устройства реактивного двигателя и возможность снижения его шума / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей IX Международной НПК «Научные чтения имени Н.Е. Жуковского», 12.12.2019. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019.
3. Гимбицкая Л.А. Влияние свойств топлива на летно-технические характеристики летательного аппарата / Л.А. Гимбицкая, В.А. Гимбицкий // Сборник научных статей по итогам Национальной научно-практической конференции «Наука и практика в решении стратегических и практических задач устойчивого развития России». – СПб. : Изд-во «КультИнформ-Пресс», 2019.
4. Медведев В.И. Опыт боевого применения советской бомбардировочной авиации в локальных войнах и военных конфликтах межвоенного периода // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 19–31.
5. Медведев В.И. Борьба за господство в воздухе на Южном фланге советско-германского фронта 1942–1943 гг. // Военная мысль. – 2022. – № 3. – С. 115.
6. Медведев В.И. Эволюция боевых возможностей бомбардировщиков и штурмовиков ВВС КА в годы великой отечественной войны / В.И. Медведев; КВВАУЛ им. А.К. Серова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 319–322.

УДК 351

ОЦЕНКА И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ УМСТВЕННОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

♦♦♦♦♦

ASSESSMENT AND DEVELOPMENT OF MENTAL ENDURANCE IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Давыдова П.Д.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Исаев Г.Р.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается понятие умственной (мыслительной) выносливости и ее роль в образовательном процессе. Анализируются факторы, влияющие на снижение этого показателя у современных абитуриентов, в частности цифровизация и клиповое мышление. Представлено исследование, проведенное на основе теста на пространственное мышление, позволяющего оценить уровень умственной выносливости. Описаны ключевые параметры, используемые для оценки, а также результаты кластерного анализа, выделяющего четыре группы участников с разными уровнями умственной выносливости. Сделаны выводы о возможностях развития этого качества, включая физические нагрузки, логические игры и планирование деятельности.

Ключевые слова: умственная выносливость, мыслительная выносливость, образовательный процесс, пространственное мышление, когнитивная нагрузка, цифровизация, кластерный анализ, работоспособность, усталость, развитие выносливости.

Nefedovsky V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Savitsky Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Davidova P.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Isaev G.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the concept of mental (thought) endurance and its role in the educational process. Factors affecting the decline in this indicator in modern applicants are analyzed, in particular digitalization and clip thinking. Presented is a study based on a spatial thinking test that allows you to assess the level of mental endurance. The key parameters used for the assessment are described, as well as the results of a cluster analysis highlighting four groups of participants with different levels of mental endurance. Conclusions were drawn about the possibilities of developing this quality, including physical activity, logic games and activity planning.

Keywords: mental endurance, mental endurance, educational process, spatial thinking, cognitive load, digitalization, cluster analysis, performance, fatigue, endurance development.

Выносливость – это способность продолжать выполнять определённую задачу в течение длительного времени без значительного утомления, снижения качества или скорости её выполнения. Различают различные виды выносливости: физическую, умственную (мыслительную), эмоциональную, психическую и т.д.

В образовательном процессе важную роль играет умственная (мыслительная) выносливость. Это связано с тем, что современные области знаний развиваются стремительно, увеличиваются объёмы информации и усложняются задачи, требующие усвоения и сохранения новых знаний. Очевидно, что учащиеся обладают разным уровнем умственной выносливости. К сожалению, в последние годы этот уровень снижается

под влиянием различных факторов. Одним из значимых факторов является цифровизация образа жизни. Компьютерные игры, социальные сети и другие цифровые технологии способствуют развитию поверхностного («клипового») мышления, увеличению цифрового «шума» и снижению уровня межличностного общения.

Оценить уровень мыслительной выносливости можно с помощью специальных тестов. Основные требования к таким тестам: создание высокой умственной нагрузки, выполнение заданий в течение продолжительного времени и возможность смены типов задач при соблюдении предыдущих условий. В данном исследовании использовался тест на развитие пространственного мышления. Участникам предлагалось решить задачи следующих типов:

– преобразование пространственных образов (мысленное создание проекций трёхмерных объектов и их восстановление по двумерным изображениям);

– оперирование пространственными объектами (вращение, перемещение, анализ и синтез);

– оперирование плоскими объектами (определение размеров, соотношений и т.д.).

Тест состоял из шести этапов, различающихся по типу и сложности заданий. В начальных этапах использовался принцип обучения: участнику задавался вопрос до получения правильного ответа, при этом учитывалось количество попыток. Затем применялся принцип тестирования, при котором ответ (правильный или неправильный) фиксировался сразу.

В ходе выполнения теста анализировались следующие параметры: общее время выполнения, среднее время правильных и неправильных ответов, количество ошибок. Однако для оценки умственной выносливости эти параметры не всегда информативны. Например, общее время выполнения теста может быть одинаковым как у участника с низкой умственной выносливостью (из-за торопливости и случайных ответов), так и у участника с развитым пространственным мышлением (из-за высокой скорости решения заданий).

Наиболее подходящими параметрами для оценки умственной выносливости являются:

1. Изменение времени, затраченного на одну попытку ответа. Постепенное увеличение этого времени может свидетельствовать об усталости и снижении концентрации внимания.

2. Общее время ответа. В зависимости от уровня умственной выносливости этот параметр может как увеличиваться (из-за усложнения задач), так и уменьшаться (из-за поспешных ответов на фоне усталости).

3. Частота ошибок. Рост этого показателя указывает на усталость и снижение концентрации.

4. Соотношение времени правильных и неправильных ответов. Высокая скорость неправильных ответов может говорить о стремлении быстрее завершить тест, не задумываясь о правильности решений.

Изменение этих параметров может происходить независимо друг от друга. Например, при накоплении усталости время на ответ может увеличиваться, а частота ошибок оставаться стабильной. В других случаях, наоборот, частота ошибок возрастает, а среднее время ответа остаётся неизменным или уменьшается.

Для выявления характерных групп испытуемых использовался метод кластерного анализа. Исходными данными для разбиения служили общее время выполнения теста, частота ошибок и соотношение средних времен правильных и неправильных ответов. Разбиение проводилось методом k-средних на четыре кластера, используя евклидово расстояние и 50 итераций.

Результаты анализа:

– Кластер 1 (самый многочисленный) характеризуется минимальным временем выполнения теста, средним количеством ошибок и коэффициентом торопливости, близким к единице. Представители этого кластера обладают высокой умственной выносливостью: частота ошибок остаётся стабильной, а на графике изменения среднего времени ответа (рисунок 1) можно отметить достаточно высокую стабильность средне-

го времени ответа. По мере выработки опыта ответов на вопросы среднее время ответа снижается и стабилизируется на уровне 10 с.

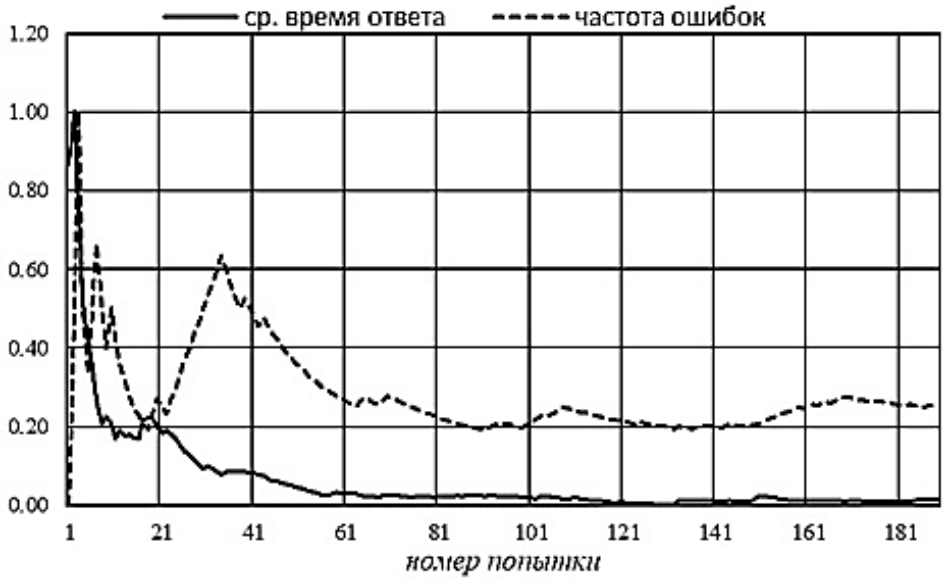


Рисунок 1

– Кластер 2 (второй по численности) имеет среднее время выполнения теста, минимальное количество ошибок и минимальное соотношение времени правильных и неправильных ответов. Усталость у представителей этого кластера проявляется в конце теста, компенсируясь увеличением времени ответа. На графике среднего времени ответа (рисунок 2) так же наблюдается тенденция роста среднего времени ответов в середине и в последней части теста, то говорит о появлении некоторой усталости. Начало проявления усталостных явлений у представителей первого и второго кластеров приблизительно одинаковы.



Рисунок 2

– Кластер 3 отличается самым большим временем выполнения теста и средними значениями частоты ошибок. Усталость у представителей этого кластера появляется в середине теста, но компенсируется увеличением времени ответа. На графике (рисунок 3) необходимо отметить резкое повышение среднего времени ответа в конце

теста. То есть стабильные значения частоты ошибок достигаются увеличением времени, затраченного на ответ.

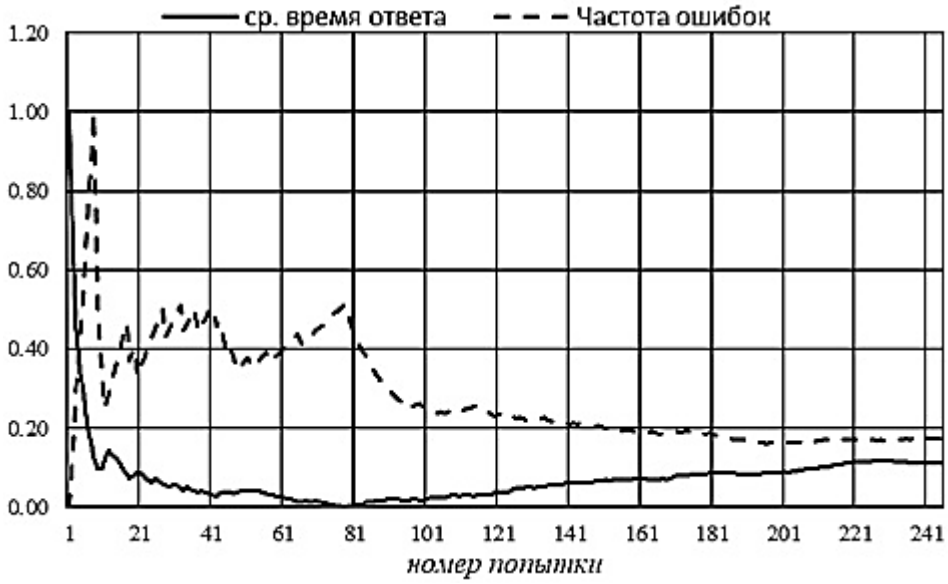


Рисунок 3

– Кластер 4 (самый малочисленный) характеризуется минимальным временем выполнения теста, наибольшим количеством ошибок и самым высоким соотношением времени правильных и неправильных ответов. Причем это соотношение увеличивается за счет уменьшения среднего времени неправильных ответов. Эти участники обладают низкой умственной выносливостью: усталость проявляется уже после первой четверти заданий, а качество выполнения резко снижается. Среднее время ответа у представителей этого кластера непрерывно уменьшается (рисунок 4). Но это происходит вследствие уменьшения среднего времени неправильных ответов, а среднее время правильных ответов остается практически постоянным.

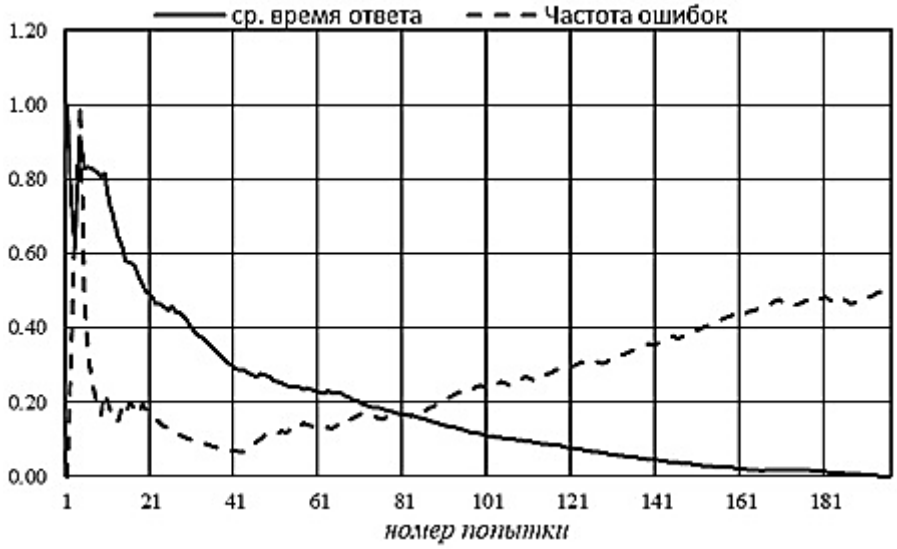


Рисунок 4

Таким образом, представители первого и второго кластеров обладают высокой умственной выносливостью, тогда как у представителей третьего кластера она ниже. Участники четвёртого кластера имеют самый низкий уровень умственной выносливости, что проявляется в резком снижении качества выполнения заданий.

Важно отметить, что умственная (мыслительная) выносливость не является фиксированной величиной и поддаётся развитию. Одним из эффективных способов её повышения являются физические упражнения, которые улучшают кровоснабжение мозга и способствуют повышению стрессоустойчивости. Кроме того, физическая выносливость развивает навыки управления нагрузками, что положительно сказывается и на умственной деятельности. Развитие мыслительной выносливости также возможно с помощью логических и математических игр, изучения новых областей знаний и приобретения новых навыков. Планирование своей деятельности и стремление к повышению эффективности работы также являются важными факторами повышения умственной выносливости.

Список литературы:

1. Шубртова С. Об интеллектуальном развитии. Пространственное мышление и воображение. – 2010. – URL : http://itsidea.ru/page/prostranstvennoe-myshlenie-i-voobrazhenie
2. Кузнецова Г.В. К вопросу повышения качества знаний студентов технических вузов по графическим дисциплинам / Г.В. Кузнецова, Л.И. Кравцова, И.И. Кострубова // Успехи современного естествознания, 2010. – № 9.
3. Савицкий Ю.А. Математические методы обработки экспериментально-психологических данных с использованием линейных диагностических моделей / Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов, В.А. Нефедовский // Естественные и технические науки. – 2021. – № 11(162). – С. 260–268.
4. Нефедовский В.А. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного лётчика / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. Сетевое издание. – 2021. – № 2. – С. 226–237.
5. Развитие пространственного мышления как фактора, влияющего на подготовку операторов управления беспилотных летательных аппаратов // В.А. Нефедовский [и др.] // Сборник научных статей по материалам III всероссийской конференции «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития». – 2021. – С. 80–86.
6. Программа создания тестов для развития пространственного мышления CUBE CONSTRUCTOR / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.А. Коссой, М.В. Степанова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021666568, 15.10.2021. Заявка № 2021665797.
7. Программа тестирования уровня развития пространственного мышления CUBE_TEST / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.А. Коссой, М.В. Степанова, Ф.В. Мальчинский, Э.А. Крачко, М.Г. Лукинова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022664773, 04.08.2022. Заявка № 2022663404 от 15.07.2022.
8. 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.
9. Нефедовский В.А. Теория обработки результатов исследований в области развития пространственного мышления / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, Л.М. Медяникова // Гуманитарные и социальные науки. – 2024. – Т. 102. – № 1. – С. 178–183.
10. Савицкий Ю.А. К вопросу о развитии профессиональных умений и навыков у курсантов военных вузов / Ю.А. Савицкий, Н.И. Васькова, В.А. Нефедовский; КВВАУЛ им. А.К. Серова // XIII Международная научно-практическая конференция молодых учёных, посвящённая 61-ой годовщине полёта Ю.А. Гагарина в космос (19–20 апреля 2023 года): сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 283–288.

УДК 930.25

ГЕРОЙ РОССИИ ИЗ СССР
♦♦♦♦♦
HERO OF RUSSIA FROM THE USSR

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@ yandex.ru

Скурихин Г.Д.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена история жизни и подвига Еремеева Петра Васильевича. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача исследования о том, что подвиг Еремеева не получил такого признания, как подвиг Виктора Талалихина – однополчанина Петра, совершившего таран на 9 дней позже. На основе проведенного анализа авторами исследованы многие неизвестные в истории биографические данные героя войны Еремеева Петра Васильевича.

Ключевые слова: подвиг Еремеева, секретарь комсомольской организации, бомбардировщик, передовик производства, летчик – испытатель, сталинский сокол.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@ yandex.ru

Skurikhin G.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the history of the life and exploits of Peter Vasilyevich Yeremeyev. The main unsolved problem of the study is revealed and justified, that Yeremeyev's feat did not receive such recognition as the feat of Viktor Talalikhin, Peter's fellow soldier, who rammed 9 days later. Based on the analysis, the authors investigated many historical biographical data unknown to the war hero Yeremeyev Pyotr Vasilyevich.

Keywords: Yeremeyev's feat, secretary of the Komsomol organization, bomber, advanced production, test pilot, Stalin's falcon.

Умирают солдаты дважды:
От штыка и от пули вражьей.
И, спустя много лет грядущих,
От забывчивости живущих.
А. Романов

Перед рассветом, 22 июня 1941 года, когда в глубокий сон погрузились города и села нашей Родины, с аэродромов поднялись немецкие самолеты с бомбами. Громом по всей западной границе покатились орудийные выстрелы. Воздух наполнился рокотом моторов, танков и грузовиков. Фашистская Германия, без объявления войны, вероломно напала на нашу страну. Вражеские самолёты бомбили города и порты, аэродромы и железнодорожные станции, больницы и жилые дома. Ночью 23 июня немецкая авиация пыталась произвести налет на Ленинград, еще через сутки фашисты бомбили уже Севастополь [1].

Армия и население не были готовы к началу войны, однако на защиту страны поднялся весь народ. Вместе со всеми поднялись против фашистов трудящиеся Южного Урала.

За годы войны сотни тысяч жителей были призваны в армию. Многие из них погибли в жестоких боях, но до конца выполнили свой долг. Они сражались и погибали ради того, чтобы был мир на всей земле. Без героизма Советского народа СССР вряд ли выиграл войну против фашистской Германии [1].

Было совершено огромное количество подвигов, тысячи воинов стали героями. Челябинская область уникальна тем, что среди 224 южноуральцев, героев Советского Союза более двух десятков человек – лётчики. Не каждый регион может похвастать таким количеством сражавшихся в небе и награжденных Золотыми Звёздами героев.

Первым, ставший дважды Героем Советского Союза, был житель Челябинской области летчик Сергей Грицевец. Первую Золотую Звезду получил на Халхин-Голе, вторую-за воздушные бои в Испании. Трагически погиб за год до Великой Отечественной войны. Он был первым, но далеко не последним отважным лётчиком-южноуральцем, награжденным высшим званием государства.

В начале августа 1941 года на одной из площадей Москвы жители с любопытством и ненавистью рассматривали обломки вражеского самолета. Над грудой искорёженного металла стоял щит с лаконичной надписью: «Хвост немецкого бомбардировщика, сбитого под Москвой старшим лейтенантом Еремеевым» [2, 4].

Еремеев Пётр Васильевич – заместитель командира эскадрильи 27-го истребительного авиационного полка 6-го истребительного авиационного корпуса Московской зоны противовоздушной обороны, старший лейтенант.

Родился 11 июня 1911 года в деревне Бердина Поляна Иглинского района Башкирии в крестьянской семье.

После окончания семилетней школы семья Петра перебирается в город Ашу Челябинской области, где он поступает в клепальный цех металлургического завода молотобойцем.

Вступает в ряды ВЛКСМ. Товарищи избирают его секретарём комсомольской организации цеха [2].

Два года спустя молодого передовика производства направляют на учебу в Златоустовский металлургический техникум.

В 1932 году молодого рабочего принимают во Всесоюзную коммунистическую партию (большевиков).



В 1933 г. по спецнабору призывают в Рабоче-крестьянскую Красную армию. Петр становится курсантом 3-й военной авиационной школы летчиков имени К.Е. Ворошилова (г. Оренбург). Учится очень хорошо. Для допуска к самостоятельным полетам

необходимо было совершить 90 учебных. Однако уже после 45 ученических полетов Петру разрешают самостоятельные вылеты [3].

В 1936 году, после окончания Оренбургской военной авиационной школы лётчиков, был направлен в Подмосковье, служил летчиком-испытателем в Отряде особого назначения научно-исследовательского института ВВС РККА. В мае-июне 1938 года на базе этого авиаотряда был сформирован 27-й истребительный авиаполк ВВС Московского военного округа, в котором продолжил службу лейтенант П.В. Еремеев.

В течение нескольких лет он достиг должности заместителя командира эскадрильи, освоил истребители, находившиеся на вооружении полка. Был включен в группу так называемых «ночников», то есть успешно прошедших обучение полетам в темное время суток по приборам.

Перед самой войной прибыл на охрану воздушных рубежей столицы.

Женился. Дети: дочь Лариса и сын Александр [2].

В Великой Отечественной войне старший лейтенант П.В. Еремеев участвовал с июня 1941 года. После боев под Москвой он был назначен командиром эскадрильи 28-го истребительного авиаполка 4-й смешанной авиационной дивизии Северо-Западного фронта, который базировался в районе Осташкова.

С 26 августа по начало октября 1941 года он выполнил более 70 боевых вылетов (50 из них ночные), в том числе 26 – на штурмовку наземных целей.

Последний бой Петра Васильевича состоялся утром 02 октября 1941 года. При отражении атаки превосходящих сил противника на наши штурмовики его самолет-истребитель МиГ-3 был сбит, а сам летчик погиб.

Еремеев Петр Васильевич-старший лейтенант, командир эскадрильи, он хорошо знал не только авиацию, но и литературу, преподавал историю ВКП(б) в своей эскадрилье. У него находились глубокие нежные яркие слова о Родине, о своей семье, а сам он – олицетворение простоты и достоинства советского человека [1].

Бывший командир 6-го авиационного корпуса московской зоны ПВО генерал-полковник авиации Иван Дмитриевич Климов, под началом которого служил и воевал Пётр Еремеев, хорошо помнил события тех грозных дней: «Пётр Васильевич сразу же после выпуска из военной авиашколы пришёл в нашу эскадрилью особого назначения. Скромный, немногословный, старательный. Он с первого дня самым добросовестным образом относился к лётной работе. Был в первых рядах отличников боевой и политической подготовки. Рос его авторитет среди лётчиков, а уж у них авторитетом пользуется тот, кто отлично летает и не показывает своего превосходства над товарищами [3, 5].

21 июля 1941 года в истории обороны Москвы – значительная дата. В эту ночь немцы предприняли первый массированный авиационный налёт на столицу. С наступлением темноты более 200 фашистских самолётов со смертоносным грузом ринулись на Москву. Командир авиазвена 27-го истребительного авиационного полка Еремеев П.В. через минуту после приказа взмыл на своём МИГе в ночное московское небо. Обнаружив вражеский бомбардировщик, он несколько раз атаковал и поджёг его. Но и машина Еремеева была задета: снаряд попал в правую плоскость. Ранило и лётчика. Ему удалось посадить самолёт на аэродром и, перевязав рану, ещё дважды в эту ночь подняться в небо.

Указом Президиума Верховного Совета Союза ССР от 24 июля 1941 года Еремеев был награжден орденом КРАСНОГО ЗНАМЕНИ [3].

На митинге при вручении наград он сказал: «Я считаю себя в долгу перед Родиной и буду стараться всеми силами бить врага беспощадно, если кончатся патроны – протараню, но не допущу врага к нашей любимой столице-Москве (газета «Правда» ОТ 26 июля 1941 года «Ночные истребители»).

Всего через несколько дней он сдержал свои слова.

29 июля 1941 года старший лейтенант Еремеев вновь отличился таранным ударом в 1 час 36 мин уничтожил ещё один вражеский самолёт Ю-88 в ночном бою [2].

Из воспоминаний бригадного комиссара Орлова: «29 июля тов. Еремеев получил приказ вылететь на патрулирование в район Ново-Петровска. Заметив лучи прожектора самолета противника, идущего на Москву, Еремеев зашел ему в хвост и обстрелял. Самолёт с правым креном пошёл на снижение. В перекрещенных лучах мелькнула движущаяся серебристая точка. Еремеев потерял его из поля зрения. Лётчик

свернул влево, увидел другой самолёт противника, идущий на запад. Зашёл снизу и обстрелял его. Противник вёл беспорядочный огонь из верхних пулемётов. Лётчик Еремеев подошёл вплотную…нажал гашетки…но пулемёты не стреляли – закончились патроны. Противник уходил на запад на высоте 2000 метров. И всё же упускать врага «Сталинскому соколу» не хотелось. Он стал быстро подходить к бомбардировщику, подошел почти вплотную к «Юнкерсу» – примерно 30–50 метров, принял решение таранить. Подойдя снизу, он винтом сбил стабилизатор и руль поворота немецкого бомбардировщика. Комиссия сообщила, что нашли обломки стабилизатора вражеского бомбардировщика и концы лопастей винта от истребителя Еремеева. Обломки неприятельского самолёта были доставлены в Москву и выставлены для всеобщего обозрения на Манежной площади столицы. Написали представление на Еремеева за этот подвиг к ордену Ленина. Для награды потребовали документы экипажа и оружие с вражеского самолёта.» Лишь через неделю прожектористы 14-го зенитного полка передали, что самолёт найден в районе *Истры. Но случилось так, что документы не были отправлены из полка. Так Еремеев остался ненагражденным. «Вскоре его назначили в 28-й истребительный авиационный полк командиром эскадрильи, а в конце августа 1941 года полк вышел из моего подчинения» – вспоминал тогдашний командир 6-го авиационного корпуса, впоследствии генерал-полковник авиации И.Д. Климов* [1, 6].

Впервые исполненный в отечественной военной истории ночной таран вражеского бомбардировщика «Ю-88» над населёнными пунктами Головино и Ново-Петровское Истринского района Московской области остался без награды.

Второго октября 1941 года в районе деревни Красуха в воздухе произошла жаркая схватка группы истребителей Еремеева с «Мессершмитдами», пытавшимися штурмовать наши позиции. Возвращаясь с боевого задания, лётчики подверглись неожиданной атаке четверки или шестерки «Мессершмиттов-109». Еремеев первым врезался в боевой порядок вражеских машин. И тут случилось непоправимое. Будучи подбитым, Еремеев до последнего мгновения пытался дотянуть до своего аэродрома в Осташкове, но через некоторое время горящий истребитель «МИГ-3» упал на землю и взорвался.

Указом Президента Российской Федерации № 961 от 21 сентября 1995 года за мужество и героизм, проявленные в борьбе с немецко-фашистскими захватчиками в Великой Отечественной войне 1941–1945 годов, старшему лейтенанту **Еремееву Петру Васильевичу** присвоено звание Героя Российской Федерации (посмертно) [3, 5].

К сожалению, подвиг Еремеева не получил такого признания, как подвиг Виктора Талалихина-однополчанина Петра, совершившего таран на 9 дней позже.

Налёт старшего лейтенанта за это время составил 60 часов 28 минут.

За этот период его эскадрилья выполнила основные задачи [1]:

– штурм войск противника;
– прикрытие штурмовиков;
– разведка войск противника и попутно состояние погоды в районе действий.

«Эскадрилья получила 357 боевых вылетов с общим налётом 304 часа 17минут.

Аварий и поломок по их вине нет. За истекший период эскадрилья во главе с командиром тов. Еремеевым справляется с задачами, поставленными перед ней командованием.

В архивных документах значится, что лётчик Еремеев Пётр Васильевич погиб у деревни Красуха Тверской области. Жители этой деревни помнили, как самолёт потерпел аварию и взорвался. Самолёт сгорел вместе с пилотом, сгорели все опознавательные знаки ВВС СССР и документы [3].

Тайна захоронения.

Останки погибшего лётчика были захоронены на месте падения самолёта, а затем перезахоронены на погосте Черёмуха в полутора километрах от места первоначального захоронения. Однако, на гранитной плите фамилии Еремеева нет. Где же был захоронен герой?

По информации, полученной исследователем из военкомата, стало ясно, что в 1956 году предполагаемые останки пилота были перенесены в братскую могилу, находящуюся на погосте Черёмуха, в трёх километрах от деревни Красуха [3].

Поисковики из Тверской области, которых подключили к сбору информации, сообщили, что одному из старожилов деревни Дубровка известно приблизительное

место падения самолёта в лесной полосе. Это место называли «Степанов угол». В детстве житель деревни собирал там клюкву и однажды видел металлические фрагменты обшивки.

В апреле 2020 года группа исследователей выдвинулась к предполагаемому месту. С помощью металлодетекторов обнаружили первые обломки самолёта – фрагменты рамы, крыльев, центроплана [2, 6].

Данные архивных документов указывали на то, что старший лейтенант Пётр Еремеев был сбит на боевой машине МиГ-3 № 4186 с мотором АМ-35А № 291954.

На небольшом фрагменте навесного агрегата двигателя были найдены цифры «954». Сомнений не оставалось – найдено место гибели Петра Еремеева.

Неподалёку от воронки, образовавшейся на месте падения самолёта, была видна небольшая просадка грунта. После её вскрытия и проверки на глубине около полутора метров были обнаружены человеческие останки. Это был скелет взрослого человека в вытянутом на спине положении с ориентировкой головой на восток. Кости хорошо сохранились и были переплетены мелкими корнями. Череп раздавлен, а руки сложены на груди. Скелет был одет в форменную одежду со знаками различия ВВС РККА без поясного ремня, без обуви, а под головой находились остатки лётного шлемофона без наушников. Один наушник без динамика обнаружен в районе правой ступни. Сверху тело накрыто форменным кожаным регланом. В районе левого нагрудного кармана обнаружен бакелитовый медальон. Также найдены элементы одежды – стальная пряжка пояса реглана, форменные пуговицы, пуговицы белья, пряжки от брюк, крючки [3].

Все факты указывали на то, что в глухом лесу обнаружены останки старшего лейтенанта Петра Еремеева. После экспертизы бланка медальона и генетического анализа останков это окончательно подтвердилось

По просьбе родственников Пётр Еремеев был перезахоронен в Челябинске, на Аллее почётных захоронений Успенского кладбища.

История для каждого человека, как вторая фамилия. Она говорит о том, кто мы есть, поэтому знать её мы обязаны. Подвиг героев Великой Отечественной войны должен сохраняться в сердцах и умах. Они воевали ради сохранения нашей жизни, нашей истории. Пётр Еремеев достоин быть увековечен в имени нашей школы.



Новые дома в микрорайоне Первоозерном

Фото В. ЯКИМОВА.

Память

1941-1945

Первый та

От героев былых времён
Не осталось порой имён.
Те, кто приняли смертный бой,
Стали просто землёй и травой.
Е. Агронович

Список литературы:

1. Закон РФ от 14 января 1993 г. № 4292-1 «Об увековечении памяти погибших при защите Отечества».
2. Абрамов, А. За 9 дней до Талалихина / А. Абрамов // Уральский следопыт. – 1992. – № 2. – С. 28–29.
3. Кузнецов В. Подвиг лётчика-коммуниста // Военно-исторический журнал. – 1972. – № 6. – С. 58.
4. Медведев В.И. Опыт боевого применения советской бомбардировочной авиации в локальных войнах и военных конфликтах межвоенного периода / В.И. Медведев; КВВАУЛ имени А.К. Серова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 19–31.
5. Медведев В.И. Борьба за господство в воздухе на Южном фланге советско-германского фронта 1942–1943 гг. // Военная мысль. – 2022. – № 3. – С. 115.
6. Медведев В.И. Эволюция боевых возможностей бомбардировщиков и штурмовиков ВВС КА в годы великой отечественной войны / В.И. Медведев; КВВАУЛ им. А.К. Серова // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. – Краснодар : Изд. Дом – Юг, 2024. – С. 319–322.

УДК 355

МАЛОИЗВЕСТНЫЕ СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ КОСМОНАВТИКИ: ТРАГЕДИЯ НА «БАЙКОНУРЕ»

♦♦♦♦♦

LITTLE-KNOWN PAGES OF THE HISTORY OF COSMONAUTICS: THE TRAGEDY AT BAIKONUR

Дунайцев А.И.
кандидат военных наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
dunajcev.a@bk.ru

Терехов В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Dunaitsev A.I.
PhD in Military Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
dunajcev.a@bk.ru

Terekhov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kokhany A.F.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается катастрофа, которая произошла на космодроме «Байконур» при испытании ракеты, раскрываются обстоятельства случившегося и непосредственная причина трагедии.

Ключевые слова: ракета, катастрофа, руководитель испытания, пиромембраны, магистраль горючего, окислитель, комиссия.

Abstract. The article examines the disaster that occurred at the Baikonur cosmodrome during the rocket test, reveals the circumstances of the incident and the immediate cause of the tragedy.

Keywords: rocket, disaster, test leader, pyromembranes, fuel line, oxidizer, commission.

24 октября 1960 года в научно-исследовательском и испытательном полигоне № 5 (космодром «Байконур») Министерства обороны СССР (НИИП-5) произошла катастрофа при испытании ракеты Р-16 (изделие 8К64 № ЛД1-3Т) (рисунок 1).

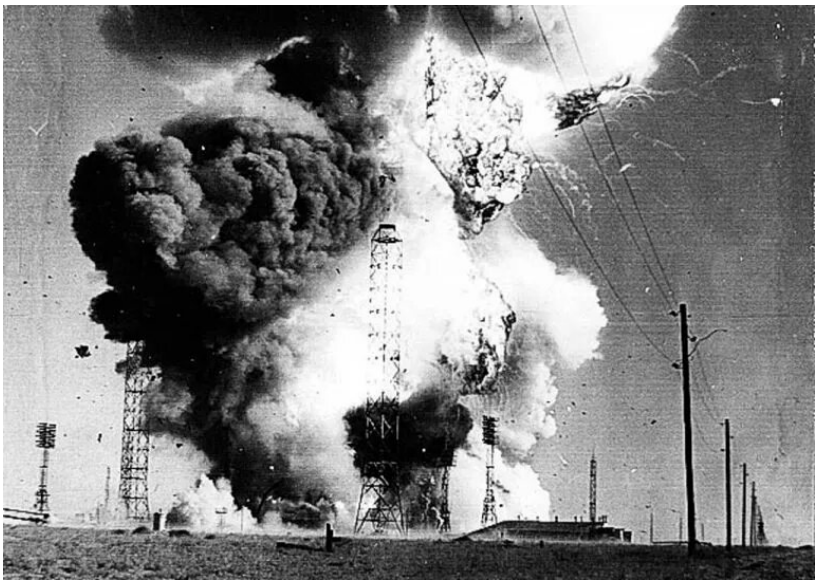


Рисунок 1 – Взрыв на полигоне

Выяснением причин катастрофы с участием ведущих специалистов установлено следующее:

Ракета Р-16 (изделие 8К64 № ЛД1-3Т) с 26 сентября 1960 г. находилась на полигоне в монтажно-испытательном корпусе. В процессе технической подготовки ракеты выявлялись отдельные недостатки в аппаратуре системы управления и кабельной сети, которые устранялись силами специалистов промышленности и военнослужащих.

Р-16 была настоящей межконтинентальной ракетой первого поколения и значительным улучшением по сравнению с экспериментальной ракетой «нулевого» поколения Р-7 «Семёрка». В ракете использовалась гиперголическая бипропеллентная смесь несимметричного диметилгидразина (НДМГ) в качестве топлива в сочетании с дымящей азотной кислотой (ДАК) в качестве окислителя [2, 3, 4]. Схематично ракета Р-16 показана на рисунке 2.

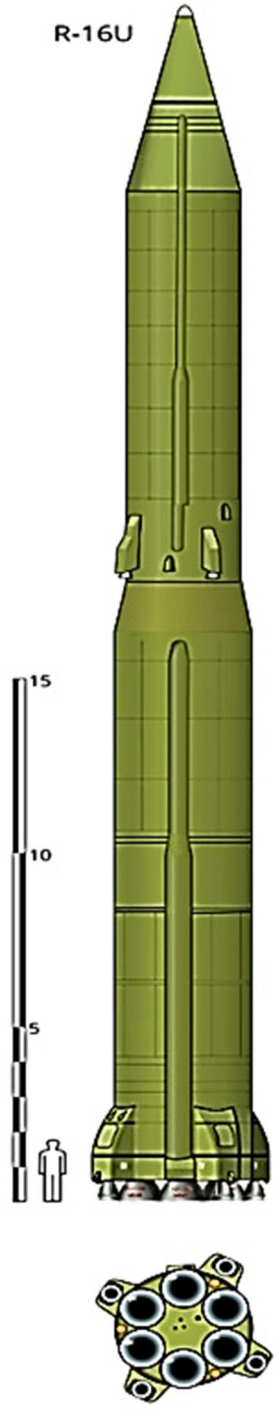


Рисунок 2 – Ракета Р-16

21 октября ракета была вывезена в 8.00 на 41 стартовую площадку Байконура [5], а 23 октября были закончены предстартовые испытания, которые прошли без замечаний.

В тот же день ракета была заправлена топливом и началась подготовка ее к пуску по утвержденной технологии, которая до 18 часов 23 октября производилась без существенных замечаний.

В процессе подготовки при подаче команд на подрыв пиромембран магистралей окислителя второй ступени, с пульта управления была выдана ложная команда и фактически оказались подорванными пиропатроны магистрали горючего первой ступени. Кроме того, самопроизвольно подорвались пиропатроны отсечных клапанов газогенератора первого блока маршевого двигателя первой ступени и вышел из строя главный распределитель бортовой кабельной сети. Это обстоятельство понудило комиссию приостановить дальнейшую подготовку ракеты к пуску до выяснения выявившихся дефектов.

В результате последующего выяснения причин возникновения указанных ненормальностей 24 октября было установлено, что неверное исполнение команды по подрыву пиромембран и самопроизвольное срабатывание пиропатронов газогенератора произошло из-за конструктивных и производственных дефектов пульта подрыва, разработанного ОКБ-692 ГКРЭ.

Вследствие той же причины вышел из строя главный распределитель А-120 (бортовая кабельная сеть при этом не пострадала).

По решению технического руководства испытаниями отсечные клапаны газогенератора и прибор А-120 были заменены.

Утром 24 октября комиссией по пуску ракеты было принято решение продолжать подготовку ракеты к пуску, допустив при этом отступление от утвержденной технологии.

Нарушение порядка подготовки изделия к пуску выразилось в том, что переустановка шаговых моторов системы управления второй ступени ракеты в исходное положение производилось при заполненной топливом пусковой системы двигателя и включенном бортовом электропитании. В результате этого произошел преждевременный запуск маршевого двигателя второй ступени, который своим факелом прожег днище бака окислителя первой ступени, а затем разрушился бак горючего второй ступени, что и привело к мощному пожару и полному разрушению ракеты на старте. Пожар на изделии ЛД1-3Т мог бы не произойти, если бы переустановка шаговых моторов системы управления в нулевое положение производилась до подключения бортовых батарей.

Факт срабатывания ЭПК ВО-8 и запуска маршевого двигателя второй ступени комиссией был установлен путем анализа технической документации и однозначно подтвержден состоянием остатков материальной части изделия.

Руководители испытаний проявили излишнюю уверенность в безопасности работы всего комплекса изделия, вследствие чего отдельные решения были приняты ими поспешно без должного анализа могущих быть последствий.

При подготовке ракеты к пуску также имели место серьезные недостатки в организации работы и режиме. На стартовой площадке при часовой готовности ракеты, кроме необходимых для работы 100 человек, присутствовало еще до 150 человек.

При катастрофе погибло 74 человека военных и гражданских работников. 53 человека получили разной степени ранения и ожоги [5].

Среди погибших председатель комиссии по испытанию – Главный Маршал артиллерии М.И. Неделин, главный конструктор системы управления Б.М. Коноплев, заместитель главного конструктора ракеты В.А. Концевой и Л.А. Берлин, заместитель главного конструктора двигателя Фирсов Г.Ф., заместитель начальника полигона полковник А.И. Носов, начальники управлений полигона подполковники Е.И. Осташев и Р.М. Григорьянц.

Неделин Митрофан Иванович – первый Главнокомандующий Ракетными войсками стратегического назначения. Он внёс большой вклад в создание ракетных войск стратегического назначения, разработку, испытание и принятие на вооружение ракетно-ядерного оружия и в начальный этап советской космонавтики [2].

Вначале Госкомиссия поехала на измерительный пункт ИП-1Б полигона, где для неё была построена веранда. Однако, когда объявили очередную задержку, маршал Неделин М.И. отправился на старт, желая лично разобраться, что там происходит. Ему поставили кресло вблизи ракеты (всего около 17 метров) у отбойной стенки, чуть далее на диване разместились члены Госкомиссии [5].

Неделин М.И., увидев у ракеты множество людей, приказал удалить лишних. С площадки ушли расчёты боевой части и наблюдатели от различных ведомств – всего около сотни человек, которых отправили автобусами и грузовиками в район эвакуации.

Погибшие военнослужащие похоронены в братской могиле на территории полигона с отданием воинских почестей (рисунок 3).



Рисунок 3 – Мемориал погибшим в катастрофе

Погибшие работники промышленности похоронены по месту жительства.

Многочисленные беседы с непосредственными участниками испытания, очевидцами катастрофы и пострадавшими свидетельствуют о достойном и мужественном поведении людей, оказавшихся в крайне тяжелых условиях.

Необходимо отметить, что инцидент был засекречен – официально было объявлено о гибели только самого Неделина М.И. в авиакатастрофе. Его останки были захоронены в некрополе у Кремлёвской стены на Красной площади в Москве.

Несмотря на серьезные последствия происшедшего события личный состав полигона и работники промышленности способны и готовы устранить вскрытые недостатки и полностью выполнить задание по отработке ракеты Р-16.

В целях ликвидации последствий катастрофы и обеспечения выполнения задания по созданию ракеты Р-16 комиссией проведен разбор с ведущими специалистами промышленности и совещание с командным составом полигона, был намечен ряд мероприятий:

– дополнительно проверить и провести стендовую отработку комплекса системы управления ракеты Р-16;

– пересмотреть и отработать порядок предстартовой подготовки и осуществления пуска ракет, ужесточить режим работы

– на стартовых площадках и усилить меры безопасности участников испытаний;

– повысить качество отработки и производства агрегатов и приборов в условиях КБ, институтах и на заводах;

– в течение 10–15 дней восстановить поврежденную стартовую площадку и закончить строительство и оборудование второго старта, имея ввиду в ноябре месяце с.г. начать летные испытания ракеты Р-16;

– в связи с гибелью ряда ведущих специалистов, принять меры к укреплению квалифицированными кадрами полигона и организации промышленности.

Проведение указанных мероприятий позволило выполнить намеченную программу по испытанию ракеты Р-16.

Таким образом, в процессе подготовки пуска изделия имел место ряд случаев, указывающих на наличие ненормальностей и дефектов в кабельной сети, бортовых батареях, пульте подрыва пиромембран и распределителе А-120 системы управления.

Руководство испытаниями не придало этому должного значения и для устранения указанных ненормальностей и дефектов без достаточной проработки и анализа последствий, допустило ряд отклонений от установленного порядка подготовки к пуску.

При проведении заключительных операций с заправленной ракетой на стартовой площадке было допущено неоправданное необходимостью присутствие большого количества людей, не занятых выполнением каких-либо операций.

Непосредственной причиной катастрофы явился недостаток комплексной схемы системы управления, допускающий несвоевременное срабатывание ЭПК ВО-8, управляющего запуском маршевого двигателя второй ступени, при проведении предстартовой подготовки. Этот недостаток не был выявлен при проведении всех предшествующих испытаний.

Председатель Президиума Верховного совета СССР Брежнев. Л.И поначалу он был настроен решительно и собирался наказать всех причастных к запуску, вплоть до поставщиков оборудования. Однако в итоге члены комиссии пришли к выводу, что ничьей конкретной вины в случившемся нет, а трагедия стала следствием рокового стечения обстоятельств. Спустя 64 года после катастрофы к этому выводу мало что можно добавить.

Технология испытаний в те времена была еще не отработана. Всем известно, что правила безопасности пишутся кровью. Были недочеты в самой ракете, которые лучше бы было устранить заранее. Но никто не пошел на то, чтобы испытания перенести, не взял на себя такую ответственность [1].

В конце 50-х – начале 60-х на вооружении в СССР находилось три ракеты стратегического назначения: Р-5, Р-7, Р-12. Но все они имели определенные недостатки, одним из главных являлась малая дальность полета, до США в случае открытого конфликта долетела бы только Р-7. Но и у той был свой недочет: слишком много времени требовалось для подготовки к пуску – 16 часов.

В условиях военного конфликта это было непозволительной роскошью. Международная обстановка, прямо как сегодня, накалялась с каждым днем. Шла «холодная

война». На уровне ЦК коммунистической партии было принято решение разрабатывать новые ракетные комплексы.

Испытания, как и положено, продолжались. Первый запуск ракеты состоялся 02 февраля 1961 года, а 01 ноября 1961 года ракета была введена в эксплуатацию. Ракета оставалась на вооружении до 1976 года. В 1962 году во время Карибского кризиса у СССР было уже не менее 20 таких ракет в эксплуатации.

В обычном режиме ракеты хранились в ангарах, и на их выкатку, заправку и подготовку к запуску уходило от одного до трёх часов. Из-за агрессивной природы азотной кислоты ракеты могли оставаться заправленными всего несколько дней. После этого топливо приходилось сливать, а ракету отправлять обратно на завод для ремонта. Даже будучи заправленными и находясь в боевой готовности, советские ракеты всё равно должны были ждать до 20 минут, пока не раскрутятся гироскопы в их системах наведения, прежде чем можно было произвести запуск. Несмотря на эти недостатки, Р-16, несомненно, была первой по-настоящему успешной межконтинентальной баллистической ракетой, разработанной в Советском Союзе.

Настоящая статья посвящена людям, которые своим самоотверженным трудом обеспечивали безопасность страны, беззаветно были преданы Родине. Их подвиг всегда останется в наших сердцах.

Список литературы:

1. Ветераны ракетчики вспоминают / В.Т. Носов, А.А. Дмитриев, Л.Т. Васильев [и др.]; Под общей ред. Начальника ГШ РВСН генерал-полковника С.Г. Кочемасова. – М. : ЦИПК, 1994. – 264 с.
2. Военный энциклопедический словарь Ракетных войск стратегического назначения / МО РФ; Гл. ред. И.Д. Сергеев, В.Н. Яковлев, Н.Е. Соловцов [и др.]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1999. – 632 с.
3. Дунайцев А.И. К истории о космодромах России / А.И. Дунайцев, В.Д. Папулов; КВВАУЛ // VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос (12–13.04.18). Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2018. – С. 199–204.
4. Дунайцев А.И. Первый старт пилотируемого корабля с космодрома Байконур / А.И. Дунайцев, В.Д. Папулов; КВВАУЛ // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос (13–15.04. 2021). Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 25-30.
5. Хроника основных событий истории Ракетных войск стратегического назначения / Г.Г. Кочемасов [и др.]; Под общей ред. ГК РВСН генерал-полковника И.Д. Сергеева. – М. : ЦИПК, 1994. – 284 с.

УДК 930.25

НЕ БОЛЬШОЙ, НО ВЕЛИКИЙ…
♦♦♦♦♦
SMALL, BUT GREAT…

Гимбицкая Л.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Ludgim@yandex.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технический наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
Gimva@ yandex.ru

Порошин В.К.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена биографическая справка о первом в мире космонавте. Выявлена и обоснована главная задача исследования – история о Гагарине, как о самом обычном, простом человеке Советского Союза. На основе проведенного анализа авторами исследованы детство, юность, взросление, служба, подвиг и гибель Ю.А. Гагарина.

Ключевые слова: нелегкий путь, первый в мире космонавт, Саратовский индустриальный техникум, лётчик-инструктор Я.Ш. Акбулатов, Валя Горячева.

Gimbitskaya L.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Ludgim@yandex.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Gimva@ yandex.ru

Poroshin V.K.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the biographical information about the world's first cosmonaut. The main objective of the research is identified and substantiated – the story of Gagarin as the most ordinary, simple man of the Soviet Union. Based on the analysis, the authors investigated the childhood, youth, adulthood, service, feat and death of Yuri Gagarin.

Keywords: the hard way, the world's first cosmonaut, Saratov Industrial College, instructor pilot Ya.Sh. Akbulatov, Valya Goryacheva.

Гагарин Юрий Алексеевич – человек, который, не смотря на совершенно обычное для тех времён происхождение, смог проделать нелегкий путь и стать тем, кем его знает сейчас весь мир: первый в мире космонавт, герой СССР и человек, проложивший всему человечеству дорогу в космическое пространство…

Родился Юрий 09 марта 1934 года в деревне Клушино Гжатского района Западной области РСФСР [1]. Существует версия, что Юрий Гагарин появился на свет не 09 марта, как указано в его официальной биографии, а в последние часы 08 марта. Отец будущего космонавта якобы воскликнул, обращаясь к врачам: «Парень, а родился в праздник женщин? Не пойдет, записывайте девятым числом» [1].

Юрий Алексеевич – выходец из рабочей среды: отец, Алексей Иванович Гагарин – плотник, мать, Анна Тимофеевна Матвеева – работница молочно-товарной фермы.

В семье Гагариных было три сына и дочь. Юрий был третьим по старшинству. 01 сентября 1941 года мальчик пошёл в школу, но 12 октября деревня оказалась в оккупации, и его учёба прервалась. Семью с малыми детьми немцы выгнали, а в доме устроили мастерскую. До начала зимы Гагарины выкопали небольшую землянку, накрыли дёрном, выложили печку. Немецкие солдаты избивали отца и заставляли его работать. Юра успел побороться с немцами, как мог: подбросил каустической соды в аккумуляторы, которые заряжал расположившийся у них в избе немецкий автомеханик: «Это я ему устроил, когда он на велосипеде катался», — говорил он. В первый год войны Гагарин нашел в лесу возле родной деревни Клушино раненого красноармейца. Мальчик и его старший брат Валентин носили солдату еду и перевязывали его раны. Незадолго до отступления немцы забрали Валентина и сестру Зою в Германию. Юра

видел, как матери бежали за машиной, увозившей детей, а немцы отгоняли их прикладами [1].

24 мая 1945 года семья Гагариных переехала в Гжатск. В мае 1949 года Юра окончил шестой класс Гжатской средней школы. Родители и учителя уговаривали его окончить семилетку в Гжатске, но Юрий хотел продолжить учёбу в Москве, где жили родственники. Попасть в Москву не удалось: пока родители готовили сына к отъезду, набор в московские ремесленные училища уже закончился. Только 30 сентября с помощью дяди, Савелия Ивановича Гагарина, Юрию удалось поступить в Люберецкое ремесленное училище № 10 и одновременно – в вечернюю школу рабочей молодёжи. Седьмой класс вечерней школы окончил в мае 1951 года, а в июне окончил с отличием училище по специальности формовщик-литейщик [2].

Через 6 лет Гагарин поступил в Саратовский индустриальный техникум на литейное отделение, где помимо учёбы проявил себя как хороший спортсмен. 25 октября 1954 года впервые пришёл в Саратовский аэроклуб ДОСААФ СССР, где уже через год - в 1955 году Юрий Гагарин добился значительных успехов, окончил с отличием учёбу и совершил первый самостоятельный полёт на самолёте Як-18. Всего в аэроклубе Юрий Гагарин выполнил 196 полётов и налетал 42 часа 23 мин [2].

Осенью 1955 года Гагарин был призван в Советскую армию и направлен в г. Оренбург в 1-е военное авиационное училище лётчиков имени К.Е. Ворошилова. Обучался у известного в то время лётчика-инструктора Я.Ш. Акбулатова. В военном училище Юрия Гагарина назначили помощником командира взвода. Несогласные с высокими требованиями, несколько подчинённых сильно избили Юрия, после чего он около месяца провёл в госпитале. Но, вернувшись в училище, сержант Гагарин не снизил требовательного отношения ни к себе, ни к товарищам [3].

В учёбе Гагарин по всем дисциплинам имел самые высокие баллы, но что касается полетов, он никак не мог освоить правильную посадку – самолёт всё время клевал носом. Было принято решение отчислить Гагарина из лётного училища, но приказу не суждено было исполниться. Юрий уговаривал командиров, даже плакал, говорил, что без неба не может жить. В какой-то момент начальник училища обратил внимание на маленький рост Гагарина, из-за чего явно меняется угол обзора и очевидно снижается у пилота чувство земли. Гагарину подложили на кресло толстую подкладку, после этого он справился с заданием [2]. 25 октября 1957 года Гагарин окончил училище с отличием. По окончании училища Гагарин не захотел оставаться в Оренбурге, а отправился служить на север, в Мурманскую область.

Молоденькая Валя Горячева и тогда еще никому не известный курсант Оренбургского летного училища Юра Гагарин познакомились на танцах. Невысокая, темноволосая и кареглазая Валя с россыпью маленьких веснушек на носу сразу приглянулась парню. А после нескольких танцев покорила его своей скромностью и простотой. Весь вечер Гагарин не отходил от девушки ни на шаг, был галантен и сыпал вопросами, а провожая домой, назначил свидание [4]. Веселый, говорливый Юра с ежиком коротко стриженных волос сначала показался Валентине большеголовым и лопоухим, он совсем ей не понравился. Но пойти на свидание она все же согласилась.

Вскоре Юрия отправили на Север, а через год, закончив учебу в медицинском училище, туда же приехала и Валя. После двух лет дружеского общения Гагарин признался Валентине в своих чувствах, а спустя еще два года пара расписалась. Так как родные Гагарина в Оренбург приехать не смогли, свадьбу играли два раза: один раз – на родине невесты, другой – на родине жениха, в Гжатске.

В городе Заполярном у Гагариных появилась первая дочь, Елена [4].

В 1959 году, вскоре после рождения дочки, узнав о наборе в космонавты, Гагарин решает попробовать свои силы в пока еще неизвестном для него деле. Многочисленные испытания и серьезная конкуренция (около 3 тыс. летчиков претендовали на места в группе) не останавливают и не пугают его.

09 декабря 1959 года Гагарин написал рапорт с просьбой зачислить его в группу кандидатов в космонавты. Через неделю Гагарина вызвали в Москву для прохождения всестороннего медицинского обследования в Центральном научно-исследовательском авиационном госпитале. В начале 1960 года последовала ещё одна специальная мед-

комиссия, которая признала старшего лейтенанта Гагарина годным для космических полётов. За месяц до первого полета человека в космос в семействе Гагариных рождается вторая дочь – Галина [4]. 11 января 1960 года приказом Главнокомандующего ВВС К. А. Вершинина была организована специальная войсковая часть, задачей которой была подготовка космонавтов.

Кроме Гагарина, на первый полёт в космос было ещё несколько претендентов; всего их было двадцать человек. Кандидаты набирались среди военных лётчиков-истребителей по решению Королёва, считавшего, что такие лётчики уже имеют опыт перегрузок, стрессовых ситуаций и перепадов давления. Отбор в первый отряд космонавтов проводился на основании ряда параметров: возраст 25–30 лет, рост не более 170 см, вес не более 70–72 кг, способность к высотной и стратосферной адаптации, быстрота реакции, физическая выносливость, психическая уравновешенность. Рост Юрия Гагарина составлял 157 см. Требования к росту и весу возникли из-за соответствующих ограничений на космический корабль «Восток».

Из двадцати претендентов отобрали шестерых. Тренировками космонавтов руководил знаменитый лётчик-испытатель Герой Советского Союза Марк Лазаревич Галлай. Когда кто-то из них занимал своё место в «шарике» корабля, Галлай говорил: «Поехали!», – и начиналось воспроизведение штатных и нештатных ситуаций полёта. Команда «Поехали!» звучала на каждой тренировке, к ней привыкли. А Марк Лазаревич рассказывал потом, что команду эту ещё до войны давал на тренировках один из лётчиков-инструкторов ленинградского аэроклуба, где учился летать сам Галлай.

25 января приказом Главкома ВВС все члены группы были первыми зачислены на должности космонавтов [2]. 23 марта 1961 года командиром отряда был назначен Юрий Гагарин. Королёв очень торопился, так как были данные, что 20 апреля 1961 года своего человека в космос отправят американцы. И поэтому старт планировалось назначить между 11 и 17 апреля 1961 года. Того, кто полетит в космос, определили в последний момент – на заседании Государственной комиссии выбрали Гагарина, его дублёром был назначен Герман Титов. Перед полетом Гагарина было составлено несколько сообщений для СМИ, учитывающие любые варианты развития событий: об успешном космическом полете, о проблемах с кораблем и его аварийной посадке, а также о трагической смерти летчика. Сам Юрий написал прощальное письмо жене и детям на случай, если произойдёт катастрофа. Валентине Ивановне это письмо передадут позже, после трагической гибели космонавта. Старт корабля «Восток» с пилотом-космонавтом Юрием Алексеевичем Гагариным на борту был произведён 12 апреля 1961 года в 09:07 по московскому времени с космодрома Байконур. Находясь в кабине «Востока-1» в ожидании полета, Гагарин слушал песни Окуджавы [2]. В самом начале подъёма ракеты Гагарин произнёс фразу, которая на сегодняшний день уже успела стать крылатой: «Поехали!». Ракета-носитель «Восток» проработала без замечаний, но на завершающем этапе не сработала система радиоуправления, которая должна была выключить двигатели 3-й ступени. Выключение двигателя произошло только после срабатывания дублирующего механизма, но корабль уже поднялся на орбиту, высшая точка которой оказалась на 100 км выше расчётной: рассекреченные параметры орбиты были 327 × 180 км. Сход с такой орбиты с помощью «аэродинамического торможения» мог занять по разным оценкам от 20 до 50 дней [3].

С орбиты Гагарин сообщал о своих ощущениях, состоянии корабля и наблюдениях. Он в иллюминатор наблюдал Землю с её облачностью, горами, лесами, реками, морями, видел небо и Солнце, другие звёзды во время полёта в тени Земли. Ему нравился вид Земли из космоса, так, он, в частности, записал на бортовой магнитофон такие слова: «Наблюдаю облака над Землёй, мелкие кучевые, и тени от них. Красиво, красота! … Внимание. Вижу горизонт Земли. Очень такой красивый ореол. Сначала радуга от самой поверхности Земли и вниз переходит. Очень красиво!» [3]. Гагарин также провёл простейшие эксперименты: пил, ел, делал записи карандашом. Положив карандаш рядом с собой, он случайно обнаружил, что тот моментально начал уплывать. Из этого Гагарин сделал вывод, что карандаши и прочие предметы в космосе лучше привязывать. Все свои ощущения и наблюдения он записывал на бортовой магнитофон. До полёта ещё не было известно, как человеческая психика будет вести себя

в космосе, поэтому была предусмотрена специальная защита от того, чтобы первый космонавт в порыве помешательства не попытался бы управлять полётом корабля или испортить аппаратуру. Чтобы включить ручное управление, ему надо было вскрыть запечатанный конверт, внутри которого лежал листок с математической задачей, при решении которой получался код разблокировки панели управления.

В конце полёта тормозная двигательная установка проработала успешно, но с недобором импульса, так что автоматика выдала запрет на штатное разделение отсеков. В результате в течение 10 минут перед входом в атмосферу корабль беспорядочно кувыркался со скоростью 1 оборот в секунду. Гагарин решил не пугать руководителей полёта и в условном выражении сообщил о нештатной ситуации на борту корабля. Когда корабль вошёл в более плотные слои атмосферы, соединяющие кабели перегорели, а команда на разделение отсеков поступила уже от термодатчиков, после чего спускаемый аппарат наконец отделился от приборно-двигательного отсека. Спуск происходил по с 8–10-кратными перегрузками, к которым Гагарин был готов. Сложнее было пережить психологические нагрузки – после входа капсулы в атмосферу загорелась обшивка (температура снаружи при спуске достигает 3–5 тысяч °С), по стёклам иллюминаторов потекли струйки расплавленного металла, а сама кабина начала потрескивать [3]. На высоте 7 км в соответствии с планом полёта Гагарин катапультировался, после чего капсула и космонавт стали спускаться на парашютах раздельно. Во время посадки Юрий Гагарин едва не умер от нехватки воздуха, в скафандре не открылся воздушный клапан, через который в герметичный костюм должен был поступать кислород. К счастью, неполадку удалось быстро устранить. Когда в скафандр начал поступать воздух, у Гагарина возникла новая проблема – он понял, что упадет в холодную Волгу, если срочно что-то не предпримет. К счастью, опытному летчику удалось направить парашют в сторону и приземлиться в нескольких километрах от реки.

Выполнив один оборот вокруг Земли, в 10:53 на 106-й минуте корабль завершил полёт. Из-за сбоя в системе торможения спускаемый аппарат с Гагариным приземлился не в запланированной области в 110 км от Сталинграда, а в Саратовской области, неподалёку от Энгельса. В 10:48 радар близлежащего зенитно-ракетного дивизиона засёк неопознанную цель – это был спускаемый аппарат (зенитчиков за сутки до этого предупредили, чтобы они следили за «контейнерами с неба»). После катапультирования целей на радаре стало две [3].

Жена Валентина Ивановна не была посвящена в детали космических операций, не знала она, когда именно состоится полёт. Если ее муж был с головой погружен в работу, то свои силы она целиком и полностью отдавала семье. 12 апреля 1961 года началось для женщины как обычно, пока она не услышала крик соседки: «Валюша, включай радио! Юра в космосе!» 12 апреля навсегда изменил быт Гагариных: от спокойной и размеренной жизни не осталось и следа. Журналисты буквально ходили за Валентиной и Юрием по пятам, фотографировали их дочерей, брали интервью, приглашали на телепередачи. Люди во всем мире узнавали Гагарина в лицо и не давали ему прохода, даже когда он с семьей был на отдыхе.

Когда первый раз после полета Юрий Гагарин приехал в свою родную деревню, местные бабушки попросили космонавта снять фуражку – женщины хотели проверить байку о том, что после полёта он облысел и вынужден носить парик. Слухи оказались простой выдумкой [1].

Первый приезд Юрия Гагарина в Рязань случился осенью. Чтобы не привлекать к себе внимания, он надел штатский костюм, а на глаза низко надвинул шляпу с широкими полями. В таком виде они с братом Валентином и гуляли по городу. Тогда и произошла курьезная история, о которой потом они всегда вспоминали с улыбкой. Им навстречу шла группа молодых людей, и вдруг один парень поспешил к лотку с литературой и купил первую попавшуюся брошюру. Потом он подбежал к Гагарину и попросил у него автограф. Космонавт отказать не мог, коль его узнали. Взял книжицу и расписался на титульном листе. Едва сдержал смех, взглянув на название: «Посадка картофеля квадратно-гнездовым способом» [1].

Гагарин был увлеченным театралом и часто ходил на спектакли. Во время представлений зрители всегда аплодировали дважды – сначала артистам, а затем первому космонавту Земли.

После полета забот у космонавта значительно прибавилось – на семью оставалось совсем немного времени. Поэтому, как только представлялся случай, он мчался к своим любимым, чтобы провести с ними хоть одну лишнюю свободную минуту. Возвращался домой Юрий всегда с гостинцами. Особенными среди них были «живые» подарки. Собаки, кошки и другая живность всегда приводила девочек в восторг, и заботливый отец то и дело приносил домой нового питомца. Говорят, что одно время в квартире Гагариных жила даже маленькая лань.

Валентина Ивановна вместе с мужем стойко проходила испытание славой: практически в одиночку занималась воспитанием дочерей, встречала именитых гостей, которые приезжали к Гагарину, поддерживала домашний уют. Как супруга первого космонавта она сопровождала Юрия Алексеевича на деловых встречах и приемах, ездила с ним за рубеж. Несмотря на новый статус, женщина по-прежнему оставалась скромной и приветливой в общении. Слава ничуть не испортила ее [4].

Счастливые родители, радостные дети, дом, полный веселого смеха, – всего этого не стало в один момент. 27 марта 1968 года во время тренировочного полета Юрий Гагарин и его коллега Владимир Серёгин разбились. Жизнь семьи раскололась на «до» и «после». Гагарин словно предчувствовал, что небо когда-то откажется его отпустить, и поэтому еще перед полётом в космос оставил жене прощальное письмо. Прочитала она его уже после гибели Юрия. «Если что случится, то прошу вас и в первую очередь тебя, Валюша, не убиваться с горя. Ведь жизнь есть жизнь, и никто не гарантирован, что его завтра не задавит машина. Береги, пожалуйста, наших девочек, люби их, как люблю я. Вырасти из них, пожалуйста, не белоручками, не маменькиными дочками, а настоящими людьми, которым ухабы жизни были бы не страшны. Ну а свою личную жизнь устраивай, как подскажет тебе совесть, как посчитаешь нужным. Никаких обязательств я на тебя не накладываю, да и не вправе это делать» [4].

В 2011 году рассекретили значительную часть документов. В частности, опубликован документ о рекорде Гагарина с указанием 108 минут, и стенограммы поздравлений, где тоже указано 108 минут. Но в документе из ОКБ-1 опубликованы настоящие данные: посадка пилота в 10:53 при старте в 9:06:5 (итого 106 минут). Это стало широко известно в кругах специалистов и опубликовано с разбором в журнале Новости Космонавтики. В варианте журналистов Гагарин сел в 10:55, то есть 108 минут, в реальности в 10:53, то есть 106 минут [1].

Первоначально никто не планировал грандиозной встречи Гагарина в Москве. Всё решил в последний момент Никита Сергеевич Хрущёв. Он начал с того, что позвонил министру обороны маршалу Малиновскому и сказал: «Он у вас старший лейтенант. Надо его срочно повысить в звании». Малиновский сказал, довольно неохотно, что даст Гагарину звание капитана. На что Никита Сергеевич рассердился: «Какого капитана? Вы ему хоть майора дайте». Малиновский долго не соглашался, но Хрущёв настоял на своём, и в этот же день Гагарин стал майором. Потом Хрущёв позвонил в Кремль и потребовал, чтобы Гагарину подготовили достойную встречу. Говорят, что после полета Хрущев спросил Гагарина, не видел ли тот в космосе бога. «Видел», – пошутил космонавт. «Тогда никому об этом не рассказывай», – парировал генеральный секретарь. История повторилась на приеме у Папы Римского, но в этот раз Гагарин ответил, что не видел бога. «Никому об этом не говори», – якобы ответил понтифик.

Первая в мире женщина-космонавт Валентина Терешкова была отчаянно влюблена в космонавта номер один Юрия Гагарина. Валентине было 25 лет, она жила в Ярославле вместе с мамой, сестрой и младшим братом, работала комсомольским секретарём на фабрике «Красный Перекоп», а в свободное время прыгала с парашютом в местном аэроклубе [4]. 12 апреля 1961-го Валентина вместе с подружками по аэроклубу восхищённо разглядывала в газете фотографии первого в мире космонавта. Смеющиеся глаза Гагарина, по словам Терешковой, как будто бы сказали ей тогда: «И ты так сможешь!» И эта мысль крепко засела у девушки в голове. А уже после ее благополучного приземления Гагарин сопровождал Терешкову в нескольких заграничных поездках. Какие чувства испытывали друг к другу эти красивые, молодые и отчаянно смелые люди, которыми тогда восхищался весь мир, – неизвестно. «Они дружили, – тактично сказала близкая подруга Валентины, Нина Снежкова. Однажды Валя заболела, и врачи

сказали: «Надо больше есть брусники». Гагарин, узнав об этом, на самолёте полетел в Сибирь и привёз ей оттуда целую бочку ягод».

Гагарин уже был женат, растил двух дочек. Вероятно, не имея возможности предложить Валентине ничего, кроме дружбы, он сосватал ее своему другу Николаеву.

Почти через месяц после полёта Юрия Гагарина отправили в первую зарубежную поездку с «Миссией мира». Первый космонавт посетил Чехословакию, Финляндию, Англию, Болгарию и Египет [1]. В Англии Гагарин встретился с премьер-министром Гарольдом Макмилланом и с королевой Елизаветой II. Королева вопреки этикету сфотографировалась с космонавтом на память, мотивировав это тем, что он не обычный, земной человек, а небесный и потому нарушения этикета нет. Во время визита к королеве Британии Юрий Гагарин растерялся от обилия столовых приборов, подготовленных к обеду. Советский летчик прямо сообщил монаршей особе, что вырос в сельской местности, где для еды используют только один прибор – ложку. Елизавета Вторая ответила, что с детства воспитывалась во дворце, но так и не запомнила назначение всех вилок и ножей. Она взяла ложку и стала есть ею изысканные блюда вместе с Гагариным [1]. За 1961 год Гагарин посетил Чехословакию, Болгарию, Финляндию, Великобританию, Польшу, Кубу, Бразилию, Канаду с остановкой в Исландии, Венгрию, Индию, Цейлон, Афганистан. В январе-феврале 1962 года Гагарин посетил Египет по приглашению вице-президента и главнокомандующего вооружёнными силами страны. Гагарин пробыл в Египте 7 дней. Президент страны наградил Юрия Гагарина высшим орденом республики – «Ожерельем Нила». В сентябре 1963 года Гагарин посетил Париж, где принял участие в XIV Международном конгрессе астронавтов. Всего Юрий Гагарин в рамках зарубежных визитов посетил около 30 стран.

03 сентября 1961 года Юрий Гагарин поступил в Военно-воздушную инженерную академию им. Жуковского, а 17 февраля 1968 года под руководством С.М. Белоцерковского защитил в ней дипломный проект. Государственная экзаменационная комиссия присвоила полковнику Юрию Гагарину квалификацию «лётчик-инженер-космонавт» [2]. В течение трёх лет встречи и поездки отнимали у Юрия большую часть его личного времени. По свидетельству Н.П. Каманина, дополнительную нагрузку создавало то, что такие встречи часто сопровождались застольем. В результате Гагарин набрал лишние 8–9 килограммов веса, перестал систематически заниматься спортом. Вновь начавшаяся подготовка к космическому полёту, полёты на самолётах и необходимый режим смогли остановить этот процесс. В 1964 году Гагарин стал заместителем начальника Центра подготовки космонавтов и был назначен командиром отряда советских космонавтов [1]. Гагарин учился в Военно-воздушной инженерной академии имени Н.Е. Жуковского и поэтому некоторое время не имел лётной практики, также сказывалась и общественно-политическая деятельность. Первый после перерыва самостоятельный вылет на МиГ-17 Гагарин совершил в начале декабря 1967 года [1]. Приземлился со второго захода из-за неверного расчёта на посадку, характерного для лётчиков низкого роста, имевших перерыв в полётах. Это стало поводом для опасений властей потерять популярного героя в случае аварии. Гагарин не имел права самостоятельно летать на истребителе, хотя и был заместителем начальника ЦПК по лётной подготовке, а поэтому добился направления на восстановление квалификации как лётчик-истребитель. Несмотря на занятость, Гагарин находил время и для хобби, которыми были катание на водных лыжах и коллекционирование кактусов. В 1964 году, во многом по инициативе Ю. А. Гагарина, была создана Федерация воднолыжного спорта СССР, а в 1965 году проведён первый чемпионат СССР по водным лыжам.

27 марта 1968 года Гагарин погиб в авиационной катастрофе, выполняя тренировочный полёт на самолёте МиГ-15УТИ под руководством опытного инструктора В.С. Серёгина, вблизи деревни Новосёлово Киржачского района Владимирской области. Тела Гагарина и Серёгина были кремированы. Прощание с Гагариным и Серёгиным состоялось 30 марта 1968 года, в Центральном Доме Советской Армии были установлены урны с их прахом, на Красной площади состоялся траурный митинг, в стране была объявлена минута молчания, урны с прахом Гагарина и Серёгина были захоронены в Кремлёвской стене с воинскими почестями [2]. Для расследования причин катастрофы была создана Государственная комиссия. Отчёт составил 29 томов и был засекречен;

его детали до последнего времени были известны только из статей и интервью отдельных её членов. Суть выводов комиссии была такой: экипаж из-за изменившейся в полёте воздушной обстановки совершил резкий манёвр и вышел из облачного слоя, пикируя практически вертикально. Несмотря на попытки лётчиков вывести машину в горизонтальный полёт самолёт столкнулся с землёй, и экипаж погиб. В ходе расследования отказов или неисправностей техники обнаружено не было. Химический анализ останков и крови лётчиков посторонних веществ не выявил. Исследования группы специалистов под руководством С.М. Белоцерковского показали, что наиболее вероятной причиной резкого манёвра стало сближение и резкое уклонение от другого самолёта, с возможным попаданием в его вихревой след. Вследствие этого МиГ-15УТИ Гагарина и Серёгина попал в плоский штопор. Находясь в облачном слое, лётчики не могли видеть высоты полёта. Руководствуясь неточными метеорологическими данными и показаниями приборов, лётчики предполагали, что успеют вывести самолёт из падения, но запас высоты оказался недостаточен. После выхода из облачного слоя катапультироваться было уже поздно. В 2013 году Алексей Леонов сообщил, что в результате рассекречивания документов следственной комиссии данная версия полностью подтвердилась: в зоне тренировочных полётов космонавтов не санкционированно оказался самолёт Су-15, который на форсаже ушёл на свой эшелон. Пройдя в облаках на расстоянии 10–15 метров от самолёта Гагарина и Серёгина, истребитель, шедший на скорости сверхзвука, возмущённым потоком вогнал их самолёт в спираль, выйти из которой лётчики не успели [2].

Список литературы:

1. Знаете, каким он парнем был?! / Л.А. Гимбицкая [и др.]; МО РФ, КВВАУЛ // Сборник научных статей XI международной НПК «Научные чтения, посвященные 60 годовщине полета в космос Ю.А.Гагарина», 13–15.04.2021. – Краснодар : Издательский Дом – Юг – 2021. – 432 с.
2. Примов В.В. Первый полёт. – Екатеринбург : Изд-во НОО «Профессиональная наука», 2011. – 233 с.
3. Кузнецов И.С. Ю.А.Гагарин и космос. – СПб. : Изд-во «КультИнформПресс», 2012. – 123 с.
4. Гусев П.Р. Первый в космосе. – Кемерово : «Западно-Сибирский научный центр», 2018. – 199 с.

УДК 355

«ИХ ЗНАЛИ ТОЛЬКО В ЛИЦО» (НЕИЗВЕСТНЫЕ САМОЛЕТЫ)

♦♦♦♦♦

«THEY WERE KNOWN ONLY BY SIGHT» (UNKNOWN AIRCRAFT)

Масленников А.Г.
кандидат исторических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о малоизвестных самолетах, создаваемых для ВВС Красной Армии, очень перспективных, но не вставших в крылатый бой.

Ключевые слова: самолет, высотный, дальний, рекорд, стратосфера, пушка, бомбардировщик.

Maslennikov A.G.
PhD in Historical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about little-known aircraft created for the Red Army Air Force, very promising, but not getting into a winged battle.

Keywords: airplane, altitudinal, long-range, record, stratosphere, cannon, bomber.

«Бороться и искать,
найти и не сдаваться!»
В. Каверин

Подлинная история авиации – это не только парадная летопись достижений и триумфов, но и горькая хроника провалов, неудач и катастроф, Об этих поражениях не любят вспоминать, эти несбывшиеся надежды обычно обходят молчанием, эти несостоявшиеся проекты и утерянные победы преданы забвению – но без них история авиации выхолощена и не полна. Тем более что от многих проектов пришлось отказаться вовсе не из-за их несостоятельности, что они слишком опередили свое время.

Номер один в линейке самолетов Ту

Русское самолетостроение было деревянным. Даже четырехмоторные гиганты первой мировой войны – «Ильи Муромцы» – строились в основном из импортных пород орегонской сосны, спруса (разновидность ели), гикори. После революции пришлось перейти на отечественные – сосну, ясень, липу.

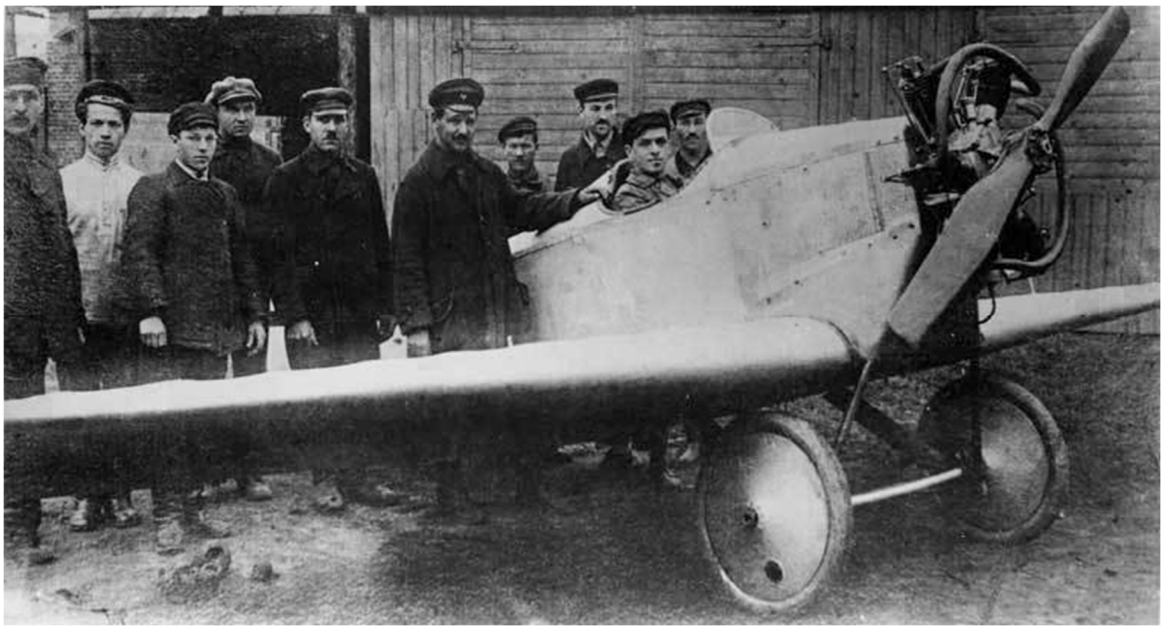


Рисунок 1 – АНТ-1 – и первый состав К.Б. Туполева

У сторонников продолжения традиционного деревянного самолетостроения были веские доводы: наличие действующих заводов с отработанной технологией, опытные инженерно-технические кадры, простота ремонта аппаратов при эксплуатации. Большие лесные массивы страны позволяли надеяться на бесперебойное снабжение заводов.

Для строительства самолетов из металла на тот момент не было ровным счетом ничего. Но Туполев в конце 1922 г. уже считал, что будущее авиации (особенно тяжелой) в цельнометаллических конструкциях. Свою точку зрения обосновывал недостатками деревянных конструкций и многочисленными достоинствами металлического самолетостроения. Нельзя было пренебречь мировым опытом: в передовых авиационных державах уже было построено полтора десятка цельнометаллических самолетов.

По предложению Госпромцветмета при ЦАГИ в октябре 1922 г. была организована комиссия по постройке металлических самолетов. Тогда же поступила первая партия слитков нового легкого и прочного сплава – кольчугалюминия (по названию села Кольчуги но, там, на заводе Госпромцветмета в августе 1922 г. был выплавлен металл).

Комиссия изучила возможность применения кольчугалюминия для самолетостроения. Между тем Туполев свою машину начал обдумывать еще в 1911 г. Постройка ее началась в апреле 1922 г. Она была в самом разгаре, когда приступила к работе упомянутая комиссия.

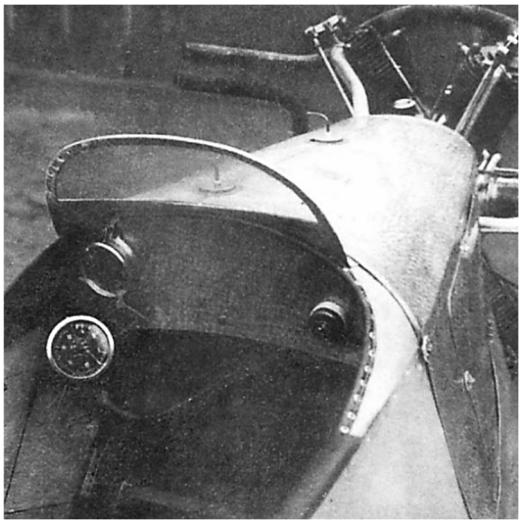


Рисунок 2 – Кабина самолета АНТ-1

К тому времени получили первые полуфабрикаты – листы и гнутые профили из кольчугалюминия. Тогда Туполев сделал дополнительные расчеты, новые статические испытания отдельных узлов. Это задержало постройку. И все-таки АНТ-1 стал первым отечественным монопланом со свободнонесущим крылом и рядом деталей из кольчугалюминия.

Спортивный моноплан строили в одной из комнат второго этажа бывшего особняка меховщика Михайлова (сейчас в этом здании на улице Радио в доме № 17 расположен Научно-мемориальный музей Н.Е. Жуковского).

Первый полет решили выполнить с бывшего Кадетского плаца, расположенного перед Екатерининским дворцом 21 октября 1923 г. конструкторы и строители буквально «на руках» перенесли АНТ-1 через Дворцовый мост по Красноказарменной улице на плац. Пилот сел в кабину и после небольшой пробежки поднялся в воздух.

Вот что писали газеты, в частности в заметке «Испытания новых русских самолетов»: «На аэродроме имени тов. Троцкого был испытан ряд самолетов русской конструкции и производства». Назывался АНТ-1: «Маленький спортивный полуметаллический самолет с мотором «Анзани» 35 сил, построенный по проекту А.Н. Туполева. Тип самолета – моноплан со свободнонесущими низко поставленными, как у Юнкерса, крыльями. В его постройке впервые был применен для самолетостроения «кольчуга-

люминий». Самолет испытывался красвоенлетом Погосским и показал хорошие летные качества».

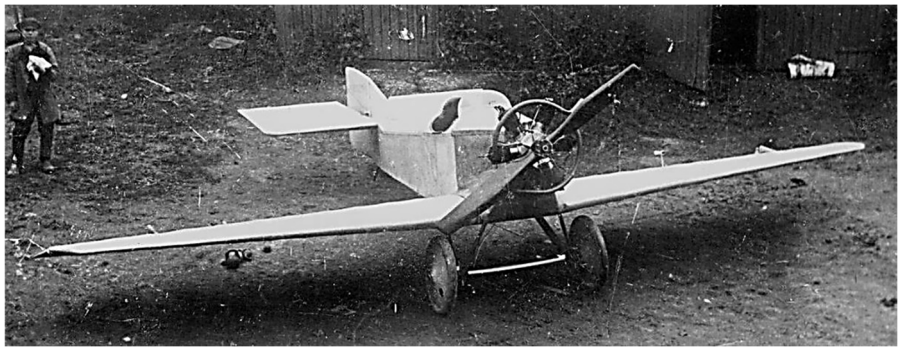


Рисунок 3 – АНТ-1 – перед испытательным полетом

В одном из полетов была достигнута высота 600 м. Но вскоре выяснилось, что старенький «Анзани» быстро перегревается и теряет мощность. Мотор отправили на переборку. Но инженер Б. С. Стечкин определил, что изношенный мотор не подлежит ремонту, другого не было, и летная жизнь АНТ-1 закончилась.

После постройки завода опытных конструкций (ЗОК) в 1932 г. АНТ-1 занял почетное место в пространстве громадного сборочного цеха. Дальнейшая судьба машины потерялась в предвоенных годах.



Рисунок 4 – Последний самолет А.Н. Туполева Ту-144

«Летающие батареи товарища Сталина»

Конструктор П.И. Гроховский в 30-е годы решил установить на бомбардировщик обычные орудия, состоящие на вооружении сухопутных частей.

Первоначально тяжелый бомбардировщик ТБ-3 оснастили одной 76-мм полковой пушкой образца 1927 г., снятой со штатного лафета. Ее установили под фюзеляжем на расстоянии 600 мм от нижней поверхности. Это позволяло проверить воздействие на самолет не только силы отдачи при выстреле, но и влияние на конструкцию давления вырывающихся из ствола пороховых газов.

Крепилась пушка к ТБ-3 за узлы на люльке с помощью 10 трубчатых стержней, образующих пространственную ферму. Разветвленная стержневая система позволяла равномерно распределить энергию пушки при выстреле по силовым элементам конструкции самолета.

Испытания проводились с 15 по 18 декабря 1934 г. Испытания показали: стержневая система установки орудия воспринимает отдачу нормально. В то же время вы-

рывающиеся из ствола газы приводят к местным срывам заклепок крепления обшивки и небольшим трещинам. Дефект устранили, установив усиливающие накладки в зоне дульной части ствола пушки.

17 декабря 1934 г. выстрел из пушки произвели в воздухе. Экипаж возглавил сам Гроховский. Пилотировали самолет летчики Холобаев и Афанасьев, штурман – Шмидт, а в роли артиллериста выступил Шамиров. Выстрел сделали на высоте 500 м при скорости полета 150 км/ч в направлении Ногинского полигона. После посадки повреждений машины не обнаружили. В выводах по испытаниям отметили: стрельба из полевых пушек калибром до 76 мм включительно с самолетов возможна.

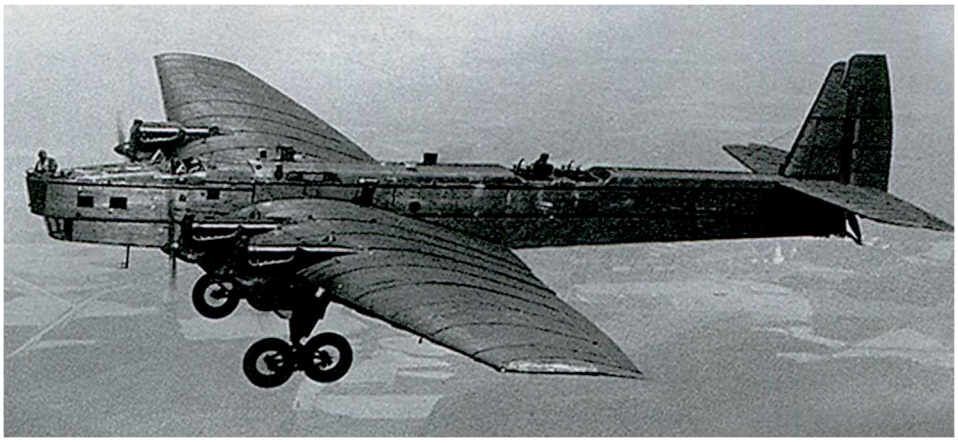


Рисунок 5 – Самолет ТБ-3, оборудованный 76 мм пушками Гроховского

Гроховский начал работы по более мощному варианту самолета ТБ-3, который назвал «летающей батареей».

На серийный ТБ-3 с моторами М-17Ф установили три крупнокалиберных сухопутных пушки, сняв их с колесного лафета, но сохранив штатную систему гашения отката, вместе с орудийной люлькой, по которой перемещается ствол при выстреле. После рассмотрения различных вариантов установили в фюзеляже 76-мм зенитное орудие образца 1931 года, имевшее длинный ствол. Несмотря на это, пришлось обрезать носовую часть фюзеляжа, включая кабину штурмана. Он переместился в центральную часть фюзеляжа. Ствол пушки располагался между сиденьями пилотов, выступая на 250 мм за контуры обрезанного носа, а казенная часть находилась в передней части центроплана, доходя до второго лонжерона. Крепилось орудие к верхним и нижним полкам лонжеронов центроплана крыла с помощью системы регулируемых стержней. От выходного отверстия в носу и до перегородки перед сиденьями пилотов ствол закрывался цилиндрическим кожухом, уменьшавшим попадание пороховых газов в кабину экипажа.



Рисунок 6 – Летающий артиллерист

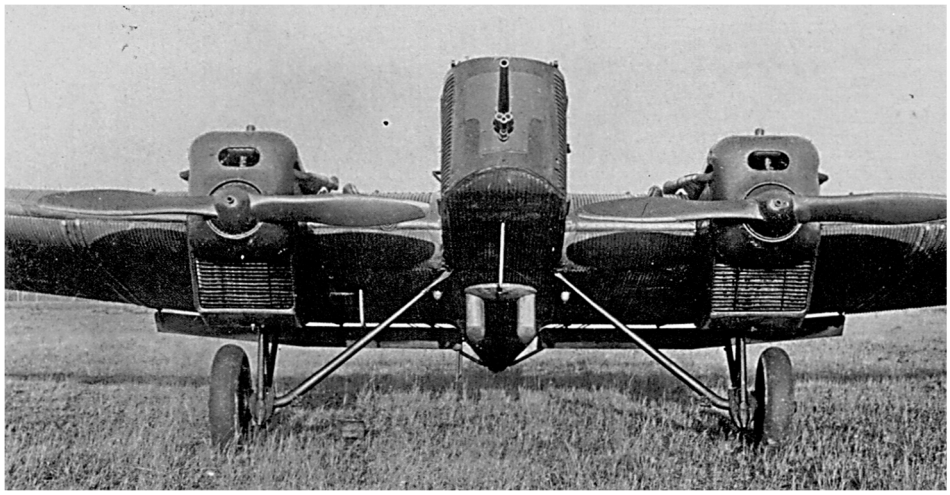


Рисунок 7 – Самолет Р-6 с пушкой ААК-37 на полигонных испытаниях в 1936 г.

Два других орудия разместили в консольных частях крыла за крайними моторами вне плоскости вращения их винтов. Учитывая ограниченные объемы, установили короткоствольные 76-мм полковые пушки образца 1927 г. Заряжание всех пушек для стрельбы производилось обычным способом, вручную. С этой целью рядом с казенной частью были оборудованы рабочие места заряжающих небольшие сиденья и стойки с плоскими пружинными гнездами для снарядов. Управление стрельбой осуществлялось с помощью световой сигнализации. У командира корабля имелся пульт с тремя переключателями и цветными лампочками. Небольшие пульты были у каждого заряжающего. Включив переключатель на пульте, летчик подавал сигнал – приготовиться к стрельбе. Зарядив пушку, артиллерист тем же способом отвечал о готовности.

Пушки крепились в машине жестко, поэтому наводка на цель осуществлялась разворотом всего самолета.

Для прицеливания перед козырьком командира корабля устанавливалась планка с простым сетчатым прицелом. Сделав наводку на цель, летчик нажимал кнопку на штурвале, и у артиллеристов загоралась красная лампа – «огонь». Производился выстрел.

В случае необходимости выстрелы из крыльевых пушек можно было сделать с помощью дистанционной системы. Для этого от их спусковых ручек в фюзеляж шла специальная тросовая проводка. В сохранившихся материалах по «летающей батарее» есть сведения, что в середине 1935 г. она проходила государственные испытания.

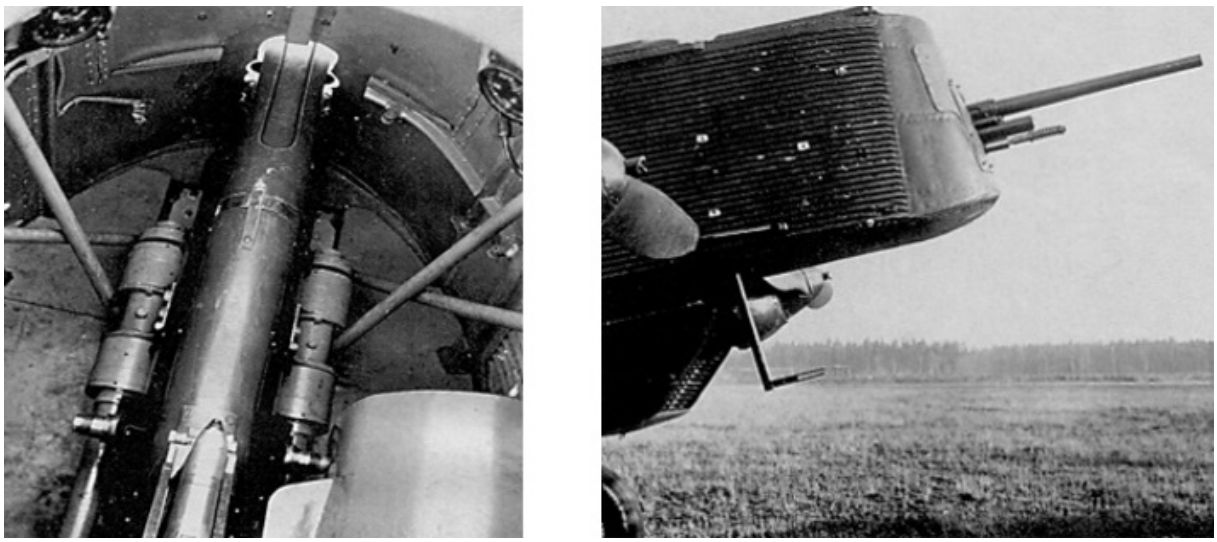


Рисунок 8 – Крепление пушки ААК-37 на самолете Р-6

Конечно, при отсутствии специальных прицелов трудно было ожидать большого положительного эффекта от стрельбы из сухопутных пушек в воздухе. Ведь дальность до цели определялась практически «на глазок». Имеются лишь упоминания, что, Гроховский разрабатывал специальный мощный шрапнельный снаряд.

37-мм автоматическая авиационная пушка ААК-37 конструкции Кондакова. По мнению ВВС, она имела преимущества перед К-37 конструкции Шпитального и именно ее следовало доводить до серийного производства. Однако попытка установить пушку на второй экземпляр опытного самолета ВИТ успехом не увенчалась. В результате интриг Шпитального ВИТ «остался за ним», а Кондаков своего самолета для ААК-37 так и не получил. В соответствии с «веянием времени» эта пушка также имела зенитный вариант.

Установка на самолет трех сухопутных пушек крупного калибра опередила аналогичные исследования за рубежом. Гроховский правильно уловил тенденцию увеличения мощности авиационного вооружения. В своем КБ он рассматривал вопрос о применении на самолетах тяжелых ракет массой до 1000 килограммов.

«Стратосферный, дальний, скоростной»

В декабре 1930 г. постановлением РВС СССР ЦАГИ предлагалось создать отдел по проектированию и постройке экспериментальных летательных аппаратов. 27 января 1931 г. появилось бюро особых конструкций. Начальником его был назначен Владимир Антонович Чижевский, в недавнем прошлом выпускник Военно-воздушной академии имени Н.Е. Жуковского.

С октября 1931 г. под руководством Чижевского развернулась большая работа по созданию гондолы стратостата «СССР». 30 сентября 1933 г. стратостат совершил удачный полет, достигнув высоты 19000 м.

Опыт первых полетов показал, что низкое атмосферное давление и температура снижают работоспособность человека. Увеличение высоты требовало либо создания скафандров, либо герметичной кабины. По первому пути пошел инженер Е. Чертовский, второму – коллектив БОКа.

Облик стратосферного самолета сформировался в БОКе еще во время работы над гондолой стратостата «СССР». В апреле 1934 г. Чижевский сделал доклад на Всесоюзной конференции по изучению стратосферы. В нем сформулировал основные требования к высотным машинам. Это – малая нагрузка на квадратный метр крыла (удлинение его должно быть в пределах И-13 м), максимальная эксплуатационная перегрузка 3,5-4,0, время открытия и закрытия двери 5–8 секунд, внутреннее давление в кабине такое же, как на высоте 2000 м.

С учетом этих требований в 1934 г. был предложен проект первого в СССР стратосферного самолета БОК-1 (СС). Несмотря на то, что он проектировался как экспериментальный, выполнили расчеты по использованию машины в качестве бомбардировщика с грузом бомб в 600 кг, дальностью 1250 км на высоте 11500 м.

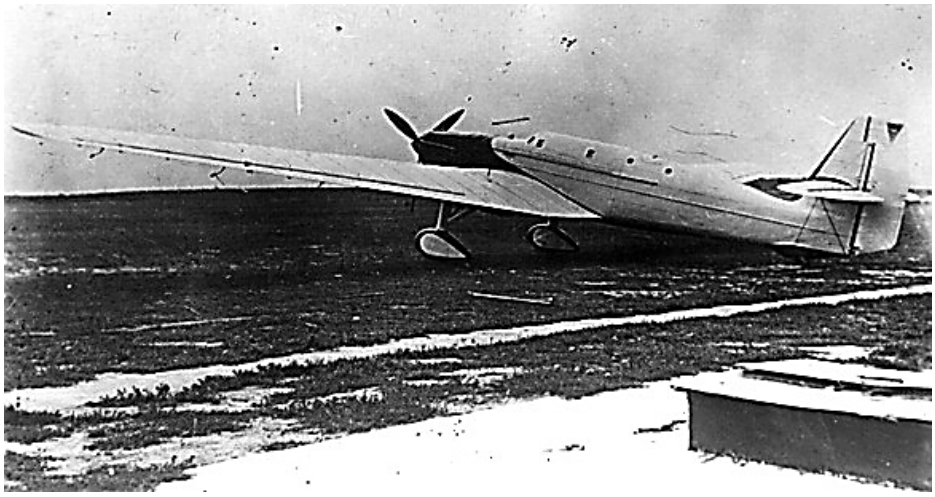


Рисунок 9 – Стратосферный самолет БОК-1

Чижевский писал: «В самом деле, если предположить, что авиация противника будет обладать стратопланами, могущими совершать полеты на высоте 12000 м с технической дальностью 2000 км, хотя бы в количестве 100 штук, то это значит, что эти 100 самолетов в любое время дня и ночи и при любых атмосферных условиях, господствующих в стратосфере, пользуясь благоприятной обстановкой, ориентируясь по солнцу и звездам, незаметно и беспрепятственно проникнут на нашу территорию и с точностью, достаточной для нападения, в наши крупные промышленные центры сбросят тонны фугасных, зажигательных и отравляющих бомб.

Противопоставить что-либо такому нападению в настоящий момент мы не можем, да и, пожалуй, единственным средством к защите в подобном случае будет активный и немедленный переход от защиты к нападению на территорию противника, на его воздушные базы, а для этого необходима, в свою очередь, сильная и еще более высотная авиация, могущая не только производить бомбометание, но и выдерживать сложный бой в стратосфере, бой на дальних дистанциях, бой сосредоточенного огня, бой, ведущийся из герметических кабин...».

Первый отечественный стратосферный самолет БОК-1 был построен в 1935 г. на заводе № 35. Точной даты старта на сегодняшний день в архивах обнаружить не удалось. Известно лишь, что его выполнил летчик-испытатель НИИ ВВС И.Ф. Петров летом 1936 га.

БОК-1 представлял собой низкоплан классической схемы со вставной гермокабиной объемом около 1,8 м рассчитанной на двух человек – летчика и летчика-наблюдателя. Шасси – неубирающееся, трехопорное, с хвостовым колесом. Двигатель М-34РН. Гермокабина с семью круглыми иллюминаторами. В заднем ее днище был расположен входной, герметически закрываемый люк.

Доводка и летные испытания шли три года. В 1936 г. экипаж в составе летчика П.М. Стефановского и летчика-наблюдателя Н. Н. Каштанова (заместителя Чижевского) достиг высоты 10 875 м. Потом на машину установили сначала один турбокомпрессор, а в 1938 г. – два. Тогда ТК-1 была достигнута высота 14100 м. Между тем резервы высотности двигателя не исчерпались. Советские инженеры на 1000 м обставили первый в мире самолет с гермокабиной «Юнкерс-49».

Параллельно с работами по БОК-1 в 1936 г. начали строительство рекордного самолета БОК-7. Отличительная особенность нового стратоплана – включение гермокабины в конструктивно-силовую схему фюзеляжа. Установка форсированного двигателя АМ-34ФРН позволила отбирать часть его мощности для привода центробежного компрессора, обеспечивавшего наддув кабины. Над фюзеляжем сделали колпаки-фонари с круглыми иллюминаторами.

Так предполагалось в одном из первых вариантов БОК-1. Однако летно-технические характеристики нового самолета изменились незначительно, и он послужил прототипом первого отечественного высотного бомбардировщика и разведчика БОК-8, решение о создании которого было принято в конце 1936 г. после завершения первого этапа летных испытания самолета БОК-1.

Создание боевой машины, способной совершать длительный полет в стратосфере, потребовало оснащения ее стрелковой установкой для защиты от истребителей противника. Эту задачу впервые успешно решила в 1938 г. лаборатория особого назначения одного из заводов. Электрическую автосинхронную установку, включающую коллиматорный прицел, разместили во втором колпаке-фонаре, а пулемет – вне гермокабины. Отработав ее на макете БОК-7, установили затем на втором экземпляре этого самолета, получившего обозначение БОК-8.

Вслед за этими самолетами разрабатываются стратосферные БОК-10,-11, -12, -13,-15. Это были уже не экспериментальные, а предназначенные для решения целевых задач, среди которых исследование стратосферы, пассажирские перевозки.

Последний из них – БОК-15, создание которого началось в 1938 г., предназначался для выполнения кругосветного перелета. В том же году В.П. Чкалов, Г.Ф. Байдуков и А.В. Беляков написали письмо Сталину с просьбой дать указание построить машину с дизельным двигателем и рабочей высотой 8–10 тысяч метров. Однако Чкалов погиб, и письмо так и осталось неотправленным.

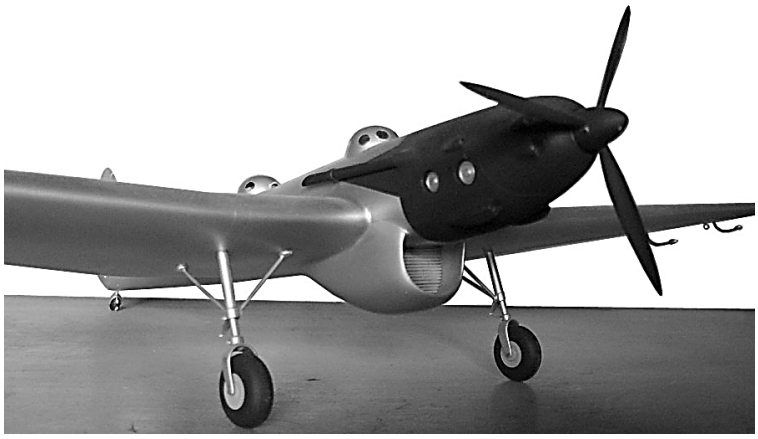


Рисунок 10 – Стратосферный призрак Сталина

«Вскоре после похорон Чкалова, – вспоминает Байдуков, – М.М. Громов и я выдвинули предложение: в память Валерия Павловича совершить на двух самолетах полет вокруг земного шара по маршруту, пересекающему Северный и Южный полюса. Для выполнения этой задачи мы просили правительство обязать авиационную промышленность сконструировать и построить два самолета с герметичными кабинами и дизельными двигателями, которые обеспечивали бы огромные дальности полета на большой крейсерской скорости и высотах более 10 000 м».

Предложение было принято, и 05 января 1939 г. постановлением СНК СССР утверждены два экипажа будущих БОК-15 из трех человек:

1. Комбриг Громов, полковник Юмашев; комбриг Данилин;
2. Полковник Байдуков, комбриг Спирин, комбриг Беляков.

Определялся и срок готовности – к 1 мая 1939 г. Машины построили в июне 1939 г., но лишь 12 марта 1940 г. БОК-15, пилотируемый А.Б. Юмашевым, совершил первый полет на аэродроме завода № 35 в Смоленске, а вслед за ним Байдуков поднял в воздух и второй экземпляр самолета.

Установка дизельного двигателя М-40 и убирающегося шасси, по замыслу конструкторов, должна была обеспечить максимальную дальность в стратосфере около 20000 км. Один из вариантов маршрута: Москва – Австралия – Южный полюс – Южная Америка – Северная Америка – Северный полюс – Москва.

В 1940 г. после завершения государственных испытаний дизель М-40 был принят к серийному производству на одном из ленинградских заводов. Решили оснастить этими двигателями бомбардировщики ТБ-7. А начавшаяся Вторая Мировая война стала причиной прекращения подготовки кругосветного перелета.

В 1941 г. один БОК-15 перегнали в Казань. Сведения о дальнейшей судьбе этих двух необычных машин пока неизвестны.

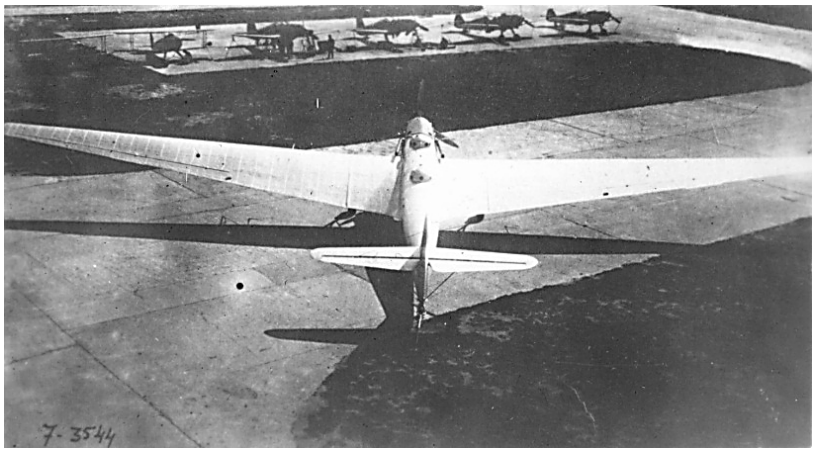


Рисунок 11 – БОК-15 – на аэродроме НИИ ВВС

Основные характеристики БОК-15

Размах крыла – 32,1 км.
Длина самолета – 15,75 м.
Высота самолета – 5,77 м.
Полетный вес – 13,517 кг.
Запас топлива – 7500 кг.
Скорость максимальная – 333 км/ч.
Скорость крейсерская – 266 км/ч.
Потолок – 11300 м.
Дальность максимальная – 23500 км

Список литературы:

1. Маслов М.А. Утерянные победы советской авиации. – М. : Яуза, Эксмо, 2009. – 416 с.
2. Научно-популярный журнал «Крылья Родины». – 1992. – № 1, 7, 10.

УДК 004.65

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

♦♦♦♦♦

THE CONCEPT OF MODERNIZATION OF THE ELECTRONIC JOURNAL ON THE DISCIPLINE «DESCRIPTIVE GEOMETRY AND ENGINEERING GRAPHICS»

Коссой В.А.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Букаткин Р.Н.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье представлена концепция модернизации разработанного электронного журнала по дисциплине НГиИГ, проанализированы основные недостатки программного продукта и намечены пути дальнейшего совершенствования программы за счет перехода к системе управления базами данных (СУБД).

Ключевые слова: электронный журнал, начертательная геометрия и инженерная графика, СУБД, Компас-3D, программирование, интерфейс программы, распределение прав доступа.

Kossoy V.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Nefedovsky V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Bukatkin R.N.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. the article presents the concept of modernization of the developed electronic journal on the discipline of «Descriptive geometry and engineering graphics», analyzes the main disadvantages of the software product and outlines ways to further improve the program through the transition to a database management system.

Keywords: electronic journal, descriptive geometry and engineering graphics, database management system, Kompass-3D, programming, program interface, distribution of access rights.

Опыт использования разработанного электронного журнала (ЭЖ) по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» (НГиИГ) [1] выявил ряд существенных недостатков:

1. Структура хранения данных по дисциплине, обучаемым, преподавателям не имеет строгой взаимосвязи и формируется по факту накануне обучения в виде отдельных записей в соответствующих файлах;

2. Цветовая палитра оценок требует большого опыта использования ЭЖ для правильного восприятия результатов;

3. Необходимость разработки дополнительных модулей программы для анализа результатов, для доступа к журналу обучающихся, для организации ввода исходных данных в привычной оконной форме и т.д.

4. Полная зависимость модернизации ЭЖ от среды разработки с соответствующими навыками программирования.

5. Отсутствие сетевой версии, обеспечивающей распределение прав доступа к ЭЖ.

Можно и далее перечислять недостатки, которые не могут перечеркнуть того факта, что использование журнала в процессе проверки расчетно-графических работ

(РГР), выполненных в программе «Компас-3D» не только существенно уменьшает время проверки работ, но и обеспечивает обратную связь с обучаемыми через фактическое переименование файла с выполненной работой и записей преподавателя в самой работе, сделанной в процессе проверки.

Намеченные перспективные пути совершенствования программы «Электронный журнал», отраженные в статье [1], являются далеко не полным перечнем и привели авторов к выработке концепции по модернизации программы ЭЖ.

Любая модернизация программного продукта требует четко проработанной концепции, которая обеспечит функциональность программы и обеспечит гибкость при её последующих модернизациях.

Анализ использования различных программных продуктов (ЭЖ) для учета проводимых занятий и успеваемости показывает, что они условно делятся на 3 категории:

1. ЭЖ, рекомендованные и предоставленные руководящими организациями образовательного процесса;

2. ЭЖ, разработанные сторонними организациями и подобранные образовательной организацией под свои требования;

3. Программы, разрабатываемые образовательной организацией самостоятельно.

Электронные журналы в первой категории не всегда учитывают особенности образовательного процесса отдельной образовательной организации и приходится подстраиваться под имеющиеся возможности программы. ЭЖ второй категории могут настраиваться под нужды организации разработчиками программного продукта при соответствующем финансировании. ЭЖ третьей категории позволяют учесть все потребности образовательной организации и могут модернизироваться под изменяющиеся требования.

Так, например, в вузах Министерства обороны Российской Федерации в качестве рекомендованной информационно-образовательной среды выступает программа «Образование-МО» [2]. На рисунке 1 показана страница ЭЖ учета учебных занятий программы «Образование-МО». Как видно из рисунка, данный ЭЖ, по сути, является электронной копией стандартного журнала учета занятий учебной группы (рисунок 2) с расширенными возможностями.

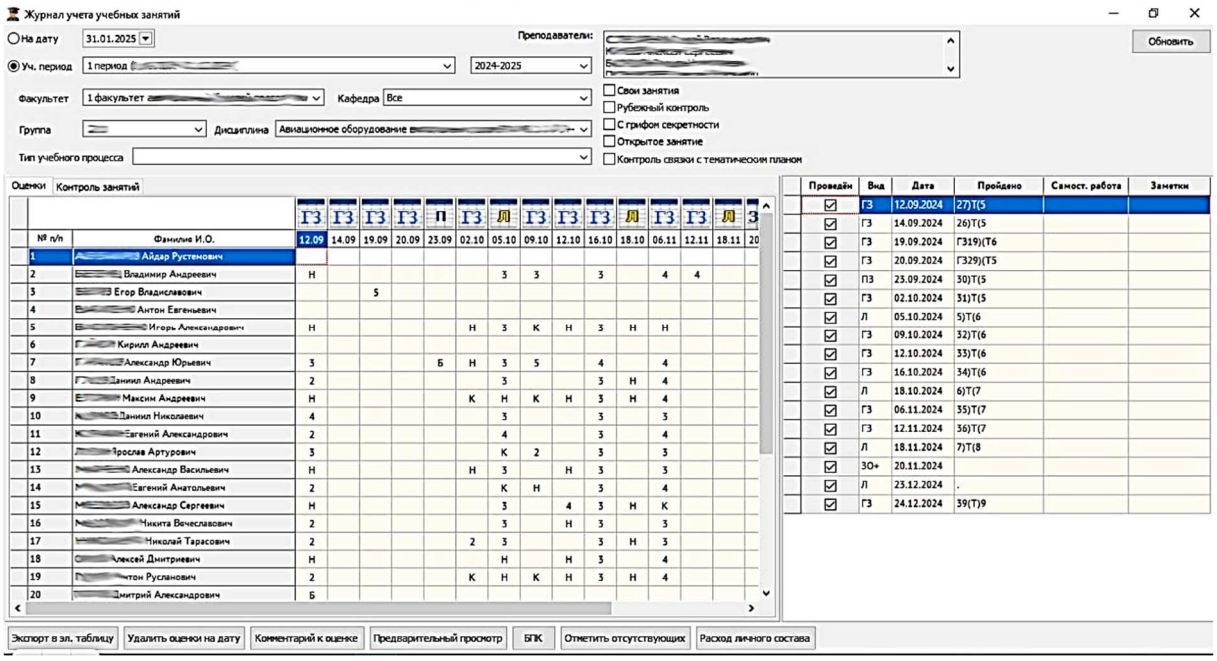


Рисунок 1

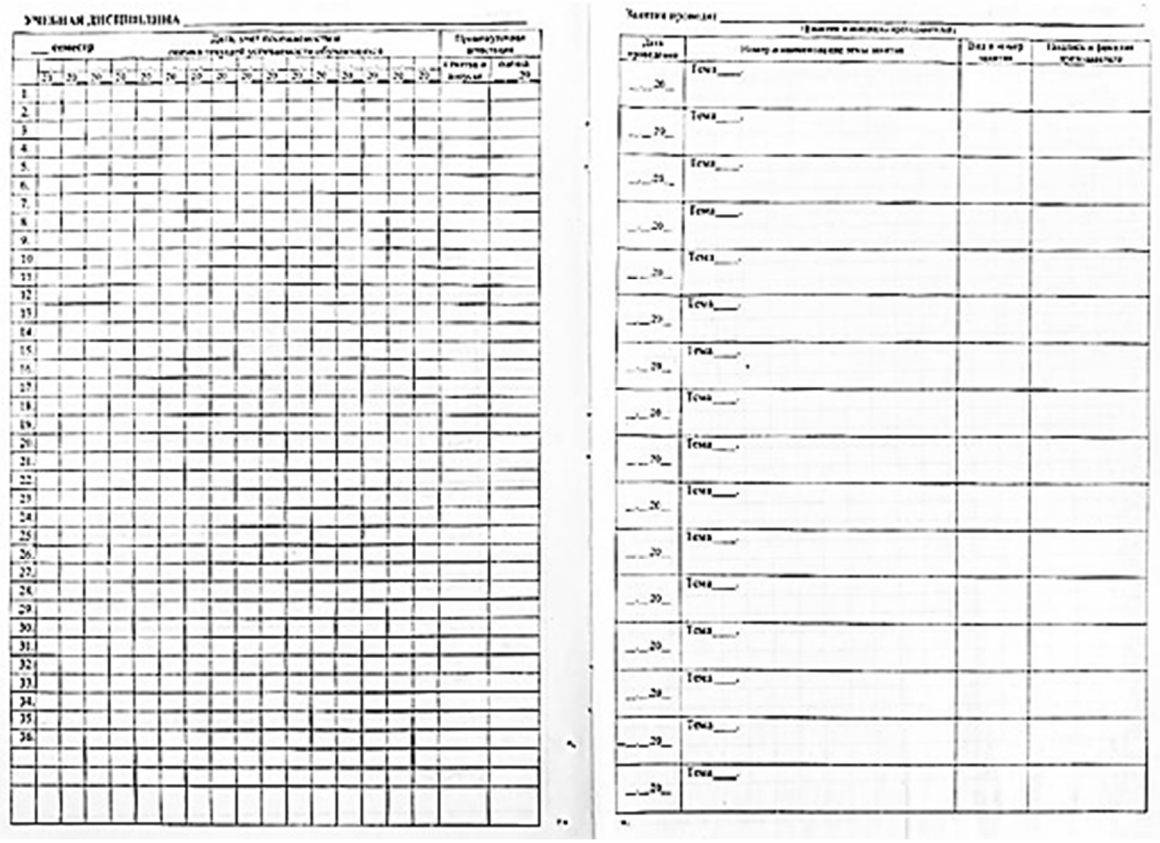


Рисунок 2

Для текущего сопровождения преподаваемой дисциплины НГиИГ данные журналы не совсем подходят, так как они не учитывают всю специфику прохождения дисциплины и могут отражать только конечный результат с непонятными критериями выставленных оценок. Так, например, при изучении темы № 3 «Изображения на чертежах» на практическом занятии (ПЗ) № 10 «Изображение резьбы и резьбовых соединений деталей», обучающиеся в рамках занятия проходят рубежный контроль в виде компьютерного тестирования, пишут летучку по изображению резьбы на детали, решают упражнения, получают задание на выполнение РГР № 3.4 «Соединения резьбовые», которое по мере выполнения оценивается за правильность и качество выполнения самой работы, а также за её защиту. Таким образом, по итогам одного занятия обучающемуся может быть выставлено сразу 5 оценок, характеризующие разные уровни освоения материала данного занятия.

Так при использовании ЭЖ «Образование МО» можно выставить в одну графу множество оценок, но в случае отметки об отсутствии обучаемого на занятии, ставить оценки в данную графу уже невозможно.

Ещё одной особенностью дисциплины НГиИГ является накопительный принцип формирования итоговой оценки по изучаемой теме или конкретному занятию, которая выставляется через достаточно большой промежуток времени. Так, например, при изучении темы № 1 «Проецирование и комплексные чертежи (КЧ) точек, прямых и плоскостей» на ПЗ № 1 «Построение КЧ точек и прямых» критерием для выставления итоговой оценки по данному занятию являются: работа на занятии, результат выполнения письменной летучки на построение КЧ точек и прямых, выполнение РГР 1.1 «КЧ точек и прямых», с оценкой правильности и качества выполнения РГР и её последующей защитой, в процессе которой преподаватель общается с каждым из обучаемых. Таким образом, процесс формирования итоговой оценки может протекать в течение месяца после проведения самого занятия.

Практика преподавания показывает, что для учета успеваемости обучаемых, каждый преподаватель формирует собственный журнал, в котором отражаются все

критерии оценок по каждой из тем и видов занятий. Фрагмент такого журнала по теме № 1 показан на рисунке 3.

Перечисленные особенности учета успеваемости являются основой для формирования требований к выработке концепции модернизации ЭЖ.

Успеваемость по **РГР НГ и ИГ**

113 Б учебная подгруппа (2024 г. набора)

Раздел 1. Начертательная геометрия

			Тема № 1 КЧ точек, прямых и плоскостей																			
			Пз № 1 дата 12.09.24						**Пз № 2** дата 24.09.24						**Пз № 3** дата 9.10.24						**РК 1**	
					РГР-1.1						**РГР-1.2**						**РГР-1.3**					
№ п/п	Фамилия и иниц.	№ вар.	**Пз 1**	Летучка КЧ точек	Отметка о выполн.	Оценка РГР	Защ.	**Итог ПЗ 1**	**Пз 2**	Летучка КЧ прямых	Отметка о выполн.	Оценка РГР	Защ.	**Итог ПЗ 2**	**Пз 3**	Летучка КЧ плоскост.	Отметка о выполн.	Оценка РГР	Защ.	**Итог ПЗ 3**	**Комп. тест**	**ИТОГ тема 1**
1	**Петров М.А.**	**1**	Б	3	+	3	3	**3**		4	+	4	3	**4**		4	+	4	4	**4**	4	**4**
2	**Сидоров А.А.**	**2**	3	4	+	4	4	**4**	К	3	+	4	4	**4**	3	4	+	4	3	**4**	3	**4**
3	**Станков Д.А.**	**3**		4	+	5	5	**5**	4	5	+	4	5	**5**	О	3	+	3	5	**4**	5	**5**
4	**Томин Г.А.**	**4**	Н	3	+	4	4	**4**		3	+	4	3	**3**	4	5	+	4	4	**4**	3	**3**
5	**Тулин Д.К.**	**5**	4	5	+	4	5	**5**	5	4	+	4	4	**4**	Б	3	+	4	3	**3**	3	**4**

Рисунок 3

Модернизируемая программа ЭЖ должна обеспечивать:

1. Возможность ведения классического журнала (рисунки 1, 2) в электронном виде.
2. Возможность формирования последовательности и вида отчетности по темам и занятиям, как показано на рисунке 3.
3. Возможность проверки РГР, выполняемых в электронном виде.
4. Формирование исходных данных на учебный год и семестры, которые должны учитывать состав учебных групп, распределение преподавателей по потокам, группам и подгруппам, особенности прохождения дисциплины и т.д.
5. Доступ обучаемым к результатам их успеваемости с использованием ЛВС.
6. Автоматизацию при формировании отчетов по различным критериям: успеваемость, посещаемость, ход прохождения дисциплины и т.д.
7. Возможность анализа результатов обучения.
8. Формирования и ведения архива результатов обучения.
9. Согласование (по возможности) данных между разрабатываемым ЭЖ и ЭЖ, рекомендованным к использованию.

Помимо вышеперечисленного функционала, программа ЭЖ должна быть надежной, программно и аппаратно совместимой, иметь надежную защиту данных при работе в ЛВС с распределением уровней доступа пользователей и т.д.

Обеспечение вышеперечисленных требований возможно за счет перехода к системе управления базой данных (СУБД), которая позволит упорядочить большой объем постоянно накапливающихся данных.

Для первоначальной разработки структуры данных достаточно широко распространенного программного продукта Microsoft Access, который позволяет не только определить структуру базы данных, но и реализовать полноценное сетевое приложение с разграничением прав доступа пользователей.

Так, например, схема данных, представленная на рисунке 4 позволяет задавать списки групп обучаемых, преподавателей с их распределением по группам, последовательность прохождения дисциплины по темам и видам занятий (рисунок 5). Дальнейшее развитие БД находится в стадии разработки и предполагает формирование данных по видам текущего контроля успеваемости и их упорядочиванию в соответствии с темой и видом занятия. Отдельное место занимает формирование данных по расчетно-графическим работам, где помимо общих сведений необходимо предусмотреть возможности поиска РГР, выполняемых в электронном виде, их проверке и т.д. Реализация таких задач в Access возможна за счет программирования во встроенной среде разработки Visual Basic for Applications (VBA).

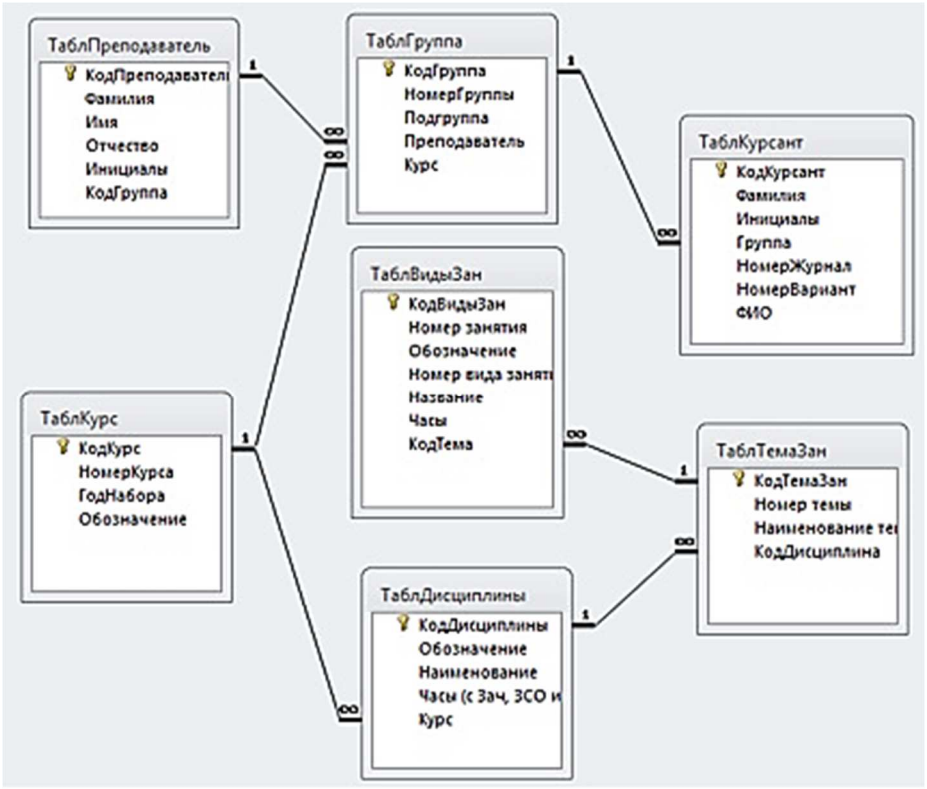


Рисунок 4

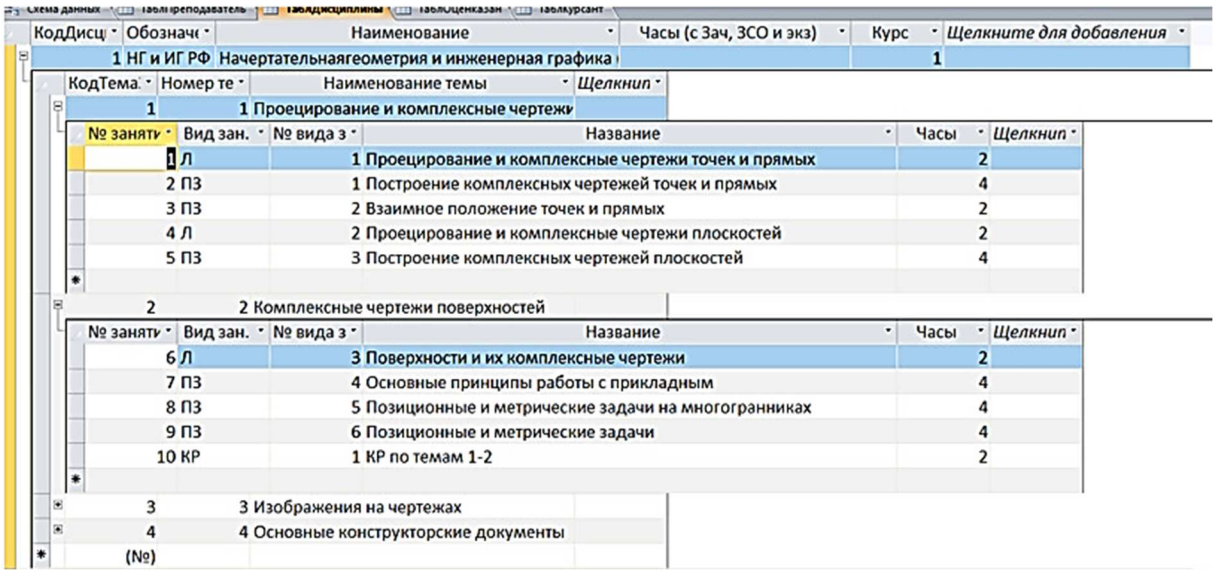


Рисунок 5

Разработка интерфейсной части приложения ЭЖ начинается после формирования и тестирования всей структуры БД и будет включать следующие основные элементы:

– окно входа в программу с вводом логина и пароля пользователя;

– окно настроек с формами для внесения основных данных в БД и настроек программы, при этом к основным данным относятся: перечни курсов, групп, дисциплин, видов занятий и контроля, списки обучаемых и преподавателей, их распределение по группам и т.д.;

– окно журнала с отображением классического вида журнала (рисунки 1, 2);

– окно проверки РГР с возможностью проверки электронных РГР;

– окно учета успеваемости с отображением расширенного варианта журнала, показанного на рисунке 3;

– окно отчётов с формами для формирования промежуточных и итоговых отчетов по результатам успеваемости.

– окно анализа для анализа результатов успеваемости по различным критериям.

Для работы в программе предусматривается создать три уровня пользователей:

1. Администратор – пользователь с полным доступом ко всем компонентам программы.
2. Преподаватель – пользователь с широкими, но ограниченными правами в части настроек программы и изменения основных данных.
3. Студент – пользователь с ограниченными правами (только чтение).

Распределение прав доступа к элементам программы показано на рисунке 6.

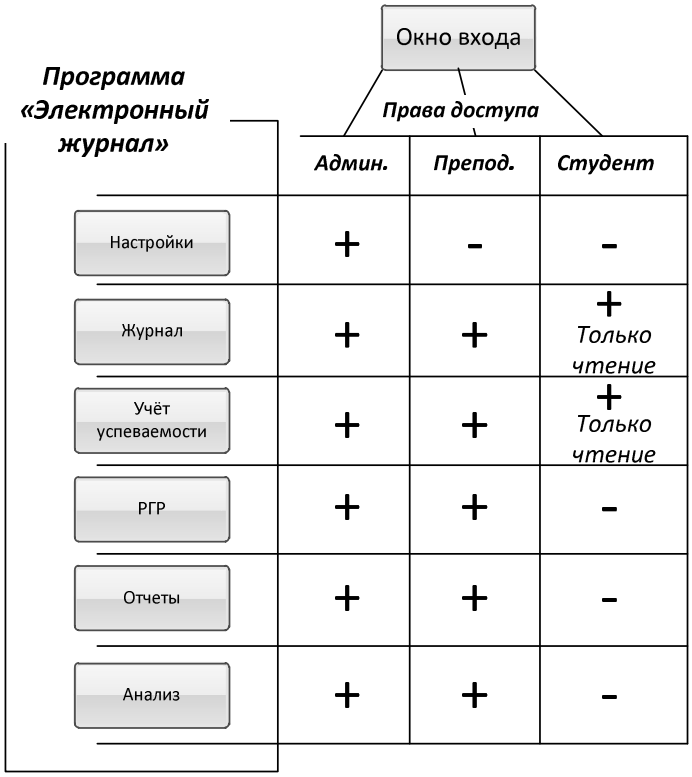


Рисунок 6

Предлагаемая концепция модернизации программы ЭЖ с переходом к СУБД и разработкой сетевой версии программы позволит повысить эффективность управления образовательным процессом по дисциплине НГ и ИГ, организовать обратную связь и непрерывное взаимодействие между преподавателем и курсантами, оптимизировать для курсантов организацию самостоятельной работы по дисциплине.

Список литературы:

1. Нефедовский В.А. Разработка и использование электронного журнала по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» / В.А. Нефедовский, Р.Н. Букаткин, В.А. Коссой // XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, Краснодар, 10–11 апреля 2024 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, 2024. – С. 181–187.
2. Специальное программное обеспечение управления образовательной деятельностью военной образовательной организации МО РФ и формирования информационно-образовательной среды военной образовательной организации МО РФ. – URL : https://obr-mo.ru

УДК 159.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ Г.П. БРОК-БЕЛЬЦОВОЙ (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)

♦♦♦♦♦

A STUDY OF G.P. BROK-BELTSOVA'S PROFESSIONALLY IMPORTANT QUALITIES (DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF HER BIRTH)

Лукинова М.Г.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Чернышов М.С.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены ключевые аспекты профессионального становления, советской военной летчицы Галины Брок-Бельцовой, описан её вклад в историю авиации нашей страны. Представлен исторический контекст жизненного пути и деятельности Галины Брок-Бельцовой, что имеет важное значение в понимании тех условий, в которых ей приходилось работать, а также тех вызовов, с которыми она сталкивалась. Исследованы профессионально важные качества, которые способствовали ее профессиональным достижениям и успехам в столь сложной и опасной профессии.

Ключевые слова: боевой вылет, Великая Отечественная война, женщина-штурман, «ночные ведьмы», пикирующий бомбардировщик Пе-2, профессионально важные качества, профессионализм.

Lukinova M.G.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Chernishov M.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the key aspects of the professional development of the Soviet military pilot Galina Brok-Beltsova, describes her contribution to the history of aviation in our country. The historical context of Galina Brok-Beltsova's life and work is presented, which is important in understanding the conditions in which she had to work, as well as the challenges she faced. The professionally important qualities that contributed to her professional achievements and successes in such a difficult and dangerous profession are investigated.

Keywords: military education, Russian military school, officer cadres, cadet corps, military educational institution, advanced teaching methods, educational equipm combat mission, Great Patriotic War, female navigator, «night witches», Pe-2 dive bomber, professionally important qualities, professionalism.

«Начни действовать!
И ты увидишь, на что способен!»
Г.П. Брок-Бельцова

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что история авиации, как и любая другая область человеческой деятельности, показывает примеры выдающихся личностей, которые оставили неизгладимый след в развитии своей профессии и вдохновили последующие поколения.

Одной из таких личностей является Галина Павловна Брок-Бельцова – советская военная лётчица, штурман 125-го женского гвардейского авиаполка пикирующих бомбардировщиков, чья жизнь и карьера стали символом мужества, решимости, профессионализма и преданности любимому делу.

В условиях Великой Отечественной войны, когда на кону стояли судьбы миллионов людей нашей страны, Галина Брок-Бельцова проявила высокий уровень профессиональных качеств, которые не только способствовали её успехам в авиационной сфере, но и стали примером для молодых людей, стремящихся к достижению высоких результатов в этой сложной и опасной профессии.

Галина Павловна Брок-Бельцова родилась 12 февраля 1925 года в г. Москва в семье слесаря Павла Александровича Брока и ткачихи Прасковьи Ивановны Быковой.

Галина Павловна с детства вела достаточно активный и насыщенный образ жизни, она была очень спортивной и подвижной и вот в этом «круговороте свободы» –

как она не раз сама отмечала, она постоянно развивалась [5]. Посещала танцевальный и театральный кружки, каталась на коньках, занималась лыжным спортом, легкой атлетикой, стрельбой, плаванием, посещала спортзалы, являлась чемпионкой города по волейболу и др. Она не представляла свою жизнь без физической культуры.

Галина Брок-Бельцова обучалась в 3-ей образцовой московской школе. Как вспоминала сама Галина Павловна, она росла в тех общественных условиях когда: «Класс, коллектив был определяющим в наших взаимоотношениях. Отсюда коллективизм, чувство плеча, поддержка, дружба» [3]. Одни из тех ценностей на наш взгляд, которые способствовали сплочению народа в борьбе с захватчиками, а в дальнейшем привели к Великой Победе. Таким образом осуществлялось морально-нравственное, интеллектуальное, физическое становление и формирование личности Галины Брок-Бельцовой.

Когда началась Великая Отечественная война, Галина Павловна училась в десятом классе. Но молодая девушка, как и многие ее одноклассники уже тогда стремились отправиться на защиту своей страны. На фоне распространяющейся повсеместно мощной агитации и призывов, в том числе в виде плакатов «Родина-мать зовет!», «Как ты помог фронту?» и др. не только желающих помогать в тылу, но и отправиться на фронт среди молодежи было много.

После очередной бомбежки в октябре 1941 года юная школьница написала заявление с просьбой направить ее на фронт добровольцем. Тогда ей было всего шестнадцать лет. Отличная спортивная подготовка позволила ей успешно пройти медкомиссию и центрифугу. В то время «Девушек набирали на военных метеорологов, они должны были составлять прогноз погоды для летчиков» [6], так Галина попала на обучение в Московское Краснознаменное авиационное училище связи. Накануне выпуска стало известно, что полк Марины Расковой остро нуждается в штурманах. Были отобраны девять самых способных и мотивированных, в том числе Галина.

В 1943 году их отправили в Йошкар-Олу переучиваться на штурмана. За год обучения пришлось освоить несколько типов самолетов, абсолютно никаких послаблений для женского пола не существовало, все проходили летную подготовку в равных условиях.

После присвоения Брок-Бельцовой звания младшего лейтенанта (апрель 1944 г.), ее распределили в полк штурманом экипажа 1-й эскадрильи 125-го женского гвардейского авиаполка пикирующих бомбардировщиков. Летный состав этого полка фашисты прозвали «ночными ведьмами», так как свои вылеты они осуществляли преимущественно в темное время суток, французы именовали их «дневные фурии», а русские же их называли «ночные ласточки». Необходимо отметить, что новый самолет Пе-2 по своим техническим характеристикам был тяжелый и являлся достаточно сложным в управлении. Американские и французские летчики отказывались их пилотировать, однако наши летчики успешно освоили его и очень любили. Особый восторг у иностранных летчиков вызывал сам факт пилотирования этим бомбардировщиком женщинами.

Дисциплина была жесткая, требования ко всем бойцам одинаковые независимо от принадлежности к полу. В связи с этим, прибывших в полк молодых летчиц по приказу Марины Расковой коротко остригли, никто даже не решался ослушаться приказа. «Марина Михайловна говорила, что не время сейчас для причесок. Кончится война – будут вам и косы, и локоны» [6]. Распоряжение было обосновнным, так как на банные процедуры отводилось девушкам всего пять минут и привести в надлежащий вид длинные волосы не представлялось возможным. Отсутствовла косметика и парфюмерия, зубной пасты тоже не было. Жили все в землянках, на нарах спали. Обмундирование для женщин тогда еще не шили, поэтому девушкам-летчицам приходилось носить мужскую форму. Обувь также была мужская, при этом самый маленький был сороковой размер, чтобы хоть как-то компенсировать это, портянки наматывали в три слоя. Из-за огромных сапог, портянок, и формы на три размера больше девушки вынуждены были быстро забыть о привычках мирного времени, стойко переносили все тяготы службы, так как были мотивированы на то чтобы, профессионально выполнять свои обязанности и победить врага.

Постоянное стремление саморазвиваться, реализовывалось Галиной Павловной и в условиях фронта. Если выдавалась свободная минутка, в нелетную погоду, помимо изучения карт, она старалась читать также художественную литературу, газетные статьи, вообще, чтение было одним из ее любимых занятий. На фронте все передавали из рук в руки, книжки, брошюрки и т.д.

В зимний период при сорокоградусных морозах, хрупким девушкам приходилось самостоятельно катками утрамбовывать снег на полях, таким образом получалось посадочное полотно тверже бетона – и с такой полосы уже возможно было взлетать.

Одним из профессиональных качеств Глины Павловны был хорошо развитый глазомер, благодаря ее увлечению стрельбе в детстве, что имело важную роль на фронте. В воздухе во время учебных полетов самолет, идущий впереди, выпускал конус – бойцы его называли «кишка» – нужно было его сбить, Галина ловко попадала в него с первого раза.

Вспоминая о первом боевом вылете, Галина Брок-Бельцова говорила: «Мы его ждали чрезвычайно, потому что за нами в Йошкар-Олу прилетели старые летчицы полка – у каждой грудь в орденах, у одной орден Александра Невского, это у женщины-то!» [2]. Наличие наград у опытных пилотов, являлось одним из значительных мотивирующих факторов и младшие коллеги непременно стремились равняться на них.

По прибытии в полк, молодые штурманы приступили к изучению местности, активно учили карты крупного масштаба, сдавали экзамены для допуска к боевому вылету. Свой первый боевой вылет Галина Брок-Бельцова сделала 23 июня 1944 года для уничтожения врага в районе Риги. Однако поднявшись в небо, экипажу представилась совершенно неожиданная картина: многое из того, что было отображено на карте местности в реальных условиях уже было уничтожено врагом, что значительно затрудняло ориентировку, поначалу конечно же оказывали помощь в ориентировании более опытные летчицы.

Однажды у экипажа Галины Брок-Бельцовой произошел нештатный случай. Летчики в то время бомбили немецкими бомбами, на самолете было две по 500 кг. В одном из боевых вылетов один мотор отказал, а второй стал «барахлить». Необходимо было сбрасывать бомбы и возвращаться. В то же время поступила информация, что наши войска перешли в наступление и как оказалось, летчики все еще летели над своими, сбрасывать бомбы – означало отбомбиться по своим, а это непременно расстрел. Тогда экипажем было принято решение садиться с бомбами, с одним плохо работающим мотором. Под летчиками находился укороченный аэродром истребителей, которые их прикрывали, но для бомбардировщика необходима была полоса в два раза длиннее. «Сели, аэродром кончается, тормозить нельзя и мы выкатываемся с бомбами за линию аэродрома. Никого нет, все разбежались. Мы по кочкам, по кочкам, и в овраги, из которых берут песок, чтобы посыпать аэродром. Шасси подломились, дым коромыслом» [4]. Пилот и стрелок выскочили, а Брок-Бельцову зажало; люк снизу, а там шасси подломилось, и она уже через нижних выход покинуть самолет не могла. Проявив решимость, силу воли и находчивость, штурману все же удалось выбраться из готовой в любой момент взорваться машины. Как считала Брок-Бельцова – летчик должен уметь найти выход из любой критической ситуации.

В одном из боевых вылетов штурман потеряла ориентировку, но это было лишь временно, она сориентировалась благодаря своим хорошим знаниям района боевых действий, т.к. обладала хорошей фотографической памятью с детства (до войны Галина планировала стать геологом), на фронте же целенаправленно тренировали данное качество как профессионально важное.

В 1944 году Брок-Бельцова принимала участие в операции «Багратион», освобождая территорию Белоруссии; штурме Кёнигсберга и др.

При выполнении боевого задания в ходе взятия порта Пиллау, штурман была удостоена личной благодарности от самого Иосифа Сталина.

Штурман Брок-Бельцова командирами характеризовалась следующим образом: «На боевое задание всегда идёт с большим желанием, проявляя мужество и настойчивость в выполнении боевой задачи командования» [1].

Победу встретила в Литве. Война научила штурмана пикирующего бомбрдировщика Галину Павловну Брок-Бельцову не откладывать дела на потом. Как она вспоми-

нала: «После одного неудачного вылета я поняла: завтра, на которое мы так рассчитываем, может не наступить» [6]. Поэтому она взяла за правило в своей жизни все делать своевременно.

У Галины Павловны на счету тридцать шесть подтвержденных вылетов с бомбометанием, однако были ещё и неподтверждённые – вылет был, но результаты не фотографировались, соответственно подтверждающие факты отсутствуют.

За свои боевые заслуги и проявленный профессионализм Галина Павловна Брок-Бельцова была удостоена наградами: Орденами Отечественной войны I и II степени, Орденом Красной звезды, медалью «За взятие Кёнигсберга» и др.

Своего будущего супруга Георгия Степановича Бельцова Галина Павловна встретила еще на войне, он был ее инструктором в 3-м запасном авиационном полку, где она проходила обучение на штурмана. Однако думать о построении семейных отношений не предствлялось возможным, только в ноябре 1945 г. они заключили свой союз.

В послевоенное время Брок-Бельцова служила в министерстве государственной безопасности СССР, поступила в Московский государственный университет на исторический факультет, затем прошла обучение в аспирантуре, защитила кандидатскую диссертацию на тему военно-патриотического воспитания молодежи и около шестидесяти лет преподавала студентам свой любимый предмет, ориентируя молодое поколение, что свое будущее необходимо строить, опираясь на славное прошлое страны. Студенты приходили слушать её лекции, сидели даже на ступеньках актовых залов.

Галина Павловна Брок-Бельцова не переставала вести активный образ жизни – являлась вице-президентом Межрегиональной общественной организации «Союз женщин летных специальностей «Авиатриса»». Принимала неоднократное участие в конференциях в Америке (2002, 2003 гг.) «Women in Aviation International». Постоянно вела патриотическую деятельность среди молодежи.

За свою жизнь Галина Павловна разработала десять правил, к которым призывала придерживаться молодое поколение.

Первый принцип гласит: «Будьте свободны в широком смысле этого слова. Развивайтесь!». Галина Павловна была свободной в прямом смысле этого слова, она выбирала сама чем ей заниматься. Она очень много занималась спортом и саморазвитием.

«Начни действовать! И ты увидишь, на что способен!» – второй принцип. «Чтобы быть активным, необходимо иметь цель – великие цели рождают великую жизненную энергию». Как считала сама Галина Павловна Брок-Бельцова «У меня во всех делах всегда была цель и всегда важная, значимая – получить хорошее образование, добиться успехов в спорте, защитить Родину… Всему этому научила школа, семья, система, работа» [5]. Галина Павловна никогда не останавливалась перед проблемами, она обладала хорошими организаторскими способностями, успешно справлялась с поставленными перед ней зачастую сложными профессиональными задачами.

Третье правило: «Всегда стараться найти главное». В лётной профессии необходимо выделять главное. Невозможно необъять необъятное, всегда необходимо браться за самое главное.

Четвертое правило: «Поиск и творчество во всём». «В воздухе вас трое экипаж, самолёт, строй ушел, мотор барахлит, у меня самолёт и у самолёта мёртвая точка фюзеляж, крыло и в этот сектор не одна огневая точка не пробивает тебя не могут сбить к тебе враг подлетает улыбается, ты его видишь, а сбить не можешь. Четыре огневые точки и ни одна не доходила в этот сектор. Доходило до того, что брали ракетницы и стреляли из ракетниц в истребителя вражеского или так бросали самолёт, чтобы не дать ему прицелиться трасса выше ниже. Никакого страха, здесь нужна борьба кто кого» [5].

Пятое правило звучит так: «Начинай с себя! Делай себя!». Галина Павловна была очень требовательна к людям, но в первую очередь она была требовательна к себе. К примеру: дисциплина на ее занятиях была такая, что после неё никто в аудиторию больше не войдет. И это работало, так как присущие ей черты, были в ее характере всегда.

Шестое правило: «Есть воля – есть человек! Нет воли – нет человека!». «От поступка к привычке, к характеру, к судьбе. Пусть покинет меня всё, лишь бы не покинуло мужество. Воля, есть воля – есть человек нет воли – нет человека, сколько воли, столько и человека» [5].

Седьмое правило: «В семье должна быть дисциплина». Как в профессиональной сфере так и в личной жизни для Галины Павловны был важен порядок во всём.

Восьмое правило: «Вам никто ничего не должен. Меняйте свой мир самостоятельно». Данное правило говорит о том, что необходимо ставить цели, и стремиться к ним несмотря ни на что.

Девятое правило: «Как завещал Аркадий Гайдар – надо честно жить, много трудиться и крепко любить свою Родину». Галина Павловна очень любила свою Родину и всю свою жизнь прививала эту любовь молодому поколению. Активный образ жизни, участие в различных общественных мероприятиях, она передавала свой опыт молодому поколению, тем самым, сподвигая, себя на все новые цели и проекты.

Заключительный принцип Брок-Бельцовой: «Я мыслю – я живу». «Важно, чтобы работали не только руки или ноги, но и голова» [5].

В 2017 году Галина Павловна Брок-Бельцова приняла участие в съемках документального фильма «Битва за небо», где женщина-штурман Великой Отечественной поделилась своим воспоминаниями о войне.

Обобщив свой накопленный профессиональный опыт по инициативе в том числе Галины Павловны были опубликовны серии книг, куда вошли очерки не только о лётчицах трёх женских авиаполков, но и представлена информация о современных лётчицах: «Раскова снова зовёт» (2015 г.), «Раскова с нами» (2020 г.), «76 историй и писем о женщинах-авиаторах» (2021 г.), «Бессмертный полк. Расковцы с Вами» (2022 г.) и др.

Подводя итог, можно сказать следующее: решимость, мужество, упорство, настойчивость, высокая степень ответственности, патриотизма и преданность любимому делу, постоянное стремление к совершенствованию – одни из тех немногих качеств, которые не только способствовали становлению Галины Брок-Бельцовой в профессиональной сфере, но и прежде всего, сформировали её как личность.

Галина Брок-Бельцова стала символом силы духа и стойкости, что особенно важно в контексте исторического периода, когда женщины, как правило, не рассматривались в качестве профессионалов в таких сложных и опасных областях, как авиация.

Список литературы:

1. Девяносто шесть лет фронтовику Галине Павловне Бельцовой – Наши воины века XX. – URL : https://heroesxxcentury.ru/96-let-frontoviku-galine-pavlovne-belczovoj (дата обращения 13.03.2025).
2. Женское лицо Победы. Штурман легендарной «пешки» 96-летняя Галина Брок-Бельцова посетила Беларусь. – URL : https://dzen.ru /a/Y0P_iJjTtVVnZXXJ?ysclid=m9g8vpdwuk77720 5574 (дата обращения 10.03.2025).
3. Интервью с ветераном ВОВ Брок-Бельцова Галина Павловна. – Ч. 2. Летчики-бомбардировщики. – URL : https: //iremember.ru/memoirs/letchiki-bombardirov/brok-beltsova-galina-pavlovna-2 (дата обращения 02.03.2025).
4. Крылова Д. Имя Твоё… Женщина Подмосковья. – URL : https://fictionbook.ru/author/v_yakovleva/imya_tvoyo_jenshina_podmoskovya/read_online.html?ysclid=m9g98vd8q (дата обращения 10.03.2025).
5. Любовь к Родине, свобода и саморазвитие – первого человека в открытом космосе. – URL : http: //dzen.ru/Y--2ymupYig6×1So (дата обращения 02.03.2025).
6. «Откровения дневной фурии», прошедшей всю войну. – URL : https://ria.ru/20200509/157 1144175.html?ysclid=m9g6sg937a945860175 (дата обращения 07.03.2025).

УДК 378.147

АНАЛИЗ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВЫПОЛНЕНИЯ 8 СУБТЕСТА ТЕСТА АМТХАУЭРА

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE LEVEL OF DEVELOPMENT OF SPATIAL THINKING OF STUDENTS ACCORDING TO THE RESULTS OF COMPLETING SUB-TEST 8 OF THE AMTHAUER TEST

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Терехов В.В.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В работе представлен анализ уровня развития пространственного обучения по результатам выполнения 8 субтеста теста Амтхауэра для определения структуры интеллекта. Исследование проводилось на основе использования методов кластерного анализа. По результатам разбиения участников на кластеры сделан вывод об уровне развития пространственного мышления у представителей различных кластеров.

Ключевые слова: структура интеллекта, пространственное мышление, пространственные представления, кластерный анализ, частотные характеристики, концентрация внимания, время правильного и неправильного ответа, частота появления ошибок.

Nefedovsky V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Savitsky Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Terekhov V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Shakhray E.A.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The paper presents an analysis of the level of development of spatial learning based on the results of the 8th subtest of the Amthauer test to determine the structure of intelligence. The study was conducted using cluster analysis methods. Based on the results of dividing the participants into clusters, a conclusion was made about the level of development of spatial thinking among representatives of various clusters.

Keywords: structure of intelligence, spatial thinking, spatial representations, cluster analysis, frequency characteristics, concentration of attention, time of correct and incorrect answers, frequency of errors.

Тест Амтхауэра предназначен для определения структуры интеллекта. Он позволяет оценить не только общий уровень развития интеллекта человека, но и отдельных его компонентов. В частности, 8 субтест позволяет оценить уровень развития пространственного мышления человека. В этом тесте участнику предъявляется исходный куб и четыре варианта, из которых один представляет исходный, повернутый на 90° относительно двух осей (рисунок 1). Задание предусматривает мысленный поворот кубика и сопоставление его с другими кубиками.

Такой тест определяет способность участника оперировать пространственными представлениями. В то же время выполнение указанного типа задач имеет свою специфику, которая заключается в том, что исходный образ, созданный в процессе решения задачи, мысленно видоизменяется участником. Однако эти изменения касаются, в

основном, пространственного положения и не затрагивают структурных особенностей образа. Таким образом, высокий показатель выполнения этого теста позволяет сделать опосредованный вывод об умении участника работать с объемными предметами в практическом пространстве, т.е. косвенно определить уровень развития наглядно-действенного мышления.

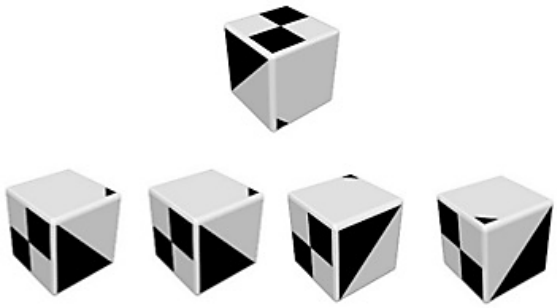


Рисунок 1

Участнику предлагалось выполнить 20 заданий, время на выполнение не ограничивалось. При анализе рассматривались общее время выполнения упражнений, количество ошибок, среднее время правильных и среднее время неправильных ответов. Обработка полученных результатов производилась методами кластерного анализа. Разбиение на кластеры проводилось с использованием метода k-средних, в качестве метрики (расстояния) использовалось Евклидово расстояние, начальное количество кластеров равно 4, количество итераций – 50.

В результате разбиения с указанными выше параметрами для первого этапа получено 4 кластера следующего состава: 1 – 20,3 %, 2 – 50,5 %; 3 – 5,5 %; 4 – 23,7 %.

График изменения основных масштабированных параметров представлен на рисунке 2.

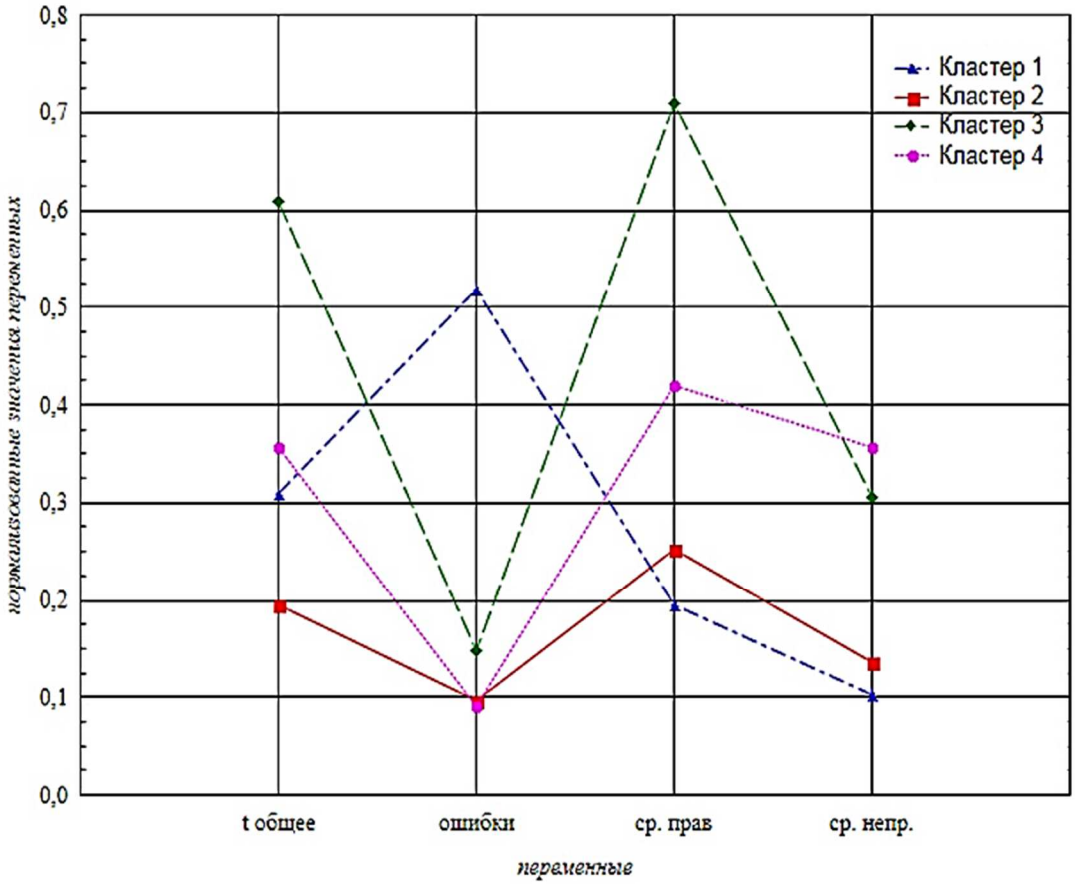


Рисунок 2

Из анализа этого графика можно сделать следующие выводы.

Кластер 1 – представители этого кластера характеризуются средним значением общего времени выполнения упражнения, максимальным количеством ошибок, минимальными средними временами правильных и неправильных ответов. Представители этой группы стараются выполнить задание быстрее, но при этом делают большое количество ошибок.

График изменения основных масштабированных параметров представлен на рисунке 2. Анализ этого графика позволяет сделать следующие выводы:

Представители кластера 1 характеризуются средним общим временем выполнения упражнения. При этом они совершают максимальное количество ошибок и имеют минимальные средние времена как для правильных, так и для неправильных ответов. Члены этой группы стремятся выполнять задание быстрее, однако при этом допускают много ошибок.

Представители второго кластера характеризуется минимальным общим временем и минимальным количеством ошибок, а также минимальными средними временами как для правильных, так и для неправильных ответов. Этот кластер составляет самую большую группу (50,5 %) и отличается достаточно развитым пространственным мышлением. Ошибки у представителей этой группы, по всей вероятности, возникают из-за невнимательности, поскольку среднее время правильных и неправильных ответов приблизительно одинаково.

Представители третьего кластера характеризуется максимальным общим временем, минимальным количеством ошибок и максимальным средним временем как для правильных, так и для неправильных ответов. Этот кластер составляет самую маленькую группу – всего 5,5 %. Представители этого кластера тратят значительное количество времени на каждый вопрос, что позволяет им делать минимальное количество ошибок. Большая разница между средним временем правильного и неправильного ответа указывает на то, что ошибки возникают в результате торопливости.

Кластер 4 характеризуется средним общим временем и минимальным количеством ошибок, при этом средние значения времени правильных ответов средние, а времени неправильных ответов – очень высокие. Этот кластер является вторым по численности (23,7 %). Исходя из среднего времени, затраченного на правильные ответы, представители этого кластера вдумчиво подходят к решению каждой задачи упражнения, не торопятся давать ответ и проверяют верность решения. Однако ошибки возникают при значительном увеличении времени, затрачиваемого на ответ – чистое среднее время неправильных ответов у них самое высокое. Это единственная группа, у которой не масштабированное среднее время неправильных ответов больше, чем среднее время правильных. Вероятная причина появления неправильных ответов – неуверенность в правильности выбранного решения.

Следует отметить, что нумерация кластеров – величина чисто условная. Номера кластеров при разбиении присваиваются в случайном порядке при начальном определении центров по максимальному удалению. Поэтому ориентироваться необходимо только по характеристикам кластеров.

На рисунке 3 представлены частотные характеристики для типичного представителя первого кластера. Пунктиром показана полиномиальная аппроксимация исходной кривой. На графике можно отметить повышение частоты ошибок в начале и конце выполнения упражнения и снижение в середине упражнения. Причиной такого поведения частоты ошибок может быть следующее:

- В начале упражнения участник привыкает к заданиям, осваивает работу с ними, поэтому после первых 5–10 попыток выполнения заданий частота ошибок стабилизируется;
- После этого у участника наступает усталость, и в последней трети упражнения происходит подъём частоты ошибок;
- Ближе к концу выполнения упражнения влияние наработки опыта выполнения заданий становится больше влияния фактора усталости, поэтому частота ошибок начинает несколько снижаться.

На рисунке 4 для того же участника представлена зависимость времени попытки ответа, времени правильного и неправильного ответов от номера попытки. На этом графике можно отметить значительное снижение среднего времени ответа.



Рисунок 3

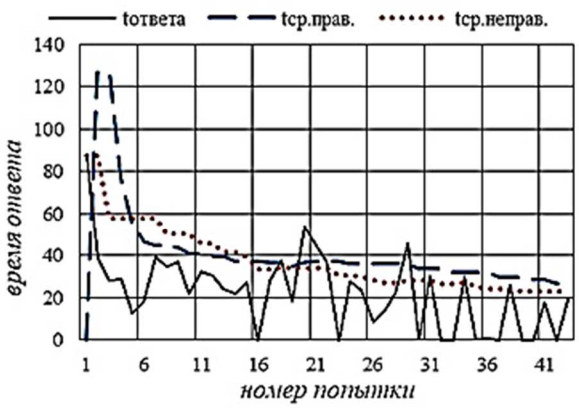


Рисунок 4

Однако, как следует из графика времени ответов, такое снижение произошло за счет большого количества неправильных ответов с около нулевым временем в последней трети упражнения. Это говорит о том, что участник потерял концентрацию внимания в конце упражнения, и рост частоты ошибок в конце упражнения обусловлен в том числе и этим фактором. Частотные характеристики для типового участника второго кластера приведены на рисунке 5. Характер изменения частотной характеристики показывает подъем частоты ошибок в начале выполнения упражнения с последующим снижением и стабилизацией на завершающем этапе. Физический смысл этого графика описывается следующим образом:

1. На начальном этапе «привыкания» к выполнению упражнения количество ошибок достаточно высоко.

2. В дальнейшем, при наработке определенного опыта выполнения заданий, количество ошибок снижается.

3. В отличие от участников из первого кластера, эффект «усталости» не проявляется, поэтому количество ошибок стабилизируется на некотором значении.

Таким образом, для участников второго кластера характерно отсутствие увеличения ошибок в конце упражнения, что свидетельствует о более устойчивой концентрации и отсутствии усталости.

Зависимость времени ответа, среднего времени правильных и неправильных ответов представлена на рисунке 6.

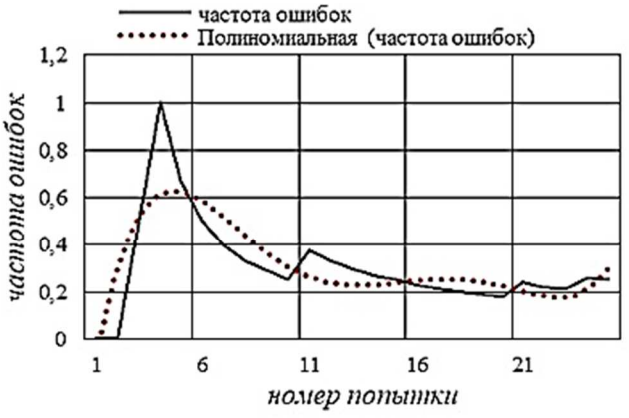


Рисунок 5



Рисунок 6

Здесь можно отметить следующие особенности:

1. **На начальном этапе**:

На правильные ответы участник тратит намного больше времени, чем на неправильные.

Это объясняется тем, что на начальном этапе ошибки появляются из-за желания участника как можно быстрее дать ответ.

2. **В дальнейшем**:

По мере наработки алгоритмов поиска правильного ответа, средние времена правильных и неправильных ответов стабилизируются.

Ближе к концу выполнения упражнения разница между средними временами правильных и неправильных ответов практически сходится к нулю.

3. **Корреляция**:

Можно отметить значительную корреляцию между временем ответа и частотой ошибок.

Таким образом, график показывает, как с опытом выполнения заданий участник становится более уверенным и эффективным, что приводит к стабилизации времени ответов и уменьшению частоты ошибок.

Частотные характеристики представителя третьего кластера приведены на рисунке 7. Характер изменения основных параметров в этом кластере похож на параметры второго кластера, основная разница заключается только в абсолютных значениях величин общего времени, количества ошибок и средних времен правильных и неправильных ответов. У представителя третьего кластера отмечается:

1. **Незначительное падение частоты ошибок во второй трети упражнения и значительное – в последней трети.**

2. **Абсолютные значения частот ошибок** соизмеримы с представителем второго кластера.

3. **Характер изменения частоты ошибок** совпадает с вторым кластером, заметная разница только в амплитудных значениях.

Зависимости времени ответа, средних времен правильных и неправильных ответов представлены на рисунке 8.



Рисунок 7

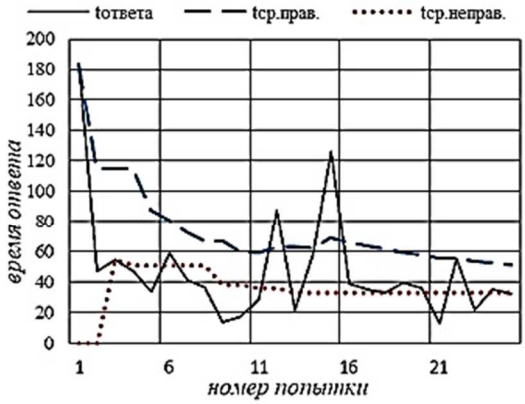


Рисунок 8

Для этих зависимостей наблюдается сильная корреляция представителей третьего и второго кластеров. Для представителя третьего кластера также наблюдаются следующие особенности:

– **увеличенное значение среднего времени правильного ответа в начальной части** с последующим снижением и стабилизацией;

– **среднее время неправильного ответа** также достаточно быстро стабилизируется;

– **в дальнейшем сохраняется заметная стабильная разница средних времен правильных и неправильных ответов**, причем среднее время правильного ответа на протяжении всего упражнения больше среднего времени неправильного ответа. Это может свидетельствовать о том, что причиной появления неправильных ответов является попытка ускорить ответ;

– **корреляция между частотой ошибок и временем выполнения задания** у представителя третьего кластера также выражена достаточно отчетливо.

Таким образом, графики показывают, что участники третьего кластера демонстрируют схожие тенденции с участниками второго кластера, но с различиями в абсолютных значениях параметров.

С учётом того, что количественный состав третьего кластера самый маленький (около 5 %) и из-за большого сходства зависимостей для участников второго и третьего кластеров, можно предположить, что при сокращении количества кластеров большая часть участников из третьего кластера будет мигрировать во второй.

Частотные характеристики представителя четвёртого кластера представлены на рисунке 7. Некоторые начальное снижение частоты в конце первой трети упражнения сменяется длительным ростом частоты ошибок, которая достигает своего максимума к началу последней трети. В конце выполнения упражнения следует небольшое снижение частоты. Такой характер поведения частоты ошибок может свидетельствовать о низком пороге «выносливости» – в конце первой трети наступает усталость, и участник либо теряет концентрацию, либо не может сосредоточиться на поиске правильного ответа. По мере выполнения упражнения наработанный опыт позволяет в некоторой степени снизить влияние усталости, но полностью компенсировать ее влияние не удается. В этом смысле частотные характеристики четвертого кластера очень схожи с характеристиками первого кластера, где частота ошибок также начинает увеличиваться в начале первой трети упражнения.

Зависимости времени ответа, среднего времени правильного и неправильного ответа для представителя четвертого кластера представлены на рисунке 8. Здесь внимания заслуживает практически постоянное время правильного ответа, что также было характерно для участников из кластера 1. Среднее время неправильных ответов в начале существенно повышено и даже в некоторый момент превышает среднее время правильного ответа. В дальнейшем оно снижается и в последней трети упражнения стабилизируется, что также может служить косвенным признаком наработки определенных умений по выполнению заданий упражнения.

Исходя из анализа средних значений переменных можно предположить, что наибольшим уровнем развития пространственного мышления обладают представители кластеров 2 и 4, а наименьшим – представители кластера 1.

Список литературы:

1. Шубртова С. Об интеллектуальном развитии. Пространственное мышление и воображение. – 2010. – URL : http://itsidea.ru/page/prostranstvennoe-myshlenie-i-voobrazhenie
2. Кузнецова Г.В. К вопросу повышения качества знаний студентов технических вузов по графическим дисциплинам / Г.В. Кузнецова, Л.И. Кравцова, И.И. Кострубова // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 9.
3. Савицкий Ю.А. Математические методы обработки экспериментально-психологических данных с использованием линейных диагностических моделей / Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов, В.А. Нефедовский // Естественные и технические науки. – 2021. – № 11(162). – С. 260–268.
4. Нефедовский В.А. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. Сетевое издание. – 2021. – № 2. – С. 226–237.
5. Развитие пространственного мышления как фактора, влияющего на подготовку операторов управления беспилотных летательных аппаратов / В.А. Нефедовский [и др.] // Сборник научных статей по материалам III всероссийской конференции «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития». – 2021. – С. 80–86.
6. Программа создания тестов для развития пространственного мышления CUBE CONSTRUCTOR / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.А. Коссой, М.В. Степанова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2021666568, 15.10.2021. Заявка № 2021665797.
7. Программа тестирования уровня развития пространственного мышления CUBE_TEST / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.А. Коссой, М.В. Степанова, Ф.В. Мальчинский, Э.А. Крачко, М.Г. Лукинова // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022664773, 04.08.2022. Заявка № 2022663404 от 15.07.2022.
8. 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.
9. Нефедовский В.А. Теория обработки результатов исследований в области развития пространственного мышления / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, Л.М. Медяникова // Гуманитарные и социальные науки. – 2024. – Т. 102. – № 1. – С. 178–183.

10. Савицкий Ю.А. К вопросу о развитии профессиональных умений и навыков у курсантов военных вузов / Ю.А. Савицкий, Н.И. Васькова, В.А. Нефедовский; КВВАУЛ им. А.К. Серова // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос (19–20 апреля 2023 года). Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 283–288.
11. Степанова М.В. Моделирование иллюзий / М.В. Степанова, В.А. Нефедовский, А.Р. Горобчук // XI международная научно-практическая конференция молодых учёных, посвящённая 59-й годовщине полёта Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 183–186.

УДК 623

ПЕРВЫЙ КОСМИЧЕСКИЙ ЭКИПАЖ «ВОСХОД – 1»
♦♦♦♦♦
THE FIRST «VOSKHOD-1» SPACE CREW

Пирогланов Ш.Ш.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Джанхуватов М.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена историческому событию, связанному с запуском первого советского космического корабля «Восход-1» в 1964 году и его экипажу. «Восход-1» стал первым пилотируемым космическим кораблем, на борту которого находился не один, а сразу три космонавта: Владимир Комаров, Константин Феоктистов и Борис Егоров.

Ключевые слова: космический корабль, космонавты, экипаж, первый экипаж, мировая космонавтика.

Piroglanov Sh.Sh.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Dzhankhuvatov M.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is devoted to the historical event related to the launch of the first Soviet spacecraft Voskhod-1 in 1964 and its crew. Voskhod-1 became the first manned spacecraft with not one but three cosmonauts on board: Vladimir Komarov, Konstantin Feoktistov and Boris Egorov.

Keywords: spacecraft, astronauts, crew, first crew, world cosmonautics.

12 октября 1964 года Советский Союз вновь подтвердил свое лидерство в освоении околоземного пространства. В этот день человечество впервые увидело многоразовый пилотируемый аппарат, отправившийся в космос. Этот полет стал причиной нескольких абсолютных и мировых рекордов, среди которых – тот факт, что космонавты, провевшие на орбите всего два дня, взлетели под командованием одного советского лидера, а о результатах сообщили другому.

Успехи советской пилотируемой программы «Восток» открыли путь к разработке многоместных космических кораблей. Программа таких полетов, получившая название «Восход», была запущена в 1963 году. Рекомендацию заняться этой задачей в ОКБ-1 Сергея Королева дал непосредственно советский лидер Никита Хрущев. В 1964 году американцы планировали запустить свой двухместный космический корабль «Джеймини», и Советский Союз не собирался уступать им космическое превосходство.

Запуск первого пилотируемого космического корабля «Восход-1» стал важной вехой в истории космонавтики и символом успехов советской космической программы. Экипаж данного полета заложил основы для последующих миссий и продемонстрировал возможности многократного пилотируемого полета, а также влияние космических исследований на развитие науки и технологий.

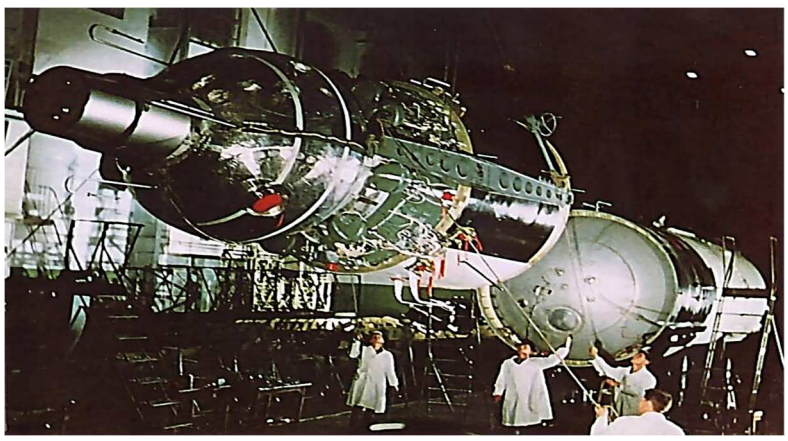


Рисунок 1 – Корабль в сборочном цеху

На борту корабля «Восход» было установлено новое, более продвинутое и разнообразное оборудование. В дополнение к ранее использовавшимся системам ориентации была внедрена новая технология, позволяющая точно определять местоположение корабля в пространстве и уточнять его положение относительно поверхности Земли. Космонавты имели доступ к множеству средств радиосвязи и современной, усовершенствованной системе телевидения.

«Восход» существенно отличался от своих предшественников благодаря принципиально новой системе мягкой посадки. Теперь самый сложный этап полета – спуск и приземление – перестал вызывать затруднения. Многотонный корабль касался земли практически с нулевой скоростью, словно зависая в воздухе, как вертолет, и бесшумно опускался на поверхность планеты. Такое приземление обычно описывают писатели-фантасты, представляя будущие технологии на неизведанных планетах. Далекие мечты о комфортном космическом путешествии стали реальностью благодаря усилиям советских ученых и инженеров. Старт «Восхода» также ощущался космонавтами гораздо более мягким и спокойным по сравнению с предыдущими ракетами.

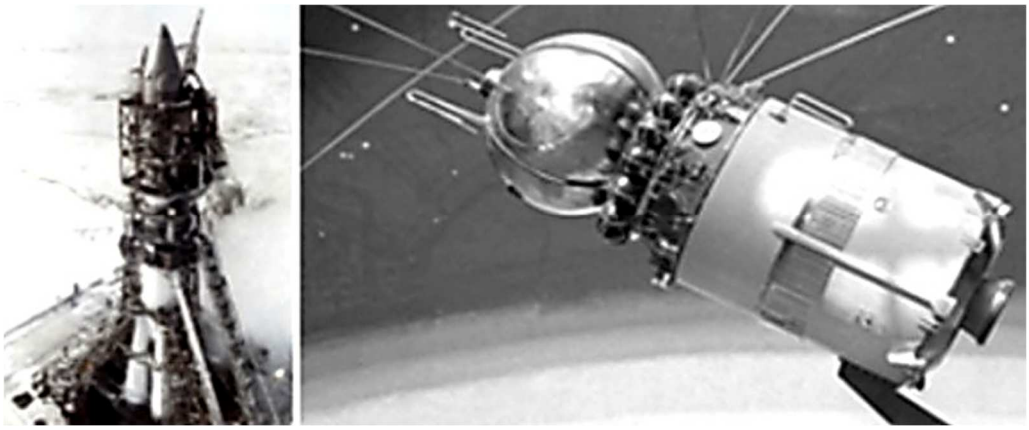


Рисунок 2 – Советский трехместный корабль «Восход»

«Восход» отличался от своего предшественника наличием нескольких членов экипажа и возможностью проведения различных научных экспериментов.

Экипаж «Восхода-1» состоял из трех космонавтов:

Владимир Комаров – командир;

Константин Феоктистов – бортинженер;

Борис Егоров – врач.

Подготовка экипажа проходила в условиях строгой секретности и максимальной концентрации на задачах предстоящего полета. Космонавты проходили интенсивные тренировки и подготовку к различным ситуациям, которые могли возникнуть в космосе.

Экипаж корабля состоял из командира корабля летчика-космонавта Владимира Михайловича Комарова, научного работника кандидата технических наук Константина Петровича Феоктистова и врача Бориса Борисовича Егорова.

В новом корабле уже можно различить черты будущих космических лабораторий и космических стратопланов. Если в нем пока еще не очень просторно, нельзя, например, ходить, нет спальных мест и письменных столов, то нет уже и катапультируемых кресел и космонавты не одеты в стесняющие движения скафандры.

Три специалиста разных профилей вели одновременно комплексные физико-технические и медико-биологические исследования, помогая и дополняя друг друга. Врач проверял на себе действие невесомости и сравнивал свои впечатления с ощущениями других членов экипажа; ученый наблюдал за горизонтом, полярным сиянием, светящимися частицами за окнами иллюминаторов; а командир экипажа оценивал управляемость корабля, проверял ориентировку по звездам и наблюдал ориентиры на Земле. Все трое могли проверить и сравнить свои впечатления, обменяться мнениями, посоветоваться друг с другом и, наконец, поспорить. Сбор научной информации в космосе не прекращался ни на минуту.

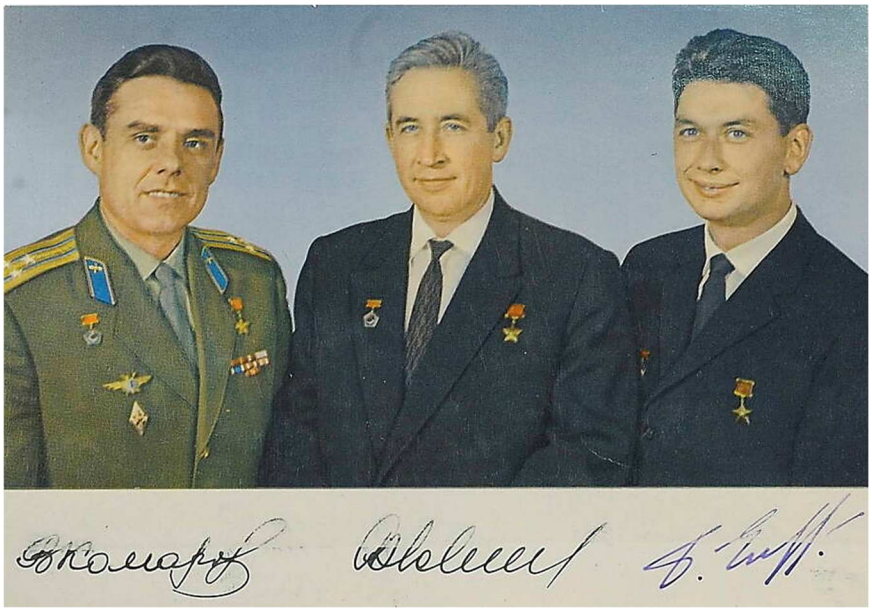


Рисунок 3 – Командир корабля летчик-космонавт – Владимир Михайлович Комаров, научный работник кандидат технических наук – Константин Петрович Феоктистов, врач – Борис Борисович Егоров

Запуск «Восхода-1» осуществлялся с космодрома Байконур. Корабль поднялся в космос на ракете носителе «ПС-1» и стал первым многоразовым пилотируемым кораблем, который вывел на орбиту сразу три человека.

Во время полета, который длился около 24 часов, экипаж проводил различные эксперименты, включая медицинские наблюдения и тестирование новых технологий. Одним из важных аспектов миссии стало использование системы жизнеобеспечения, которая обеспечивала комфортные условия для космонавтов.

Кроме того, в ходе полета были проведены первые групповые действия в космосе, что открыло новые горизонты для будущих экспедиций. Экипаж успешно выполнил поставленные задачи и вернулся на Землю, приземлившись в заданном районе.

Ракета-носитель с кораблем «Восход-1» стартовала с Байконура 12 октября в половине одиннадцатого утра по московскому времени. Опаснее всего были момент запуска и первые сорок четыре секунды полета. Из-за отсутствия скафандров и катапульт спасти экипаж, если бы на старте случилась авария, не было шансов. То же касалось и первых 27 секунд полета. На следующих семнадцати шансы на спасение были, но мизерные. Однако обошлось. В строго назначенное время космический корабль «Восход-1» вышел на свою орбиту.

Вскоре ТАСС сообщило всему миру, что Советский Союз впервые в человеческой истории отправил в околоземное пространство сразу троих космонавтов на одном корабле.

Успешный полет «Восход-1» стал значительным шагом вперёд в области космонавтики. Он продемонстрировал возможности многоразового использования космических кораблей и положил начало новому этапу в развитии пилотируемых космических программ. Миссия также подтвердила важность международного сотрудничества в области научных исследований и достижений.

За 16 витков, составивших суточный, полет первого «Восхода», экипаж успел выполнить множество задач. На втором витке космонавты передали приветствие участникам летней Олимпиады в Токио, открывшейся 10 октября (сборная СССР заняла первое место в общем медальном зачете). В ходе третьего и четвертого витков экипаж проводил физиологические исследования: измерял кровяное давление и легочную вентиляцию, а также анализировал кровь. Борис Егоров исследовал сердечно-сосудистую систему и вестибулярный аппарат сначала у себя, затем у Феоктистова; этот эксперимент проводился на орбите впервые. Далее космонавты работали по индивидуальным планам, включая тренировку мануального захода на посадку, а также участие в сеансе телесвязи с государственной комиссией, собравшейся на Байконуре.

На шестнадцатом витке корабль начал подготовку к посадке, и в этот момент связь с «Восходом-1» была потеряна. Восстановить ее не удалось, и напряжение среди всех участников миссии снизилось только тогда, когда начальник службы поиска, генерал-лейтенант Александр Кутасин, сообщил, что его подчиненные видят спускаемый аппарат, медленно опускающийся на парашютах.

Вскоре поступило сообщение от пилота поискового Ил-14, который обнаружил место приземления капсулы «Восхода-1», а рядом с ней трех космонавтов, которые махали руками.

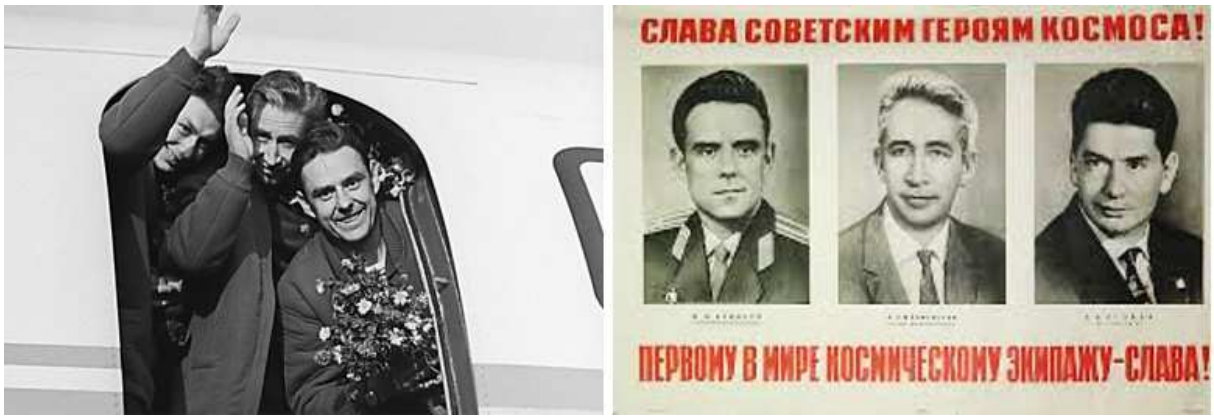


Рисунок 4

Экипаж корабля «Восход» установил два абсолютных мировых рекорда: максимальной высоты космического полёта (408 километров) и максимальной массы (5320 килограммов), поднятой на такую высоту, и два мировых рекорда: дальность полёта (669784,027 километра) и продолжительность полёта (24 часа 17 минут 03 секунды) в категории многоместных космических кораблей.

Самый рискованный советский космический полет завершился успешно.

Список литературы:

1. Борисенко А. Экипажи советских космических кораблей: 1960-е годы. – М. : Советская Россия, 2016.
2. Гагарин Ю.А. Первый полет человека в космос: Доклады и исследования. – М. : Молодая гвардия, 1969.
3. Кончаловский А. История космонавтики: от первых шагов к звёздам. – М. : Научное издательство, 2015.
4. Программа «Восход». Документы и материалы о первом полете «Восход-1». Архив Государственного музея истории космонавтики. – 2020.
5. Федерация космонавтики России. Космические миссии: от «Восхода» до современности. – М. : ФКР, 2022.

УДК 335

«САМОЛЕТ-НЕВИДИМКА» ДЛЯ ВВС КРАСНОЙ АРМИИ
♦♦♦♦♦
«STEALTH AIRCRAFT» FOR RED ARMY AIR FORCE

Анцупов И.С.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании и испытании ВВС Красной Армии самолета-разведчика из материалов уменьшающих его визуальное обнаружение.

Ключевые слова: «самолет-невидимка», фюзеляж, двигатель, прозрачный, заметность, эффект, полет, самолет, разведчик.

Antsupov I.S.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about the creation and confusion of the Red Army Air Force reconnaissance aircraft from materials that reduce its visual detection.

Keywords: stealth aircraft, fuselage, engine, transparent, visibility, flight, airplane, scout.

«Далеко не всегда подлинно Прогрессивно то, что кажется таковым с первого взгляда».

М. Галай,
заслуженный летчик-испытатель, Герой СССР

Известно, что основные пути развития авиации определялись и определяются главным образом прогрессом летательных аппаратов военного применения, на разработку которых затрагиваются большие силы и средства. Кроме того следует иметь в виду, что связь между развитием авиационной техники и ее использованием носит двухсторонний характер. С одной стороны, постановка новых задач вдохновляет конструкторов самолетов на поиск лучших технических решений. С другой стороны, разработка новой авиационной техники открывает перед авиацией новые возможности ее применения.

Начальник кафедры конструирования самолетов Военно-воздушной академии (ВВА), С.Г. Козлов начал работать над уменьшением видимости самолетов в конце двадцатых годов. До 1934 г. его деятельность ограничивалась теоретическими изысканиями и примитивными экспериментами, которые можно было провести без каких бы то ни было ассигнований.

Отсутствие заказа позволило Козлову не спеша и основательно продумать пути максимального уменьшения видимости летательного аппарата и направления обхода всех препятствий, стоявших на этом пути. Возникшую проблему конструктор разделил на три задачи: снижение видимости обшивки, каркаса планера и мотора, экипажа, вооружения и т.д.

Для решения первой задачи Козлов выбрал прозрачное покрытие. Исследовав несколько, наиболее подходящих материалов, он остановился на целлоне (целлон – ацетилцеллюлоза, получается путем воздействия ледяной кислоты и уксусного ангидрида на целлюлозу в присутствии катализатора. По механическим свойствам несколько уступает целлулоиду, но, в отличие от него, не горюч, более стоек к действию света, кислот, щелочей и органических растворителей.

При дальнейшем усовершенствовании именно целлон имел наибольшие шансы стать полноценным материалом для прозрачной обшивки [1].

Анализируя вторую задачу, он отмечал, что, кроме обычного стремления конструкторов облегчить силовую конструкцию, для уменьшения видимости самолета необходимо всемерно снизить габариты силовых элементов. Исходя из этого, на первое место, по мнению Козлова, вместо дюраля выходила нормализованная хромомолибденовая сталь.

По своим физико-механическим свойствам целлон не мог воспринимать нагрузки, действовавшие на планер. Поэтому наиболее перспективными, с точки зрения малозаметности, становились ферменные конструкции, которые в первой половине 1930-х еще широко применялись в авиации.

Пытаясь найти ответ на третий вопрос, Сергей Григорьевич предложил для уменьшения видимости экипажа, вооружения, мотора и оборудования использовать некую «световую броню». Но пути ее реализации он, вероятно, ясно не представлял [2].

Суть заключалась в том, что любой предмет на фоне неба выглядит значительно темнее, чем оно само. Связано это с тем, что нижние поверхности освещаются отраженным от земли светом, а коэффициент его отражения колеблется в зависимости от местности от 4 до 15 %. Исключение – только снег (80 %). Летом нижние поверхности будут в 6–20 раз темнее. В идеале надо подсветить нижние непрозрачные поверхности самолета или установить на них направленный вниз источник рассеянного света.

Сочетание всех трех направлений позволило бы построить максимально невидимый (или минимально видимый) самолет. Но значение для маскировки и цена осуществления каждого из них были неравноценны. Пока все внимание сосредоточили на прозрачной обшивке [3].

В конце сентября 1934 г. Козлов для своих экспериментов получил от ВВС самолет У-2 и первые ассигнования.

С задней части фюзеляжа поликарповского «кукурузника», от второго сиденья и до начала стабилизатора, перкалевую обшивку заменили целлоном. Пришлось использовать случайно подвернувшийся под руку материал, механические качества которого оказались невысокими, а прозрачность оставляла желать лучшего.

Кроме того, некондиционный целлон обладал сильным желто-коричневым цветом. Уже в середине октября доработку машины закончили, и в присутствии начальника Управления ВВС Алксниса и представителей военно-воздушная академия (ВВА) полупрозрачный У-2 совершил ряд полетов, показавших заметное, по сравнению с серийным аппаратом, уменьшение видимости фюзеляжа. Алкснису идея очень понравилась, и он счел необходимым продолжить опыты [4].

В феврале 1935 г. Я.И. Алкснис включил прозрачный самолет в план научно-исследовательских работ академии и приказал срочно выделить для этого АИР-6.

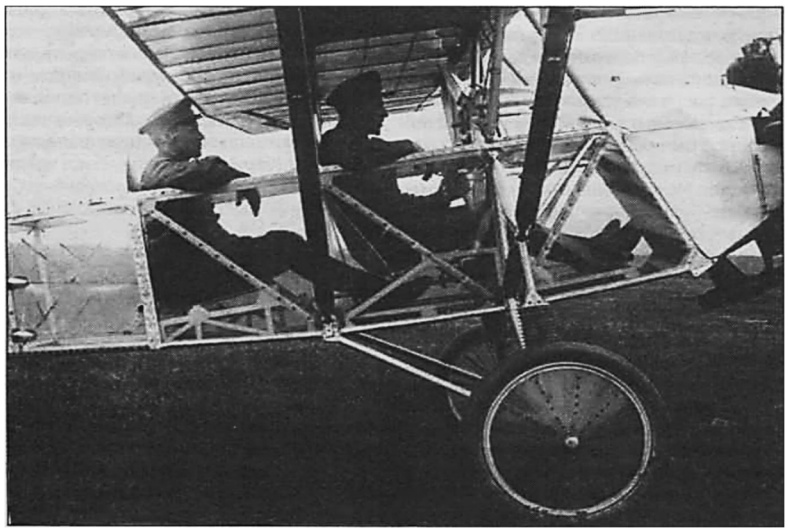


Рисунок 1 – Экипаж в «Прозрачном самолете»

В апреле, началось финансирование. Деньги дал Отдел изобретений Наркомата обороны (ОИ НКО), но вместо АИР-6 Козлову выделили АИР-4. Открытая кабина которая сильно облегчала замену обшивки.

Вначале предполагалось покрыть целлоном все места, обтянутые полотном, но так как большая часть крыла, передняя половина фюзеляжа и некоторые части опере-

ния имели работающую фанерную обшивку, Козлов решил ввести в конструкцию соответствующие изменения и обтянуть целлоном, по возможности, весь самолет, включая колеса [5].

Переделки состояли в следующем: заново пересчитали крыло и между лонжеронами ввели дополнительные распорки и расчалки. С самолета сняли два из трех бензобаков, а на их места установили несколько дополнительных нервюр. Вся передняя половина фюзеляжа до конца заднего сиденья в первоначальном виде имела 3-мм фанерную обшивку. Фанеру сняли и, переделав сиденья под парашюты, ввели для них дополнительные крепления. После переделки АИР-4 получил название ПС – «Прозрачный самолет».

Одновременно исследовались свойства материала для прозрачной обшивки. Лучшим оказался целлон Мытищинского химкомбината. Эта партия по своим качествам, хотя еще и не удовлетворяла полностью всем требованиям, но уже близко приближалась ко многим из них и оказалась значительно лучше того материала, который использовали на У-2.

Образцы целлона испытывались в лабораториях ВВА, где определили его механические характеристики. Испытания показали возможность применения целлона не только для обшивки не силовых частей самолета, но и для крыльев и оперения. Прозрачность и чистота образцов также стали значительно лучше.

Листы целлона между собой скреплялись с помощью пистонов и шайб из того же материала. К силовым элементам листы крепились шурупами через пистоны, а к несиловыми шурупами без пистонов, но с прокладкой шайб из целлона. Чтобы обеспечить необходимое натяжение покрытия, листы стягивались шнуровкой. На нервюрах эта шнуровка захватывала еще и саму нервюру. Для безопасности швы шнуровки проклеили матерчатой лентой, а в нервюрах – прошиты суровыми нитками [6].

В дополнение к прозрачной обшивке Козлов сначала предложил сделать поверхность нервюр и стенок лонжеронов АИР-4 зеркальными. При этом он не надеялся на большой эффект такого мероприятия, считая, что для этого зеркальные поверхности должны иметь специальную форму. Работы по «озеркаливанию» оценивались Козловым в довольно значительную сумму. Неудивительно, что в результате ВВА было отпущено 2 кг алюминиевого порошка, с помощью которого и окрасили каркас самолета.

Во второй половине июля 1935-го переделки завершились, и 25 июля, в 5 часов 40 минут утра, несмотря на неблагоприятные метеоусловия (низкая – 100–150 м – сплошная облачность, временами дождь), слушатель академии, летчик М.П. Вахрушев и начальник кабинета конструирования летательных аппаратов Я.Г. Красных совершили первый полет по кругу на высоте 50–100 м. Взлет производился с грязного и размокшего аэродрома. Набор высоты и все остальные этапы полета не отличались от обычных. Короблений и вибрации обшивки не наблюдалось.

Всего в воздухе самолет находился 12 минут. Осмотр самолета показал, что обшивка и её крепление выдержали это испытание.

Хотя в первых полетах проверялась регулировка машины, некоторые выводы о ее заметности можно было уже сделать: «Видимость самолета после взлета на фоне облаков при высоте 30–50 м снижена очень сильно. Когда самолет во взлетном положении идет от наблюдателя, то ясно видны только центральная часть фюзеляжа, шасси и подкосы, остальное хотя и улавливается глазом, но не в виде резких контуров, как обычно, а в виде неясных полос цвета несколько светлее, чем фон облаков.

При нахождении самолета сбоку на высоте 100–150 м на расстоянии от наблюдателя 500–1000 м ясно видны профиль крыла, шасси и профиль горизонтального оперения, мотор и экипаж, временами едва заметно вертикальное оперение, фюзеляж временами пропадает совсем, временами еле заметен в виде очень неясного контура, слегка желтоватого цвета.

При полете самолета на зрителя передний лонжерон крыла ясно виден, как сплошная черта. При прохождении в зените все покрытие прозрачно, но слегка желтоватого цвета. Вся структура самолета: лонжероны, нервюры, шпангоуты видны совершенно ясно через прозрачное покрытие, как в крыле, так и в фюзеляже и оперении. Идея прозрачного покрытия для уменьшения видимости самолета – оправдывает себя».

Дальнейшие испытания провели в Серпухове, куда ранним утром 28 июля ПС, в сопровождении У-2, вылетел из Москвы. На ПС летели Вахрушев и Красных, а на У-2 – летчик Петренко и Козлов. Непрозрачное крыло и кабина ПС обеспечивали экипажу необыкновенный обзор [7].

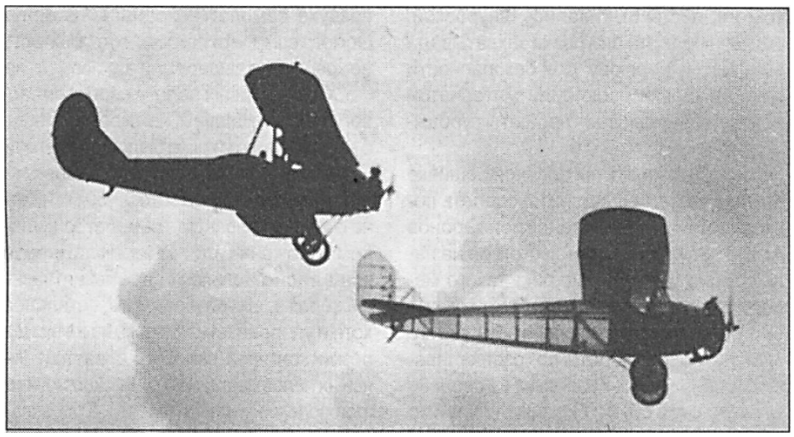


Рисунок 2 – Самолеты ПС и У-2 в воздухе

Полет проходил при ясном небе и ярком солнце, что неожиданно и благоприятно сказалось на целлоновой обшивке. Покрытие, имевшее при вылете желтый оттенок, на солнце отбелилось и стало почти бесцветным. Совершенно пропала и волнистость - покрытие натянулось на всем самолете совершенно ровно.

С.Г. Козлов отмечал, что во время полета фюзеляж и вертикальное оперение при взгляде сбоку пропадали на расстоянии от 600–700 м.

В первых числах августа в соответствии с приказом заместителя Наркома обороны М.Н. Тухачевского НИИ ВВС обязали «произвести испытание (...) и дать свое заключение по применению прозрачного покрытия для маскировки самолетов».

Спустя 9 дней ПС перегнали на аэродром НИИ ВВС, где 22 августа провели испытания, на которых присутствовали, в частности, руководство ОИ НКО, начальник штаба летной бригады НИИ ВВС И.В. Марков и С.Г. Козлов. Председателем комиссии назначили командира летной бригады НИИ ВВС А.И. Залевского [8].

В ходе испытаний летчик Арсентьев летал на ПС вместе с членом комиссии Куприяновым на высотах от 500 до 2500 м, в паре с У-2, а рядом Р-5 (пилот Нагавкин и летнаб Мокрицин), с которого фотографировали эту пару самолетов.

Полеты продолжались 4 часа. Пока самолеты ходили кругами радиусом 1–2 км от центра аэродрома и проходили в зените, члены комиссии с земли и с воздуха проверили видимость ПС на различных фонах - от яркого голубого неба до темных облаков и фоне земли. В качестве неподготовленных наблюдателей, Марков опросил техников, работавших на аэродроме [7].

Результаты испытаний превзошли все ожидания. В акте комиссии отмечалось: «Видимость самолета на большей части ракурсов снижена очень сильно. На 2000–2500 м (...) ПС на некоторых ракурсах не был виден совершенно ни членами комиссии, ни техниками, работавшими на аэродроме, несмотря на то, что положение его было известно, так как и (...) У-2, шедший в паре с ним, и Р-5 были видны ясно. Впечатление таково, что ПС тает на глазах и затем при выходе на менее благоприятный ракурс, появляется снова, но виден все же довольно слабо».

С воздуха заметность самолета была также незначительной: с расстояния 1,5–2 км его обнаруживали только по случайным бликам от солнца или при развороте и полете прямо на наблюдателя, когда сплошные фанерные лонжероны и нервюры перекрывали друг друга и появлялся абрис крыла [6].

Тень от самолета, этот извечный враг маскировщиков, наблюдалась очень слабо в виде небольшого бесформенного пятна, но и она совершенно исчезала при полете на высоте 1500–1700 м, тогда как тень от У-2 была ясно видна. Над темным лесом ПС выделялся лучше, чем над другими фонами.

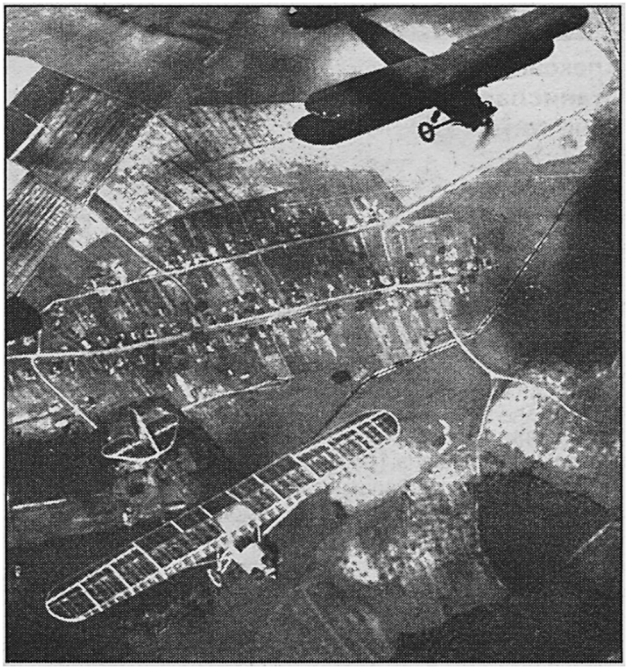


Рисунок 3 – Самолеты У-2 и ПС на фоне земли

Когда ПС и У-2 пошли на посадку, экипаж Р-5, находившийся выше их на 200-300 м, потерял ПС из вида и не мог найти его, хотя знал, что тот находится совсем рядом. Обнаружили ПС только, когда он уже сел и рулил по аэродрому.

В выводах комиссии говорилось, что применение прозрачного покрытия для уменьшения видимости вполне оправдывает себя и высказывалась надежда, что специально сконструированный самолет даст эффект более сильный. При этом рекомендовалось обратить внимание на улучшение прозрачности и физико-механических свойств целлона.

Кроме того, в акте отмечались еще два преимущества прозрачного летательного аппарата, никак не связанных с маскировкой. Летчики-испытатели не были бы ими, если бы не отметили отличный обзор из кабины самолета. В свою очередь инженеры и техники заметили, что в обслуживании ПС из-за прозрачной обшивки являлся «самым удобным из всех существующих».

Окрыленный результатами испытаний С.Г. Козлов вернулся к своему плану и предложил Отделу изобретений НКО развернуть работы по второму пункту – уменьшению видимости каркаса самолета. Он предложил начать проектирование и постройку специального скоростного одноместного фоторазведчика под мотор М-22, конструкция которого могла обеспечить наименьшую видимость силовых элементов. Самолет этот, конечно, следовало обтянуть улучшенным прозрачным покрытием. Эту работу Козлов обещал закончить в 1937 г.

Однако в ОИ НКО придерживались иного мнения. Несмотря на то, что прозрачный самолет в течение месяца находился в обычных аэродромных условиях, оставались сомнения в эксплуатационных свойствах целлона. Его малая прочность не давала полной гарантии при обтяжке им скоростных машин. Заказчик не пожелал возиться с сомнительным изобретением еще два года [7].

В начале ноября 1935 г. работу по прозрачному самолету передали в Экспериментальный институт П.И. Гроховского и включили в план на 1936 г. Однако прозрачного самолета Гроховский так и не построил.

Список литературы:

1. Бычков В.Н. Летопись авиации и воздухоплавания. РАН. – М. : Academia, 2006. – 816 с.
2. Виноградов Р.И. Развитие самолетов мира / Р.И. Виноградов, А.Н. Пономарев. – М. : Машиностроение, 1991. – 384 с.

3. Крылья Родины. Научно-популярный журнал. – 2001. – № 12.
4. Байдуков Г.Ф. Командарм Крылатых. Документальная повесть о Якове Алкснисе. – М. : «Звонница – МГ». – 304 с.
5. Медведев В.И. Опыт боевого применения советской бомбардировочной авиации в локальных войнах и военных конфликтах межвоенного периода // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 19–31.
6. Медведев В.И. Борьба за господство в воздухе на Южном фланге советско-германского фронта 1942–1943 гг. // Военная мысль. – 2022. – № 3. – С. 115.
7. Медведев В.И. Эволюция боевых возможностей бомбардировщиков и штурмовиков ВВС КА в годы великой отечественной войны // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 319–322.

УДК 623

ПЕРВАЯ СКРИПКА В ОРКЕСТРЕ ПВО СТРАНЫ СОВЕТОВ (СВЕРХЗВУКОВОЙ ПЕРЕХВАТЧИК ТУ-128)

♦♦♦♦♦

FIRST VIOLIN IN THE AIR DEFENSE ORCHESTRA OF THE COUNTRY OF THE SOVIETS (SUPERSONIC INTERCEPTOR TU-128)

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании и боевом применении самого большого самолета-перехватчика Ту-128.

Ключевые слова: самолет-перехватчик, ПВО, Туполев, ракеты, ученья, дежурство, испытатель.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about the creation and combat use of the largest interceptor aircraft Tu-128.

Keywords: Interceptor aircraft, air defense, Tupolev, rockets, exercises, duty, investigator.

«Для меня любой самолет – большой
и малый – подлинное восьмое чудо света!
И вот – восьмое только потому, что семь
Предыдущих созданы в древние времена».

П. Аматуни,
фронтовик, летчик, писатель

Атомные бомбардировки японских городов Хиросима и Нагасаки, а также планы американской военщины о ядерных ударах по советским городам свели на нет усилия послевоенного мирного сотрудничества держав, победивших фашизм. Советский Союз был вынужден вступить в гонку вооружений развязанную правительством США. И в этой гонке большое внимание уделялось развитию военной авиации, которая вступала в новую эру – реактивную.

Первые послевоенные воздушные бои в небе Северной Кореи свели на нет преимущество американцев в стратегической авиации. Хваленые суперкрепости, самолеты В-29 первые носители атомных бомб, становились легкой добычей советских летчиков-добровольцев, воевавших на истребителях А.И. Микояна МиГ-15 [4, 5].

Командование стратегической авиации США, сделало выводы и вскоре на вооружение были приняты новые скоростные и супертяжелые бомбардировщики В-36 и В-52. Они обладали большей дальностью, бомбовой нагрузкой, потолком и имели систему дозаправки топливом в воздухе [6].

Простановка на боевое дежурство войск ПВО Советского Союза зенитно-ракетных комплексов и их удачное применение 1 мая 1960 г. по уничтожению самолета-шпиона U-2, создало у руководителя СССР Н.С. Хрущева «ракетную эйфорию». Волюнтаризм лидера страны чуть не похоронил военную авиацию. И только твердая воля советских авиаконструкторов и Командующих авиацией ПВО и ВВС, а также опасность падения на территории страны обломков сбитых самолетов и ядерных боеприпасов, убедили его в создании сверхзвуковых самолетов-перехватчиков, способных уничтожать воздушного противника на дальних рубежах.

В 1958 г. в СССР приняли на вооружение комплекс перехвата воздушных целей Су-9-51 на базе перехватчика Су-9, несущего четыре управляемых снаряда РС-2УС. Он имел существенный недостаток – ограниченную дальность действия. Именно поэтому в том же году вышло постановление Совета Министров СССР о разработке нового комплекса для перехвата стратегических бомбардировщиков В-52 «Стратофорт-

ресс» («Крепость в стратосфере») за пределами границ СССР. Для выполнения этого задания нужно было спроектировать новые самолет-носитель, мощную бортовую РЛС и ракеты «воздух-воздух», способные поражать цель на расстоянии до 20-40 км от носителя [4].

Особенности перехватчика такого класса – габариты и вес – существенно отличали его от обычных истребителей. Он не предназначался для воздушного боя и имел единственную цель – в качестве составной части комплекса быть носителем и пунктом управления ракет. Поэтому задание на проектирование самолета дали не «истребительным» КБ А.И. Микояна, А.С. Яковлева и П.О. Сухого, а ОКБ А.Н. Туполева, обладавшему большим опытом в создании тяжелых машин.

К работе над Ту-28 приступили в том же 1958 г. Главным конструктором по теме назначили И.Ф. Незваля. Радиолокационный прицел РП-С («Смерч») разрабатывало КБ Ф.Ф. Волкова, а ракеты дальнего действия К-80 КБ М.Р. Бисновата. Прототипом для самолета послужил опытный фронтовой бомбардировщик «98», выпущенный в 1956 г. и использовавшийся (после закрытия Н.С. Хрущевым целого ряда тем в авиационных конструкторских организациях) как летающая лаборатория для исследования устойчивости, управляемости и прочности на трансзвуковых и сверхзвуковых скоростях. Новая машина имела много общего с прототипом – примерно те же габариты, конфигурацию и вес. Силовую установку также отработали на «98». Но два двигателя АЛ-7Ф конструкции А.М. Люльки, стоявших на бомбардировщике, заменили на более мощные АЛ-7Ф-2 с тягой 10000 кгс на форсаже. Боковые воздухозаборники несколько изменили по форме и увеличили по площади сечения. Экипаж сократили с трех до двух человек – летчика и штурмана-оператора [3].

Опытный экземпляр Ту-28 начали строить в декабре 1959 г., а к лету самолет был готов. В конце января 1961 г. машину передали на заводские испытания. 18 марта экипаж в составе летчика-испытателя М.В. Козлова и штурмана К.И. Малхасяна совершил на Ту-28 первый полет. Параллельно с испытаниями носителя дорабатывали ракеты и РЛС «Смерч».



Рисунок 1 – Пара Ту-128 в воздухе

Летом 1961 г. новый тяжелый перехватчик решили показать на авиационном празднике в Тушине. Машина удивила не только зрителей, но и многочисленных зарубежных специалистов. Большие размеры самолета и двух ракет (это были макеты), а также огромный обтекатель под фюзеляжем, воспринимаемый как РЛС (под ним скрывалась обычная контрольно-записывающая аппаратура для испытаний), позволили однозначно определить назначение – дальний перехватчик. В НАТО ему присвоили название «Fiddler» («Скрипач»).

Совместные испытания с заказчиком, которые начались в марте 1962 г., уже проводились на двух машинах и закончились в июле 1964-го. За это время приказом министра обороны самолету дали свое название – Ту-128 [1].

30 апреля 1965 г. комплекс дальнего перехвата воздушных целей под новым обозначением Ту-128С-4 приняли на вооружение ПВО, а в октябре следующего года первый Ту-128 прибыл в боевую часть. Летчикам-истребителям не просто стало осваивать новую машину. Потребовался учебно-тренировочный самолет на базе именно Ту-128, хотя первое время обходились машиной для обучения штурманов – Ту-124Ш. В 1966 г. приняли решение строить «спарку», хотя этот термин не совсем подходил для трехместного Ту-128УТ. Вместо РЛС носовую часть фюзеляжа оборудовали кабиной инструктора, напоминавшей клюв пеликана. Из-за отсутствия станции под крылом подвесили макет ракет.



Рисунок 2 – Самолет Ту-128УТ

Большим недостатком «спарки» был исключительно плохой обзор из кабины инструктора из-за малого остекления фонаря и клинообразной конструкции козырька. Впоследствии этот недостаток учли при создании учебно-тренировочных вариантов перехватчика МиГ-25.

Первые Ту-128УТ переоборудовали из серийных боевых машин, а в самом конце серийного производства все же выпустили небольшое число «спарок».

Еще в процессе испытаний предполагалось модернизировать носитель и систему вооружения. Двигатели Л-7Ф-2 фланировали заменить на ВД-19 конструкции Добрынина или даже РД36-41, которые проектировались для самолета Т-4 («100») ОКБ П.О. Сухого. Дорабатывали усовершенствованный локатор РП-СА («Смерч-А») и ракету К-80, которые в серии получили обозначение Р-4Р и Р-4Т в зависимости от способа наведения. Новая машина должна была называться Ту-128А.

На испытаниях удалось достигнуть значительно большей скорости, чем у серийных Ту-128, но по ряду причин эту модель строить не стали. Новую станцию решили установить на перехватчике МиГ-25П [2].

В конце 60-х годов в ОКБ А. Н. Туполева начали работы по новому проекту такого же назначения – Ту-148. Предполагалось, что самолет, оснащенный двумя двигателями РД36-41 и РЛС «Заслон» с фазированной антенной решеткой, будет иметь изменяемую геометрию крыла и вооружение внутри специального закрытого отсека. Масса по сравнению с Ту-128 возрастала на 25 %, дальность – почти в 2 раза. Проект был предложен заказчику и получил поддержку командующего авиацией ПВО А.Л. Кадомцева, не раз летавшего на Ту-128.

Новые комплексы перехвата могли бы прикрыть северную границу СССР значительно меньшим числом носителей, тем более, что к этому времени авиация ПВО осваивала групповой метод использования самолетов Ту-128. Однако после трагиче-

ской гибели Кадомцева новое командование сделало ставку на развитие комплекса на базе МиГ-25П с РЛС «Заслон». В результате в 1975 г. появился опытный двухместный перехватчик МиГ-25МП, а в конце 70-х годов – серийный МиГ-31.

И все-таки Ту-128 удалось модернизировать. Работы, начатые в 1966 г., закончились созданием нового комплекса Ту-128С-4М, который позволял перехватывать маловысотные цели. Самолет Ту-128М оснащался РЛС РП-СМ («Смерч-М») и четырьмя усовершенствованными ракетами (две Р-4РМ и две Р- 4ТМ).

Первый полет нового носителя состоялся 15 октября 1970 г., а весь комплекс испытаний закончился летом 1974 г. К этому времени (в 1971 г.) завершили серийное производство Ту-128, и поэтому вся модернизация была проведена в строю путем доработок самолетов и РЛС. Новый комплекс приняли на вооружение в 1979 г.

Надо отметить то, что по тем временам система вооружения Ту-128 превосходила по всем параметрам системы всех других самолетов авиации ПВО: это и дальность пуска ракет, и высота поражаемых целей, всеракурсность атаки, дальность захвата и обнаружения целей. Плохо было с малыми высотами, но этот недостаток был впоследствии ликвидирован в ходе модернизации Ту-128 в Ту-128М [3].

Боевое применение Ту-128 предполагало несколько типовых вариантов. В одном из них обнаружение целей и наведение перехватчика осуществлялось с помощью наземных станций или самолетами ДРЛО Ту-126. Следует отметить, что при взаимодействии с последними экипажам Ту-128 нередко приходилось работать и в полуавтономном режиме. Дело в том, что диаграмма направленности антенны Ту-126 имела значительную «мертвую зону», представляя собой кольцо, которое цель проскакивала довольно быстро. К тому же, высота полета цели определялась весьма приблизительно, по положению относительно самого Ту-126. Оператор самолета ДРЛО давал только курс и состав цели. Получив эти данные, экипаж Ту-128 вел дальнейший поиск самостоятельно.

При другом – автономном – варианте действовать экипажу Ту-128 предстояло без помощи наземных или воздушных средств наведения. Перехватчику назначался район барражирования, как правило, на эшелоне 11000 м и выше. Эту высоту Ту-128 держал, в отличие от Су-15 и МиГ-31, «не напрягаясь», без форсажа. Существовал вариант использования «сто двадцать восьмого» и в составе отряда из трех-четырех самолетов. В этом случае строй отряда представлял собой узкий или широкий пеленг, в котором последним шла машина командира отряда. Каждый экипаж вел поиск в своем секторе и по радио докладывал командиру обстановку. Тот оценивал ситуацию и принимал решение самостоятельно или докладывал на КП и действовал согласно указания м. На практике этот прием отрабатывался нечасто, так как требовал значительной слетанности экипажей, их высокой летной и тактической подготовки.

С самого начала несения боевого дежурства Ту-128 заняли свое место в системе ПВО СССР. В те годы она строилась следующим образом: передовой авиационный эшелон – по 10 Ту-128 из каждого полка, которые при необходимости перелетали на аэродромы передового базирования (предполагалось их взаимодействие с самолетами ДРЛОТу-126); 1-й эшелон – силы и средства ПВО приграничных районов; 2-й эшелон – силы и средства ПВО внутренних округов. Использование в этой системе Ту-128, способных с полным вооружением «висеть» в воздухе более 2,5 ч, позволило вынести рубеж перехвата воздушных целей до 1100 км от границ СССР.

Наиболее напряженный режим дежурства был на Севере. Здесь экипажи Ту-128 постоянно поднимались в воздух на перехват разведывательных и патрульных самолетов НАТО. Значительное беспокойство экипажам Ту-128 доставляли стратегические самолеты разведчики SR-71, которые регулярно появлялись у советских границ, особенно досаждая при выдвижении перехватчиков на передовые аэродромы.

Американцы на скорости до 1000 км/ч следовали строго вдоль границы территориальных вод, не удаляясь от нее более чем на 5 км, а противодействие им сводилось к параллельному полету по советскую сторону границы [2].

Еще одним видом реальной боевой работы для Ту-128 стала борьба с автоматическими дрейфующими аэростатами (АДА), начиненными разведап-паратурой. Захват такой цели РЛС и последующий пуск ракет производился по контейнеру АДА. Ино-

гда приходилось сбивать и свои аэростаты, сошедшие с установленного курса. В 1970 г. тяжелые перехватчики приняли участие в глобальных учениях «Океан». Тогда один из Ту-128 на короткое время нарушил границу Норвегии, но полет совершался на сверхзвуковой скорости, и средства ПВО НАТО не успели прореагировать на нарушение. Летом 1978 г. экипажи двух полков отрабатывали задачу по прикрытию авианосной группы СФ в море. В качестве средств наведения предполагалось использовать корабельные РЛС. Из-за сильного шторма и качки реализовать эту идею удалось лишь частично, и перехватчики, базировавшиеся на аэродромах Андерма и Хатанга, действовали в полуавтономном режиме. Тем не менее, они успешно перехватывали Ту-95, которые играли роль В-52, атакующих эскадру со стороны Северного Полюса.



Рисунок 3 – Самолет-перехватчик Ту-128 на одном из Северный аэродромов

Экипажи Ту-128 отрабатывали базирование и работу с передовых аэродромов, расположенных вдоль северных границ СССР, таких как Алыкель (Норильск), Хатанга, Тикси, Якутск, Нарьян-Мар. При передислокациях перехватчики выполняли перелеты, превышающие несколько тысяч км. Иногда это приводило к курьезным случаям. Так, в середине 70-х гг. из Владимировки предстояло перегнать два Ту-128 в Семипалатинск. Согласно поданной заявке, длина участка до Омска превышала 2000 км. Экипажам довольно долго не давали разрешения на перелет, и когда они наконец сами пошли разбираться, в чем, собственно, дело, то услышали от соответствующих должностных лиц примерно следующее: «У вас что за самолеты? Истребители? Так вот, в Советском Союзе нет истребителей, летающих на 2000 километров».

При общем положительном мнении о Ту-128 замечаний по нему все же хватало. Как уже отмечалось, машина была весьма строга на посадке. Тщательное «прицеливание» начиналось где-то за 20 км до ВПП, и если дальний привод (4 км) самолет проходил с курсовой ошибкой более 3 °С, то посадка запрещалась, и заход повторялся. На предпосадочном планировании при скорости 450 км/ч перехватчик вяло реагировал на отклонение элеронов. Это иногда приводило к авариям, которые чаще всего происходили с молодыми летчиками.

Серьезные трудности в пилотировании могли возникать из-за топливной системы. Дело в том, что каждый двигатель Ту-128 питался от своей группы баков, неравномерная выработка топлива из которых приводила к кренению самолета в ту или иную

сторону, возникновению моментов на кабрирование или пикирование. В кабине летчика имелись органы управления топливной системой, однако сбалансировать самолет с их помощью было весьма сложно. Поэтому иногда приходилось лететь с до отказа вывернутым штурвалом.



Рисунок 4 – Ту-128 в готовности № 1

В техническом обслуживании Ту-128 сложным не считался. Большое количество лючков обеспечивало доступ к системам. Однако в некоторых местах агрегаты располагались «в два слоя», и часть из них приходилось обслуживать наощупь. Весьма трудоемкой была замена двигателей, требовавшая отстыковки всей хвостовой части самолета.

К концу 70-х годов карьера туполевских перехватчиков вошла в завершающую стадию. Им на смену должен был прийти самолет нового поколения МиГ-31, испытания которого проходили в том числе и в Арктике. Так как еще «сырой» навигационный комплекс МиГа нередко преподносил сюрпризы, в дальних полетах опытную машину сопровождала пара Ту-128. 17 июля 1978 г. экипажи стартовали из Нарьян-Мара для выполнения очередного такого задания. Полет проходил нормально, однако вдруг радиообмен с самолетами нарушился. Вскоре выяснилось, что на удалении 100 км от аэродрома Ту-128 столкнулись друг с другом. Одному экипажу пришлось сразу же катапультироваться, после чего летчик и штурман более 5 часов дожидались спасательного вертолета, плавая на персональных маленьких льдинах в студеной воде Ледовитого океана. Парни оказались выносливыми и смогли пережить такое купание. Второму экипажу, несмотря на то, что у их самолета оказался пробит фюзеляж, помято крыло и заглох один двигатель, удалось вернуться в Нарьян-Мар. И хотя после посадки Ту-128 выкатился за пределы ВПП и завяз в песке, такой исход можно было считать весьма благополучным. Советские летчики имели высокую морально-психологическую подготовку и надежную авиационную технику [1].

В целом Ту-128 пользовался у летчиков высокой репутацией. По воспоминаниям полковника Евглевского. «Если говорить о моем личном впечатлении об этом самолете, то я хочу сказать, что с этой прекрасной машиной я прошел очень большой отрезок жизни, который ни вычеркнуть, ни забыть нельзя. Меня с первой минуты освоения этого «Скрипача», как его называли американцы, восхитила мощность его движения, ощущение силы, массы, послушной движению твоих рук и мысли. Мощные ускорения на взлете и стремительный набор высоты. На сверхзвук Ту-128 переходил на высоте 10–11 км без включения форсажа».

В авиации ПВО самолет Ту-128 и далее Ту-128М воспитал плеяду славных боевых летчиков, которые по праву могут гордиться своим летным мастерством и тем, что впервые на этом самолете они решили задачу полного прикрытия объектов страны от ударов с воздуха на необъятных просторах северных рубежей.

Приведем мнения еще нескольких летчиков. Заместитель командира корпуса ПВО полковник В.И. Анохин считает Ту-128 самым надежным из всех советских перехватчиков того времени. Полет на дозвуке и сверхзвуке на этой машине не имел особых отличий, она не требовала от летчика при полете на сверхзвуковой скорости такого напряжения, как Су-15 и МиГ-31.



Маршал Батицкий П.Ф.



Маршал Савицкий Е.Я.

Рисунок 5 – Главные творцы советской авиации ПВО

Бывший начальник воздушно-огневой подготовки авиационного полка майор Н.И. Попов добавляет: «Самолет был лучше приспособлен для Севера и отрицательных температур, чем МиГ-31... За всю мою летную деятельность сложилось ощущение добротной машины, предназначенной и спроектированной для того, чтобы уничтожить конкретного врага, как можно дальше в автономном режиме». Немаловажным для уважительного отношения летного состава к Ту-128 было и то, что пилоты этих машин имели самый высокий оклад среди истребителей – 190 руб. (на Су-15 – 160 руб.). Собственно, тяжелый перехватчик даже истребителем и не считался. Его гордо именовали «кораблем», а командира экипажа, соответственно, «командиром корабля» [7].

Перевооружение полков ПВО на МиГ-31 завершилось только к концу 80-х гг. В то время многие Ту-128М считались еще пригодными к эксплуатации и были перегнаны на базу хранения во Ржев.

К началу 70-х годов прошлого столетия усилиям Главнокомандующего Войсками ПВО страны маршала Советского Союза П.Ф. Батицкого и его заместителя маршала авиации Е.Я. Савицкого, советские части войск ПВО стали самыми мощными в мире. По периметру границ СССР была выстроена самая передовая система охраны воздушных рубежей страны. Радиотехнические, зенитно-ракетные и истребительные полки надежно прикрывали небо родины. Ставропольское и Армавирское ВВАУЛ готовили летчиков и штурманов-операторов для авиационных полков способных выполнять задачи днем и ночью в простых и сложных метеоусловиях. Все попытки иностранных военных воздушных пиратов приблизиться к нашим гарнизонам жестко пресекались, а нарушители сразу уничтожались иногда даже воздушным тараном, как это сделал выпускник нашего училища капитан Геннадий Николаевич Елисеев на самолете МиГ-21 СМ, 23 ноября 1973 г.



Рисунок 6 – «Скрипач» - летит на перехват

Летный инженерно-технический состав достойно выполнял свой долг, как правило в самых отдаленных гарнизонах бескрайнего Советского Союза, в которых порой отсутствовали элементарные культурно-бытовые условия.

К началу 90-х годов из-за недальновидной политики тогдашнего лидера страны М.С. Горбачева, великая держава распалась на несколько независимых государств вместе с ней исчезла и уникальная система ПВО.

На сегодняшний день благодаря воле и твердой политике Президента России В.В. Путина, а также усилиям Министра Обороны генерала армии С.К. Шойгу, наша страна вновь обрела мощный воздушный щит. Выпускники Краснодарского ВВАУЛ достойно приняли эстафету по охране неба от дедов, отцов и старших братьев. В составе новых Воздушно Космических сил они являются гарантом безопасности нашей страны [7].

Список литературы:

1. Крылья Родины. Научно-популярный журнал. – 1992. – № 5.
2. Авиация и Время. Авиационный журнал Украины. – 1997. – № 2.
3. Е.И. Подрепный. Реактивный прорыв Сталина М. Яуза. Эксмо. – 2008. – 567 с.
4. Медведев В.И. Опыт боевого применения советской бомбардировочной авиации в локальных войнах и военных конфликтах межвоенного периода // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 19–31.
5. Медведев В.И. Борьба за господство в воздухе на Южном фланге советско-германского фронта 1942–1943 гг. // Военная мысль. – 2022. – № 3. – С. 115.
6. Медведев В.И. Эволюция боевых возможностей бомбардировщиков и штурмовиков ВВС КА в годы великой отечественной войны // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 319–322.
7. Медведев В.И. Совершенствование образовательного процесса в авиационных вузах Советского Союза в 1960–1970 годах // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 309–312.

УДК 355

АВИАЦИЯ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

♦♦♦♦♦

AVIATION DURING THE GREAT PATRIOTIC WAR

Николаев А.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Булдыгин О.В.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Nikolaev A.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Buldygin O.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о военной авиационной технике, использовавшейся в годы Великой Отечественной войны, нормативно-правовых актах, на основании которых применялась военная авиационная техника, а также о героических подвигах военной авиации.

Ключевые слова: авиация, самолет, пилот, эскадрилья, подвиг.

Abstract. The article describes the military aviation equipment used during the Great Patriotic War, the normative legal acts on the basis of which military aviation equipment was used, as well as the heroic exploits of military aviation.

Keywords: aviation, airplane, pilot, squadron, feat.

В современных условиях составляющих военную угрозу безопасности и суверенитету Российской Федерации авиация играет огромное значение для Вооруженных сил Российской Федерации (далее ВС РФ) для наиболее эффективного, и целесообразного применения авиации необходимо рассматривать и изучать исторический опыт применения авиации. В данной статье считается целесообразным рассмотреть исторический опыт применения авиации в годы Великой Отечественной войны и провести сравнительный анализ с современными условиями.

Итак, необходимо рассмотреть военную авиационную технику, использовавшуюся в годы Великой отечественной войны.

По мнению Н.М. Щербина авиационный парк западных пограничных округов располагал только 1540 современными самолетами, в то время как противник имел 5000 самолетов новейших конструкций, что в разы превосходило единицы советской техники и в свою очередь разница вызывала актуальные проблемы применения авиации во времена Великой Отечественной Войны [1].

Рассматривая официально размещенную российским государственным архивом научно-технической документацией статистику авиационной техники.

«Если к концу 1928 года более 80 % самолетного парка ВВС составляли самолеты-разведчики, то к июню 1941 года их удельный вес равнялся 3,2 %, бомбардировщиков было 41,2 %, истребителей – 53,4 %, а штурмовиков – 2,2 %.

До 1942 года система управления воздушными силами в СССР представляла собой сложную децентрализованную структуру военной организации, обусловленную стратегическим и оперативно-тактическим назначением, и делилась на следующие виды авиации: войсковую, армейскую и фронтовую. Каждый вид был представлен отдельными родами авиации: истребительной, бомбардировочной, штурмовой.

Группирование родов авиаций для выполнения организованных действий осуществлялось в рамках авиационных дивизий, полков, эскадрилий и бригад. Создание в 1942 году воздушных армий, объединявших разрозненную структуру управления в единый боевой механизм, позволило сосредоточить военную авиацию на главных направлениях удара советских войск.

На момент начала войны в составе Военно-воздушных сил находилось 10045 исправных и 908 неисправных самолетов различного назначения, в том числе: 7541 (из них 442 неисправных) истребителей и фронтовых бомбардировщиков, 556 (142 неис-

правных) разведчиков и штурмовиков, 989 (58 неисправных) самолетов дальнебомбардировочной авиации Главного командования, 1735 (247 неисправных) учебно-тренировочных самолетов и 132 (19 неисправных) самолета вспомогательной авиации» [2].

Так же, при рассмотрении статистики считается необходимым о количестве военных вылетов, которые составили число: 3 миллиона 124 тысячи самолетных вылетов и более 30 миллионов сброшенных бомб [3].

Штурмовик Ил-2, известный как «летающий танк», стал самым массово производимым самолетом в истории авиации. Всего было выпущено более 36 тысяч экземпляров. Его броня защищала пилота и важные узлы самолета, что делало его крайне живучим в бою.

Штурмовик Ил-2 был настолько живучим, что мог возвращаться на базу даже с серьезными повреждениями. Известны случаи, когда самолет прилетал с оторванным крылом или пробитым двигателем.

В СССР в годы войны в авиации служило более тысячи женщин. Они были не только летчицами, но и штурманами, механиками и оружейницами. Лидия Литвяк стала самой результативной женщиной-истребителем, сбив 12 самолетов противника.

В первые месяцы войны советская авиация понесла огромные потери из-за внезапного нападения Германии. Многие самолеты были уничтожены на аэродромах, не успев подняться в воздух. Устаревшие модели, такие как И-15, И-16 и СБ, не могли эффективно противостоять современным немецким истребителям Messerschmitt Bf 109.

Производство авиационной техники было перенесено на восток страны (Урал, Сибирь), что позволило нарастить выпуск новых самолетов.

На вооружение стали поступать новые модели самолетов, такие как истребители Як-1, Як-7, Як-9, Ла-5, штурмовик Ил-2 и бомбардировщик Пе- 2. Эти машины были более современными и могли успешно бороться с немецкой авиацией.

Штурмовик Ил-2 стал одним из символов советской авиации. Его броня и мощное вооружение позволяли эффективно уничтожать наземные цели, включая танки и пехоту противника.

К 1943 году советская авиация начала завоевывать превосходство в воздухе, особенно после Курской битвы. Это стало возможным благодаря улучшению подготовки летчиков, тактики и массовому производству самолетов.

К 1944 году советские ВВС полностью доминировали в воздухе. Немецкая авиация, испытывавшая нехватку топлива и опытных пилотов, уже не могла эффективно противостоять советским самолетам.

Советская авиация активно участвовала в крупных наступательных операциях, таких как операция «Багратион», Берлинская операция и другие. Авиация поддерживала наземные войска, уничтожала коммуникации противника и обеспечивала разведку.

Легкие бомбардировщики По-2 (У-2) широко использовались для ночных бомбардировок. Немцы называли их «кофемолками» из-за характерного звука двигателя.

Основные виды авиации:

Истребители: Як-1, Як-9, Ла-5, Ла-7.

Штурмовики: Ил-2, Ил-10.

Бомбардировщики: Пе-2, Ту-2, СБ.

Ночные бомбардировщики: По-2 (У-2).

Разведчики: Пе-2, Як-9Р.

Так же, считается необходимым уточнить нормативно-правовые и локальные акты, на основании которых применялась военная авиационная техника

В годы великой отечественной войны действовали следующие нормативные акты, регулирующие правовой статус военно-воздушных сил РФ:

Постановления и директивы Советского правительства, регулирующие действия и организацию авиачастей.

Приказы Народного комиссариата обороны (НКО).

Военные инструкции по боевому применению и уставные документы по организации и ведению боя.

Приказы высших государственных орденов о присвоении наград летчиков за выполнение боевых задач.

Документы, регламентирующие взаимодействие между различными воинскими частями.

Исходя из вышеуказанной проблемы недостаточного количества техники, и квалифицированных пилотов господство в небе военно- воздушных сил Советского Союза было обеспечено доблестью, героизмом и патриотизмом советских пилотов.

Немалое преимущество в противодействии немецким истребителям давала высокая маневренность и запас мощности такого фронтового бомбардировщика, каким являлся Пе-2. Он имел свою историю строительства в КБ Петлякова с 1939 г. Наряду с оборонительным вооружением, стрелявшим вперёд и назад, самолёт обладал приспособленной для оборонительного огня компоновкой. Так, для того, чтобы хвостовое оперение не мешало обстрелу задней полусферы, обычный киль был заменён двумя «шайбами» на концах стабилизатора [5].

Если вставал вопрос боевой маневренности в воздушном бою, то этого бомбардировщика часто выручали такие его свойства, как скорость и манёвр. Имея оригинальную компоновку и прекрасные аэродинамические свойства, он развивал скорость 623 км/ч на высоте 6–8 тыс. м. Его конструкция, несмотря на сложную компоновку, выдерживала одиннадцатикратную перегрузку. В процессе боевой эксплуатации, выяснилось, что самолёт легко выполняет фигуры высшего пилотажа. Так, лётчики «полбинского» полка крутили «бочки» почти без потери высоты, что на большой высоте было не под силу немецким истребителям. При этом «родной манёвр» фронтовика – пикирование и резкий выход – режим вообще недоступен для врага, что и использовалось часто «пешками» для ухода от воздушного противника.

Противоистребительные манёвры бомбардировщика Пе-2 оказались настолько эффективны, что часто атаки немецких истребителей завершались безрезультатно, а в группе бомбардировщики Пе-2 могли сами наносить серьёзный урон противнику в воздухе. Так в одном из воздушных боёв на Курской дуге группа бомбардировщиков Пе-2 сбила шесть вражеских истребителей. «Пешки» оказались для немецких истребителей серьёзным противником[4].

Кроме этих показателей улучшению соотношения противоборства в воздухе способствовало также улучшение таких боевых характеристик советских ударных самолётов, как: повышение качества бортового СПВ и прицельных приспособлений самолётов-бомбардировщиков и штурмовиков, а также и их боевая живучесть. Всё это непосредственным образом способствовало улучшению эффективности воздушного боя с превосходящим противником.

Так, одним из лучших самолётов Второй мировой войны был признан советский штурмовик Ил-2. Он доставлял немалые проблемы немецким истребителям, за что получил в годы войны гордое наименование «летающий танк» или как окрестили его фашисты – «Schwarz Tod» (черная смерть), за его огневую мощь, но в большей степени за высокую степень живучести.

Довоенный одноместный маломощный Ил-2 с внешней подвеской бомб «тянул» в лучшем случае на тактический бомбардировщик поля боя, что было явно недостаточно для решения многофункциональных задач. Поэтому в июле 1942 г. был разработан двухместный Ил-2М с более мощными двигателем АМ-38Ф имевшим взлётную мощность до 1760 л.с. (против 1350 на Ил-2), а в 1944 г. на Ил-10 мощность двигателя была доведена до 2000 л.с. В связи с этим он стал практически недосягаем для немецких истребителей [6].

Наиболее яркими примерами героических подвигов военной авиации является:

– «огненный таран» ценой собственной жизни Николая Францевича Гастелло;

первый ночной таран Виктора Васильевича Талалихина;

– огромное количество уничтоженной боевой техники в количестве: 64 вражеских самолета Иван Никитович Кожедуб;

– прикрытие двух советских бомбардировщиков на самолете «ЯК-1» Алексеем Петровичем Маресьевым.

И наиболее ярким примером героизма военной авиации является защитник Кубанского неба Александр Иванович Покрышкин, который вошел в историю уничтожением семи боевых фашистских самолетов за одни сутки, из которых – 4 было уничтожено за одно сражение; введением боевой тактики, называемой «этажерки».

Исходя из вышеуказанного, военно-воздушные силы Советского Союза, уступая в количестве единиц боевой техники, добились своим героизмом и профессионализмом господства в небе, приближая Советский Союз к победе в Великой отечественной войне [7].

Исторический опыт применения авиации необходимо распространять на молодых курсантов, воспитывать квалифицированных пилотов с любовью к своему делу, патриотизмом, доблестью. В современных условиях, которые обуславливают актуальные военные вызовы, данный опыт будет особо эффективен и актуален.

Подводя итоги, считаю, что, все цели данной работы были достигнуты, был рассмотрен исторический опыт, статистика и рассмотрены подвиги военных летчиков в годы Великой отечественной войны.

Список литературы:

1. Щербин Н.М. Завоевания Советской авиацией господства в воздухе в годы Великой Отечественной Войны (1941–1945 гг.).
2. Российский государственный архив научно-технической документации // Авиация в голы Великой Отечественной Войны.
3. Генерал-Полковник авиации Дольников Г.У. // Разоблачение буржуазных фальсификаторов о вкладе Советских Военно Воздушных сил в победу над фашистской Германией.
4. Медведев В.И. Опыт боевого применения советской бомбардировочной авиации в локальных войнах и военных конфликтах межвоенного периода // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 19–31.
5. Медведев В.И. Борьба за господство в воздухе на Южном фланге советско-германского фронта 1942–1943 гг. // Военная мысль. – 2022. – № 3. – С. 115.
6. Медведев В.И. Эволюция боевых возможностей бомбардировщиков и штурмовиков ВВС КА в годы великой отечественной войны // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 319–322.
7. Медведев В.И. Совершенствование образовательного процесса в авиационных вузах Советского Союза в 1960–1970 годах / В.И. Медведев // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 309–312.

УДК 623

«А ЗЕМЛЯ – КРУГЛАЯ!» (К 60-ЛЕТИЮ ПЕРВОГО ВЫХОДА ЧЕЛОВЕКА В КОСМИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО)

♦♦♦♦♦

«THE EARTH IS ROUND!» (FOR THE 60TH ANNIVERSARY OF THE FIRST HUMAN SPACEWALK)

Пашков Г.Н.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Николаев А.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Кунгурцев Т.М.
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о первом выходе в космическое пространство советского космонавта А.А. Леонова, о чрезвычайных ситуациях которые пришлось преодолевать космонавтам.

Ключевые слова: космос, скафандр, выход, шлюз, Восход, корабль, фал, вертолеты, посадка, поиск, тайга, встреча.

Pashkov G.N.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Nikolaev A.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kungurtsev T.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article tells about first spacewalk of the Soviet cosmonaut A.A. Leonov, about the emergency situations that the astronauts had to over come.

Keywords: space, spacesuit, exit, gateway, Voskhod, spaceship, halyard, helicopters, landing, search, taiga, meeting.

«А Земля то, круглая», эти слова непроизвольно вырвались у Алексея Леонова, когда он покинул шлюзовую камеру космического корабля Восход-2, и об этом наш рассказ.

03 декабря 1963 года вышло постановление ЦК КПСС и Совета министров СССР о создании комплексов «Союз» для отработки методов сборки космических объектов на орбите. В пояснительной записке руководства оборонно-промышленного комплекса, направленной в ЦК партии, указывалось, что решение данной задачи позволит «создавать специальные автоматические и пилотируемые космические объекты военного и научного назначения, а также пилотируемые космические корабли для исследования Луны и ближайших планет Солнечной системы».

Как следовало из подписанного документа, только за период 1964–65 годов планировалось создать пять пилотируемых кораблей типа «Восток» для решения задачи выхода человека в открытый космос. Цель таких выходов формулировалась предельно точно: определение возможности непосредственного участия космонавтов в сборке космических аппаратов на орбите. Одной из основных задач Программы являлся приоритет советской конструкторской и научной мысли в экспериментах с выходом человека в открытый космос. В Советском Союзе хорошо знали, что в США полным ходом ведутся работы по решению той же проблемы в рамках программ «Джемини» (в документе она ошибочно названа «Джеминай») и «Аполлон». Сроки американских запусков определялись как 1964–65 годы – и перед советской космонавтикой были поставлены еще более короткие сроки [1].

К 13 июня 1964 года было подготовлено техническое задание на люк-лаз для перехода из космического корабля «объект «ЗКД», поначалу получившего название

«Выход», а позднее – «Восход-2». Через месяц, 22 июля 1964 года, появился приказ Госкомитета по оборонной технике, утверждавший план-график доработки, изготовления и поставки комплектующих для объекта «ЗКД». А еще месяц спустя руководители оборонной промышленности СССР направили в ЦК КПСС докладную записку, в которой шла речь о сроках запусков кораблей с манекенами на борту, вслед за ними должны были подняться уже многоместные пилотируемые аппараты: первые – в августе-сентябре 1964 года, вторые – в сентябре-октябре.



Рисунок 1 – Первый выход человека в открытый космос (Советский космонавт – Алексей Леонов)

Заявленные сроки были выдержаны: 12 октября на орбиту отправился космический корабль «Восход-1» с тремя космонавтами на борту: Владимиром Комаровым, Константином Феоктистовым и Борисом Егоровым. Из-за тесноты, а размеры корабля не сильно отличались от размеров гагаринского «Востока», им пришлось лететь без скафандров, что было чрезвычайно рискованно. Поэтому следующий запуск – пилотируемого корабля «Восход-2» – решено было сдвинуть на первый квартал 1965 года. В программу именно этого полета и должен был войти первый в мире выход человека в открытый космос. Соответствующее постановление Совета министров СССР, одобряющее это предложение, было принято 24 декабря 1964 года.

Для полета «Восхода-2» были определены два экипажа – основной и дублирующий. В первый входили командир корабля подполковник Павел Беляев и пилот майор Алексей Леонов, во второй – командир-дублер Виктор Горбатко (чуть позже его сменил Дмитрий Заикин) и пилот-дублер Евгений Хрунов.

Космонавтам, в первую очередь, предстояло освоить надувную шлюзовую камеру, через которую осуществлялся выход в космос и возвращение на космический корабль, а также скафандр «Беркут», специально созданный для выхода в открытый космос.

Интересно, что тренировки по выходу в открытый космос проводились на борту самолета Ту-104АК, в котором был установлен макет корабля «Восход-2» в натуральную величину с реальной шлюзовой камерой (именно она и полетела в космос позже). При полете самолета по параболической траектории, когда на несколько минут в салоне наступала невесомость, космонавты отрабатывали выход в скафандре через шлюзовую камеру. Кроме этого, подготовка проходила в специальном бассейне, также имитировавшем условия невесомости [1].

Разработкой шлюзовой камеры и скафандром для выхода в открытый космос занимался коллектив завода «Звезда» (Завод № 918 Министерства авиационной промышленности СССР), получивший колоссальный опыт при проектировании систем защитного снаряжения летчиков реактивной авиации и космических скафандров, начиная со скафандра Юрия Гагарина.

Самой главной проблемой были сроки.

За год с небольшим необходимо было не только создать камеру для выхода в открытый космос, но и придумать, как вписать оборудованный ею космический корабль в стандартные габариты обтекателя ракеты-носителя «Восход». Выход был найден оригинальный: камеру, названную «Волгой», сделали надувной. Камера имела 12 «пневморёбер». В сложенном состоянии она представляла собой цилиндр диаметром 700 мм и высотой 770 мм и лишь немного выступала над оболочкой «Восхода-2», что позволяло легко приспособить к нему обычный обтекатель. А на орбите под давлением закачиваемого воздуха расправлялась, превращаясь в трубу длиной 2,5 м и внутренним диаметром до 1 метра (наружный – до 1,2 м). Масса камеры – 250 кг. Перед сходом с орбиты камера отстреливалась от корабля.



Рисунок 2

Костюм скафандра «Беркут» получил трёхслойную оболочку— силовой слой снаружи и два (основной и резервный) герметичных слоя под ним. Защитная одежда представляла собой комбинезон из прочной ткани и с многослойной экранно-вакуумной изоляцией. А уже на эту внешнюю «кожу» надевалась ранцевая кислородная система скафандра. Автономная система представляла собой кислородный прибор КП-55 и 3 кислородных баллона (общий объём 1666 литров), которые были размещены в ранце. Космонавт, перед выходом в космос, должен был надеть ранец и закрепить его на скафандре с помощью подвесной системы. Кислород из баллонов направлялся в шлем, затем попадал под оболочку скафандра и далее выбрасывался в окружающую среду. Также была предусмотрена резервная система подачи кислорода – по шлангу от баллонов, установленных в шлюзовой камере. Система предусматривала возможность регулирования давления в скафандре. Она обеспечивала автономное пребывание космонавта за пределами космического корабля в течение 45 минут, подавая ежеминутно по 30 литров кислородной смеси. Страховочный фал имел длину 7 м. В его состав входили амортизирующее устройство, электрические провода, стальной трос, шланг аварийной подачи кислорода и провода [1].

Скафандров на борту «Восхода-2» было два для того, чтобы командир корабля, в случае аварийной ситуации, мог прийти на выручку пилоту, вышедшему в открытый космос. Общий вес скафандра составлял, приблизительно, 100 кг. Забегая вперед, уточним, что данный тип советского универсального космического скафандра, реально использовался в космосе только в полете экипажа Беляева и Леонова в 1965 году. Опыт, полученный при эксплуатации скафандра, привел к началу разработки скафандра «Ястреб».

22 февраля 1965 года (за три недели до предполагаемого запуска «Восход-2») на орбиту был запущен его аналог – аппарат «Космос-57» в беспилотном режиме. Основная задача – проверка работ системы шлюзования – была полностью выполнена, однако далее аппарат перешел к незапланированному спуску. Как выяснилось позже, два наблюдательных пункта – в Уссурийске и на Камчатке дали одинаковые команды закрыть шлюз. А корабль понял их как одну команду – «Спуск!», включилась тормозная двигательная установка. Автоматика вычислила, что корабль упадет за пределами территории СССР и через 22 минуты сработала система самоуничтожения с целью недо-

пущения приземления аппарата вне территории СССР. Образовавшиеся обломки в течение нескольких дней сгорели в плотных слоях атмосферы. Из-за этого инцидента не удалось протестировать новую систему автоматической посадки, что в дальнейшем добавит проблем экипажу Беляева и Леонова.

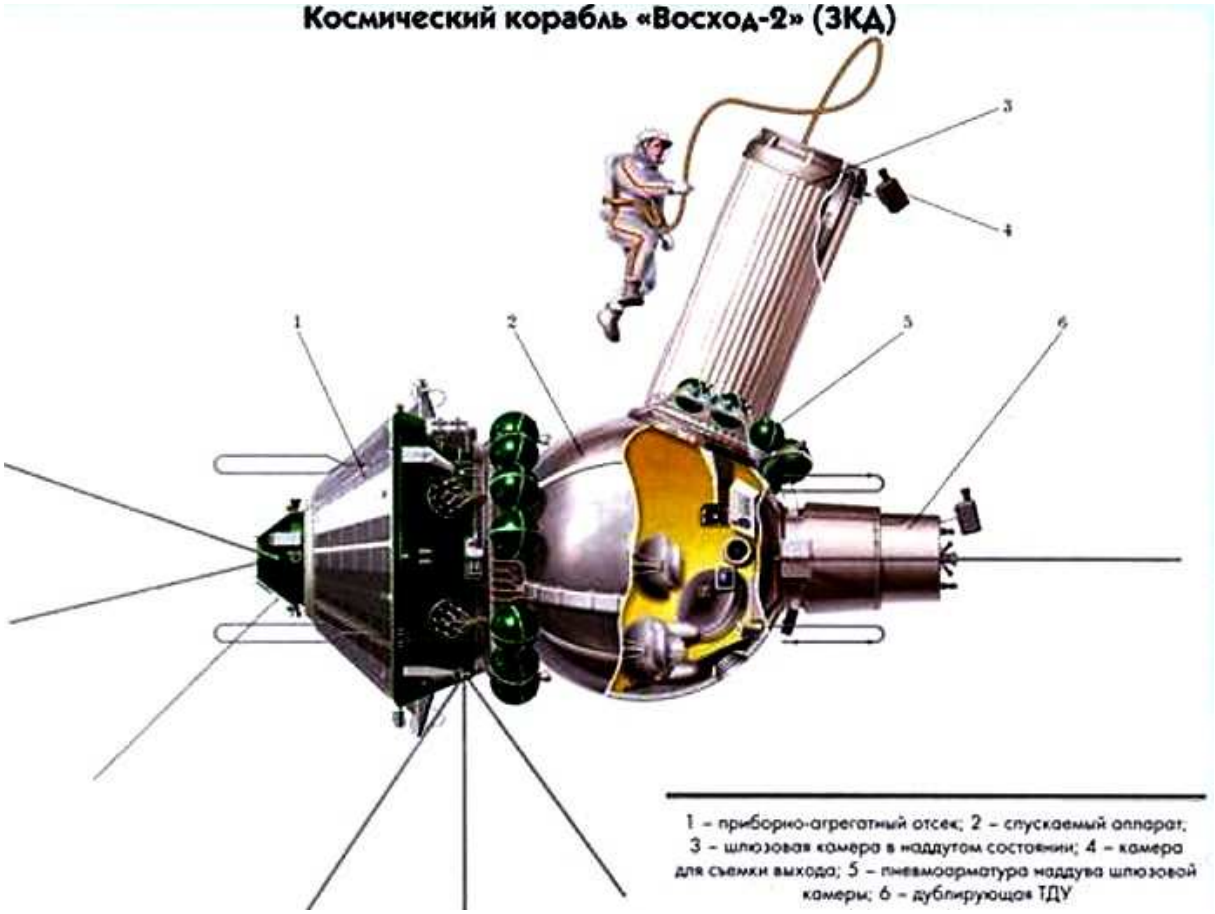


Рисунок 3

Несмотря на аварию, руководством страны и космической отрасли было принято решение по запуску основного аппарата без дополнительных испытаний.

– **19 марта 1965 г.**

«Восход-2» стартовал 18 марта 1965 г. в 10:00 по Москве. Шлюзовая камера была надута уже на первом витке.

Выход в космос начался на втором витке. Леонов перебрался в шлюзовую камеру, и Беляев закрыл за ним люк. Затем воздух из камеры был стравлен и в 11:32:54 Беляев со своего пульта в корабле открыл наружный люк шлюзовой камеры. В 11:34:51 Алексей Леонов покинул шлюз и оказался в открытом космосе (через 1 час 35 минут после старта) [1].

Телевизионное изображение парящего на фоне Земли Леонова транслировалась по всем телеканалам. Для сьемки на внешней поверхности корабля были установлены две передающие камеры телевизионной системы «Топаз-25» (25 кадров в секунду). Приём телесигнала осуществлялся на спиральную антенну ТНА-150 с эффективной площадью приёма в 150 м^2 на полигоне «Медвежьи озёра» (Московская область), а также приёмными станциями в Красном Селе (Ленинградская область), на Симферопольском измерительном пункте и на объекте «Уссурийск» на Дальнем Востоке. Принятое на каждой станции изображение записывалось на киноплёнку. Съёмка с внешней поверхности корабля осуществлялась также специальной кинокамерой С-97. В скафандр Леонова была встроена фотокамера Ф-21, но сделать снимки не удалось, так как при перемещении космонавта из спускаемого аппарата в шлюзовую камеру оторвался манипулятор фотокамеры (по другим источникам космонавт не мог управлять тросиком управления затвором фотоаппарата из-за раздувшейся перчатки).

Для фото и видеосъёмки космонавт пять раз улетал от корабля и возвращался на фале, длиной 5,35 м.



«В свободном плавании». Художник А.Леонов. 1965 г.

Рисунок 4

Все это время в скафандре поддерживалась «комнатная» температура, а его наружная поверхность разогревалась на солнце до +60° и охлаждалась в тени до –100 °С...

Вне шлюза Леонов находился 12 минут и 9 секунд. Но оказалось, что выйти было легче, чем вернуться обратно. Скафандр в космосе раздулся и никак не втискивался в шлюз. Леонов вынужден был сбросить давление, чтобы «похудеть» и сделать его мягче. Положение осложнялось тем, что запас кислорода в скафандре был рассчитан всего на двадцать минут, и каждая неудача повышала степень риска для жизни космонавта. Леонов ограничил расход кислорода, но от волнения и нагрузок его пульс и частота дыхания резко возросли, а значит, и кислорода требовалось больше. С.П. Королев пытался его успокоить, вселить уверенность. На Земле слышали доклады А.А. Леонова: «Я не могу, я снова не смог» [2].

После нескольких попыток космонавт решил «вплыть» в кабину лицом вперед. Это ему удалось, но при этом он ударился стеклом гермошлема о ее стенку. Это было страшно – ведь стекло могло лопнуть. В 08:49 выходной люк шлюзовой камеры был закрыт, а в 08:52 начался наддув шлюзовой камеры. От волнения и сильного перегрева внутри скафандра космонавт, уже задраив за собой входной люк шлюза, снял шлем, даже не проверив герметичность камеры, но все обошлось. Затем нештатно сработала система жизнеобеспечения. Она внезапно начала накачивать кабину корабля кислородом. Общее давление достигло 920 мм. Малейшая искра в системе электроснабжения могла привести к воспламенению обогащённой кислородом воздушной смеси в кабине. Что произошло фактически? Поскольку корабль был долгое время стабилизирован относительно Солнца, то, естественно, возникла деформация; ведь с одной стороны охлаждение до –140 °С, с другой нагрев до +150 °С... Датчики закрытия люка сработали, но осталась щель. Техника нагнетала кислород, чтобы восстановить потери воздуха. К счастью, выросшее в семь раз давление вдавило люк на место. После этого давление в кабине стало падать на глазах.

Новая неприятность – происходит падение давления в баллонах наддува кабины с 75 до 25 атмосфер. В целях безопасности экипажа требуется приступить к посадке не позднее 17-го витка.

Перед сходом с орбиты по технологии необходимо отстрелить шлюзовую камеру, но её отстрел повлиял на автоматическую стабилизацию полёта, вышла из строя система ориентации, что привело к большой угловой скорости вращения корабля в двух плоскостях, корабль выполнил полный оборот в течение 20–22 с. Затем угловая скорость стала уменьшаться, и к 15 витку полный оборот происходил за 55 с. По команде с Земли устранить вращение удалось включением ручного управления и последующим выключением его.

На восемнадцатом витке «Восход-2» сошел с орбиты и начал снижаться, причем в ручном режиме: автоматическая система посадки не сработала. В этой нештатной ситуации выяснились новые конструктивные недостатки корабля. Начинать торможение возможно было только будучи пристегнутым к креслу, но вот выглянуть в иллюминатор из этого кресла, чтобы оценить положение «Востока-2» относительно Земли было нереально. В «Восходе-2» кресла были развернуты на 90 градусов относительно визира «Взор», через который космонавты могли определять положение корабля. Для корректировки захода Беляеву пришлось отстегнуться и, пока Леонов удерживал его у иллюминатора, выстроить ориентацию [3].

– **19 марта 1965 г.**

19 марта в 12 часов 2 минуты 17 секунд «Восход-2» приземлился в 30 км от города Березники Пермской области, в четырех сотнях километров от запланированной точки.

Примерно в 15:50 место посадки было обнаружено с гражданского вертолёта Пермского авиаотряда по ярко-красному куполу парашюта. Космонавты развели костёр, через 40–50 минут с вертолёта им сбросили зимние полётные куртки, унты, а в хозяйственной сумке топор и ракетницы с тремя ракетами.

Работа вертолётов в районе посадки была затруднена из-за большой высоты деревьев (30–40 метров), а в ночных условиях была полностью приостановлена.

Первую из двух ночей на месте посадки космонавты провели одни. Спускаемый аппарат остывал на морозе, внутри кабины становилось всё холоднее. Скафандр Леонова ещё при выходе в открытый космос изнутри был мокрым от пота и конденсата. Ночью космонавты сняли скафандры, отжали бельё от накопившейся влаги, вновь оделись и дополнительно утеплились, используя споротые куски внутренней экранно-вакуумной теплоизолирующей обшивки кабины (несколько слоёв алюминиевой фольги с синтетической тканью – дедероном). Ночь провели в креслах-ложементах кабины, закутанные кусками обшивки и парашютными стропами.

– **20 марта 1965 г.**

На другой день, 20 марта, космонавтам удалось с большими усилиями (с помощью топора) извлечь радиостанцию Р-126, поднять антенну и установить радиосвязь с самолётами. Затем к месту посадки стали прибывать спасатели поисковой группы, а также хорошо ходившие на лыжах лесники из организованных местных поисковых групп. Часть спасателей удалось высадить на удалении 2 км (по другим источникам 1,5 км) от космонавтов из вертолёта в режиме висения над небольшой площадкой с не очень высокими деревьями (затем эта малая площадка была расчищена доставленными сюда лесорубами и стала промежуточным пунктом эвакуации). Из-за большой глубины снежного покрова на преодоление 2 км первой группе спасателей (3 человека) потребовалось 3 часа, группа добралась до космонавтов в 11:35.

На поляне, где была возможна посадка вертолётов, в пяти километрах от космонавтов был развёрнут штаб руководства спасательной операцией. Отсюда, с большой площадки, 20 марта к космонавтам отправилась на лыжах ещё одна группа спасателей. Эвакуация космонавтов вертолётами без посадки (в режиме висения) была запрещена осуществлявшим общее руководство операцией маршалом авиации Руденко. К вечеру около экипажа собрались 22 человека. У космонавтов появилось тёплое белье, унты. В большом котле вскипятили воду, космонавты помылись. Вторую ночёвку космонавты провели в построенном на месте посадки бревенчатом срубе.

– **21 марта 1965 г.**

21 марта 1965 года на площадку, вырубленную недалеко от места посадки, приземлился вертолет Ми-4. К нему на лыжах пришли космонавты и спасатели. Ми-4 перебросил экипаж к следующей площадке, где их ждал Ми-6. Уже на нем они долетели до аэродрома Перми. А оттуда Ан-10 привез экипаж на Байконур.



Рисунок 5 – Экипаж космического корабля Восход-2 после награждения званиями «Герой Советского Союза»

Советский Союз укрепил свое лидерство в космической гонке. Подвиг космонавтов был оценен по достоинству. Павлу Беляеву и Алексею Леонову были присвоены звания Героев Советского Союза, а очередные воинские звания – полковника и подполковника – они получили еще на орбите [4].

Американцы смогли выполнить выход в открыты космос только через 2,5 месяца – 03 июня 1965 года (астронавт Эдвард Уайт, космический аппарат Джемини-4, длительность пребывания в открытом космосе – 36 минут).

При этом исторически из-за разницы в конструктивных особенностях первых космических кораблей в США и в СССР по-разному определяют момент начала выхода в космос. В советских космических кораблях с самого начала имелся отдельный шлюзуемый отсек, из-за чего началом выхода в космос считается момент, когда космонавт разгерметизирует шлюз и оказывается в вакууме, а его завершением – момент закрытия люка.

Ранние американские корабли шлюзовой камеры не имели, и при выполнении выхода в космос разгерметизировался весь корабль. В этих условиях за начало выхода в космос принимался момент, когда голова астронавта выступала за пределы корабля, даже если его тело ещё продолжало находиться внутри отсека (так называемый англ. *Stand-up extravehicular activity, SEVA*).

В американском «Джемини» астронавт мог разгерметизировать отсек, в котором находился, и, открыв люк, выплыть наружу. Наши конструкторы считали – разгерметизировать корабль опасно: неизвестно, как поведут себя приборы в вакууме.

Список литературы:

1. Каманин М.П. Скрытый космос. Том 1. – Изд. «РТСофт», 2023. – 688 с.
2. Батурин Ю.М. Мировая пилотируемая космонавтика. Изд. «РТСофт», 2023. – 748 с.
3. Романов А.П. Сыны голубой планенты. Изд. – М. Политиздат 1981 г. – 399 с.
4. Медведев В.И. Совершенствование образовательного процесса в авиационных вузах Советского Союза в 1960–1970 годах / В.И. Медведев // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. КВВАУЛ им. А.К. Серова. – Краснодар : Изд. Дом – Юг, 2024. – С. 309–312.

УДК 811.111

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИИ-ПЛАТФОРМЫ DUOLINGO ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЯЗЫКОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОДАРЁННЫХ ОБУЧАЮЩИХСЯ

♦♦♦♦♦

AI-PLATFORM DUOLINGO FOR LANGUAGE SKILLS DEVELOPMENT OF GIFTED LEARNERS

Савицкая Е.А.
МАОУ Гимназия № 23, г. Краснодар
yurahelena@gmail.com

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Авторы статьи последовательно и практически демонстрируют преимущества ИИ-платформы Duolingo при подготовке одарённых обучающихся к олимпиадам по английскому языку.

Ключевые слова: искусственный интеллект, развитие языковых компетенций, одарённые обучающиеся.

Savitskaya Ye.A.
MAOU Gimnaziya № 23, Krasnodar
yurahelena@gmail.com

Savitskiy Yu.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article demonstrates the advantages of AI-platform Duolingo when developing language skills of gifted students and revising for the English language academic contests.

Keywords: artificial Intelligence, developing of language skills, gifted learners.

Всероссийская Олимпиада школьников является стимулом улучшения качества образования в стране, т.к. участие в олимпиаде изначально позволяет воспитать людей нового поколения, умеющих самостоятельно и креативно мыслить. Значимость олимпиадного движения невозможно переоценить с точки зрения повышения интеллектуального потенциала нации. Именно поэтому растет интерес к данному интеллектуальному проекту со стороны обучающихся и преподавателей.

Олимпиады выполняют целый ряд функций: способствуют формированию у молодых людей навыков самостоятельной организации учебной деятельности, глубокому и прочному усвоению знаний; развивают нестандартное мышление, творческую инициативу, создают устойчивые положительные эмоции. Олимпиадное движение осуществляет поиск талантов, определяет наиболее подготовленных, одаренных обучаемых, проявивших особый интерес к изучаемому предмету.

Олимпиадное движение сегодня является одним из актуальных направлений, когда речь идёт о работе с одарёнными обучающимися. Участие в олимпиадах, победы сегодня рассматриваются одним из критериев оценки деятельности образовательных учреждений, и деятельности педагога. Участие в олимпиадном движении для обучающихся очень важно, так как это: способствует их самореализации, расширяет и углубляет знания в определенной предметной области, позволяет определиться с выбором будущей профессии.

Для обеспечения успешной подготовки обучающихся к предметным олимпиадам, необходимо организовать работу в течение всего учебного года, усложняя материал. Преподаватель должен поддерживать постоянный интерес к предмету различными способами. Существуют стандартные методы и приемы работы, такие серьезные систематические индивидуальные занятия с предложением заданий не только с использованием программных понятий, но и таких, которые выходят за рамки учебных программ даже углублённого изучения предмета. Однако, современные технологии, включая искусственный интеллект (ИИ), существенно изменили подходы к работе с олимпиадниками. Интеграция ИИ в образовательный процесс предоставляет новые возможности для создания персонализированного и интерактивного опыта обучения, что особенно важно для подготовки одаренных обучающихся к участию в различных олимпиадах по английскому языку. Использование ИИ-платформ для подготовки обу-

чающихся к олимпиадам по английскому языку может стать отличным способом улучшить их навыки и уверенность. Вот несколько платформ и методов, которые могут быть полезны: Яндекс Учебник, LinguaLeo, Фоксфорд и т.д.

Из всего разнообразия ИИ-платформ, авторы данной статьи ставят перед собой цель продемонстрировать личный опыт использования международной платформы Duolingo для успешной подготовки обучающихся к участию в разноуровневых олимпиадах по английскому языку. Авторы использовали следующие преимущества платформы, на практике, для развития языковых компетенций одарённых обучающихся с целью планомерной подготовки подопечных к успешному участию в языковых олимпиадах.

Возможность структурировать занятия подразумевает:

– планирование занятий и создание расписания, включающее еженедельные задания на Duolingo. Это помогает обучающимся систематически подходить к изучению языка;

– выбор тем для изучения, которые соответствуют олимпиадным заданиям, такие как грамматика, словарный запас, аудирование и чтение.

Фокус на слабых местах.

– Duolingo предоставляет статистику и отчеты о прогрессе. Преподаватели/учителя могут использовать эту информацию для определения слабых мест каждого обучающегося, проанализировать его/её прогресс и скорректировать подготовку на каждом этапе;

– на основе анализа прогресса можно назначить дополнительные задания на темы, которые требуют большего внимания.

Разнообразие форматов включает в себя следующие моменты:

– игровой подход в Duolingo – это использование игровых элементов, что делает процесс изучения сложных олимпиадных заданий более увлекательным. Это помогает обучающимся лучше усваивать материал и сохранять мотивацию, что особенно важно при дополнительной учебной нагрузке;

– платформа предлагает различные типы заданий – от перевода до аудирования и произношения, что способствует комплексному развитию языковых навыков.

Вот несколько примеров олимпиадных заданий по английскому языку уровня upper-intermediate, которые могут быть сгенерированы в стиле Duolingo. Эти задания охватывают различные аспекты языка, такие как грамматика, словарный запас, аудирование и чтение.

1. **Грамматические задания**

Заполните пропуски:

«If I _ (know) you were coming, I would have baked a cake».

Ответ: «had known».

Выберите правильный вариант:

«She wishes she _ (be) more confident in public speaking».

Варианты: (a) is, (b) was, (c) were.

Ответ: (c) were

2. **Словарный запас**

Синонимы и антонимы:

«Choose the synonym for 'difficult'»:

Варианты: (a) easy, (b) challenging, (c) simple

Ответ: (b) challenging.

Выберите слово, которое не подходит к остальным:

«Plum, Pomegranate, Aubergine, Pineapple».

Ответ: «Auberginet» (это овощ, остальные – фрукты).

3. **Аудирование**

Прослушайте и выберите правильный ответ:

Аудиозапись: «The meeting has been postponed until next week».

Варианты: (a) The meeting is canceled. (b) The meeting will happen next week. (c) The meeting has been postponed.

Ответ: (c) The meeting has been postponed.

4. **Чтение**

Прочитайте текст и ответьте на вопросы:

Текст: «Many people believe that learning a new language opens up numerous opportunities for personal and professional growth».

Вопрос: «What do many people believe about learning a new language?».

Ответ: «It opens up numerous opportunities for personal and professional growth».

Выберите правильное завершение предложения:

«Although she was tired, she decided to go to the party because _».

Варианты: (a) she wanted to see her friends (b) it was too late (c) she had a headache

Ответ: (a) she wanted to see her friends.

5. **Письменные задания**

Напишите короткое сочинение на тему:

«Discuss the advantages and disadvantages of living in a big city versus a small town».

Переведите следующие предложения на английский язык:

«Я всегда мечтал путешествовать по миру».

Ответ: «I have always dreamed of traveling the world».

Это всего лишь несколько примеров сгенерированных заданий, которые помогут развить языковые навыки, необходимые для успешного выполнения олимпиадных заданий. Они также могут использоваться для подготовки к экзаменам или улучшения общего уровня владения английским языком. И что абсолютно важно, преподаватель/учитель не тратит время, составляя задания или ища их в бесконечном пространстве Интернета.

Подготовка к устной части включает в себя:

– практику произношения. Обучающиеся могут использовать функцию произношения в Duolingo для тренировки устной речи. Это особенно важно, для уверенного владения разговорным английским, необходимым для олимпиады;

– диалоги и ролевые игры сгенерированные Duolingo могут использоваться как основа для создания тематических диалогов для выполнения олимпиадных заданий.

Групповая работа с помощью Duolingo позволяет:

– создать группы обучающихся, чтобы они могли соревноваться друг с другом и поддерживать мотивацию;

– обсуждать результаты, чтобы стимулировать интерес и вовлеченность обучающихся.

Безусловно, необходимо использовать дополнительные ресурсы. А именно, использовать Duolingo в сочетании с другими учебными материалами, такими как книги, видео и тесты, чтобы обеспечить более глубокое понимание языка. Более того, важно обратить внимание на типы заданий, которые могут встречаться на олимпиаде, и стараться включать аналогичные упражнения в занятия.

Очевидно также, что платформа Duolingo может значительно облегчить труд преподавателя не только в творческом аспекте, но и в рутинных задачах, таких как отслеживание прогресса (Duolingo предоставляет отчёты о прогрессе обучаемых, что позволяет легко следить за успеваемостью и выявлять проблемные области); поддержке разных уровней обучения (платформа предлагает курсы для различных уровней подготовки, что позволяет преподавателям работать с группами разного уровня без необходимости создавать отдельные материалы для каждого уровня); геймификации (преподаватель может поощрять обучаемых за достижения на платформе, создавая соревновательную атмосферу).

Заключение.

Duolingo может стать полезным инструментом развития продвинутых языковых навыков одаренных обучающихся и их подготовки к участию в олимпиадах по английскому языку. Систематический подход, использование аналитики прогресса и разнообразие форматов обучения помогут обучающимся развить необходимые навыки и уверенность для успешного участия в олимпиаде. Более того, использование Duolingo в образовательном процессе может существенно облегчить труд учителей, позволяя им

сосредоточиться на более важных аспектах обучения и взаимодействия с мотивированными обучающимися, а также повысить эффективность процесса обучения языкам.

Список литературы:

1. URL : https://ru.duolingo.com
2. Нефедовский В.А. Исследования в области развития пространственного мышления будущего военного летчика / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов-н/Д., 2021. – № 2. – С. 226–237.
3. Варфоломеева С.В. Применение образовательных метаданных для овладения сравнительным методом и компаративным анализом в процессе изучения социально-гуманитарных дисциплин / С.В. Варфоломеева, В.В. Терехов // Гуманитарные и социальные науки. – Ростов-н/Д., 2020. – № 1. – С. 178–186.
4. Савицкий Ю.А. Современный взгляд на естественнонаучную грамотность обучаемых / Ю.А. Савицкий, В.А. Нефедовский, В.В. Терехов // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – Краснодар, 2020. – № 3. – С. 405–408.
5. Энсис Е.И. Разработка методов повышения качества культуры образования на основе синтеза знаний / Е.И. Энсис, В.В. Колесников, В.В. Терехов // Булатовские чтения: материалы V Международная научно-практическая конференция (31 марта 2021 г.). Сборник статей : в 2 т. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – Т. 2. – 322 с.
6. Теория вероятностей и пространство выборок / В.В. Терехов, Ю.А. Савицкий, М.В. Степанова, А. Али // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар, 2020. – С. 140–145.
7. Энсис Е.И. Методологический принцип применения переходного алгоритма для ускоренного образования иностранных курсантов / Е.И. Энсис, В.В. Колесников, В.В. Терехов // Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции молодых ученых, Посвящённой 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – 380 с. – С. 335.

УДК 372.854

РОЛЬ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ В ЭПОХУ ИИ-ТРАНСФОРМАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

♦♦♦♦♦

THE ROLE OF CRITICAL THINKING IN THE ERA OF AI-TRANSFORMATION IN HIGHER EDUCATION

Арутюнян М.М.
кандидат химических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
m.arutyunyan@yandex.ru

Аннотация. Авторы статьи последовательно и практически демонстрируют преимущества ИИ-платформы Duolingo при подготовке одарённых обучающихся к олимпиадам по английскому языку.

Ключевые слова: искусственный интеллект, высшее образование, критическое мышление.

Arutyunyan M.M.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
margarit2000@mail.ru

Abstract. The paper analyzes the role of critical thinking in education, explores the opportunities and risks associated with the implementation of artificial intelligence (AI). Strategies for integrating AI into learning are proposed.

Keywords: artificial intelligence, higher education, critical thinking.

Современный мир переживает стремительную цифровизацию, и искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемой частью образовательных процессов. При изучении химии ИИ открывает новые возможности: от симуляций химических реакций до автоматизации анализа данных. Однако внедрение таких технологий ставит перед преподавателями новые вызовы. Изучение химии традиционно строится на балансе фундаментальных теоретических знаний, лабораторной практики и развития аналитических навыков. В условиях автоматизации возникает риск утраты обучающимися способности к самостоятельному мышлению, что особенно критично для дисциплины, требующей глубокого анализа и интерпретации данных. Технологии ИИ открывают новые горизонты для преподавателей, позволяя оптимизировать учебный процесс и расширять возможности студентов. Однако вместе с перспективами возникают и вызовы, требующие осмысленного подхода к интеграции этих инструментов.

ИИ в образовании: новые горизонты и вызовы

ИИ уже активно применяется в химическом образовании, предоставляя преподавателям широкий спектр инструментов. Одним из ярких примеров является использование симуляций, таких как платформа ChemCollective, которая позволяет моделировать химические реакции в виртуальной среде [1]. Это особенно ценно в условиях ограниченного доступа к лабораторному оборудованию или при работе с опасными веществами. Можно экспериментировать с параметрами реакций, наблюдать результаты и сравнивать их с теоретическими ожиданиями, что усиливает понимание изучаемого материала.

Другая важная возможность – автоматизация проверки заданий. ИИ-системы способны быстро анализировать правильность построения молекулярных структур или балансировки уравнений, освобождая преподавателей от рутинной работы. Например, программы вроде ChemAxon автоматизируют обработку химических данных, что экономит время и повышает точность оценки [2]. Кроме того, ИИ поддерживает исследовательскую работу студентов, помогая анализировать большие массивы данных, например спектроскопические или термодинамические измерения, что особенно актуально для университетских курсов.

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение ИИ сопряжено с рядом трудностей. Одной из ключевых проблем является риск снижения активности обучающихся. Когда технологии предоставляют готовые решения, учащиеся могут утратить мотивацию к самостоятельному анализу и поиску ответов. Исследования показывают, что

чрезмерная зависимость от автоматизированных систем может ослабить развитие аналитических навыков, что особенно опасно для точных наук, требующих интерпретации данных [3].

Еще одна сложность связана с ограниченностью ИИ в работе с неоднозначными или неполными данными. Например, при интерпретации спектров или предсказании реакций в нестандартных условиях ИИ может выдавать некорректные результаты, требующие человеческой проверки. Это подчеркивает необходимость сохранения роли преподавателя как эксперта, способного направлять обучающихся и корректировать выводы машин.

Интеграция ИИ в образовательный процесс в качестве вспомогательного инструмента, а не основного, позволит облегчить доступ к знаниям, и оставляет задачу критического осмысления за обучающимися и преподавателям. Например, симуляции могут служить отправной точкой для обсуждения, а не конечным результатом. Преподавателям важно разработать подходы, которые стимулируют обучающихся задавать вопросы, проверять данные и искать альтернативные решения, сохраняя баланс между технологическими возможностями и традиционными методами обучения.

Приемы формирования критического мышления

Критическое мышление можно определить как способность систематически анализировать данные, оценивать достоверность гипотез и решать задачи, требующие творческого подхода. Это не механическое применение формул, а процесс, включающий интерпретацию результатов экспериментов, выявление закономерностей и обоснование выводов. Например, при анализе химической реакции обучающийся должен не только предсказать продукты, но и объяснить, почему реакция идет именно так, а не иначе, учитывая условия и возможные побочные эффекты. Такой подход требует умения задавать вопросы, сомневаться в очевидных выводах и искать доказательства, причинно-следственные связи, что отличает профессионала от исполнителя.

Критическое мышление важно в науке, потому что оно позволяет обучающимся понимать научный метод, различать теории и гипотезы, оценивать достоверность источников и применять знания к реальным проблемам.

Преподаватель играет ключевую роль в развитии критического мышления, создавая условия для активного вовлечения обучающихся в учебный процесс. Эффективными оказываются задания, требующие анализа ошибок в экспериментах: например, можно предложить объяснить, почему реакция не дала ожидаемого выхода, и предложить пути исправления. Другой пример – интерпретация спектров, где учащиеся должны не просто идентифицировать пики спектроскопии, а обосновать свои выводы, сравнивая их с теоретическими данными. Такие подходы напрямую связаны с критическим мышлением.

Конкретные методы обучения критическому мышлению

Исследования предлагают множество методов для развития критического мышления в науке:

– Анализ социально-научных вопросов (SSI). SSI – это реальные проблемы, такие как изменение климата или генная инженерия, которые имеют научные и социальные аспекты. Обучение через SSI включает обсуждения и дебаты, требующие анализа информации, аргументации на основе доказательств, принятия решений и эффективной коммуникации. Обучение на основе SSI улучшает навыки высшего порядка, включая критическое мышление, и понимание научных концепций.

– Руководимый запрос (Guided Inquiry) побуждает обучающихся задавать вопросы, проектировать эксперименты, собирать данные и делать выводы с поддержкой преподавателя. Метод способствует развитию критического мышления, формированию аналитических способностей и оценки своих идей.

– Ролевые игры позволяют обучающимся принимать разные роли для симуляции реальных сценариев или дебатов по научным вопросам с различных точек зрения. Это помогает понять разные перспективы, развить эмпатию и критически мыслить.

– Критическое и рефлексивное чтение. Обучающиеся читают научное содержание в СМИ и критически анализируют его, на основе научной литературы. Это помогает оценивать достоверность источников, выявлять предвзятость и понимать научную коммуникацию. Этот метод важен для развития критического мышления в науке.

– Обсуждение исторических и современных научных споров помогает студентам понять, как развивается наука, и как критическое мышление используется для разрешения разногласий.

Эти методы подчеркивают необходимость баланса между содержанием и критическими вопросами, а также важность связи науки с реальными жизненными проблемами. Например, в биологии студенты могут разрабатывать собственные эксперименты, что учит их критически подходить к выбору переменных и интерпретации данных. В физике студенты решают задачи, требующие понимания базовых принципов, а не просто применения формул, что способствует более глубокому пониманию.

ИИ как помощник преподавателя: синергия с критическим мышлением

Искусственный интеллект способен стать не просто инструментом автоматизации, но и мощным союзником преподавателя в развитии критического мышления студентов. Его потенциал заключается в создании условий для активного обучения, где обучающиеся не просто усваивают новую информацию, а учатся анализировать, интерпретировать и творчески подходить к решению задач.

Преподаватель в эпоху ИИ трансформируется из источника знаний в модератора, направляющего учебный процесс. ИИ открывает широкие возможности для обогащения учебного процесса:

1) персонализированное обучение: адаптивные платформы на основе ИИ могут настраивать контент под потребности конкретного обучающегося, устраняя пробелы в знаниях. Одним из направлений является генерация заданий с вариативными условиями. Например, системы вроде ChemCollective могут создавать виртуальные эксперименты с изменяемыми параметрами (температура, давление, концентрация), побуждая анализировать влияние этих факторов на результат реакции [1]. Это позволяет преподавателям предлагать индивидуализированные задачи, адаптированные к уровню подготовки каждого учащегося.

2) виртуальные лаборатории: ИИ-симуляции позволяют проводить безопасные и экономичные эксперименты, что особенно важно при он-лайн обучении или в ВУЗах, с ограниченными техническими возможностями. Визуализация сложных процессов – важная функция ИИ. Программы молекулярной динамики, такие как Avogadro или платформы вроде AlphaFold, демонстрируют поведение молекул в реальном времени, помогая студентам понять абстрактные понятия, такие как конформационные изменения или межмолекулярные взаимодействия [4]. Эти инструменты делают невидимое видимым, что особенно полезно при изучении органической химии или биохимии, где пространственное мышление играет ключевую роль.

3) автоматизированную оценку полученных знаний: инструменты для проверки заданий и обратной связи снижают нагрузку на преподавателей и ускоряют обучение. Преподаватели могут давать задания, где студенты сравнивают предсказания ИИ с реальными экспериментальными данными и объясняют расхождения. Например, если ИИ предсказывает определенный выход реакции, а эксперимент показывает иное, студенту предлагается выявить источник ошибки – в данных, условиях или самом алгоритме. Это учит критически оценивать машинные выводы, что особенно важно в эпоху, когда технологии становятся неотъемлемой частью науки.

ИИ может быть интегрирован в обучение таким образом, чтобы стимулировать критический подход. Такой подход развивает навыки формулирования гипотез и поиска причинно-следственных связей. Реальные примеры успешной интеграции ИИ уже существуют. В Массачусетском технологическом университете студенты используют ИИ для анализа лабораторных данных, таких как спектры ЯМР, после чего обсуждают результаты в группах под руководством преподавателя. Это позволяет не только освоить технические аспекты, но и развить навыки интерпретации и аргументации [5]. В российских вузах, например в МГУ, начинают применять симуляции для изучения кинетики реакций, где студенты сначала моделируют процесс с помощью ИИ, а затем проводят реальный эксперимент, сравнивая результаты и обсуждая различия.

Такие примеры демонстрируют, что ИИ может быть не заменой традиционного обучения, а катализатором для развития аналитического мышления. Преподаватель при этом выступает не только как источник знаний, но и как организатор дискуссий,

направляющий обучающихся к самостоятельным выводам. Синергия ИИ и критического мышления создает основу для подготовки специалистов, готовых к вызовам современной науки.

Риски утраты критического мышления и как их избежать

Автоматизация процессов обучения требует от преподавателей внимательного подхода, чтобы сохранить аналитические навыки учащихся и подготовить их к профессиональным вызовам. Одной из главных проблем является пассивность обучающихся, возникающая при использовании готовых решений, предоставляемых ИИ. Например, студент, полагающийся на симуляцию вроде ChemCollective, может не задуматься о причинах расхождений между виртуальным и реальным экспериментом, если преподаватель на этом не сделал акцент. Другая проблема – упрощение учебных программ под давлением технологий. В стремлении адаптироваться к новым инструментам некоторые курсы могут смещать акцент с глубокого понимания химических концепций на освоение программного обеспечения.

Использование ИИ поднимает этический вопрос ответственности за трансляцию обучающимися неверных представлений, приобретённых с помощью ИИ. Еще один аспект – доверие к технологиям. Студенты, привыкшие полагаться на ИИ, могут утратить способность сомневаться в его результатах, что противоречит научному методу, основанному на скептицизме и верификации. Преподавателям необходимо научить учащихся относиться к ИИ как к помощнику, а не как к авторитету, требующему безоговорочного принятия.

Для минимизации рисков преподаватели могут применять несколько стратегий:

1) интегрировать задания, требующие анализа данных ИИ с результатами реальных экспериментов и объяснить расхождения. Например, после моделирования реакции студенты в группах обсуждают, почему ИИ предложил тот или иной механизм, и предлагают альтернативные гипотезы. Это стимулирует аргументацию и коллективный анализ.

2) стимулировать самостоятельность через проблемно-ориентированное обучение. Задания, где ИИ используется лишь как отправная точка (например, для генерации гипотезы), а дальнейшая работа требует экспериментальной проверки, помогают сохранить баланс между технологиями и аналитическим подходом. Такой метод успешно применяется в ряде западных университетов, где студенты обсуждают ограничения ИИ на основе практических задач [5].

3) использовать метод «перевернутого класса» с поддержкой ИИ. Обучающиеся изучают теорию дома, используя симуляции или видеоуроки, а на занятиях под руководством преподавателя решают задачи, требующие интерпретации данных. Такой подход уже применяется в западных университетах и показывает высокую эффективность в развитии аналитических навыков [5].

4) воспитывать этическую ответственность за достоверность у обучающихся. Регулярные дискуссии о роли технологий в науке и их влиянии на профессиональную деятельность помогут сформировать осознанное отношение к автоматизации.

Заключение

Искусственный интеллект (ИИ) радикально меняет образование, предоставляя преподавателям и студентам инструменты для моделирования, анализа данных и автоматизации рутинных задач. Платформы вроде ChemCollective и AlphaFold открывают доступ к сложным процессам, ранее ограниченным ресурсами лабораторий [1, 4]. Однако эти технологии не заменяют, а дополняют традиционные методы обучения. Критическое мышление остается краеугольным камнем подготовки, позволяя интерпретировать результаты, проверять гипотезы и находить решения в условиях неопределенности. Без него ИИ рискует стать источником пассивного потребления знаний, а не стимулом к развитию.

Задача преподавателя – не только освоить ИИ как инструмент, но и адаптировать методы обучения, чтобы сохранить аналитический подход обучающихся. Преподаватель помогает критически осмыслять информацию в контексте реальных научных и профессиональных задач.

Будущее образования связано с гармоничным сочетанием ИИ и человеческого интеллекта. Обучающиеся должны быть готовы к профессии, где технологии станут по-

вседневным инструментом, но решающее слово останется за критическим анализом. Это требует формирования навыков работы с ИИ, умения задавать правильные вопросы и оценивать машинные выводы. Подготовка таких специалистов обеспечит их конкурентоспособность в науке и промышленности, где инновации рождаются на стыке автоматизации и творчества.

Список литературы:

1. ChemCollective: Виртуальные лаборатории для химического образования. – URL : http://chemcollective.org (дата обращения 06.03.2025).
2. ChemAxon: Химические программные решения. – URL : https://chemaxon.com (дата обращения 06.03.2025).
3. Муштавинская И.В. Технология развития критического мышления на уроке и в системе подготовки учителя. – СПб. : КАРО, 2023. –144 с.
4. AlphaFold: прогнозирование структуры белка. – URL : https://alphafold.ebi.ac.uk (дата обращения 06.03.2025).
5. Smith J. Artificial Intelligence in Chemical Education: Opportunities and Challenges / J. Smith, T. Brown // Journal of Chemical Education. – 2022. – Vol. 99. – № 3. – P. 112–120.

УДК 336.6

ИССЛЕДОВАНИЕ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ АВИАКОМПАНИЙ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF BUSINESS MODELS IN FORECASTING AIRLINE DEVELOPMENT STRATEGIES

Медведева В.В.
бакалавр,
Кубанский государственный аграрный университет
medvedevav347@gmail.com

Жучков И.А.
кандидат технических наук,
доцент,
Краснодарское высшее
военное авиационное училище летчиков
zhuchkovi.53@mail.ru

Жучкова В.В.
кандидат физико-математических наук,
доцент
vvzh.53@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию основных бизнес-моделей авиакомпаний при прогнозировании возможных вариантов их развития. В статье рассматривается область пассажирских авиаперевозок. Сделан обзор описанных в доступной литературе различных бизнес-моделей развития авиакомпаний. Определены методы, позволяющие сравнивать и давать оценку модели развития бизнеса с точки зрения ее применения в авиационной отрасли. Полученные результаты исследований могут в значительной мере способствовать пониманию синергии или несовместимости авиакомпаний при их слиянии. Анализируются характеристики бизнес-моделей развития авиакомпаний с точки зрения эффективности и простоты их применения. Проведенные исследования позволяют выбрать такую модель, которая обладала бы наибольшим потенциалом развития и способствовала возникновению новых качеств компании. Рассмотренные методы оценки моделей развития бизнеса, могут быть полезным инструментом для анализа и сравнения выбираемой модели при объединении различных авиакомпаний.

Ключевые слова: бизнес-модель, авиакомпания, эффективность, развитие, методы сравнения, обзор зарубежной литературы, пассажирские авиаперевозки, синергия и брендинг.

Medvedeva V.V.
Bachelor,
Kuban State Agrarian University
medvedevav347@gmail.com

Zhuchkov I.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
zhuchkovi.53@mail.ru

Zhuchkova V.V.
PhD in Physical
and Mathematical Sciences,
Associate Professor
vvzh.53@mail.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the main business models of airlines in forecasting possible options for their development. The article examines the field of passenger air transportation. The review of various business models of airline development described in the available literature is made. The methods allowing to compare and evaluate the business development model from the point of view of its application in the aviation industry are defined. The obtained research results can significantly contribute to understanding the synergy or incompatibility of airlines when they merge. The characteristics of airline business models are analyzed in terms of efficiency and ease of their application. The conducted research allows us to choose a model that would have the greatest development potential and contribute to the emergence of new qualities of the company. The considered methods for evaluating business development models can be a useful tool for analyzing and comparing the selected model when combining different airlines.

Keywords: business mode, airline, efficiency, development, comparison methods, review of foreign literature, passenger air transportation, synergy and branding.

Инновации компаний в современном взаимосвязанном мире привели к сосредоточению внимания на бизнес-моделях как фундаментальном направлении развития бизнеса и его идентичности. Хотя отраслевые преобразования обычно происходят в результате технологических изменений, многочисленные примеры показывают, что эффективные изменения могут быть вызваны внедрением новых моделей развития бизнеса.

Ранее различные типы моделей развития авиакомпаний можно было четко отделить одну от другой. Однако в последние годы ситуация стала меняться как из-за процесса концентрации, так и отчасти из-за реакции, вызванной влиянием конкурен-

ции. Тем не менее, проведенные авторами исследования показывают, что в дальнейшем различия между бизнес-моделями становятся более размытыми, не имеющие четких границ.

Для продвижения построенной модели в качестве концепции развития, разработчикам необходимо сравнить свою модель с уже существующими моделями и доказать ее преимущества.

Цель проведенных авторами исследований – построение такой бизнес-модели, которая обладала бы наибольшим потенциалом развития. Результаты исследований могут в значительной мере способствовать пониманию необходимости синергии или несовместимости двух авиакомпаний, которые собираются объединиться. Положительный эффект от слияния компаний должен привести к повышению эффективности деятельности, возникновению новых качеств, способствующих увеличению доходности авиакомпании.

Авторы статьи исследуются доступные и уже реализованные методы сравнения бизнес-модели авиакомпаний, которые могут быть полезным инструментом для сравнения и анализа внедряемой бизнес-модели при слиянии различных авиакомпаний.

В современном мире авиакомпании вынуждены работать за пределами традиционных отраслевых границ. Необходимость инноваций заставляет компании сосредоточить внимание на выборе таких бизнес-моделей, которые помогли бы им выстроить фундаментальные направления развития, утвердить свою идентичность.

Очевидно, что все компании ищут новые способы получения прибыли, привлечения большего числа клиентов и заинтересованных партнеров. Как показывает практика, в настоящее время авиакомпании становятся не только взаимозависимыми, но и взаимосвязанными, поскольку они получают товары, услуги, нанимают на работу талантливых сотрудников из других организаций, которые расположены в разных частях света.

Отраслевые преобразования, как правило, обусловлены технологическими изменениями, но как показывают примеры [1, 2], серьезные изменения могут быть также вызваны внедрением новых бизнес-моделей развития. Авиакомпании заинтересованы в выборе такой бизнес-модели, которая наиболее эффективна и обладает наибольшим потенциалом для дальнейшего развития. Для того, чтобы продвигать применение той или иной бизнес-модели в качестве концепции развития, важно иметь возможность сравнивать и проводить анализ существующих моделей. Это может существенно способствовать взаимопониманию, сотрудничеству или, наоборот, несовместимости авиакомпаний, которые намерены объединиться.

Рассмотрим различные бизнес-модели развития авиакомпаний в области пассажирских авиаперевозок .

Обсуждать бизнес-модели в настоящее время стало модным, хотя общепринятого определения этого термина не существует. В работах [2, 4] Shafer и Osterwalder предложили деятельность компании, в соответствии с выбранной бизнес-моделью, разделить на следующие категории: стратегический выбор, сеть для создания ценностей (создание сети для извлечения выгоды), создание ценностей и получение выгоды. Наиболее интересное и точное определение бизнес-модели принадлежит Osterwalder: «Бизнес-модель – это базовая основная логика конкретной фирмы и ее стратегический выбор для создания и захвата ценности в сети». В своих работах по созданию бизнес-модели они используют девять основных строительных блоков. При таком подходе бизнес-модель представляет собой концептуальный инструмент, который содержит набор элементов и их взаимосвязей, что позволяет выразить бизнес-логику конкретной фирмы. При создании модели авторы должны описать преимущества, которые компания предлагает одному или нескольким сегментам клиентов. Важный аспектом модели является построение архитектуры фирмы и сети ее партнеров для создания, маркетинга и предоставления ценностей, а также капитала взаимоотношений, чтобы генерировать прибыльные и устойчивые потоки доходов.

В авиационной отрасли существуют три основные модели: традиционная бизнес-модель авиакомпаний, например Air France, British Airways (BA), виртуальные авиакомпании, такие как Ryanair, Southwest и бизнес – группы, такие как Lufthansa или Singapore Airlines. Можно также выделить бизнес-модели, которые выстроены по принципу «фирма в рамках фирмы», такие как Jetstar с Qantas и Tiger с Singapore.

Недавнее слияние BA и Iberia, формирующее Международную Airlines Group, и планы по приобретению авиакомпаний, относящихся ко всем вышеуказанным категориям, демонстрируют растущую тенденцию к консолидации и развитию инноваций в данной отрасли.

Как показывают исследования, все большее число компаний сталкивается с высокой долей неопределенности в своей деятельности, поскольку принятие решений, основанное на старых подходах, приводит к неблагоприятным результатам. Очевидно, что компания, работающая по традиционной бизнес-модели, не может оставаться конкурентоспособной в долгосрочной перспективе.

Для борьбы с неопределенностью предлагается использовать финансовые модели, так называемые эволюционирующие бизнес-модели. Для принятия решений в условиях неопределенности также полезна так называемая концепция «три А: Accept, Asses and Augment» принять, оценить, дополнить. Гибкость модели является необходимым условием для обоснования использования вариантов и смягчения неопределенности [1, 5].

Необходимость в гибких вариантах особенно актуальна в случае слияния авиакомпаний. Более 75 % опрошенных топменеджеров авиакомпаний утверждают, что объединение компаний медленно, но верно набирает обороты. Опыт показал, что попытки слияния, при создании новой организации, как, например, в случае с Alitalia / KLM в начале 2000 года, потерпели неудачу. Причины неудачи главным образом заключались в трудностях управления организацией, в которой бизнес-модели были несовместимы для слияния. Тогда как в случае EasyJet и Ryanair мы видим, что поглощение оказало положительное влияние как на структуру ценообразования, так и на степень временной ценовой политики. При этом, тарифы на приобретенных маршрутах и раннее бронирование заметно снизились, а вот на очень позднее бронирование увеличились. Эффект обоих поглощений был успешным и показал, что сравнение бизнес-моделей возможно и полезно до их слияния. Результат внедрения выбранных моделей развития бизнеса приобретающих фирм и связанных с ними систем ценообразования для управления доходностью оказался положительным.

Особенно важны сравнительные исследования для авиакомпаний, которые хотят совершить сделки по слиянию или поглощению авиакомпаний развивающихся рынков, таких как Индия или Китай. Авиакомпании развивающихся рынков, в свою очередь, применяют бизнес-модели, в которых делаются упор на спектр предлагаемых услуг. Для продвижения бизнес-моделей в качестве концепции развития, важно уметь проводить сравнение, анализ и оценку, с целью нахождения бизнес-моделей, которые обладают наибольшим потенциалом для данной области.

Для определения методов, позволяющих сравнивать и давать оценку бизнес-моделей с точки зрения ее применения в авиационной отрасли сделан обзор доступная литературы по этим вопросам. Так, в известной работе Bieger и Wittmer предложили перечень основных факторов, влияющих на успех авиакомпаний. Сравнивая различные бизнес-модели по перечисленным в таблице 1 факторам, можно достаточно точно оценивать эффективность модели [6].

Таблица 1 – Факторы успеха различных бизнес-моделей авиакомпаний. Сравнение исходной с более дешевой (low cost) моделью

бизнес-модель	Network/hub airlines Сетевые/узловые авиакомпании	Региональные авиакомпании	Low-cost Малозатратные авиакомпании	Charter airlines Чартерные авиакомпании
1	2	3	4	5
Факторы успеха	Обширный охват рынка или Доли рынка. Рост за счет сетевых эффектов. Альянсы. Способность внедрять качественные и однородные процессы	Обслуживание ниш. Гибкое сотрудничество с альянсами. Экономическая эффективность. Доминирование на региональных рынках	Простые процессы. Экономическая эффективность Устойчивые транспортные потоки	Взаимосвязь с туроператора-ми. Экономическая эффек – тивность. Комплексное управление производст - венными мощностями

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Движущие факторы на данный момент	Поиск рынков или доли рынка	Поиск новых сфер деятельности	Поиск само-генерирующихся маршрутов с устойчивыми транспортными потоками	Поиск заинтересованных в новых рынках туроператоров и создание интеграционных цепочек. Стоимость
Перспективы бизнес-модели	Консолидация, разделение рынков приводит к сокращению услуг на периферийных направлениях. Концентрация на наиболее высокооплачиваемых сегментах. Лучшее соответствие мощностей хорошо оплачиваемым сегментам (меньше самолетов, большая частота)	Концентрация бизнеса на нишах. Более тесное сотрудничество с альянсами		

В работе [7] анализируются бизнес-планы авиакомпаний на предмет совместимости и различий исходной бизнес-модели по сравнению с бюджетной моделью (low cost model). Степень негативного воздействия на бизнес авиакомпаний также зависит от подхода руководства к решению объединить или разделить концепцию брендинга и коммуникаций, обслуживаемые рынки и сегменты, а также средства производства. Таким образом, заслуживают внимания и эти вопросы при выборе модели развития бизнеса компании. Франке детально сравнил конкуренцию между сетевыми перевозчиками и лоукостерами. В своих работах он сопоставил различные модели развития компании по уровню сложности их обслуживания. Очевидно, что широко распространенная бизнес-модель Hub & Spoke является достаточно сложной в использовании.

В модели, которую применяют в корпорации Mason & Morrison, предложили строить профиль spider web, так называемую паутинку, для отображения индекса эффективности бюджетных авиакомпаний в Европе. Сравнивая ряд моделей, применяемых в бюджетных авиакомпаниях, было показано, как различия в моделях достаточно серьезно влияют на их прибыльность.

Из приведенного обзора, следует, что сравнивать бизнес-модели различных авиакомпаний возможно и необходимо, поскольку не во всех случаях при слиянии авиакомпаний возникает синергия.

Исследования показали, что дать содержательные определения бизнес-модели авиакомпаний, сформулировать различия между ними достаточно сложно, особенно, если учесть чрезвычайно динамичный характер развития отрасли. Для того, чтобы обеспечить более точное и последовательное понимание управления сетью авиакомпаний и стратегии развития, необходим сравнительный подход к классификации и соотношению ключевых элементов бизнес-моделей авиакомпаний. К сожалению, как правило, изучение модели развития авиакомпании означает просто финансовый анализ доходов, необходимых расходов и инвестиций и, в конечном счете, проведение анализа факторов успеха. Это дает лишь частичную картину в финансовом плане и часто исключает стратегические и организационные аспекты. Достаточно интересны бизнес-модели, в которых используется системный анализ.

Для авиационной отрасли управление сетью может рассматривать как одну из ключевых компетенций и поэтому являющуюся наиболее важным фактором при любом прогнозе применения данной бизнес-модели.

Идея выбора бизнес-модели будущего состоит в том, чтобы разработать количественные методы и инструменты для сравнения и анализа уже функционирующих авиационных бизнес-моделей. Обзор литературы выявил сравнительно небольшое

число количественных инструментов и методов анализа моделей развития авиакомпаний.

Проведение исследований относительно сильных и слабых сторон авиакомпаний необходимо для успешного слияния и переходе к новой модели, построенной с учетом их общих положительных сторон. Такой подход требует как стратегических, так и количественных исследований, поскольку анализ слияний носит прогностический характер. К сожалению, результаты исследований не обладают абсолютной точностью, и статистические расчеты не являются единственными источниками экономической мудрости.

Разработчиками модели развития бизнеса, в попытке придать функциональность концепции построенной модели, был предложен набор эталонных показателей. Выбирая отдельные индексы влияния для различных элементов бизнес-модели, можно легко определить взаимосвязь между элементами и важность каждого элемента для общей эффективности авиакомпании, оценить их вклад в общую эффективность.

Модель сравнения должна иметь общую платформу, которую можно применять к любой авиакомпании в целом. В то время как в прошлом различные типы бизнес-моделей авиакомпаний могли быть четко отделены друг от друга.

Конкуренция продолжает оказывать свое влияние на рынок, развивая новые и новые идеи для предоставления наилучшего продукта в интересах потребителя. Индексы влияния должны разрабатываться в областях, которые в наибольшей степени соответствуют основной компетенции авиакомпании и, следовательно, управлению сетью авиакомпаний.

Также следует отразить все важные элементы бизнес-модели авиакомпании. При любом анализе необходимо учитывать следующие элементы: прибыль, факторы, определяющие затраты или получение дохода, связь, уровень обслуживания, обслуживаемые направления, распространение, продажи, производительность воздушного судна, производительность труда, а также структуру рынка.

В авиационной отрасли при стратегическом анализе слияния или поглощения авиакомпаний используются основные элементы бизнес-плана, которые определяются на основе выбранной бизнес-модели, например, слияние Iberia-BA, KLM-Air во Франции.

Как показывает опыт, системный подход при анализе слияния и поглощения влияют на бизнес-модель с точки зрения рассмотренных элементов, а также их влияние на другие элементы.

Таким образом, бизнес-модель имеет гораздо более сложную структуру, чем финансовый аспект, и фактически является описанием того, как бизнес-стратегия будет воплощена в процесс функционирования авиакомпании.

Список литературы:

1. Колганова Е.В. Систематизация бизнес-моделей государственных авиакомпаний мира / Е.В. Колганова, А.А. Плющев // Экономика: вчера, сегодня, завтра. – 2021. – Т. 11. – № 11А. – С. 322–332.
2. Schafer S. The Power of Business Models / S. Schafer, H.J. Smith, J. Linder // Business Horizons. – 2005. – № 48. – P. 199–207.
3. Franke M. Competition between network carriers and low-cost carriers – retreat battle or breakthrough to a new level of efficiency? // Journal of Air Transport Management. – 2004. – Vol. 10. – P. 15–21.
4. Osterwalder A. The Business Model Ontology, a propositional in a designs cience approach // Univertsite de Lausanne Ecole des Hautes Etudes Commerciales. Introduction to Systems Thinking, Isee Systems. – 2004. – 287 p.
5. Bieger T. Air transport and tourism – Perspectives and challenges for destinations, airlines and governments / T. Bieger, A. Wittmer // Journal of Air Transport Management. – 2006. – Vol. 11. – P. 40–46.
6. Makridakis S. Why forecasts fail. What to do instead / S. Makridakis, R. Hogarth, A. Gaba // MITSloan Management review. – 2010. – Vol. 51. – № 48. – P. 27–43.
7. Graf L. Incompatibilities of low-cost and network carrier business models within the same airline grouping // Journal of Air Transport Management. – 2005. – Vol. 12. – P. 313–327.

Научное издание

XV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, ПОСВЯЩЕННАЯ 64-й ГОДОВЩИНЕ ПОЛЕТА Ю.А. ГАГАРИНА В КОСМОС

15–16 апреля 2025 года

Сборник научных статей

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – А.С. Семенов
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева
Дизайн обложки – О.Я. Фоменко

Подписано в печать 27.05.2025
Бумага «Снегурочка»
Печ. л. 29,88
Усл. печ. л. 27,79
Уч.-изд. л. 25,01

Формат 60×84 1/8
Печать трафаретная
Изд. № 1418
Тираж 50 экз.
Заказ № 2596

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://www.id-yug.com