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»

НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО

**Сборник научных статей XVI Международной
научно-практической конференции
«Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского»
12–13 ноября 2025 года**

Краснодар
2025

УДК 629.7+358.4
ББК 39.5+68.53
Н34

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

Н34 **Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского.** Сборник научных статей XVI Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 12–13 ноября 2025 года / КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова; Под общ. ред. В.И. Медведева. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – 364 с.

ISBN 978-5-91718-797-6

В сборнике представлены тексты выступлений на конференции, затрагивающие проблемы исследования авиационных систем и комплексов военного назначения, новых технологий в обучении и образовании, педагогика и психология.

Адресуется аспирантам, студентам, курсантам, а также преподавателям вузов.

ББК 39.5+68.53
УДК 629.7+358.4

ISBN 978-5-91718-797-6

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

МЫ ЖИВЁМ В НАШИХ ГЕРОЯХ

Мы живём в наших героях, –
Кто за мир, за жизнь сражался.
Из воздушного, кто боя,
Выходил и возвращался.

Воевали днём и ночью.
В круговерти той, сплошной.
Заходили с разных точек,
Непонятно – свой, чужой…

Мы по ним сверяем время, –
Каждый лётчик – фронтовик.
В святом духе их стремления,
В наше сердце, кто проник.

Им не знавших, поражений, –
Только был победный путь!
Сила в связи поколений –
Нам с пути уж не свернуть!

Вновь история нас учит –
Порох должен быть сухим.
Враг от нас, за всё получит,
Нашу землю защитим.

Нет у нас иной основы, –
Нас Отчизна позвала.
Для пилотов нашей школы,
Лишь бы Родина была!

Небо может быть доступным
Потерял кто в нём покой,
Кто трудился неотступно,
Прикипел к нему душой.

И в любом земном свершенье
Можно многим овладеть.
К небесам лишь притяженье
Не дано преодолеть…

Доцент Н.А. Томашевич

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

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

Сныткин И.И., Захаренко Г.И., Маркелов В.И.
Применение нового класса широкополосных шумоподобных кодо-дискретно-частотных сигналов для решения задачи дальней (загоризонтной) радиолокации в коротковолновом диапазоне с индивидуальным скрытным опознаванием 13

Snytkin I.I., Zakharenko G.I., Markelov V.I.
Application of a new class of broadband noise-like signals of code-discrete-freqvency signals to solve the problem of long-renge (over-the-horizon) short-wave radar witn individual covert indentification

Смурыгин А.В., Дрига В.Г., Дерябин С.Е.
Внедрение современных игровых компьютерных технологий в систему военного профессионального образования 18

Smurygin A.V., Driga V.G., Deryabin S.E.
Implementation of modern gaming computer technologies into the military rofessional education system

Гриценко А.В.
Актуальность, проблемы и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов на примере беспилотного летательного аппарата Орлан-10 22

Gritsenko A.V.
Relevance, problems and prospects for the development of unmannedaerial vehicles using the example of the Orlan-10 unmannedaerial vehicle

Князев А.С., Шевченко А.В., Дегтев Т.Д.
Анализ возможностей и перспективы применения технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в авиационных тренажерах 26

Knyazev A.S., Shevchenko A.V., Degtev T.D.
Analysis of the possibilities and prospects of using virtual, augmented and mixed reality technologies in flight simulators

Катенин А.С., Курбасов А.М.
Российский авиационный двигатель ПД-14 33

Katenin A.S., Kurbasov A.M.
The Russian PD-14 aircraft engine

Савченко М.М.
Штурмовики: прошлое, настоящее, будущее 39

Savchenko M.M.
Attackaircraft: past, present, future

Играков Р.Е., Петренко В.Н.
Перспективные материалы для создания элементов конструкции крыльев самолётов 44

Igrakov R.E., Petrenko V.N.
Promising materials for creating structure elements of aircraft wings

Сизов А.В., Кругликов А.Е., Панченко С.В.
Сравнительные характеристики самолётов СУ-25 «FROGFOOT» и А-10 «THUNDERBOLT» 51

Sizov A.V., Kruglikov A.E., Panchenko S.V.
Comparative characteristics of SU-25 «FROGFOOT» and A-10 «THUNDERBOLT»

Слесарёнок С.В., Бордиян Р.Н., Кулабухов А.А., Мазука Я.Д.
Повышение точности навигационного комплекса самолета путем применения автономного режима функционирования управляемым инерциальным блоком 57

Slesaryonok S.V., Bordiyan R.N., Kulabuhov A.A., Mazuka Ya.D.
Improving the accuracy of the aircraft navigation system by using an autonomous mode of operation controlled inertial unit

Радько В.С., Шураев Р.С., Курилов Я.С.
Алгоритм некогерентной обработки TMBOC-сигнала на единой промежуточной частоте 63

Radko V.S., Shuraev R.S., Kurilov Ya.S.
Algorithm for incoherent processing of TMBOC-signals at a single intermediate frequency

Панков В.П., Швецов А.А., Рачук И.П., Мудрецкий Р.Н.
Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне 69

Pankov V.P., Shvetsov A.A., Rachuk I.P., Mudretsky R.N.
Research of electrical conductivity of plasma coatings on carbon fiber

Радько В.С., Киселев С.П.
Исследование характеристик мультиплексированного сигнала в локальных навигационных системах 78

Radko V.S., Kiselov S.P.
Research on the characteristics of a multiplexed signal in local navigation systems

Дейкун Г.И., Дейкун Д.Г., Лобацевич А.С.
Применение искусственных нейронных сетей в системах управления полётом современных истребителей 85

Deykyn G.I., Deykun D.G., Lobatsevich A.S.
Application of artificial neural networks in flight control systems of modern fighter jets

Николаевский Г.Н., Закарян Р.М.
Ионный двигатель: устройство ионного двигателя, физические принципы работы и область применения 89

Nikolaevsky G.N., Zakaryan R.M.
Ion engine: ion engine design, physical operating principle and application scope

Дейкун Д.Г., Турчин В.А., Закиров Р.И.
Развитие алгоритмов работы БПЛА и БАС 94

Deykun D.G., Turchin V.A., Zakirov R.I.
Development of operational algorithms for UAV and CAS

Кругликов А.Е., Ракло А.В., Сизов А.В.
Безопасность полётов и эмерджентные свойства авиационной системы 99

Kruglikov A.E., Raklo A.V., Cizov A.V.
Flight safety and emergent properties of the aviation system

Дейкун Г.И., Вах П.И., Губарев К.С., Воробьёв К.А.
Применение накопителей электроэнергии в военной авиации 102

Deykyn G.I., Vakh P.I., Gubarev K.S., Vorobyov K.A.
Application of electricity storage devices in military aviation

Дейкун Д.Г., Турчин В.А., Курбонов Р.С., Пивоваров А.А.
Использование технологии дополненной реальности в тренажной подготовке 106

Deykun D.G., Turchin V.A., Kurbonov R.S., Pivovarov A.A.
Using ar technology in training

Короткевич А.А., Закиров Р.И., Сулейманов А.Р.
Применение преобразователей электрической энергии в государственной авиации Российской Федерации. Анализ и тенденции развития 110

Korotkevich A.A., Zakirov R.I., Suleymanov A.R.
Application of electric energy converters in the state aviation of the Russian Federation. Analysis and development trends

Куликова Т.А., Куликов М.В., Куликова Н.М.
Мировое распространение международной системы единиц. Принципы построения СИ 115

Kulikova T.A., Kulikov M.V., Kulikova N.A.
Global spread of the international system of units. Principles of constructing the SI

Молчанов В.В.
Скоростной, скороподъемный, скорострельный – прадедушка «Грачей» 120

Molchanov V.V.
High-speed, rapid-climbing, rapid-firing – great grand of «Rooks»

Патоков Б.Б., Нагучев Д.М., Скурихин Г.Д., Дьяченко Д.А.
Система обнаружения живой силы противника и техники на основе использования (применения) беспилотных летательных аппаратов и искусственного интеллекта 127

Patokov B.B., Naguchev D.M., Skurihin G.D., Dyachenko D.A.
System for detecting enemy personnel and equipment based on unmanned flying appliants and artificial intelligence

Патоков Б.Б., Пономарев А.И., Масленников А.А., Суботин М.Ю.
Использование искусственного интеллекта в управлении вооружением воздушного судна 134

Patokov B.B., Ponomarev A.I., Maslennikov A.A., Subotin M.Yu.
Using artificial intelligence to control aircraft weapons

Куликова Т.А., Куликов М.В., Куликова Н.М.
совершенствование российской системы измерений 142

Kulikova T.A., Kulikov M.V., Kulikova N.A.
Improvement of the Russian measurement system

Пивень В.А., Шипалов В.И., Закарян Р.М., Ерлагаев В.Ш., Головко В.А.
Анализ результатов ЕГЭ по физике в проекции развития военного инженерного образования 147

Piven V.A., Shipalov V.I., Zakaryan R.M., Erlagaev V.Sh., Golovko V.A.
Analysis of the unified state exam in physics results in the projection of developing military engineering education

Чертоганов К.А., Шипалов В.И.
Высокоточный метод Ньютона-Канторовича для нелинейных интегральных уравнений 160

Chertoganov K.A., Shipalov V.I.
High-precision Newton-Kantorovich method for nonlinear integral equations

Головнина Н.В., Шахрай Е.А., Чёрный Р.Р., Исайчев А.А.
Векторные представения в искусственном интеллекте: от математических основ к современным языковым моделям 166

Golovnina N.V., Shakhray E.A., Cherniy R.R., Isaichev A.A.
Application of information technologies in solving linear programming problems

Божко С.В., Чеснов Ю.Н., Абделькерим Сугуи Салех
Республика Чад и её вооруженные силы 171

Bozhko S.V., Chesnov Y.N., Abdelkerim Sugui Saleh
Republic of Chad and armed forces

Молчанов В.В., Новицкая О.С.
«Летучие лисицы» над пирамидами Долины царей 176

Molchanov V.V., Novitskaya O.S.
«Flying foxes» above the pyramids of the Tsars valley

Масленников А.Г., Шерстюк Р.С.
Советская программа высадки человека на Луну 183

Maslennikov A.G., Sherstyuk R.S.
Soviet program of man's landing on the Moon

Нефедовский В.А., Коссой В.А., Савицкий Ю.А., Чёрный Р.Р.
Методика внедрения информационных технологий в образовательный процесс 197

Nefedovskii V.A., Kossoy V.A., Savitsky Y.A., Cherniy R.R.
The methodology of introducing of the education technologies into education process

Нефедовский В.А., Коссой В.А., Савицкий Ю.А., Шахрай Е.А.
Результаты внедрения информационных технологий в образовательный процесс по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» 201

Nefedovskii V.A., Kossoy V.A., Savitsky Y.A., Shakhray E.A.
The results of the introduction of information technologies into the education process in the discipline «Descriptive geometry and engineering graphics»

Вовкотруб В.В., Выскубов Е.В., Сараев И.В., Гриценко А.В.
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев второго подсемейства первого семейства пятого вида 208

Vovkotrub V.V., Vyskubov E.V., Saraev I.V., Gritsenko A.V.
Composition of ten-link closed kinematic chains of mobile linkages of the second subfamily of the first family of the fifth kind

Савицкий Ю.А., Нефедовский В.А., Шахрай Е.А., Давыдова П.Д.
Теоретическая механика: история развития русской школы 213

Savitsky Y.A., Nefedovsky V.A., Shakhray E.A., Davidova P.D.
Theoretical mechanics: the history of the development of the russian school

Вовкотруб В.В.
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев пятого подсемейства первого семейства пятого вида 219

Vovkotrub V.V.
Composition of ten-link closed kinematic chains of mobile linkages of the fifth subfamily of the first family of the fifth kind

Голубкина М.В., Дейкун Д.Г., Илюшенко Н.В.
Проблемы изучения языка Python 228

Golubkina M.V., Deykun D.G., Ilyushenko N.V.
Problems of learning Python

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Давыдов Я.Д.
Применение алгоритма MD5 для контроля целостности файловой системы 233

Gimbitsky V.A., Gimbitskaya L.A., Davidov Ya.D.
Using the md5 algorithm to control the integrity of the file system

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Еремичев Д.Д.
Клептография – Троянский конь внутри криптосистемы 238

Gimbitsky V.A., Gimbitskaya L.A., Yeremichev D.D.
Kleptography is a Trojan horse inside the cryptosystem

Вовкотруб В.В., Чабров С.Е., Коханый А.Ф., Романенко Т.М.
Состав десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев третьего подсемейства первого семейства пятого вида 242

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

Жучков И.А., Турчин В.А., Дейкун Д.Г.
Дифференциальные уравнения, приводящиеся к распадающимся, и способы их решения 251

Zhuchkov I.A., Turchin V.A., Deykun D.G.
Differential equations that lead to decaying equations and their methods for solving

Коханый А.Ф., Вовкотруб В.В., Запорожец В.А., Петров А.В.
Автожир – гибрид самолета и вертолета 257

Kokhany A.F., Vovkotrub V.V., Zaporozhets V.A., Petrov A.V.
Autogyro – a hybrid of an airplane and a helicopter

Козак Л.Г., Голубкина М.В.
Особенности использования и перспективы развития искусственного интеллекта в высшей школе 262

Kozak L.G., Golubkina M.V.
Features of the use and prospects for the development of artificial intelligence in higher education

Баштовая А.В.
Комплексная система противодействия БПЛА: радиолокационное поле и дроны-перехватчики 266

Bashtovaya A.V.
Integrated UAV counteraction system: radar field and interceptor drones

ГУМАНИТАРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

HUMANITIES AND SOCIO-ECONOMIC SCIENCES

Ветвицкая С.М., Мальчинский Ф.В.
Мировоззрение курсанта как интегративная категория в процессе освоения профессией военного летчика 275

Vetvitskaya S.M., Malchinsky F.V.
The cadet's worldview as an integrative category in the process of mastering the profession of a military pilot

Стрелецкий Я.И., Мотренко Д.В.
Прокси война Запада против России: когнитивная сфера 280

Streletskiy Y.I., Motrenko D.V.
The West's proxy war against Russia: the cognitive sphere

Ахмедбеков А.С., Коряковцева С.В.
Военно-политические органы в советский период истории 286

Akhmedbekov A.S., Koryakovtseva S.V.
Military-political bodies in the soviet period of history

Медведев В.И., Савеленко В.М.
Динамика социокультурной адаптации иностранных военнослужащих (курсантов-лётчиков ИВС) в процессе обучения в лётном вузе 289

Medvedev V.I., Savelenko V.M.
Dynamics of socio-cultural adaptation of foreign military servicemen (Flight Campus Students) in the process of studying at a flight university

Лукинова М.Г.
Особенности профессионального мышления военного летчика 294

Lukinova M.G.
Features of theprofessional thinking of a military pilot

Опошнянский А.В., Худяков О.К.
Социальные гарантии участникам СВО и членам их семей: анализ правовых основ и практики реализации на современном этапе 299

Oposhnyansky A.V., Khudyakov O.K.
Social guarantees for participants in special military operations and their family members: analysis of legal foundations and practice of implementation at the present stage

Ясиновский А.В.
Россия – родина авиации 304

Yasinovsky A.V.
Russia is a motherhood of aviation

Шипалова Н.А., Новицкая О.С.
Формирование терминологической компетенции по языку специальности (РЭО) у иностранных курсантов в военном авиационном вузе 309

Shipalova N.A., Novitskaya O.S.
Formation of terminological competence in the specialty language (REO) for foreign cadets at a military aviation university

Анцупов И.С.
«Бразильская самба в небе Европы»
(авиация Бразилии во второй мировой войне) 312

Antsypov I.S.
«Brazilian samba in the europe sky» (Brazil aviation in the world war ii)

Божко С.В., Базоев Т.Х., Короткевич А.А.
влияние тренажной подготовки на повышение качества обучения курсантов
в КВВАУЛ 316

Bozhko S.V., Bazoyev T.H., Korotkevich A.A.
The quality of flight school cadets' education

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Неженцев Н.В., Шутылев Н.Д.
Дисциплинированность и профессионализм – важнейшие качества личности
российского военнослужащего 321

Gimbitsky V.A., Gimbitskaya L.A., Neshentsev N.V., Shutilev N.D.
Discipline and professionalism are the most important qualities of
a Russian soldier's personality

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Аебудах Хамид Мифтах Ахмед Абдул
Ливия вчера и сегодня 332

Gimbitsky V.A., Gimbitskaya L.A., Aebudah Hamid Miftah Ahmed Abdul
Libya yesterday and today

Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А., Лаунди Бемба Сан-Клэр, Сана Тед Петрус
Мы любим свою родину ЦАР 338

Gimbitsky V.A., Gimbitskaya L.A., Laundy Bemba San Claire, Sana Ted Petrus
We love our homeland TSAR

Захаренко Г.И., Захаренко С.Г., Кислица М.В.
Анализ результатов опытно-экспериментальной работы по формированию
экономической культуры обучающихся в условиях учебного заведения 343

Zakharenko G.I., Zakharenko S.G., Kislitsa M.V.
Analysisoftheresultsofexperimentalworkontheformation of students economic culture
ineducational institutions

Божко С.В., Чеснов Ю.Н., Тыщенко З.А.
Развитие многомоторной авиации 350

Bozhko S.V., Chesnov Y.N., Tishetnko Z.A.
Multi-motor aviation development

Медведева В.В., Жучков И.А.
Исследование влияния различных факторов на экономическое развитие стран.
Модели экономического роста 357

Medvedeva V.V., Zhuchkov I.A.
Study of the influence of various factors on the economic development of countries.
Models of economic growth

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES

УДК 621.391.8

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО КЛАССА ШИРОКОПОЛОСНЫХ ШУМОПОДОБНЫХ КОДО-ДИСКРЕТНО-ЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙ (ЗАГОРИЗОНТНОЙ) РАДИОЛОКАЦИИ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМ СКРЫТНЫМ ОПОЗНАВАНИЕМ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF A NEW CLASS OF BROADBAND NOISE-LIKE SIGNALS OF CODE-DISCRETE-FREQVENCY SIGNALS TO SOLVE THE PROBLEM OF LONG- RENGE (OVER-THE-HORIZON) SHORT-WAVE RADAR WITN INDIVIDUAL COVERT INDENTIFICATION

Сныткин И.И.
доктор технических наук, профессор,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
snytkin2072@mail.ru

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

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

Аннотация. Основные достоинства дальней (загоризонтной) радиолокации в коротко-волновом (КВ) диапазоне электромагнитных волн (ЭМВ) в рамках имеющихся таких образцов вооружения и военной техники (отечественных и зарубежных) на повестку дня ставят актуальные вопросы наделения их возможностями опознавания (государственного, индивидуального, в том числе по принципу «свой-чужой») воздушных объектов – летательных аппаратов (ЛА) как пилотируемых (ПЛА), так и беспилотных (БПЛА) по различным признакам. Но эти возможности нельзя реализовать в КВ диапазоне на основе существующих и реализуемых с середины XX века и в настоящее время принципов и методов опознавания ЛА в УКВ диапазоне ЭМВ на основе «запросно-ответных систем». Ниже кратко рассматривается предлагаемый метод выхода из этого положения на основе применения и использования свойств кодо-дискретно-частотных сигналов в КВ-дальней радиолокации.

Ключевые слова: кодо-дискретно-частотные сигналы (КДЧС), коротко-волновый (КВ) диапазон, электронно-магнитные волны (ЭМВ), радиолокационные системы (РЛС), беспилотные летательные аппараты (БПЛА), летательный аппарат (ЛА), частотно-временная матрица (ЧВМ), система опознавания (СО), радиолокационное обнаружение (РЛО), ультракоротковолновый диапазон (УКВ), частота биений (ЧБ), матрица частот биений (МЧБ).

Snytkin I.I.
Doctor in Technical Sciences,
Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
snytkin2072@mail.ru

Zakharenko G.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
zgi3791@rambler.ru

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

Abstract. Major advantages of the long-distance (over-the-horizon) ranging in the HF band of electromagnetic (EM) spectrum with in the framework of existing weapons and military technologies (home- and foreign-manufactured) will put on an agenda vital issues of providing them with capabilities of (national, individual, and friend-or-foe) identification of aircraft, i.e. aerial vehicles both manned (MAV) and unmanned (UAV) through different criteria. However, those capabilities cannot be implemented in HF bandbased onexistingand being introduced since mid of 20th century up to nowprinciples and methods of aircraft identification in the VHF of EM spectrum on the basis of transponder systems. Below, the reisa brief review of a proposed method of recovering present situation through introduction an dapplication of discrete frequency and phase coding wave form qualities for HF long-distance ranging.

Keywords: discretefrequency and phase coding wave form (DFPCW), high frequency (HF) band, electromagnetic wave (EMW), radar systems, unmanned aerial vehicle (UAV), aircraft (a/c), time-frequency matrix (TFM), identification system (IS), radar detection (RD), very-high frequency (VHF) band, beat frequency (BF), beat frequency matrix (BFM).

Достоинства и недостатки систем КВ-радиолокации связаны прежде всего с методами решения тех задач, которые ставятся перед ними на основе ис-

пользования характера и условий распространения КВЭМВ в приземном пространстве. Так, например:

1) существующие отечественные «загоризонтные» РЛС дальнего обнаружения (ДРЛО), работающие в коротковолновом (КВ) декаметровом-диапазоне радиоволн (длины волн λ = n×10 = (10... 100) метров) поверхностными и земными типами волн: по наземным и морским целям (система «Небо-М») с дальностями обнаружения до 1800 км по морским целям; по «надморским» целям (система «Подсолнух») с дальностью обнаружения до 4 тыс. км с неограниченной высотой обнаружения; – зарубежные, например, иранская загоризонтная РЛС КВ диапазона (наземная система «NAZIR») с дальностью обнаружения до 500 км;

2) воздушные отечественные системы ДРЛО (с комплексами «Шмель») на воздушных комплексах А-50 и А – 100 (проходит войсковые испытания) обеспечивают в КВ-диапазоне дальность обнаружения до 2 тыс. км., а в УКВ-диапазоне (сантиметровой длины волны λ = n×1 см (1...10 см)) – до 400 км, – показывают, что этот имеющийся научно-практический опыт применения дальней радиолокации и обнаружения в КВ-диапазоне можно использовать для реализации другого нового принципа госопознавания и идентифицирования объектов (воздушных, морских, наземных) в КВ-диапазоне, отличного от принципов и методов, реализуемых в УКВ-диапазоне.

Действительно в КВ-диапазоне (вследствие условий распространения ЭМВ данного диапозона) можно значительно увеличить дальность обнаружения, опознавания при сравнительно небольших мощностях наземных передатчиков за счёт антенных (в том числе фазированных) решёток большой площади. Однако в этом диапазоне радиоволн невозможно использовать существующий принцип реализации «запросно-ответных» систем госопознавания и «свой-чужой» в УКВ-диапазоне, так как на борту ЛА требовалось бы иметь намного большие, чем у существующих систем опознавания, мощность и габариты радиопередатчика «ответчика» в КВ диапазоне. Что по существу исключает размещение и функционирование таких радиопередатчиков на борту ЛА (тем более БПЛА). То есть КВ-диапазон, с одной стороны, может обеспечивать большую дальность РЛС обнаружения – опознавания, но требует новых принципов опознавания, а именно – неактивного, то есть «безответного» – пассивного, на основе отражающих «свойств – признаков» лоцируемого объекта. Эти новые принципы можно заложить в «умную» обшивку планера ЛА (корпуса морского или наземного объекта), отражение от которой будет носить признаки государственного и индивидуального опознавания. Это означает, что «шифр-признаки» должны быть заложены не (или не только) в самом радиосигнале, но и в «умной обшивке» планера ЛА – конструктивном элементе обшивки. Отражаясь от планера, радиоволна будет нести в себе «информацию» об этом конструктивном «шифр-признаке», которым можно индивидуально снабжать перед вылетом ЛА на аэродроме, а в случае катастрофы ЛА – легко автоматически уничтожать его или отстреливать.

Широко используемая система опознавания «свой-чужой» («Пароль») имеет основной недостаток в принципах заложенных в ее функционирование, а именно, она является «запросно-ответной» системой, т.е. активной системой, задача опознавания в которой решается посредством использования шифрованных кодовых сигналов (с применением методов криптографии): «запросных» шифр-сигналов в УКВ-радиолинии «земля-борт», которые после их приёма на борту ЛА расшифровываются на основе ключевых данных, и в случае соответствия и успешного расшифровывания их на борту формируется ответный сигнал – «свой», передаваемый по УКВ-радиолинии «борт-земля». Причём для этого используются радиолинии постоянно функционирующих РЛС обнаружения и сопровождения целей (наземная и бортовая части). Отсюда энергетическая и структурная скрытности системы «Пароль» в целом низкие. А вот «криптостойкость» гарантированного уровня обеспечивается только ключевыми данными. Использование «ключевых» данных осуществляется очень сложным, дорогостоящим и трудоёмким оргтехническим механизмом через Генеральный штаб ВС РФ, поэтому при ведении боевых действий, авиационных и морских катастрофах и инцидентах возникают условия компрометации «ключевых данных», и восстановление нарушенной системы опознавания значительно усложняется. Тем более, что «соседи» и «партнёры»

десятки лет изучают «замки» и «ключи» системы «Пароль», с каждым годом уменьшая её стойкость, и в конце концов (по теории) когда-нибудь её «вскроют» даже не агентурным способом, а криптографическими методами. Так как функционирование системы «Пароль», как активной – «запросно-ответной» – системы, базируется на использовании передатчиков и приемников в РЛС обнаружения и сопровождения в диапазонах УКВ и СВЧ, то на борту летательного аппарата нет необходимости иметь свой мощный передатчик, но с другой стороны и дальность действия ответного сигнала в этой связи мала (десятки километров).

Закладывать в систему опознавания в КВ-радиолокации принцип системы «Пароль» и невозможно, и нецелесообразно по целому ряду причин, в том числе потому, что КВ диапазон представляет отличные от УКВ диапазона возможности для создания систем опознавания на новых принципах. Один из этих новых принципов и предлагается ниже. Основой этого принципа является:

– использование в качестве запросных кодовых сигналов-сложных сигналов не очень большой базы $B \approx 10^4 \div 10^5$ в виде кодо-дискретно частотных сигналов (КДЧС) в КВ диапазоне, представляющих собой кодовые частотно-временные матрицы (ЧВМ), кодовые числовые последовательности которых образуются в конечных полях Галуа (простых и расширенных), а принципы шифрования КДЧС основываются на использовании принципа Диффи-Хэллмана (основной принцип гарантированного шифрования в открытых линиях связи);

– умная обшивка планера «своего» ЛА позволяет на основе принципа Диффи-Хэлмана сформировать «свои» отраженные частоты ЧВМ, а отраженные от «чужого» ЛА будут те же частоты, что и облучающая ЧВМ;

– на приемной стороне «облучателя» излучаемая и принимаемая ЧВМ сравниваются во временной плоскости и формируется тем самым матрица частот биений (МЧБ) $\{F_{бi,ti}\}$. Если ЛА – «свой», то принимаемая отраженная ЧВМ будет «своей» по кодовой структуре числовой последовательности в поле Галуа, а если ЛА – «чужой», то принимаемая ЧВМ будет «чужой», что и будет отражаться в «чужой числовой последовательности».

На рисунке 1 представлена форма ЧВМ КДЧС, использующих (как пример) 8 номиналов частот из последовательностей чисел (номеров номиналов частот) в поле Галуа GF (p=11). На рисунке 2 принято, что r есть элемент разрешения по дальности.

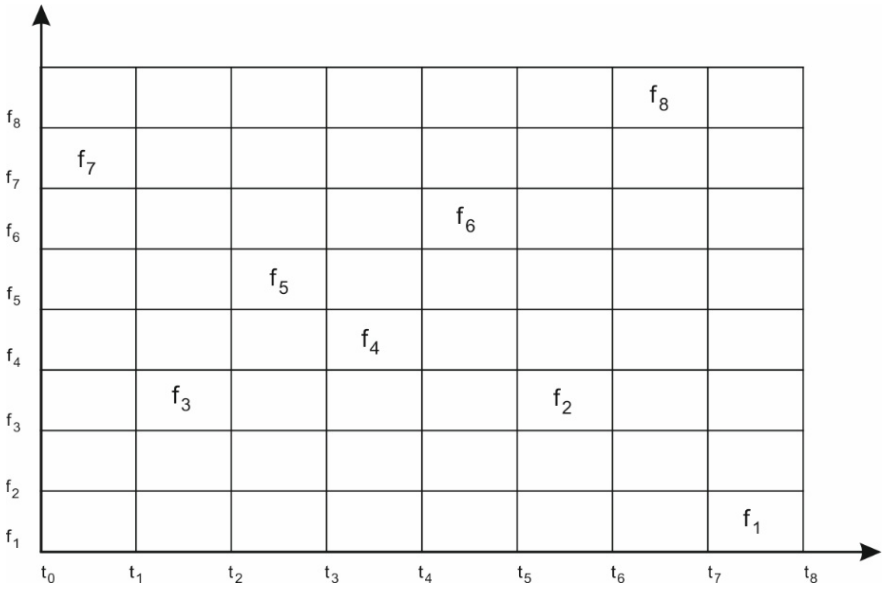


Рисунок 1 – ЧВМ КДЧС

Таким образом:

– всего возможно 28 номиналов значений частот биений при {f1,…., f8} = C_8^2;

– число возможных комбинаций частотно-временных матриц (ЧВМ) из 8-ми частот {f1,…., f8} будет равно числу перестановок из 8-ми, т.е. = 8! = 40320;

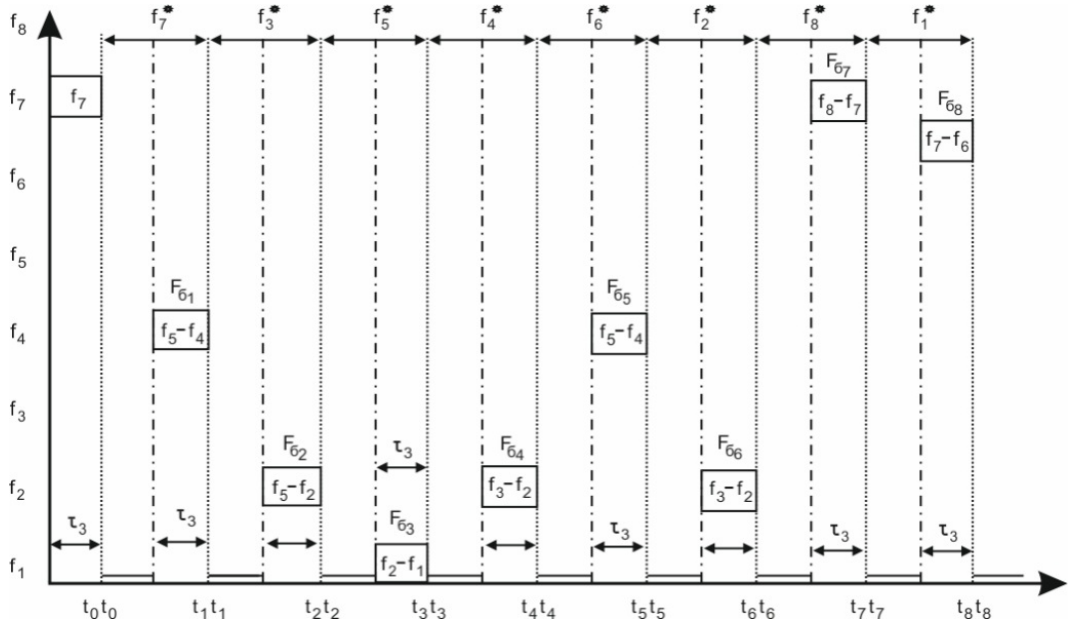


Рисунок 2 – Форма ЧВМЧБ

– число возможных комбинаций (видов) ЧВМ частот биений равно числу перестановок Р28 = 28! > триллиона. Число частотно-временных матриц частот биений (ЧВМЧБ), приходящихся на одну ЧВМ будет (28!)/40320 = N_{KJI} – число «ключей»;

– набор форм ЧВМЧБ и есть набор ключевых данных, размещенных на РЛС системы РЛО, а это несколько сотен триллионов, при это, на 1 форму ЧВМ приходится $\{N_{КЛ}\}$ = {28!/8!} ключей-форм ЧВМЧБ;

– к этому добавляются скрытность и имитоспособность самих ЧВМ полезного сигнала;

– элемент разрешения по дальности r есть функция, зависящая от формы МЧБ, что и определяется приемным коррелятором (согласованным фильтром), настроенным на конкретную форму МЧБ. Причем в зависимости от того, как будет излучаться ЧВМ – последовательно или параллельно – будет определяться вид коррелятора (согласованного фильтра) – параллельный или последовательный.

В отличии от классического метода [1] определения дальности Д до цели по величине частоты биения Fб(Д = f(Fб)) в нашем случае идентификатором дальности до цели будут являтся:

– набор частот биений Fбi, i = 1….8, сгруппированных в определенную кодовую форму при последовательной ЧВМ;

– набор частот биений Fбi есть параллельный код, форма которого дешифрируется обычным дешифратором по закону «ключа»;

– многовекторный (число векторов равно 8) фильтр τ_3, определяющий в каждом канале (число каналов равно 8) значение τ_3, используя в каждом канале фильтры τ_3 (дискретные в соответствии с решающей способностью) τ_3, используя набеги фазы каждой частоты f_i ЧМВ, а также мажоритарный принцип принятия решения на основании сигналов – решений из восьми каналов (канал – это канал приема частотного элемента f_i ЧМВ). Это дает основания «закрепить» на одной из ЧВМ $N_{кл}$ – число ключей – форм МЧБ.

Если выше указанный принцип и метод использовать в классической «запросно-ответной» системе, то система опознавания (СО), например, для БПЛА:

– безусловно должна быть «совмещенной» или «полусовмещенной», т.е. «обнаружение» и «запрос» цели осуществляются одним РЛС – каналом; код (и ключ) запроса «размещается» в РЛС-канале в виде ЧВМ и МЧБ (ключи), что обеспечивает, как известно, высокое разрешение цели помимо простоты «запросного» процесса, а «ответ» посылается в виде соответствующей ЧВМ в этом же диапазоне на той же $f_{нес}$ или в виде той же «структуры ЧВМ», но в другом диапазоне – ДМВ (или СМВ).

– совмещенные системы потребуют рассчитать и создать отдельные маломощные ПРДУ в диапазоне УКВ-на борту БПЛА.

– полу совмещенные системы могут использовать имеющийся канал дециметровых и сантиметровых волн ответного сигнала. Главное: сохранить принцип некриптографического кодирования «запросно-ответных» сигналов посредством ЧВМ.

Основное достоинство данного предложения – отказ от выполняемого кодирования используемых сигналов (в соответствующей известной системе) в виде модуляции несущего колебания типа: время-импульсная модуляция (ВИМ), широтно-импульсная модуляция (ШИМ) и т.п., – что малонадежно в принципе и особенно с учетом необходимости обеспечивать высокую разрешающую способность по дальности.

Но указанный принцип и метод можно реализовать и без классической «запросно-ответной системы», а именно: «ответный сигнал» можно сформировать и без «бортового» ПРДУ, а в виде отраженного от «ключевого» блока обшивки ЛА (ПЛА и БПЛА), порождающего на приемной стороне системы РЛО специальную МЧБ, идентифицирующую объект – ЛА. Такой путь при использовании КДЧС вполне реализуем на основе использования имеющийся теории и практики идентификации объектов (воздушных судов) по форме траектории доплеровской частоты. В нашем случае мы будем говорить уже о форме траектории МЧБ. Изложение положений реализации данного пути будет осуществлено в дальнейшем.

Достоинства и эффективность предлагаемого метода будет значительно увеличены, если в качестве КДЧС использовать производные КДЧС (ПКДЧС) [2].

Список литературы:

1. Ширман Я.Д. Теоретические основы радиолокации. Учебное пособие для вузов. – М. : Советское радио,1970. – 560 с.

2. Сныткин И.И., Кулюпин Е.Н. Синтез систем двукратных производных кодовых дискретно-частотных сигналов с заданными ансамблевыми и структурными свойствами // Успехи современной радиоэлектроники. – 2017. – № 5. – С. 67–78.

УДК 355.23

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИГРОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМУ ВОЕННОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

♦♦♦♦♦

IMPLEMENTATION OF MODERN GAMING COMPUTER TECHNOLOGIES INTO THE MILITARY PROFESSIONAL EDUCATION SYSTEM

Смурыгин А.В.
кандидат педагогических наук, доцент,
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина»
smuryginvrn@mail.ru

Дрига В.Г.
кандидат химических наук, доцент,
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина»
vera_driga@mail.ru

Дерябин С.Е.
кандидат военных наук, доцент
Краснодарское высшее военное авиационное
училище летчиков
sergey.deryabin.64@mail.ru

Аннотация. В статье обоснована необходимость поиска новых технологий развития профессиональной компетентности курсантов по тактическим и тактико-специальным дисциплинам. В качестве альтернативы традиционным формам обучения рассматриваются игровые формы с использованием персональных электронных вычислительных машин, позволяющих значительно повысить качество военного профессионального образования.

Ключевые слова: компьютеризация, игровые формы обучения, активизация познавательной деятельности, динамика боевых действий, управление в бою, программное обеспечение, эффективность занятия.

Smurygin A.V.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Military Educational and Scientific Center
of the Air Force «Air Force Academy
named after prof. N.E. Zhukovsky
and Yu.A. Gagarin»
smuryginvrn@mail.ru

Driga V.G.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Military Educational and Scientific Center
of the Air Force «Air Force Academy
named after prof. N.E. Zhukovsky
and Yu.A. Gagarin»
vera_driga @mail.ru

Deryabin S.E.
PhD in Military Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
sergey.deryabin.64@mail.ru

Abstract. The article substantiates the need to search for new technologies for developing the professional competence of cadets in tactical and tactical-special disciplines. As an alternative to traditional forms of training, game forms using personal electronic computers are being considered, which make it possible to significantly improve the quality of military professional education.

Keywords: computerization, game-based forms of learning, activation of cognitive activity, dynamics of military operations, combat control, software, effectiveness of the lesson.

В настоящее время в высших военных учебных заведениях для повышения эффективности учебного процесса осуществляется компьютеризация – обеспечение преподавателей и обучающихся (курсантов) персональными электронными вычислительными машинами (ЭВМ). Внедрение компьютеров в образовательную деятельность требует изменения форм и методов обучения, как по структуре, так и по содержанию.

Новые модифицированные формы обучения с использованием ЭВМ по тактическим и тактико-специальным дисциплинам военного вуза могут быть как игровыми, так и неигровыми. Классификация форм обучения по видам занятий представлена на рисунке 1.

Игровые формы обучения, на занятиях, должны воспроизводить условия, которые максимально приближены к реальным [1]. Правильно разработанные задачи с элементами игры должны вынуждать курсантов выполнять определенные действия, аналогичные тем, с которыми им придется практически сталкиваться в будущей профессиональной деятельности согласно военной специальности. Мы считаем, что при решении подобных задач по тактическим (тактико-специальным дисциплинам) от кур-

сантов должно требоваться выполнение конкретных действий, определяющих не только личный результат, но и результат действий определенного коллектива, то есть влияющих в конечном итоге на оценку деятельности всего коллектива. Необходимо отметить, что занятия, проводимые на игровой основе с решением тактических и тактико-специальных задач, способствуют значительно активизировать познавательную деятельность обучающихся [2].



Рисунок 1 – Классификация форм обучения по видам занятий в ходе изучения тактических и тактико-специальных дисциплин военного вуза

Неигровые формы обучения, на занятиях по тактическим и тактико-специальным дисциплинам, формируют у курсантов установленную базу знаний, которая создаётся на основе содержания изучаемой учебной дисциплины [3].

Вопрос эффективности проведения занятий по тактическим и тактико-специальным дисциплинам с использованием рассмотренных выше форм обучения является непростым и имеет противоречивый характер. Под эффективностью обучения в военном вузе нами понимается степень уровня подготовки курсантов в отношении их способности выполнять служебные обязанности в войсках после выпуска [4]. При таком подходе эффективность обучения можно определить только по истечении определенного периода времени, когда вуз получит отзывы на выпускников с места их службы. Однако мы считаем, что необходима оценка эффективности обучения, которая определяется на месте, в вузе – «здесь и сейчас», с учетом формирования определенных компетенций у курсантов, как будущих военных специалистов, как профессионалов.

Анализ образовательной деятельности на кафедре показывает, что наилучших результатов курсанты добиваются в ходе занятий, проводимых с использованием игровых компьютерных технологий, когда решаются учебные задачи на фоне обстановки максимально приближенной к реальной («боевой»). В таких условиях обучающиеся быстро входят в роль должностного лица, действия которого исполняются, и уже сами могут оценить результаты своей профессиональной деятельности [3].

Возможные варианты игровых моделей, применяемых в ходе изучения тактических и тактико-специальных дисциплинам, можно разделить на три группы – динамические, статические и статико-динамические [5].

Динамические игровые модели включают игровые ситуации, в которых основная деятельность курсантов по решению вопросов управления подразделениями или под-

чиненным личным составом зависит от конкретной обстановки, сложившейся в данный момент времени. Поэтому правильность деятельности курсантов, назначенных в роль должностного лица, определяется по действиям управляемых подчиненных в ходе выполнения ими поставленной задачи. По результатам проведения таких занятий можно довольно точно определить и оценить способность курсантов к управленческой деятельности [6].

Статическими игровыми моделями являются занятия, проводимые в виде тактических летучек. Обучающиеся самостоятельно решают их, проводят расчеты, наносят графически обстановку и письменно готовят распоряжения своим подчиненным. Оценку за результаты выполненной работы курсанты получают через определенный промежуток времени, после проверки преподавателем и определения им оценки в виде субъективных замечаний.

К статико-динамическим игровым моделям следует отнести игровые ситуации, в которых деятельность обучающихся по управлению подчиненными складывается из нескольких фрагментов служебной деятельности конкретного должностного лица. Такие действия обучающихся можно отрабатывать, используя игровые модели в ходе проведения групповых упражнений.

Мы видим, что рассмотренные виды игровых моделей можно широко и динамично использовать в учебном процессе военного вуза, изучая тактические и тактико-специальные дисциплины. Однако отсутствие в настоящее время необходимого программного обеспечения не позволяет в полной мере применять игровые модели в учебном процессе военного вуза, поскольку создание электронных обучающих программ в значительной степени зависит от класса используемых ЭВМ.

Анализ педагогической практики показывает, что на сегодняшний день в учебном процессе военного вуза в основном применяют программы с расчетными моделями, которые, как правило, используют для подготовки данных на этапе планирования боевых действий. Применяя данные программы, курсанты учатся проводить расчеты и обосновывать свои принятые решения. Однако этого недостаточно, и хотелось бы, чтобы на занятиях использовались программы, позволяющие обучающимся отрабатывать вопросы по управлению подразделением в боевой обстановке для формирования умений организовывать боевые действия и управлять личным составом в бою на профессиональном уровне.

Учитывая опыт ведения боевых действий, необходимо отметить, что вопросам управления подчиненными в ходе боя должно уделяться большое внимание и начинать обучать этому необходимо в военном вузе. Важно понимать, что отработка вопросов динамики боевых действий требует от преподавателя настоящего искусства, т.к. обстановка должна быть динамичной и соответствовать условиям ведения современного боя, а у курсантов должно создаваться впечатление участия в «бою». К сожалению, не все преподаватели могут организовать проведение таких занятий, так как не умеют создать у курсантов образного представления о динамике ведения боевых действий. Мы считаем, что помочь им в этом могут электронные программы, разработанные на игровой основе.

Хочется отметить, что вопрос использования программного обеспечения с игровыми моделями в ходе проведения тактических и тактико-специальных занятий нуждается в положительном разрешении. Перспективы игровых моделей практически безграничны, они могут использоваться в любом виде обеспечения, от боевого до специально-технического, тылового и т.п. Мы считаем, что при умелом применении существующих методик преподавания можно добиться высоких показателей в практической деятельности обучающихся по управлению личным составом в боевой обстановке. При этом преподаватель будет иметь возможность разыгрывать любые боевые эпизоды (задачи), а у курсанта появится больше времени для инициативных самостоятельных действий.

Возрастающее в вузах количество персональных ЭВМ и появление их защищенных образцов позволит уже в ближайшее время создавать не только отдельные компьютерные классы, но и устанавливать их в учебных аудиториях курсантов, где проводится основная часть групповых занятий (упражнений) и самостоятельная подго-

товка. Это позволит практически без каких-либо ограничений внедрять в учебный процесс вуза электронные программы с игровыми моделями, которые дают возможность эффективно формировать у курсантов практические навыки в управлении действиями подчиненных в различной обстановке. Программы должны моделироваться с помощью ЭВМ так, чтобы динамика ведения боевых действий в графическом виде отображалась на экране дисплея. С целью получения обратной связи должна обеспечиваться возможность получения разыгрываемым должностным лицом обстановки в графическом виде с выдачей ее на экран, а также может быть предусмотрено формирование и доведение боевых донесений от своих «подчиненных» в виде текстового сообщения с выдачей его на печатающее устройство или речевой выход. При этом исключительно важное значение отводится роли зрительного восприятия визуальной и, в частности, графической информации.

Игровые модели для изучения действий подразделений в особых условиях должны представлять самостоятельное направление и предназначаться для отработки вопросов, не вошедших в тематику тактической задачи. Как правило, это будут вопросы, связанные с рассмотрением управления подчиненными при подготовке и ведении боевых действий в особых условиях.

Мы считаем, что электронные игровые модели должны также устанавливать степень усвоения ранее изученных вопросов и по своему содержанию могут включать любой эпизод динамики боя (действий подразделения), предназначенный для контроля одного-двух теоретических вопросов.

Таким образом, можно утверждать, что умелое применение игровых форм в учебном процессе военного вуза по тактическим и тактико-специальным дисциплинам выводит на качественно новый уровень методическую систему профессиональной подготовки военных специалистов. Внедрение игровых моделей как формы обучения на тактических и тактико-специальных дисциплинах позволит повысить эффективность проведения занятий по управлению подразделениями за счет увеличения интенсивности и активности работы курсантов, предоставления возможности каждому обучающемуся применить свои знания в практической работе по управлению подчиненными в условиях максимально приближенных к боевым.

Следовательно, интеграция игровых компьютерных технологий в образовательный процесс будет способствовать обеспечению эффективного формирования профессиональных компетенций военного специалиста необходимых ему для успешного выполнения служебных и боевых задач.

Список литературы:

1. Игровая форма учебного процесса как способ вовлечения учащихся / В.Е. Скачок, В.В. Баранов, А.А. Котлярович [и др.]. // Молодой ученый. – 2019. – № 39 (277). – С. 263–265.

2. Анашкина И.В. Активные и интерактивные формы обучения: методические рекомендации. – Тамбов : Изд-во ООО Орион, 2011. – С. 39.

3. Гайдунко Ю.А. Методика применения игровых технологий в военных вузах // «Вестник университета (Государственный университета управления)». – 2009. – № 14. – С. 31–33.

4. Барабанщиков А.В., Дерюгин Н.И. Военно-педагогическая диагностика. – М. : ВУ, 1995. – 108 с.

5. Моделирование и оценка эффективности боевых действий: учеб. / М.К. Абрамович, А.Д. Дорожкин, В.Н. Евдонов [и др.]; под ред. Е.С. Щербакова. – Тверь : ВА ВКО, 2015. – 116 с.

6. Менсагиев Ж.Ж., Задорожных Ю.В. Компьютерные игровые модели, применяемые в учебном процессе, и их возможности // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2017. – № 2 (15). – С. 98–102.

УДК 629.7

АКТУАЛЬНОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ОРЛАН-10

♦♦♦♦♦

RELEVANCE, PROBLEMS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF UNMANNEDAERIAL VEHICLES USING THE EXAMPLE OF THE ORLAN-10 UNMANNEDAERIAL VEHICLE

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

Аннотация. В научной статье автором рассматриваются актуальность, проблемы и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов на примере беспилотного летательного аппарата Орлан-10. В статье приведено обоснование актуальности разработки размещения РЛС на борту малогабаритных БПЛА. Идея создания малогабаритных РЛС в настоящее время остается в разработке у многих научных концернов, что также свидетельствует о повышенной значимости и актуальность данного аппарата.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, оптический диапазон, инфракрасный диапазон, гиростабилизированная камера.

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

Abstract. In the scientific article, the author examines the relevance, problem sand prospects of the development of unmanned aerial vehicles using the example of the Orlan-10 unmanned aerial vehicle.The article provides a justification for the relevance of the development of radar placement on board small-sized UAVs. The idea of creating small-sized radars is currently being developed by many scientific concerns, whichalso indicates the increased importance and relevance of this device.

Keywords: unmannedaerial vehicle, optical range, infrared range, gyrostabilized camera.

На протяжении последних 10 лет беспилотные летательные аппараты (БПЛА) набирают огромную популярность, тридцать лет назад никто не мог подумать, что БПЛА будут так активно использоваться по всему миру.

На данный момент БПЛА применяют [1]:

– в военной области, для обеспечения разведывательных операций, наблюдения и обнаружения целей, а также для выполнения боевых задач;

– для контроля границ, поиска пропавших людей, аэрофотосъёмки, а в некоторых случаях и для доставки малогабаритных грузов;

– в научных исследованиях, для сбора данных и исследований в области геологии, экологии, метеорологии и других областях;

– в сельском хозяйстве, для мониторинга и оценки состояния полей, урожайности и уровня орошения, контроля и охраны крупных ферм и производств;

– в медицине, для доставки медикаментов и инструментов на места бедствий, а также для транспортировки органов для трансплантации;

– в строительстве и архитектуре, для документирования и оценки процесса строительства;

– в развлекательной сфере, для создания кино и видеоматериалов, а также для съёмки спортивных мероприятий.

Также БПЛА используются для обеспечения мониторинга автодорог, контроля за транспортным потоком, – БПЛА оснащены камерами, фиксирующими нарушения ПДД и общее состояние дороги.

Особую актуальность они показали в сфере ведения боя в рамках военной операциина территории Сирийской Арабской республики (САР) и в рамках специальной военной операции (СВО) на территории Украины. Благодаря БПЛА решилось колоссальное количество проблем разведки и ведения боя. Если на территории САР БПЛА могс лёгкостью выполнять боевые задачи разведки за счёт относительно открытой

местности, то на территории Украины в связи с менее открытыми участками местности БПЛА столкнулись с проблемой обнаружения целей и объектов размещённых на территории противника. В случае осуществления обзора местности в оптическом диапазоне – деревья, кустарники, высокая трава стали основным препятствием для разведывательных действий и создали значительные трудности для обнаружения противника. Для решения данной задачи БПЛА оснастили разведывательной аппаратурой инфракрасного (ИК) обзора местности. С каждым годом сфера БПЛА развивается, оснащается более новыми комплектациями и различными видами разведывательной аппаратуры. Для решения проблемы обнаружения в закрытых участках местности, таких как леса, крупные кустарники, высокая трава и так далее. В данной статье рассмотрим оснащение на примере БПЛА Орлан-10 (см. рис. 1).



Рисунок 1

Орлан-10 является тактическим малогабаритным БПЛА длиной 3,1 м. и размахом крыла 1,8 м. Данный БПЛА может преодолевать расстояния до 600 км, двигаться со скоростью от 90 до 150 км/ч, подниматься на высоту до 5000 м, так же данное воздушное судно (ВС) способно находиться в воздухе до 16 часов. Благодаря этому его начали использовать в боевых действиях с целью выполнения задач разведки. Полезная нагрузка Орлан-10 ограничена 5 кг, именно поэтому данный БПЛА имеет большое количество различных комплектаций для их оперативной смены в зависимости от выполнения поставленной задачи [2].

Комплектации БПЛА Орлан-10 предназначены для выполнения различных разведывательных мероприятий и делятся на:

1. Радиотехническая GSM-разведка и оптическая/ИК разведка, включается в себя: модуль радиотехнической разведки, аэрофотоаппарат, телевизионную аппаратуру, инфракрасную аппаратуру, накопитель на 64 Гб для хранения результатов съёмки и полёта в автономном режиме «радиомолчание» (режим в котором отсутствует связь с оператором), модуль управления нагрузкой (интегрирует компоненты находящиеся на БПЛА), модуль связи (данный модуль обеспечивает дальность связи до 120 км).

2. Дневная разведка с гиростабилизированной камерой в видимом диапазоне, включает в себя: 2 поворотные телевизионные камеры на гиростабилизированной платформе. Данный вид разведки предназначен исключительно для дневного применения в ясную погоду.

3. Круглосуточная разведка с гиростабилизированной камерой в инфракрасном диапазоне включает в себя: поворотные инфракрасные камеры «FlirPhoton 320» и «FlirPhoton 640» на гиростабилизированной платформе, которая предназначена для круглосуточной разведки. В некоторых вариациях поворотная камера укомплектована лазером, который позволяет подсвечивать цели, в том числе и подвижные [3].

4. Пеленгатор местоположения работающих РЛС и радиостанций – данный комплекс работает для пеленгации в X-диапазоне с целью выявления координат РЛС, он на прямую связан с артиллерийскими батареями ВС РФ для поражения обнаруженных целей в кратчайшие сроки.

Также существуют экспериментальные комплектации. Одним из примеров является сборка, разработанная для выполнения боевых задач в САР. Во время Сирийского конфликта была сформирована модификация Орлан-10, при которой БПЛА был укомплектован 12 камерами «Canon 5D Mark II», это позволяло делать снимки суммарным разрешением 264 мегапикселя. Версия Орлан-10 с 12 камерами упоминается в источниках, как версия для создания объёмных 3D карт местности с геолокацией военных целей.

Учитывая все вышеперечисленные достоинства и возможности данного БПЛА, можно понять, что основным видом разведки Орлан-10 является, оптический и ИК принцип обнаружения. Данные виды обнаружения являются очень эффективными и активно используются в ходе ведения СВО, однако они достаточно уязвимы относительно плохих погодных условий. В таблице 1 приведены различные виды погодных условий и эффективность работы БПЛА в них [4].

Таблица 1

Погодные условия:	Дальность обнаружения при оптическом обзоре:	Дальность обнаружения в инфракрасном диапазоне:
сильной запылённости атмосферы, туман	менее 50 м (относительно плотности тумана и размеров объекта)	менее 200 м (относительно плотности тумана и размеров объекта)
сильный дождь с интенсивностью 80 мм/час и более	менее 50 м (относительно интенсивности дождя и размеров объекта)	(ИК) диапазон становится неработоспособным
снегопад с интенсивностью 3 мм/ч и более	менее 100 м (относительно интенсивности снегопада и размеров объекта)	менее 200 м (относительно интенсивности снегопада и размеров объекта)
в дымке	менее 100 м (относительно плотности дымки и размеров объекта)	менее 200 м (относительно плотности дымки и размеров объекта)

При сильной запылённости атмосферы дальность действия и контрастность формируемого изображения сильно ухудшается, в сильный дождь с интенсивностью 80 мм/час и более, в снегопад с интенсивностью 3 мм/ч и более, в дымке и при других сложных метеоусловиях. Конечно, это зависит от размеров обнаруживаемого объекта, температуры окружающей среды и расстояния до него. Однако можно сделать вывод, что оптического и ИК диапазона обнаружения недостаточно для ведения разведывательных операций. В последнее время многие разработчики рассматривают возможность создания и размещения радиолокационной станции (РЛС) на малогабаритных БПЛА. Данная разработка в перспективе станет огромным прорывом в ходе ведении боевых действий. Учитывая все сферы и условия применения БПЛА, РЛС размещённая на нём решит сразу огромное количество проблем проведения различных разведывательных действий, таких как [5]:

– возможность обнаружения в условиях плохой и малой видимости: дождь, снег, запылённость атмосферы;

– возможность осуществлять разведывательные действия более незаметно за счёт полёта над облаками, в зонах с низкой видимостью.

Комплексирование данных систем в САУ позволяет на основе алгоритмов управления вырабатывать управляющие сигналы на сервоприводы согласно заданной программе полета.

Связное оборудование включает в себя:

– модуль командно-телеметрической радиолинии;

– антенно-фидерную систему командно-телеметрической радиолинии.

Модуль командно-телеметрической радиолинии, расположенный в фюзеляже в носовой части совместно с антенно-фидерной системой, находящейся, в свою очередь, в фюзеляже в хвостовой части, обеспечивает в условиях прямой радио видимости радиосвязь между НПДУ и БВС:

– для передачи оператором управления команд с возможностью корректировки программы маршрута;

– приема на НПДУ данных телеметрии.

– САУ позволяет обеспечить следующие основные режимы полета БАС:

– взлет и посадка в автоматическом режиме;

– полет в полуавтоматическом режиме с корректировкой оператором параметров полета(маршрута) по радиоканалу;

– полет в автоматическом режиме с использованием заранее сформированной последовательности путевых точек (маршрута) [6].

Таким образом, в статье было приведено обоснование актуальности разработки размещения РЛС на борту малогабаритных БПЛА. Идея создания малогабаритных РЛС в настоящее время остается в разработке у многих научных концернов, что также свидетельствует о повышенной значимости и актуальность данного аппарата.

Список литературы:

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%80%D0%BB%D0%B0%D0%BD-10

2. Эксплуатация комплексов с беспилотными летательными аппаратами: учеб. пособие / А.А. Гетманцев, В.В. Зевин, М.В. Куликов [и др.]; под ред. А.А. Гетманцева. – СПб. : ВАС, 2016. – 280 с.

3. Ричард У. Максимальная дальность связи по радиоканалу в системе: как этого добиться // Новости электроники. – 2015. – № 11. – С. 3–13.

4. Моисеев В.С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов. – Казань : Редакционно-издательский центр «Школа», 2015. – 444 с.

5. Беспилотные авиационные системы: общие сведения и основы эксплуатации / С.А. Кудряков, В.Р. Ткачев, Г.В. Трубников [и др.]; под ред. С.А. Кудрякова. – СПб. : Свое изд-во, 2015. – 121 с.

6. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский [и др.]; под ред. В.С. Фетисова. – Уфа : ФОТОН, 2014. – 217 с.

УДК 371.693

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ, ДОПОЛНЕННОЙ И СМЕШАННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES AND PROSPECTS OF USING VIRTUAL, AUGMENTED AND MIXED REALITY TECHNOLOGIES IN FLIGHT SIMULATORS

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

Шевченко А.В.
ООО «Реалекс-Си»
realexc@yandex.com

Дегтев Т.Д.
ООО « Реалекс-Си»
realexc@yandex.com

Аннотация. При подготовке летного состава в настоящее время актуально применение мобильных авиационных тренажеров. Технологии виртуальной, дополненной и смешанной реальности позволяют повысить массогабаритные характеристики тренажеров и, вместе с тем, снизить их стоимость, что может дать возможность осуществлять подготовку летного состава вне мест постоянной дислокации, где нет штатных тренажерных комплексов. Рассмотрены особенности, достоинства и недостатки технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности, указаны перспективы их применения.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, смешанная реальность, авиационные тренажеры.

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

Shevchenko A.V.
LLC «Realex-Si»
realexc@yandex.com

Degtev T.D.
LLC «Realex-Si»
realexc@yandex.com

Abstract. Currently, the use of mobile flight simulators is relevant in the training of flight personnel. Virtual, augmented, and mixed reality technologies make them more compact, cheaper, and easier to train flight personnel outside their permanent locations. The features, advantages and disadvantages of virtual, augmented and mixed reality technologies are considered, and the prospects for their application are indicated.

Keywords: virtual reality, augmented reality, mixed reality, flight simulators.

Выполнение задач СВО приводит к необходимости перебазирования ВС и летного состава на оперативные аэродромы, где вдали от мест постоянной дислокации нет возможности проводить занятия по тренажной подготовке, а передислокация штатного тренажера на новое место нецелесообразна или невозможна. Возможности размещения новых авиационных тренажеров в учебно-тренажерных комплексах также ограничены свободной площадью и мощностью источников питания (трансформаторных подстанций), а в некоторых случаях аварийным состоянием зданий, отведенных под размещение тренажеров.

Одним из решений, позволяющим решить вышеперечисленные недостатки, является применение авиационных тренажеров в мобильном исполнении с применением технологии виртуальной, дополненной или смешанной реальности.

В таких тренажерах вместо панорамных экранов с проекторами или коллиматорных индикаторов для отображения закабинного пространства могут применяться очки виртуальной или дополненной реальности. Это позволяет не только уменьшить занимаемую площадь, но снизить массу, а также стоимость необходимого оборудования, так как при этом нет необходимости применять отдельную стойку с ПК, оснащенными мощными графическими вычислителями (видеокартами).

При использовании в авиатренажере системы индикации с применением мобильныхголовных средств визуализации (очков или шлемов) тренажер становится бо-

лее компактным и легким, снижаются требования к помещениям для его развертывания, в связи с чем онможет размещаться в стандартных транспортных контейнерах или любых подходящих помещениях, в том числе в подземных укрытиях.

Возможности тренажера должны позволять достигать стоящих перед обучающимся задач. К ним относятся изучение информационно-управляющего поля кабины (без выполнения полета), внешний осмотр, отработка действий по подготовке кабину к полету, отработка техники пилотирования при выполнении полета на всех его этапах, отработка действий в особых случаях в полете, а также отработка тактики применения ВС в составе пары или группы. Рассмотрим, как эти задачи могут быть решены с использованием технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности.

При использовании технологии виртуальной реальности (VR) для обучающегося создается полностью искусственное цифровое окружение, которое полностью замещает собой реальный мир. С помощью VR-шлема, трекинга (специального устройства для отслеживания движений) и контроллеров, обучающийся погружается в смоделированную среду. При этом он полностью отчуждается от реального пространства. Как правило, такой подход применяется в игровых симуляторах полета, где реальная кабина либо отсутствует (используются только кресло и контроллеры).

В США разработчики из авиационного университета на авиабазе в Максвелле, штат Алабама, провели испытания виртуального авиационного тренажера с очками виртуальной реальности, который может использоваться для подготовки летчиков. По сообщениям Defense Aerospace испытания проводился на авиабазе в Колумбусе в Миссисипи (рис. 1). В настоящее время эти технологии активно исследуются и постепенно внедряются, становясь неотъемлемой частью ТСО для подготовки летного состава (рис. 1, 2) [1, 2].



Рисунок 1 – Обучение летного состава ВВС США с использованием авиасимулятора и очков виртуальной реальности



Рисунок 2 – Подготовка летного состава с использованием технологии VR совместно с датчиком LeapMotion для определения и программного отображения рук для управления в виртуальной кабине

В ОКБ Сухого результаты апробации летным составом упрощенных тренажеров с технологией виртуальной реальности подтвердили целесообразность их использования при первичном изучении информационно-управляющего поля кабины, при отработке процедур и последовательности операций с органами управления. Применение очков позволяет с высокой реалистичностью отрабатывать групповой пилотаж и дозаправку в воздухе [3].

В КВВАУЛ (г. Краснодар) разработан виртуальный тренажер самолета Л 39 с использованием технологии виртуальной реальности, представленный на форуме «Армия-2020» (рис. 3) [4–6].



Рисунок 3 – Тренажер самолета Л-39 с применением технологии виртуальной реальности

Вместо пилотажного тренажера с полноразмерной кабиной ВС (как правило, неподвижной) может применяться перспективная разработка мобильная подвижная платформа, сочетающая применение очков виртуальной реальности, работающих с авиасимулятором, органов управления ВС, противоперегрузочного костюма (при необходимости), и имеющая 3 или 4 степени свободы (вариант зависит от выбора заказчика) (рис. 4) [7].



Рисунок 4 – Мобильная подвижная платформа, сочетающая применение авиасимулятора, очков виртуальной реальности, органов управления ВС, противоперегрузочного костюма

Недостатком применения VR-технологии является невозможность взаимодействия с реальными объектами, с органами управления и пультами в настоящей кабине, поэтому она может иметь лишь ограниченное применение для общего ознакомления с пространством кабины и формирования образа полета.

Другой перспективной технологией в подготовке летного состава является дополненная реальность (AR), которая накладывает цифровые объекты, информацию и данные на реальный мир. При этом обучающийся продолжает видеть свое физическое окружение, но оно обогащается компьютерной графикой. Чаще всего такая технология

реализуется через устройства, оснащенные камерой и дисплеем, таких как планшеты, смартфоны или AR-очки (например, Microsoft HoloLens). Отличительной чертой в дополненной реальности является наложение цифровой информации на реальность.

При подготовке летного состава это может применяться для обучения на реальном оборудовании (например, в кабине ВС) с выдачей подсказок (на начальном этапе обучения), схем и анимации, проецируемых на пульты и приборную доску.

Через AR-очки или планшет обучающийся может видеть цифровые маркеры, указывающие на ключевые точки выполнения процедур (осмотров, проверок). Рядом с каждым элементом может отображаться его номер по порядку выполнения и статус («Проверено», «Требует внимания») и краткая инструкция («Включить», «Проконтролировать показания прибора» и т.д.) (рис. 5) [8]. Преимуществом применения AR в подготовке летного состава является исключение возможности пропуска какого-либо пункта перечня проверок. Система может записывать и анализировать действия обучающегося для последующего анализа и оценивания.Такой подход может быть применяться для изучения действий в особых случаях в полете на первоначальном этапе подготовки, после чего обучающийся может легко перейти к самостоятельным действиям.



Рисунок 5 – Применение технологии дополненной реальности при обучении летного состава

При применении AR в процессе подготовки летного состава обучающиеся запоминают тактильные ощущения и у них формируются моторные навыки работы с реальными тумблерами, кнопками и другими органами управления.

Работа по созданию AR-шлемов для летчиков сегодня ведётся довольно активно как в России, так и за рубежом. В Московском авиационном институте, в Центре «Авионика», занимаются созданием прототипов систем отображения информации на имитаторе нашлемной системы целеуказания и индикации (НСЦИ) и систем управления бортовым комплексом на основе регистрации отображения взгляда летчика.

С помощью нашлемной системы целеуказания и индикации летчик может смотреть сквозь кабину в любую сторону. Проекционная AR на прозрачном экране дисплея или очков избавляет человека от напряжённого слежения за приборной доской и сокращает время на принятие решения в ходе полёта (рис. 6) [9].

Эта технология имеет перспективы в обучении работе в кабине, однако, в ее основе лежит окружающая реальность. В связи с этим, применение технологии дополненной реальности не представляется возможным в качестве системы визуализации закабинного пространства в авиатренажерах, предназначенных для отработки техники пилотирования ВС, для замены системы визуализации на основе проекционных экранов или коллиматорных индикаторов.

Недостатки, присущие технологиям виртуальной и дополненной реальности, могут быть устранены при использовании технологии смешанной реальности.

Смешанная реальность (MR) является более сложной формой AR, где цифровые объекты не просто накладываются на реальность, а взаимодействуют с ней. Виртуальные объекты могут быть привязаны к точкам реального пространства, заслоняться реальными

предметами и подчиняться законам физики. MR обеспечивает двустороннее взаимодействие между реальным и виртуальным мирами. Технология смешанной реальности может применяться при создании гибридных тренажеров, где физическая кабина экипажа дополняется виртуальным трехмерным закабинным пространством.



Рисунок 6 – Дополненная реальность в виде наложения графических элементов на реальные объекты в закабинном пространстве

В настоящее время в России разработан действующий тренажер смешанной реальности (рис. 7, рис. 8) [10]. Он основан на настоящей кабине самолета Л-39, в которой органы управления и индикации через контроллер подключены к ПК с установленной программой для отображения виртуальной реальности. При этом в качестве головного устройства визуализации используются очки Oculus Quest 3.



Рисунок 7 – Кабина тренажера смешанной реальности самолета Л-39



Рисунок 8 – Отработка техники пилотирования на тренажере смешанной реальности самолета Л-39

Камеры на фронтальной стороне VR-очков позволяют транслировать изображение на дисплеи очков и, таким образом, видеть сквозь них. Наложение виртуальной реальности на видеопоток с камер позволяет накладывать виртуальное пространство на настоящее видеоизображение кабины (рис. 9). Применение системы привязки позволяет поворачивать голову и видеть виртуальную реальность на 360 градусов, за исключением обозначенного пространства настоящей кабины.

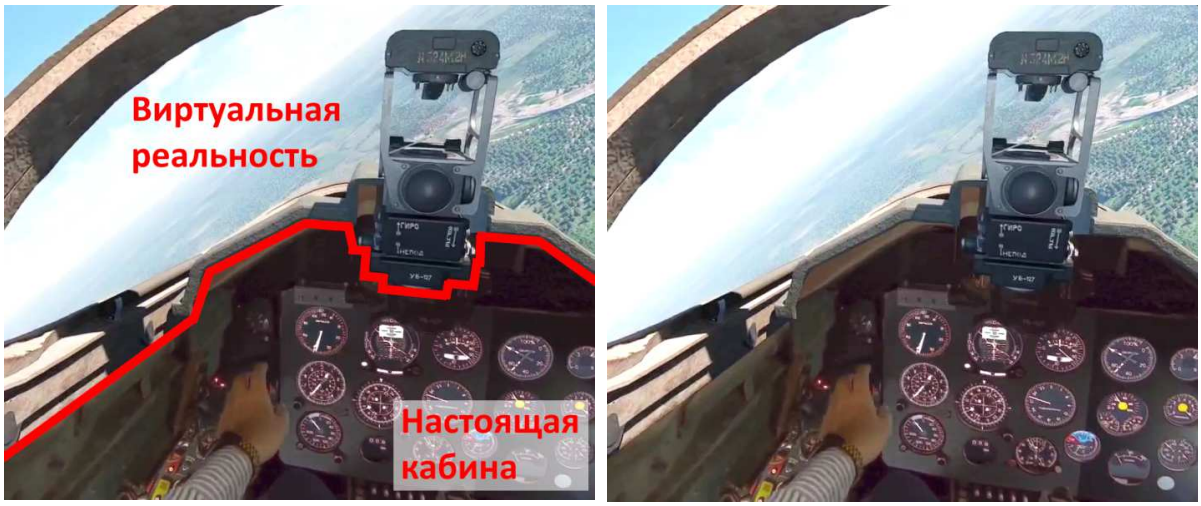


Рисунок 9 – Смешанная реальность, образованная наложением виртуальной реальности на видеопоток с камер на VR-очках

Технология смешанной реальности позволяет совместить достоинства виртуальной и дополненной реальности и, вместе с тем, избежать их главных недостатков. Применение смешанной реальности позволяет в авиационных тренажерах отказаться от сложных, дорогих и энергозатратных систем визуализации закабинного пространства, и более того, расширить углы обзора, не ограничиваясь размерами экрана. Это позволяет вести обзор из кабины на 360 градусов, что очень важно при обучении на маневренный тип ВС.

Важное значение в подготовке летного состава имеет отработка совместных действий несколькими экипажами в одном полете. Технологии VR и MR могут позволить ускорить подготовку летного состава при групповых полетах, так как в здании учебно-тренажерных комплексов, предназначенных для установки тренажеров, может быть размещено намного больше компактных тренажеров с головными устройствами индикации (очками или шлемами), чем тренажеров с проекционными экранами. Это позволит вывести тактическую подготовку на более высокий уровень.

В настоящее время практическая часть тактической подготовки летного состава осуществляется в ходе выполнения соответствующих упражнений курса боевой подготовки, что требует очень больших материальных затрат на их проведение (горюче-смазочные материалы, средства наземного обеспечения полетов, ресурс авиатехники, расход дорогостоящих боеприпасов, содержание полигонов и т.п.). Реальные боевые действия зачастую требуют группового применения авиации, одновременного применения различных видов авиационных средств поражения и протекают на фоне сложной и динамично меняющейся тактической обстановки. Воспроизвести всё вероятное многообразие факторов, определяющих характер боевых действий авиации, в ходе выполнения учебно-тренировочных (и летно-тактических) упражнений на реальной авиатехнике невозможно. Поэтому, актуальной, вполне целесообразной и экономически выгодной является идея введения в программу тактической подготовки пилотов авиации ВКС сетевых тактических тренажеров для отработки и совершенствования навыков воздушной навигации, боевого применения, работы с оборудованием кабины, тактического взаимодействия с экипажами других ВС (в том числе беспилотных) и подразделениями сухопутных войск (и флота, при необходимости), выполнения упражнений на различном тактическом фоне и в различных географических условиях.

Из недостатков применения виртуальных очков и шлемов стоит отметить, что по результатам медицинских исследований не рекомендуется проводить в существующих

на данный момент VR-очках более 20 минут подряд из-за негативного влияния на зрение. Эти ограничения в использовании сдерживают внедрение подобных технологий в учебный процесс. В настоящее время существуют лишь отдельные демонстрационные стенды в учебных заведениях и отделах тренажерных систем конструкторских бюро, где подобные технологии применяются для отработки различных технологий и методик обучения летного состава, но на сегодняшний день массово не применяются.

Однако, возможности, предоставляемые технологиями виртуальной, дополненной и смешанной реальности способны очень сильно изменить систему подготовки летного состава. Они предлагают недоступное ранее сочетание мобильности, простоты, энергетической и экономической эффективности, а также достигаемого результата обучения. В ближайшее время технологии погружения сознания человека в виртуальную, дополненную и смешанную реальность станут более доступными и более эффективными, что, несомненно, отразится и на процессе подготовки летного состава.

Таким образом, по мере развития технологий VR, AR и MR реальности и их доступности для массового использования в обучении, более легкие, дешевые и простые в эксплуатации техническиесредства обучения имеют большие перспективы применения в процессе подготовки летного состава, в том числе при подготовке к выполнению задач СВО.

Список литературы:

1. Pilot training moving at the speed of innovation. [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://www.dvidshub.net/image/5123592/pilot-training-moving-speed-innovation?utm_medium=organic&utm_source=yandexsmartcamera (дата обращения 20.10.25).

2. CAE debuts new virtual reality system for cheaper pilot training. [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=_x88sv_8WTw (дата обращения 20.10.25).

3. От простого к сложному [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://vk.com/@uac_rus-ot-prostogo-k-slozhnomu (дата обращения 20.10.25).

4. Медведев В.И., Шишленин Д.А. Виртуальная реальность. С новыми разработками – к новым рубежам // Вестник военного образования. – 2021. – No 4 (31). – С. 72–76.

5. Медведев В.И. Задачи подготовки военных специалистов для ВКС России // Сборник материалов IX международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – 2019. – С. 16–18.

6. Виртуальная реальность в образовании [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://vrgeek.ru/obrazovanie-v-vr (дата обращения 20.10.25).

7. Сверхреалистичный авиасимулятор RD-Nx [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://rd-sim.ru/ (дата обращения 20.10.25).

8. US Air Force pilots trained in virtual reality [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://en.topwar.ru/165359-letchikov-vvs-ssha-hotjat-obuchat-v-virtualnoj-realnosti.html (дата обращения 20.10.25).

9. Видеть всё и даже больше: зачем пилотам шлем дополненной реальности [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://oblako.mai.ru/articles/item.php?ID=183703 (дата обращения 20.10.25).

10. Тренажер L-39 смешанной реальности в Центральном парке «Патриот» [Электронный ресурс] // Официальный сайт. – URL : https://rutube.ru/video/527ceb14d3d83787f45b69cf0b0bdfc2/?r=wm (дата обращения 05.11.25).

УДК 629.7.072

РОССИЙСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ ПД-14

♦♦♦♦♦

THE RUSSIAN PD-14 AIRCRAFT ENGINE

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. Рассмотрен вопрос об истории создания и особенностях конструкции авиационного двигателя ПД-14. Статья предназначена для преподавательского состава вузов МО РФ.

Abstract. This article examines the history of the development and design features of the PD-14 aircraft engine. This article is intended for faculty of higher education institutions of the Russian Ministry of Defense.

Ключевые слова: воздушный транспорт, транспорт, безопасность.

Keywords: air transport, transportation, safety.

Аббревиатура «ПД-14» расшифровываются как перспективный двигатель, а число 14 – тяга в тонна-силах. Началом к созданию прогрессивного двигателя **ПД-14** послужило начало лётных испытаний российского самолёта для линий средней протяженности **МС-21**, а введение санкций против России только ускорило этот процесс лишив надежды на западные фирмы.

Двигатель ПД-14 является первым гражданским турбореактивным двигателем, созданным в России в постсоветский период, если не считать SaM-146, созданный совместно с французскими авиастроителями. Бизнес-идея проекта состоит в том, что все эти двигатели создаются на основе унифицированного газогенератора высокой степени совершенства. Газогенератор – это основная часть турбореактивного двигателя где совершается основная работа по повышению давления воздуха и подвода дополнительной энергии к нему за счет сжигания топлива в камере сгорания, он состоит из компрессора высокого давления, камеры сгорания и турбины высокого давления. Именно технологии изготовления этих узлов, прежде всего так называемой горячей части, являются критическими.

Головным исполнителем работ по проекту ПД-14 является ОКБ «Авиадвигатель» (Пермь), управляющим директором-генеральным конструктором АО «ОДК-Авиадвигатель» является Иноземцев Александр Александрович.

Главным конструктором ПД-14 является Максимов Игорь Владимирович.

Основными конструктивно-компоновочными особенностями двигателя ПД-14 являются:

– трехступенчатый вентилятор (компрессор низкого давления) диаметром 1,9 м с 18 широкохордными пустотелыми титановыми лопатками, обеспечивающий степень двухконтурности m = 8,5 (благодаря использованию новых материалов и технологий специалистам УМПО удалось снизить массу пустотелой титановой рабочей лопатки вентилятора на 30 %, что, в свою очередь, обеспечило снижение массы двигателя ПД-14 на 8–10 % по сравнению с российскими двигателями предыдущего поколения);

– 8-ступенчатый компрессор высокого давления со степенью повышения давления $\pi_к$ = 17 и моноколесами (блисками) из титанового сплава на 1-й, 2-й и 5-й ступенях и дисками 6-й, 7-й и 8-й ступеней, выполненными из никелевого гранульного сплава нового поколения;



Рисунок 1 – Управляющий директор – генеральный конструктор АО «ОДК-Авиадвигатель», Иноземцев Александр Александрович



Рисунок 2 – Главный конструктор ПД-14 Игорь Максимов (справа) на авиасалоне МАКС-2013

– малоэмиссионная камера сгорания кольцевого типа с применением аддитивных технологий из интерметаллидного сплава и деталями зоны горения из жаростойкого интерметаллидного сплава, керамическим теплозащитным покрытием второго поколения и форсунками с пневмораспылом. Аддитивные технологии – это реалии шестого технологического уклада, и их использование повышает производительность труда в 20–30 раз, а коэффициент использования материалов увеличивается с 0,3 до 1;

– двухступенчатая турбина высокого давления с высокоэффективной системой охлаждения, рабочими и сопловыми лопатками из монокристаллических сплавов нового поколения, керамическим теплозащитным покрытием второго поколения, дисками из никелевого сплава нового поколения, активным управлением зазорами и с перспективной системой охлаждения (внедрение данной технологии на Пермском моторном заводе позволило разработчику поднять температуру газа перед турбиной с 1 900 К до 2 000 К);

– 6-ступенчатая турбина низкого давления с полыми рабочими и сопловыми лопатками всех ступеней и активным управлением зазорами;

– двухвальная схема с прямым приводом вентилятора;

– двухопорный ротор газогенератора с низким уровнем вибраций;

– цифровая САУ с полной ответственностью типа FADEC;

– короткая мотогондола, на 65 % выполненная из композитов, с реверсивным устройством решетчатого типа с электромеханическим приводом – широкое использование композитов в мотогондоле позволяет снизить общую массу силовой установки на 7–8 % (Александр Иноземцев в своем докладе на международном конгрессе в Москве

в апреле 2014 г. подчеркивал: «проведенный анализ показал, что если доля композиционных материалов по массе мотогондолы будет ниже 60–70 %, то силовая установка не будет конкурентоспособной уже в 2018–2020 гг.»).

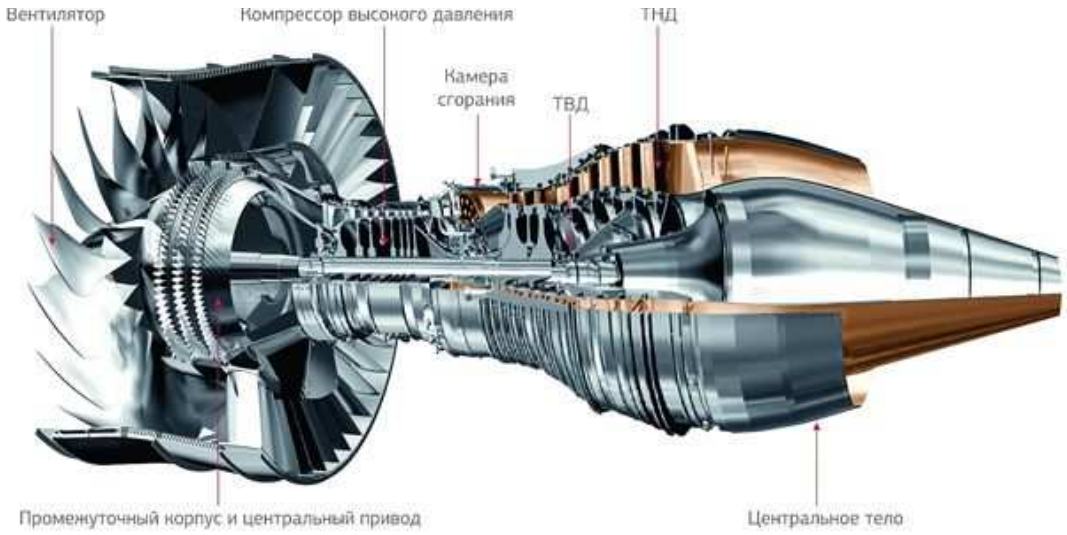


Рисунок 3 – Схема авиационного двигателя ПД-14

Основные технические характеристики двигателя ПД-14

Габаритные размеры:

– длина двигателя (от фланца крепления воздухозаборника до среза центрального тела, без учета обтекателя вентилятора) 4 460 мм;

– ширина 2 522 мм;

– высота 2 400 мм.

Масса двигателя:

– масса двигателя в состоянии поставки изготовителю самолета (с узлами, агрегатами, установленными на двигатель и не входящими в его сухую массу) 3 250 кг

– масса двигателя сухая 2 950 кг.

Режимы (минимальное значение тяги):

– взлетный режим 14 000 кгс;

– максимальный продолжительные режим 12 400 кгс;

– пониженные взлетные режимы с гибкой тягой (5 мин) 0,75 взлетной тяги.

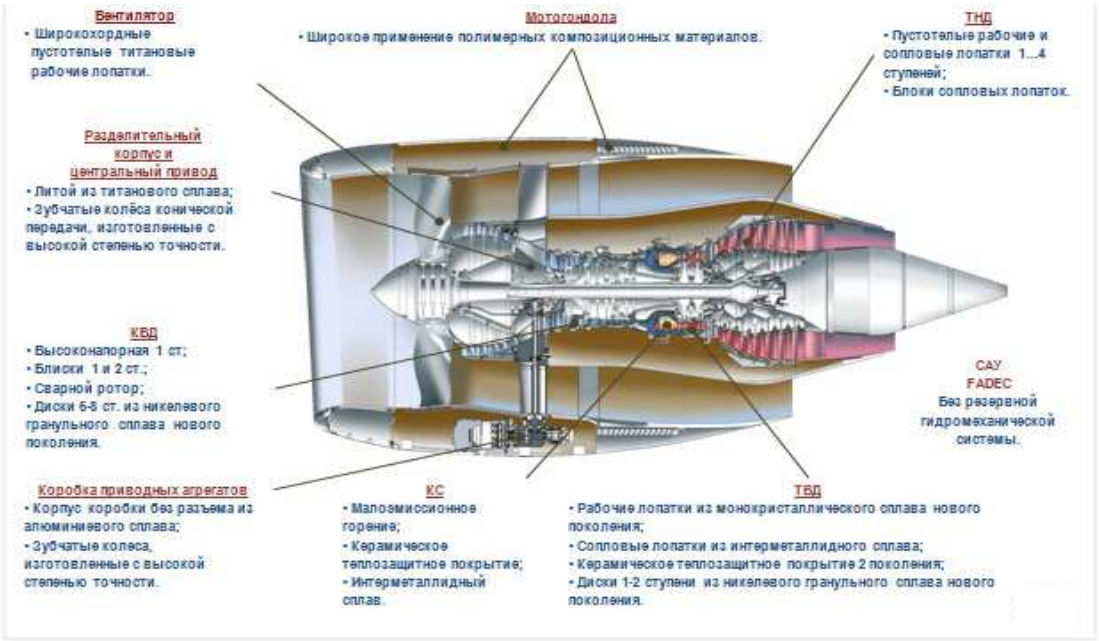


Рисунок 4 – Особенности конструкции авиадвигателя ПД-14

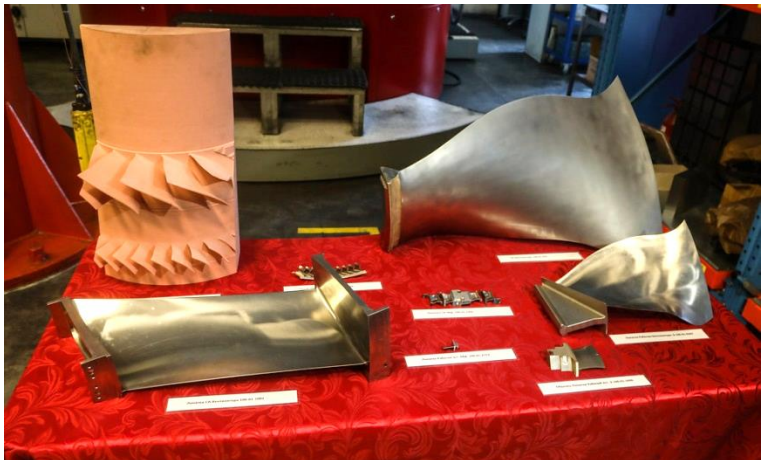


Рисунок 5 – Элементы конструкции авиадвигателя ПД-14

Новые материалы: Вместо японского углеродного материала для изготовления решеток реверсивных устройств уже подобран отечественный аналог производства фирмы UMATEX. Планируется запустить серийное производство решеток из отечественного углеродного волокна.

Модульная конструкция в совокупности с цифровой САУ и встроенной системой диагностики обеспечивают успешное применение концепции эксплуатации двигателя по техническому состоянию.

Десятки предприятий смежных отраслей – металлургические заводы, производители электроники, ведущие двигателестроительные предприятия России вовлечены в производство новых авиационных двигателей ПД-14:

– головной разработчик – ОАО «Авиадвигатель» (г. Пермь);

– головной изготовитель – ОАО «ПМЗ» (г. Пермь);

– научное сопровождение проекта – ФГУП «Центральный Институт Авиационного Моторостроения» («ЦИАМ»), ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н.Е. Жуковского» («ЦАГИ»), а также 13 организаций Российской Академии Наук (институты Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН – ОИВТ РАН, ИМАШ РАН, ИПМех РАН, ИПМАШ РАН и ИПУ РАН, Сибирского – ИГиЛ СО РАН, ИТ, ИТПМ и ИФПМ – и Уральского – ИМСС, ИМ и ИОС – отделений РАН);

– разработчик материалов – ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» («ВИАМ»);

– рабочие лопатки вентилятора изготавливают на уфимском предприятии ОАО «Авиадвигатель» и ПАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение» («УМПО»), для этого построен и оснащен уникальным оборудованием специальный цех. Также на предприятии построен центр титанового крупногабаритного литья и модернизирован цех алюминиевого литья. Кроме того, на ОДК-УМПО изготавливаются ротор компрессора высокого давления и турбина низкого давления. Разделительный корпус – ПАО «Научно-производственное объединение (НПО) «Сатурн», позднее, на этапе эксплуатации двигателя ПД-14 на этом предприятии будет организован центр по ремонту ПД-14;

– газогенератор (КВД + ТВД) – ОАО «Авиадвигатель», ОАО «ПМЗ», ОАО «УМПО» и АО «НПЦГ «Салют»;

– камера сгорания – ОАО «Авиадвигатель», ОАО «Пермский Моторный Завод» («ПМЗ») и ОАО «УМПО»;

– турбина низкого давления – ОАО «НПП «Мотор», ОАО «УМПО», ОАО «Авиадвигатель» и ОАО «ПМЗ»;

– внутреннее сопло и центральное тело – ОАО «Авиадвигатель» и ОАО «Научно-производственное предприятие (НПП) «Мотор»;

– электродистанционная система управления FADEC и агрегаты топливной системы – ОАО «СТАР»;

– узлы центрального привода и коробка приводных агрегатов освоили изготовление на АО «Научно-производственный центр газотурбостроения (НПЦГ) «Салют» в специально созданном центре «коробки приводов и агрегатов», ОАО «УМПО» и ОАО «Авиадвигатель»;

– реверсивное устройство – одно из основных узлов мотогондолы – изготавливают на предприятии «Машиностроитель» в Перми. Для этого узла строится новый цех, в котором будут производить детали из полимерных композиционных материалов, а также сборочная линия и испытательные стенды;

– мотогондола и реверсивное устройство – ОАО «Авиадвигатель», ОАО «Уральский научно-исследовательский институт композиционных материалов» («УНИИКМ»), АО «Пермский завод (ПЗ) «Машиностроитель», АО «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина» («ОНПП Технология»), ОАО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» («ЦНИИСМ») и ОАО «Национальный институт авиационных технологий» («НИАТ»). Для серийного производства узлов мотогондол ПД-14 будет построен отдельный комплекс. На авиастроительном предприятии в Воронеже, филиале ПАО «Ил» – ВАСО, разместят производство деталей из полимерных композиционных материалов и сборочное производство.

Разработка ПД-14 проходила по новой, цифровой технологии, основная идея этой технологии заключалась в установке, так называемых контрольных рубежей после каждого этапа разработки для повышения качества и снижения рисков. Благодаря этой технологии уже 7-й экземпляр двигателя был собран в Перми по технологии серийного производства, в то время как раньше опытная партия изготовлялась в количестве до 35 экземпляров. Применение цифровых технологий сократило трудозатраты на всех этапах жизненного цикла ПД-14 – от разработки до эксплуатации. Благодаря цифровым технологиям испытания двигателя в небе и на земле удалось провести значительно быстрее – при испытаниях на стенде производительность возросла в 4–6 раз. На летающей лаборатории производительность испытаний увеличилась в 6–9 раз.

Авиадвигатель ПД-14 начал разрабатываться в 2008 году. За базу был взят двигатель ПС-12 (1999). Головной разработчик двигателя АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь), головной изготовитель – АО «ОДК-Пермские моторы» (г. Пермь). Научное сопровождение проекта: ФГУП «ЦИАМ», ФГУП ЦАГИ». Разработчик материалов: ФГУП «ВИАМ».

В начале апреля 2012 года началась сборка двигателя-демонстратора, 16 апреля 2012 года в работе и доводке находились также четыре газогенератора и несколько установок модуля модели вентилятора, полноразмерный компрессор, камера сгорания, две турбины, одна из которых прошла испытания в ЦИАМ. Первый запуск на наземном испытательном стенде первого образца двигателя-демонстратора ПД-14 состоялся 9 июня 2012 года.

Весной 2013 года компания «Авиадвигатель» подала заявку на сертификацию ПД-14 в Авиационный регистр Межгосударственного авиационного комитета с учетом стандартов летной годности для безопасной эксплуатации авиационных двигателей.

Испытание нового образца двигателя состоялось на авиасалоне МАКС-2013 в августе 2013 г., тогда был продемонстрирован первый двигатель – демонстратор. А уже в апреле 2014-го, на Международном форуме двигателестроения МФД-2014 в Москве, пермяки показали следующий опытный экземпляр ПД-14 (№ 100-03), который прошел стендовые испытания и к тому времени оба опытных двигателя наработали на стендах предприятия около 100 ч, а три опытных газогенератора – около 120 ч. В октябре 2014 г. в Перми начались стендовые испытания следующего опытного экземпляра ПД-14 (№ 100-04).

30 октября 2015 года начались первые лётные испытания в составе летающей лаборатории ИЛ-76ЛЛ.

3 ноября 2015 года состоялся первый полет двигателя ПД-14, в качестве силовой установки на летающей лаборатории Ил-76ЛЛ.

Полет продолжался 40 минут и прошел в точном соответствии с летной программой. С помощью телеметрической системы, инженерам-испытателям находящим-

ся в Перми, позволило в режиме реального времени следить за параметрами работы двигателя в полете. Одним из заметных достижений в ходе летных испытаний стало то, что двигатель ПД-14 продемонстрировал свою способность работать на большой высоте до 12 192 метров. Это стало важной вехой для двигателя, поскольку показало, что он может эффективно работать в условиях большой высоты, которые являются обычными для коммерческой авиации.



Рисунок 6 – Летающая лаборатория Ил-76ЛЛ

Стендовые испытания турбины ПД-14 на сверхрежиме после обрыва вала низкого давления на двигателе (газагенератор100-03) прошли 5 ноября 2016 года. Только в ноябре 2017 года в ЦАГИ провели испытания модели МС-21-300 в компоновке с двигателями ПД-14. Продувки выполнили в трансзвуковой трубе с моделированием режимов взлета и посадки. Исследования, как сообщалось в пресс-релизе ЦАГИ, позволили пополнить банк аэродинамических данных самолета. А летом 2017 года в ОДК проводили квалификационные испытания комплексной электронно-гидромеханической системы автоматического управления двигателем ПД-14.

В октябре 2018 года Росавиация выдала двигателю «сертификат типа», подтверждающий готовность изделия к серийному производству и эксплуатации.

21 апреля 2019 года первые два двигателя ПД-14 для лайнеров МС-21 были переданы авиастроительной корпорации «Иркут». Всего изготовлено 16 двигателей. Ещё два из них будут испытаны в течение года с последующей передачей авиакорпорации.

15 декабря 2020 года состоялось первое лётное испытание двигателя ПД-14 на самолётах МС-21-310 на аэродроме Иркутского авиационного завода. Продолжительность полёта составила 1 час 25 минут.

В феврале 2021 года было получено разрешение на серийное производство двигателя. Первое коммерческое использование планируется начать на самолёте МС-21-310 в 2022.

Список литературы:

1. Энциклопедия Руниверсалис ПД-14 (Перспективный двигатель).
2. Иноземцев А.А. Двигатель ПД-14 – Будущее российского авиапрома. – Изд. Инновации, декабрь 2013.
3. Подымов В.Н. ПД-14 – Технологический рывок в будущее. – Издательский дом Бедретдинов.
4. Карта данных сертификата типа № FATA-01011E авиационный маршевый двигатель ПД-14.
5. Ситник Л.Л. ПД-14 – двигатель прогресса. – URL : https://sdelanounas.ru
6. Фомин А.В. Успешно завершен второй этап летных испытаний ПД-14 // Журнал «Взлёт». – 2017. – № 7–8.
7. Ведмеденко И.А. Новый российский двигатель ПД-14 впервые установили на авиалайнер МС-21 // Журнал «Оружие и техника». – 2020.
8. Особенности конструкции двигателей семейства ПД-14 / О.Ф. Машошин [и др.]. – М. : Изд. Академии Жуковского, 2023.

УДК 623.74.093

ШТУРМОВИКИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

♦♦♦♦♦

ATTACKAIRCRAFT: PAST, PRESENT, FUTURE

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

Аннотация. В статье анализируется концепция самолета поля боя, тактика применения штурмовиков в ходе вооруженных конфликтов, а также прошлое, настоящее и будущее отечественной штурмовой авиации на примере наиболее известных отечественных самолетов-штурмовиков Ил-2 и Су-25.

Ключевые слова: атака с бреющего полета, атака с пикирования, бронированный штурмовик, истребитель-бомбардировщик, переносной зенитный ракетный комплекс, беспилотный летательный аппарат.

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

Abstract. The article analyzes the concept of a battle field aircraft, the tactics of its use during armed conflicts, as well as the past, present and future of domestic attack aircraft using the example of the most famous domestic Il-2 and Su-25 attack aircraft.

Keywords: low-level attack, dive attack, armored attack aircraft, fighter-bomber, portable anti-aircraft missile system, unmanned aerial vehicle.

В особом представлении штурмовики не нуждаются. Это относительно простые, дешевые, с хорошей живучестью самолеты, предназначенные для нанесения ударов по наземным целям. Штурмовик не самый распространенный тип боевых самолетов, но некоторые из них оказали гигантское значение на ход мировой истории.

Развитие военного искусства и технический прогресс неразрывно связаны между собой. Словами военного теоретика Дж. Дуэ «формы войны зависят от имеющихся налицо технических средств» [1, с. 42]. Новейшие разработки в различных областях науки достаточно быстро находят применение у военных и могут кардинально изменить, а то и вовсе перечеркнуть прежние взгляды на ведение войны. Так, во время Первой мировой войнына свет появились совершенно новые виды боевой техники: танки и авиация. Последняя, ранее не воспринимавшаяся всерьез, со временем получила признание и начала массово внедряться в войска, а круг задач, возлагаемых на нее, постоянно расширялся.

С появлением самолетов в арсеналах вооруженных сил появилась идея их использования для нанесения ударов по наземным целям непосредственно над полем боя. Однако создать такой специализированный самолет оказалось не простым делом. Находясь непосредственно над полем сражения, он постоянно подвергался огневому воздействию противника. С одной стороны, чтобы быть менее уязвимым, такой самолет должен был иметь усиленную броневую защиту летчика и жизненно важных систем. С другой стороны, чтобы успешно поражать наземные цели, он должен был иметь сильное и разнообразное вооружение, а чтобы обороняться от истребителей – высокую скорость полета. Однако, технический уровень авиационной техники и недостаточная мощность авиационных двигателей того времени не позволяли создать полноценный самолет поля боя.

Развитие авиационной техники потребовало новых подходов к ее проектированию. Особенность заключалась в том, что все параметры самолета взаимосвязаны, и добиться улучшения одного можно только за счет ухудшения другого. Поиск компромисса между ними – вот те новые условия, с которыми столкнулись конструкторы. Можно остановиться на оптимальном варианте, а можно обеспечить преимущество в одном в ущерб другому. Окончательный выбор во многом зависел от условий применения будущего самолета. Здесь немаловажное значение имели взгляды военных на роль иместо этого самолета в бою. Именно они разрабатывали концепцию применения новой авиационной техники под конкретные тактические и оперативные задачи и формировали ее первоначальный облик.

В результате стремительного научно-технического прогресса характер сражений в первой половине XX века становился все более непредсказуемым, а насыщенность войск различными средствами противовоздушной обороны только увеличивалась. Необходимо было разработатьновые тактические приемы безопасного преодоления самолетами зе-

нитного огня. Широкое распространение получила теория нанесения ударов по наземным целям на большой скорости, которая предполагала два различных способа: атака с горизонтального полета на малой высоте (с бреющего полета) и атака с пикирования. Предполагалось, что в обоих случаях большая угловая скорость перемещения самолета позволит резко уменьшить вероятность его поражения огнем зенитных средств.

В СССР при создании самолета поля боя приоритет отдали атакам с бреющего полета. Такой способ был продиктован взглядами видных советских военных специалистов начала 1930-х годов. Разработанная М.Н. Тухачевским, А.И. Егоровым и другими специалистами теория глубокой наступательной операции предусматривала одновременное подавление тактической обороны противника на всю ее глубину всем имеющимся арсеналом боевых средств, втом числе штурмовой авиацией. Быстрый прорыв и последующий тактический успех предполагалось развивать в оперативной глубине путем массированного использования мотомеханизированных частей, поддерживаемых артиллерией и сопровождаемых штурмовой авиацией, действующей с бреющего полета. В этом одно из главных отличий штурмовой авиации от всех остальных родов авиации. Используя бреющий полет и применяя различные средства поражения, штурмовая авиация способна наносить внезапный решительный мощный удар с воздуха по самым разнообразным целям и объектам [2, с. 6–9].

Таким образом, требования, предъявляемые к самолетам-штурмовикам, отражали взгляды советских военных специалистов того времени на роль штурмовой авиации в боевых действиях и тактику ее применения.

Исходя из этих убеждений, с начала 1930-х годов шел поиск оптимального самолета поля боя. В зависимости от круга решаемых задач разрабатывались многочисленные варианты самолета-штурмовика: легкий одномоторный штурмовик, тяжелый двухмоторный штурмовик, штурмовик-разведчик, скоростной штурмовик и даже многоцелевой «войсковой самолет». Но боевые действия в Испании и Китае в 1937–1938 годах показали уязвимость низко летящих, в том числе скоростных, самолетов-штурмовиков от зенитного огня наземных войск. С учетом этого в СССР в 1938 году был сформирован план опытного самолетостроения, в котором были изложены требования к специальному самолету-штурмовику, действующему на малой высоте и имеющему мощное наступательное и оборонительное вооружение, с мотором, развивающим максимальную мощность у земли [3, с. 88].

В январе 1938 года С.В. Ильюшин обращается в правительство с предложением о создании спроектированного им двухместного (летчик и стрелок) бронированного штурмовика – летающего танка, у которого все жизненные части забронированы [4, с. 119].

Задача, которая стояла перед С.В. Ильюшиным, была исключительно трудной, но она могла быть решена на основе таких выдающихся достижений советской науки и техники того времени, как создание мощного авиационного двигателя жидкостного охлаждения (А.А. Микулиным), скорострельных авиационных пушек (В.Г. Шпитальным), авиационных реактивных снарядов (РНИИ), штампуемой гетерогенной, с высокой твердостью наружного слоя авиационной брони (С.Т. Кишкиным, Н.М. Скляровым), прозрачной авиационной брони (Б.В. Ерофеевым, М.М. Гудимовым).

Главной особенностью будущего Ил-2 стал обтекаемый бронекорпус из высокопрочной броневой стали АБ-1. Эта сталь обладала хорошей ударной вязкостью и позволяла изготавливать путем штамповки детали, имевшие сложную поверхность двойной кривизны. Бронекорпус штурмовика заключал всебе жизненно важные части самолета (двигатель, рабочие места экипажа, бензо- и маслосистему) и практически полностью включался в силовую схему планера. Носовая часть бронекорпуса воспринимала все нагрузки от двигателя и агрегатов силовой установки. Центральная часть бронекорпуса воспринимала нагрузки от экипажа, оборонительной пулеметной турели, узлов крепления крыла и хвостовой части фюзеляжа. Минимальная масса бронекорпуса обеспечивалась прежде всего оптимальным распределением толщины броневых листов (4–8 мм) (рис. 1) с учетом эффективного противостояния осколкам зенитных снарядов и пуль, а также с в соответствии сдействующими на элементы бронекорпуса силовыми нагрузками.

Незащищенная броней конструкция самолета проектировалась из условия обеспечения ее работы при возможных боевых повреждениях: хвостовая часть фюзеляжа типа «полумонокок» имела работающую обшивку, подкрепленную стрингерами, крыло и стабилизатор горизонтального оперения были двух лонжеронными, а киль вертикального оперения выполнялся как одно целое с фюзеляжем.

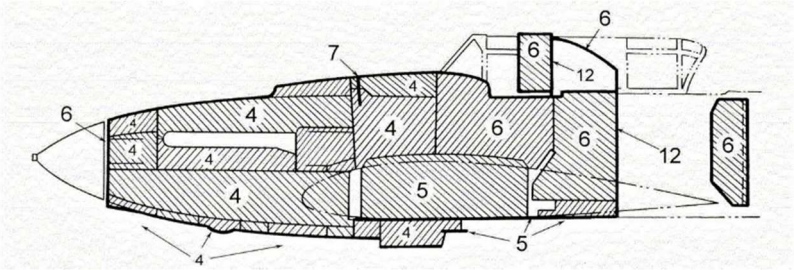


Рисунок 1 – Схема бронирования Ил-2

Рационально спроектированная силовая схема планера с включением в ее работу бронекорпуса обеспечивала штурмовику С.В. Ильюшина достаточные резервы массы для установки мощного наступательного вооружения. Нормальный бомбовый груз самолета, равный 400 кг, размещался на внутренней подвеске в четырех крыльевых бомбоотсеках, где бомбы частично защищались броневыми щитками.

На Государственных испытаниях в феврале 1941 г. при нормальной взлетной массе 5 310 кг с 400 кг бомб на внутренней подвеске, двумя пушками ШВАК с боезапасом 420 снарядов и двумя пулеметами ШКАС с 1 500 патронами Ил-2 (рис. 2) при взлетной мощности двигателя 1 665 л. с. показал максимальную скорость у земли 433 км/ч, а на высоте 2 460 м – скорость 450 км/ч [4, с. 127].



Рисунок 2 – Штурмовик Ил-2 в полете

Таким образом, Ил-2 стал первым в мировой практике бронированным самолетом-штурмовиком, который полностью отвечал предъявленным требованиям и мог эффективно использоваться для непосредственной поддержки своих наземных войск на поле боя, успешно поражать бомбами, реактивными снарядами, пушечным и пулеметным огнем самые разнообразные наземные цели, в том числе и бронетехнику.

Простые и дешевые в производстве, выпускавшиеся в больших количествах и обладавшие высокими боевыми качествами, самолеты Ил-2 во время Великой Отечественной войны стали наиболее массовыми (выпущено более 36 тыс. штук) боевыми самолетами советских ВВС. Конструкция вышла настолько удачной, что самолет Ил-2 стал одним из символов победы над нацизмом. Дальнейшим развитием Ил-2 стал послевоенный штурмовик Ил-10.

За все годы Второй мировой войны подобного Ил-2 самолета не смогли создать ни наши противники, ни наши союзники. В США, Англии, Германии и Японии для атак наземных целей в большинстве случаев использовали специально доработанные истребители. Позже специализация таких самолетов получила название истребитель-бомбардировщик. В США после войны истребители-бомбардировщики сначала вытеснили фронтовые бомбардировщики, а затем и штурмовую авиацию. В СССР штурмовая авиация была расформирована в 1956 году, а ее функции возложили на истребители-бомбардировщики. Однако не прошло и десяти лет, как выяснилась ошибочность такого решения [5]. Локальные войны 1960-х годов способствовали возрождению класса штурмовиков. В СССР работы по созданию специализированного самолета-штурмовика (будущего Су-25) проводились в ОКБ П.О. Сухого. Первый полет Су-25 (рис. 3) совершил в 1975 году. После необходимых доработок в 1980 году прошел испытания в Афганистане и в1981 году был принят в состав ВВС СССР.

По данным зарубежного специализированного ежегодника The Military Balance в 2023 году на вооружении наших ВКС состояло около 125 модернизированных самолетов Су-25СМ (Су-25СМ3), 40 Су-25 более ранних серий, 15 учебно-боевых машин Су-

25УБ и 5 учебных Су-25УТГ. В настоящее время Су-25 серийно не выпускается, а осуществляется модернизация ранее построенных машин в вариант СМ3 [6].



Рисунок 3 – Штурмовик Су-25

Последняя модификация Су-25СМ3 оснащена системой навигации ГЛОНАСС с возможностью программирования маршрута полета покарте с высокой точностью. На самолете установлен бортовой комплекс обороны «Витебск-25», оптико-электронная система СОЛТ-25 с 16-кратным увеличением и автоматическим сопровождением подвижной цели на удалении до 8 км сточностью до 0,5 м. Максимальная скорость модифицированного штурмовика до 975 км/ч у земли, боевой радиус действия до 600 км. У самолета мощное вооружение: 2-ствольная 30-мм пушка (боезапас – 250 снарядов), до 4 400 кг боевой нагрузки на 10 узлах подвески. Для защиты от истребителей противника на Су-25СМ3 могут использоваться ракеты Р-73 «воздух-воздух» малой дальности.

Су-25 участвовал примерно в 20 конфликтах в разных регионах мира. Только в новейшей истории России он применялся в Таджикистане (1992–1995), в двух чеченских кампаниях (1994–1996, 1999–2000), в югоосетинском конфликте (2008), в Сирии (2015).

Очень непросто оценить Су-25, учитывая всю боевую историю этого самолета. Но, по мнению экспертов, есть определенная черта (это показала СВО на Украине), за которой уже можно говорить о неэффективности самолета как ударной единицы [7].

Главным недостатком Су-25 является отсутствие бортовой РЛС, обеспечивающей эффективную тактику применения боевого самолета. Су-25 лишен возможности отслеживания оперативной обстановки.

Основное вооружение Су-25, включающее обычные свободнопадающие бомбы и неуправляемые реактивные снаряды, фактически осталось на уровне Ил-2. Для применения корректируемых боеприпасов (ракет Х-25) класса «воздух-поверхность» Су-25 оснащен лазерным дальномером-целеуказателем, предполагающим подсветку цели летчиком до ее поражения. Во время такой атаки низколетящий на небольшой скорости штурмовик подвергается сильному огневому воздействию противника.

Как и на Ил-2, на Су-25 все жизненно важные части защищены броней (рис. 4). Кабина пилота сварная из титановой брони АБВТ-20 толщиной от 10 до 24 мм. Лобовое остекление, представляющее собой стеклоблок толщиной 55 мм, обеспечивает противопульную защиту. Сзади пилот защищен стальным бронезаголовником толщиной 6–17 мм, защищены также расходный бак топливной системы (днище – сталь 8 мм, тыл – АМг-6 18 мм), маслобак правого двигателя (титан ОТ4-1 – 17 мм). Мотоотсеки штурмовика разделены и прикрыты продольными бронеплитами из стали (5 мм).

Летчик Су-25 практически полностью защищен от обстрела из любого ствольного оружия калибра до 12,7 мм, а по наиболее опасным направлениям – калибра до 30 мм. Но сегодня основной противник штурмовика, летающего над полем боя на небольшой скорости и небольшой высоте, переносной зенитный ракетный комплекс (ПЗРК), на долю которого приходится основной процент потерянных Су-25. По данным британского ведомства потери Су-25 Вооруженных сил Украины в ходе СВО составили: от огнязенитно-ракетных комплексов (ЗРК) 5 самолетов; ПЗРК уничтожили 6 самолетов; истребители сбили 7 самолетов; ракетные удары и БПЛА уничтожили 10 самолетов; другое – 4 самолета. Если раньше возможности ПВО позволяли считать штурмовик актуальным и нужным, то сегодня эта тенденция неотвратимо меняется. Проблема применения штурмовиков состоит в том, что современная ПВО способна уничтожить даже самую бронированную машину. Штурмовик хорош сегодня исключительно в конфликтах, где нет места истребительной авиации и организованной ПВО.

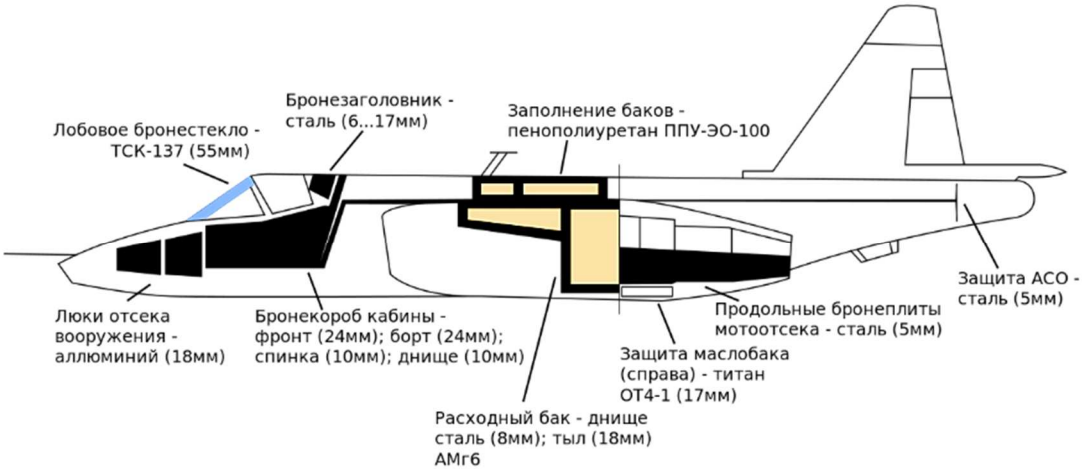


Рисунок 4 – Схема бронирования Су-25

Время не стоит на месте, наука и техника также непрерывно вносят в нашу жизнь перемены. Так, и в авиации сегодня все внимание сосредоточено на пятом поколении, боевых БПЛА и гиперзвуке [8].

Сегодня БПЛА значительно удобнее штурмовиков. Их применение возможно даже в плохую погоду, а высокоточные средства поражения на борту гарантируют выполнение боевой задачи. Здесь все зависит от умения оператора, который сидит не под огнем в кабине штурмовика, а на безопасном расстоянии [9].

Список литературы:

1. Дуэ Дж. Господство в воздухе. Сборник трудов по вопросам воздушной войны. – М. : Воениздат НКО СССР, 1936.
2. Меднис А. Тактика штурмовой авиации. 2-е изд., испр. – М. : Воениздат НКО СССР, 1936. – 164 с.
3. Растренин О.В. Штурмовики Великой Отечественной войны. – М. : Эксмо, 2008. – 588 с.
4. Из истории советской авиации: Самолеты ОКБ имени С.В. Ильюшина / Г.В. Новожилов, Д.В. Лещинер, В.М. Шейнин [и др.]; под редакцией Г.В. Новожилова. – М. : Машиностроение, 1990. – 384 с.
5. Рябов К. Какое будущее у штурмовиков? [Текст: электронный] // Военное обозрение. – Интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/12620-kakoe-buduschee-u-shturmovikov.html (дата обращения: 22.10.2025).
6. Штурмовик Су-25: Модификация СМ3 – не последняя [Текст: электронный] // Техносфера Россия. – Интернет-портал. – URL : https://tehnoomsk.ru/archives/9022 (дата обращения: 22.10.2025).
7. Скоморохов Р. Су-25: на выход, в историю [Текст: электронный] // Военное обозрение. – Интернет-портал. – URL : https://topwar.ru/258863-su-25-na-vyhod-v-istoriju.html (дата обращения: 20.10.2025).
8. Флагман или свалка истории: какое будущее ждет штурмовые самолеты [Текст: электронный] // Novate. – Интернет-портал. – URL : https://novate.ru/blogs/011219/52594/ (дата обращения: 20.10.2025).
9. Шамуев Г. Закат «летающих танков». Штурмовики Су-25 и А-10 обречены на вымирание [Текст: электронный] // @hi-tech. – Интернет-портал. – URL : https://hi-tech.mail.ru/review/50576-letayushchie_tanki/ (дата обращения: 19.10.2025).

УДК 629.7

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ КРЫЛЬЕВ САМОЛЁТОВ

♦♦♦♦♦

PROMISING MATERIALS FOR CREATING STRUCTURE ELEMENTS OF AIRCRAFT WINGS

Играков Р.Е.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
letchik_5b@mail.ru

Петренко В.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
viktor_petrenko62@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные и перспективные направления использования композитных материалов в конструкциях крыла истребителя.

Ключевые слова: армирующие химические волокна, полимерные матрицы, конструкционные материалы, электроизоляционные материалы, химостойкие материалы, авиастроение, армирующие волокнистые наполнители (АВН), композиционные материалы.

Igrakov R.E.
Krasnodar Higher Military Flight School
letchik_5b@ mail.ru

Petrenko V.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
viktor_petrenko62@mail.ru

Abstract. The report examines current and promising areas for the use of composite materials in fighter wing structures.

Keywords: reinforcing chemical fibers, polymer matrices, construction materials, electrical insulating materials, chemical-resistant materials, aircraft construction, reinforcing fiber fillers (RFF), composite materials.

В настоящее время авиационная и ракетно-космическая отрасли выступают ключевыми направлениями для внедрения и изучения композиционных материалов (КМ). Изначально их использование ограничивалось такими элементами, как обтекатели, а также отдельными малонагруженными участками фюзеляжа. Однако по мере развития производственных технологий и методов проектирования спектр применения КМ существенно расширился. Сегодня их считают не только допустимыми, но и предпочтительными для изготовления множества ответственных узлов и агрегатов.

Главное достоинство композитов заключается в возможности существенно снизить массу конструкции без ущерба для её прочности. Наряду с этим они демонстрируют превосходную коррозионную стойкость и выдающуюся долговечность при циклических нагрузках.

В работе анализируется влияние композитов на массу, прочностно жёсткостные характеристики, радиолокационную заметность, технологичность изготовления, эксплуатационные и ремонтные особенности, а также экологические и экономические аспекты. Выделены ключевые технологические решения, риски и направления научно технического развития: нанокомпозиты, мультифункциональные материалы, аддитивные технологии и методы мониторинга состояния структуры.

Для решения данной проблемы предлагается классифицировать различные виды современных материалов и, изучив их характеристики, понять целесообразность и перспективы применения КМ новых образцов в конструкции крыла самолёта.

Можно выделить две группы материалов, пригодных для производства элементов фюзеляжей самолетов, это конструкционные композитные материалы с металлами и без.

Волокнистые полимерные композиционные материалы (ВПКМ) являются основой современного авиастроения. Эти материалы, состоящие из армирующих волокон и полимерной матрицы, сочетают в себе исключительную прочность и жесткость с низкой плотностью. Именно это свойство делает их незаменимыми для создания ключевых элементов конструкции крыльев самолетов, где снижение массы напрямую влияет на топливную эффективность и летные характеристики [3, с. 488].

Основу ВПКМ составляют высокопрочные армирующие волокна, которые воспринимают механическую нагрузку. В авиации доминируют углеволокна, обеспечивающие наивысшую удельную прочность и жесткость. Наряду с ними используются ара-

мидные волокна, придающие материалу ударную вязкость, и более дешевые стекловолокна. Эти наполнители объединяются в монолитную структуру с помощью полимерной матрицы, чаще всего эпоксидных смол, которая распределяет нагрузку и защищает волокна [2, с. 48].

Ключевым преимуществом ВПКМ для крыльев является возможность значительного снижения массы – на 20–30 % по сравнению с традиционными алюминиевыми сплавами. Кроме того, композиты обладают высокой коррозионной и усталостной прочностью, что критически важно для долговечности конструкции. Технологии автоматической укладки волокна позволяют создавать крупногабаритные бесшовные панели, уменьшая количество деталей и крепежа [4, с. 72–96].

Благодаря своим свойствам, ВПКМ нашли широкое применение в силовых элементах крыла. Из них выполняют основной силовой элемент – кессон, а также обшивку и механизацию (закрылки, элероны и предкрылки). Использование композитов позволяет оптимизировать аэродинамическую форму и повысить общую надежность планера (рис. 1), что подтверждается их применением в самых современных самолетах, таких как Boeing 787 и Airbus A350 [1, с. 48].

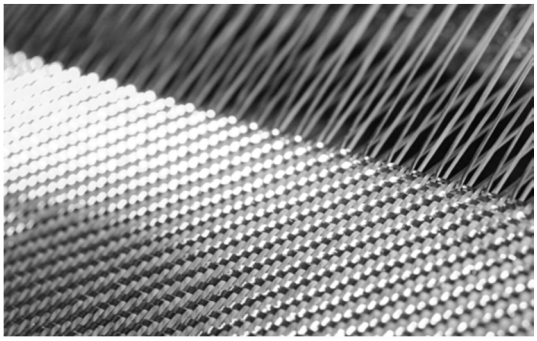


Рисунок 1 – Композит с углеродными волокнами

Но больший интерес представляют металлические волокнистые композиционные материалы (МВКМ).

Волокнистые композиты представляют собой систему, где пластичная матрица усиливается прочными волокнами, проволокой или нитевидными кристаллами. Данный принцип армирования, применимый в том числе и к металлам, коренным образом улучшает их физико-механические свойства. В результате такого сочетания материалов достигается существенный рост ключевых показателей: повышаются предел прочности и модуль упругости, увеличивается ресурс усталостной долговечности и расширяются температурные границы эффективной работы конструкции.

Основная идея создания МВКМ состоит в том, чтобы при деформации пластичной матрицы обеспечивалось нагружение волокон и использовалась их высокая прочность.

Механические свойства волокнистых КМ определяются тремя ключевыми параметрами: высокой прочностью армирующих волокон, жесткостью матрицы, и прочностью связи на границе матрица-волокно.

К армирующим волокнам в композитах предъявляется комплекс строгих требований, обусловленных условиями их эксплуатации. Ключевыми критериями выбора являются высокие показатели прочности и жесткости при минимальной плотности, а также устойчивость к химическим воздействиям и высоким температурам. К числу наиболее перспективных наполнителей относятся углеродные, борные и высокопрочные стеклянные волокна, органические волокна (такие как арамидные), металлическая проволока, а также нитевидные кристаллы тугоплавких соединений – карбидов, оксидов и нитридов (например, карбида кремния SiC или оксида алюминия Al_2O_3).

Использование металлических волокнистых композиционных материалов становится стратегически важным в тех узлах летательных аппаратов, где традиционные металлические сплавы не справляются с экстремальными нагрузками. Эффективность МВКМ проявляется в нескольких ключевых аспектах:

- Снижение массы и рост удельной прочности. Выдающееся соотношение прочности к весу у МВКМ на основе алюминия позволяет уменьшить массу конструкций самолетов, вертолетов и космических аппаратов на 20–60 % по сравнению со стан-

дартными материалами, что напрямую повышает топливную эффективность и полезную нагрузку [6, с. 125].

- Эксплуатация в экстремальных условиях. Эти материалы сохраняют работоспособность в широком температурном диапазоне – от сверхнизких до сверхвысоких значений, выдерживая при этом статические, циклические, ударные и вибрационные нагрузки в агрессивных средах. Например, высокожаропрочные МВКМ на никелевой и хромовой основе, армированные волокнами оксида алюминия (Al_2O_3), используются в горячих секциях газотурбинных двигателей. Это позволяет повысить температуру в термодинамическом цикле и, как следствие, значительно увеличить КПД силовой установки. Улучшенные физические свойства: МВКМ Al-SiO_2 обладают хорошей демпфирующей способностью. Армированные W-проволокой магнитотвердые материалы (рис. 2) позволяют сочетать магнитные свойства с высоким сопротивлением ударным нагрузкам и вибрациям.

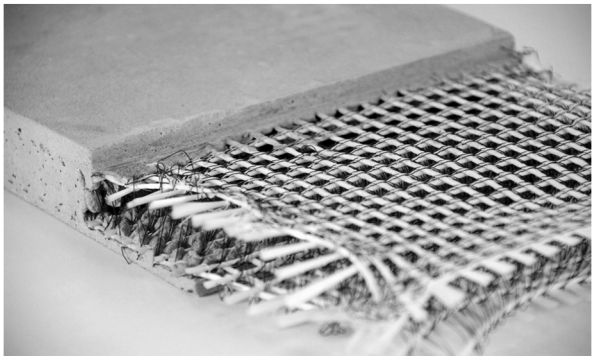


Рисунок 2 – Композит с алюминиевыми волокнами

Металлические композиционные материалы (МКМ) могут быть изготовлены следующими методами: твердофазными, жидкофазными, методами осаждения-напыления, или их комбинациями.

Металлические композиционные материалы с матрицей из деформируемых сплавов успешно создаются твердофазными методами с применением обработки давлением. Основное преимущество этой технологии – минимальное межфазное взаимодействие между волокном и матрицей благодаря кратковременному контакту компонентов. Для уплотнения композитов, армированных пластичными волокнами, наиболее эффективны такие методы как прокатка, импульсное прессование (включая взрывное и ударное воздействие) и гидроэкструзия, позволяющие сформировать материал с заданными структурными характеристиками.

Недостатком обработки давлением является возможность повреждения волокон, особенно хрупких или малопластичных, из-за высоких напряжений при больших пластических деформациях. Для хрупких волокон, таких как борные или карбидкремниевые, чаще применяют процессы с невысокой степенью пластической деформации, например, диффузионную сварку или прокатку с малыми обжатиями.

При работе с тугоплавкими металлами (Mo, Ti, Ta, Nb, W), которые интенсивно окисляются при температуре свыше 500–600 °C, кардинальным решением является горячая прокатка в вакууме или среде инертных газов (Ar, He). Вакуумная прокатка позволяет нагревать, прокатывать и остужать пакет разнородных пластин в условиях, исключающих окисление и газонасыщение, обеспечивая при этом прочную связь между слоями [2, с. 3–5].

Жидкофазные методы заключаются в пропитке армирующих волокон расплавленной матрицей и метода направленной кристаллизации.

Процессы порошковой металлургии, матрица используется в виде порошка, а армирующими элементами могут быть непрерывные или дискретные волокна. Преимуществами являются возможность использования трудно деформируемых металлов в качестве матрицы, достижение высоких концентраций армирующей фазы, а также сочетание армирования с дисперсным упрочнением. В таблице 1 представлены характеристики и методы получения различных типов волокон. Недостатки включают неравномерность распределения коротких волокон и повышенное содержание оксидов из-за развитой поверхности порошков.

Таблица 1

Тип волокна	Характеристики	Методы получения
Стальные волокна	Повышают предел выносливости	Прокатка, динамическое горячее прессование, сварка взрывом, диффузионная сварка
Кремнеземные волокна (SiO_2)	Скорость ползучести при 473–573 К на два порядка ниже, чем у неармированной матрицы. Обладают хорошей демпфирующей способностью	Пропускание волокон через расплав матрицы с последующим горячим прессованием
Борные волокна (B)	Обладают высокими прочностью и жесткостью при температурах до 673–773 К	Диффузионная сварка (широко используется). Жидкофазные методы (литье, пропитка) при наличии защитных покрытий
Углеродные волокна (C)	Высокие показатели прочности и жесткости при малой плотности	Пропитка жидким металлом (для непрерывных волокон) или методы порошковой металлургии (для дискретных волокон)

Не малый интерес представляет и МВКМ на основе титановой матрицы.

Армирование титана (Ti) и его сплавов повышает их жесткость и расширяет диапазон рабочих температур до 973–1073 К. Для армирования применяются металлические проволоки, а также волокна карбидов кремния (SiC) и бора (B) (рисунок 3) [2, с. 50].



Рисунок 3 – Композиты с Ti-матрицей

В таблице 2 представлены характеристики и методы получения различных композиционных титановых волокон.

Таблица 2

Тип МВКМ	Характеристики	Методы получения
Ti – Mo (волокна)	Плюсы: Повышенная длительная прочность и сохранение прочности при высоких температурах. Минусы: Высокая плотность, что снижает удельную прочность	Прокатка, динамическое горячее прессование заготовок «сэндвич» в вакуумированных контейнерах, сварка взрывом
Ti – B (волокна)	Плюсы: Повышенные абсолютные и удельные характеристики, высокая кратковременная и длительная прочность. Минусы: При T > 1073 К под давлением образуются хрупкие бориды титана, разупрочняющие композит.	Диффузионная сварка в вакууме (из-за хрупкости волокон). Для повышения термической стабильности волокна бора покрывают карбидом кремния (борсик)
Ti – SiC (волокна)	Плюсы: Карбидокремниевые волокна более устойчивы в матрице. Композиты характеризуются высокими значениями внеосевой прочности предела ползучести. Волокна проявляют более высокую химическую и термическую стабильность по сравнению с борными.	Диффузионная сварка в вакууме.
Ti – Be (волокна)	Плюсы: Взаимодействие практически отсутствует при T < 973 К. Минусы: возможно образование хрупких интерметаллидных соединений. Прочность самих волокон при этом практически не изменяется.	Один из вариантов возможно использование – диффузионной сварки

Композиционные материалы на основе никеля и железа чаще всего применяются в двигателях (горячая секция), они перспективны для высокоскоростных высотных истребителей и космических аппаратов, где элементы конструкции крыльев могут подвергаться экстремальным тепловым нагрузкам.

Существующие никелевые сплавы сохраняют работоспособность лишь до 1223–1323 К. Создание МВКМ на основе никеля, армированных проволокой тугоплавких металлов (W, Mo) или керамическими/углеродными волокнами, позволяет работать при более высоких температурах.

Никелевые и кобальтовые композиты составляют особую категорию металлических волокнистых материалов (МВКМ), играющую ключевую роль в применении при экстремально высоких температурах. Существующие промышленные никелевые сплавы, упрочнённые традиционными методами – дисперсным твердением, карбидным упрочнением, сложным легированием или термомеханической обработкой, – достигают своего температурного предела при 1223–1323 К. Преодоление этого барьера стало возможным за счёт создания новых МВКМ на никелевой основе, армированных специальными волокнами, что значительно расширило их термические эксплуатационные границы [2, с. 59].

В качестве упрочняющих компонентов в никелевых МВКМ применяются:

– нитевидные кристаллы;
– проволоки тугоплавких металлов;
– керамические волокна;
– углеродные волокна.

В системе Ni – $A1_2O_3$ (волокна) основным фактором деградации является взаимодействие компонентов при нагреве на воздухе. В результате окисления образуется оксид никеля (NiO), который затем взаимодействует с арматурой, формируя на границе шпинель $NiA1_2O_4$. Образование этой шпинели приводит к нарушению прочной связи между компонентами.

Для предотвращения этого и для увеличения прочности связи на арматуру наносят специальные тонкие покрытия. К таким покрытиям относятся металлы (например, вольфрам (W), никель (Ni), нихром) и керамические материалы (оксиды иттрия или тория). Кроме того, поскольку жидкий никель не смачивает Al_2O_3, для улучшения условий пропитки в матрицу дополнительно вводят такие элементы, как титан (Ti), цирконий (Zr) или хром (Cr).

Композит никель – нитевидные кристаллы Al_2O_3, полученный методом электроосаждения никеля на волокна, при комнатной температуре (300 К) существенно превышает по прочности неармированную матрицу

Таким образом, рассмотрев только небольшую часть современных материалов, а также методов их производства, можно описать их графически (рис. 4) и сравнить их характеристики (табл. 3).

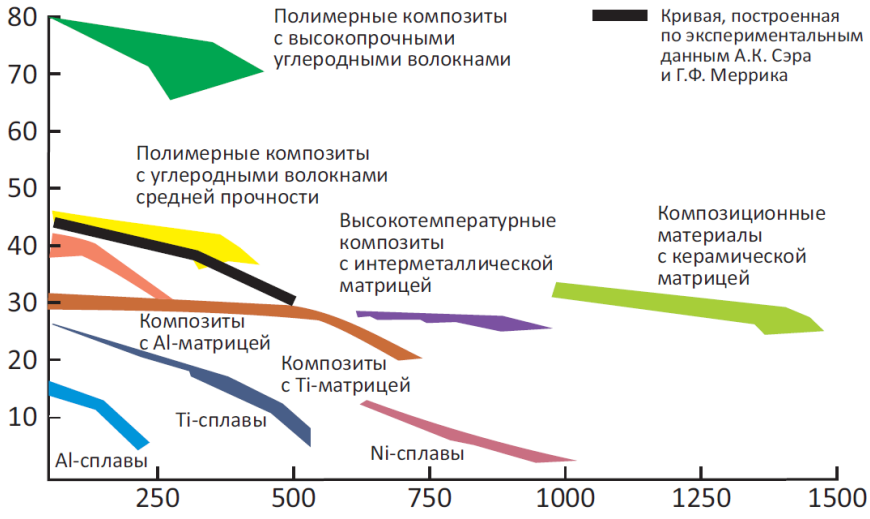


Рисунок 4 – Классификация композитных материалов, применяемых в авиации

Таблица 3 – Сводная таблица характеристик материалов [5]

Свойства	Стекловолокниты		Органоволокниты (СВМ, Кевлар)	Углеволокниты с углеродными волокнами		Бороволокниты, волокна B/W	Сплавы		
	Стекло E	Стекло S		Высокопрочные	Высокомодульные		Al	Ti	Fe
Плотность, г/см^3	2.1	2.0	1.25-1.441	1.6-2.15	1.6	2.0-2.7	2.7-2.8	4.5-4.8	7.8-8.1
Усталостная прочность, МПа	200/140		-/180	350/250		350/200	130	500	550
Вибропрочность, МПа	300/650		-/900	420/800		175/560	До 90	15	330
Термонагруженность, ГПа/к	3.0		1.4	1.08		10.8	16.8	10	24
Удельная прочность, ГПа/(г/см^3)	0.7-1.00/0.5-0.6		1.4-1.8/0.8-1.20	0.70-1.0/0.4-0.6		0.6-0.3	0.14 - 0.16	0.27	0.16 - 0.24
Удельный модуль упругости, ГПа/(г/см^3)	21-32/11-2		59-70/39-46	80-120/53-80		123	27	22-24	25-29

Недостатки композиционных материалов охватывают как экономические и технологические аспекты внедрения, так и фундаментальные проблемы, связанные с химической стабильностью и физическими свойствами компонентов при экстремальных условиях эксплуатации.

Время не стоит на месте, наука и техника также непрерывно вносят в нашу жизнь перемены. Так, и для авиации сегодня существует огромное множество неоткрытых методов производства новых и **перспективных материалов:**

Мультифункциональные композиты: объединение несущих и функциональных свойств (встроенные датчики, проводимость, теплообмен, пожаростойкость).

Наноструктурирование матриц и волокон для улучшения межфазной адгезии, прочности при ударе и электропроводности (графен, углеродные нанотрубки).

Аддитивные и гибридные технологии для изготовления сложных усиленных вставок и локальных усилений, а также для быстрого прототипирования крупных элементов.

Интеллектуальные системы мониторинга структуры (структурное здоровье SHM): распределённые датчики, волоконно оптические датчики, системы машинного обучения для предиктивного обслуживания.

Улучшенные методы рециклинга и использования термопластических матриц для повышения устойчивости цепочки поставок и снижения экологического следа.

Исследования по взаимодействию композитов с системами РЛ поглощения и экранирования для комплексной оптимизации малозаметности и эксплуатационной надёжности.

Будущее авиастроения во многом зависит от достижений в сфере внедрения КМ в крупное производство. Композитные материалы объективно расширяют конструкторские и эксплуатационные возможности крыла современного истребителя: они позволяют снизить массу, повысить эффективность, упростить интеграцию систем и способствовать снижению РЛ профиля. При этом переход к широкому применению требует комплексного подхода: оптимизации конструкции, развития технологий производства, внедрения методов контроля и мониторинга, решения проблем ремонтопригодности и рециклинга. Использование новых композитов может обеспечить следующий качественный скачок в создании лёгких, живучих и интеллектуальных крыльев для истребителей.

Список литературы:

1. Бакулин В.Н., Бакулин Н.В., Горин М.Ю. «Композиционные материалы в авиационной технике». – М. : Машиностроение, 2015. – 48 с.

2. Высокотемпературные композиционные материалы с металлической матрицей (обзор) / Р.В. Батиенков, Н.П. Бурковская, А.Н. Большаков [и др.]. – С. 45–59.

3. Кац А.М. Полимерные композиционные материалы в авиакосмической технике. – М. : Наука, 2013. – С. 488–490.

4. Подружин Е.Г., Рябчиков П.Е. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Крыло : учебно-методическое пособие. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2010. – С. 72–96.

5. Полимерные композиты на основе химических волокон : основные виды, свойства, применение. – URL : https://plastinfo.ru/information/articles/27/

6. Формирование композитов с алюминиевой матрицей, армированных наночастицами карбида вольфрама / Д.С. Никитин, А. Насырбаев, А.И. Циммерман [и др.]. – С. 125-133.

УДК 533.6

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ САМОЛЁТОВ СУ-25 «FROGFOOT» И А-10 «THUNDERBOLT»

♦♦♦♦♦

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SU-25 «FROGFOOT» AND A-10 «THUNDERBOLT»

Сизов А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Кругликов А.Е.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Панченко С.В.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются сравнительные характеристики самолётов Су-25 и А-10, их основные тактико-технические характеристикии боевые возможности. Показана область применения данных типов самолётов в вооружённых конфликтах.

Ключевые слова: летательный аппарат, господство в воздухе, штурмовик, вооружение, авиационное оборудование, комплекс радиоэлектронной борьбы, радиоэлектронное оборудование, вооруженный конфликт, военный лётчик.

Sizov A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kruglikov A.E.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Panchenko S.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the comparative characteristics of the Su-25 and A-10 aircraft, their main tactical and technical characteristics, and combat capabilities.The scope of these aircraft types use in armed conflictsis also discussed.

Keywords: aircraft, air supremacy, attack aircraft, weapons, aviation equipment, electronic warfare complex, electronic equipment, armed conflict, military pilot.

Исходя из истории нашей страны и её непосредственного участия во многих вооруженных конфликтах, всегда требовалась глубокая модернизация и развитие отечественной авиации. Ни один из последних локальных конфликтов не обходился без использования авиации. Наиболее часто встречающимся над полем боя самолетом, долгие годы были штурмовики. В последнее время они уступают место ударным беспилотным летательным аппаратам, но всё равно используются достаточно активно. Двумя самыми известными штурмовиками современности остаются российский Су-25, имеющий прозвища «Грач» и «Расческа», и американский А-10 «Thunderbolt», известный как «Бородавочник». Оба самолета предназначены для непосредственной огневой поддержки войск на поле боя. Работа над ними велась примерно в одно время.

Американский штурмовик Fairchild-Republic A-10 Thunderbolt II (рис. 1), получивший свое название в честь истребителя-бомбардировщика периода Второй мировой войны P-47 Thunderbolt, разрабатывался в 1970-е годы и был официально принят на вооружение в 1976 году. Серийное производство машин продолжалось до 1984 года, за это время в США было собрано 716 самолетов. Основным предназначением штурмовика A-10 Thunderbolt II является борьба с бронетехникой противника. Самолет создавался в тот момент, когда США и американские союзники по НАТО всерьез готовились противостоять угрозе со стороны армий стран Варшавского договора в Европе, в первую очередь готовились сражаться с многочисленными танковыми и мотопехотными подразделениями. Останавливать тысячи советских танков на пути к Ла-Маншу штурмовик должен был не только ракетным вооружением, но и пушечным [1].



Рисунок 1 – Самолёт А-10

Советский штурмовик Су-25 (рис. 2) начали разрабатывать в ОКБ Сухого уже в 1968 году. В 1970–1971 годах именно аванпроект штурмовика Сухого одержал победу в конкурсе по созданию нового штурмовика, выиграв у представителей ОКБ Яковлева, Микояна и Ильюшина. Эскизный проект и макет самолета были готовы в сентябре 1972 года. Первый полет состоялся 22 февраля 1975 года. Заокеанский конкурент к тому моменту летал уже три года. Впервые А-10 поднялся в небо 10 мая 1972 года. Государственные испытания штурмовика Су-25 были завершены в декабре 1980 года, серийное производство самолетов началось годом ранее на заводе в Тбилиси. В войска первые серийные штурмовики поступили в апреле 1981 года, при этом официальное принятие на вооружение Су-25 состоялось только 31 марта 1987 года, то есть спустя шесть лет эксплуатации и активного применения в боевых действиях в Афганистане. Основным предназначением штурмовика Су-25, как и его американского коллеги, стала непосредственная поддержка сухопутных войск на поле боя, в том числе уничтожение объектов с заданными координатами. При этом самолет разрабатывался для действий в условиях большой войны. Предполагалось, что Су-25 сможет вести наступление вместе с армией, не завися от аэродромов. Именно этим фактом было обусловлено то, что штурмовик можно использовать и с грунтовых взлетно-посадочных полос [2, 3].



Рисунок 2 – Штурмовик Су-25

Рассмотрим сравнительные характеристики самолётов Су-25 и А-10 (рис. 3).

Исходя из рисунка 3, двигатели на штурмовике А-10 существенно экономичнее, чем на Су-25, они обеспечивают машине больший боевой радиус и перегоночную дальность полета – 4 150 км. Перегоночная дальность Су-25 с четырьмя подвесными баками ПТБ-800 (со сбросом) ограничена 1 850 км. Самолёт Су-25 гораздо легче, чем А-10, но благодаря своей конструкции Су-25 имеет большое преимущество по скоростям, а его

	A-10A	Су-25
Длина	16,26 м	15,36 м (с ПВД)
Размах крыла	17,53 м	14,36 м
Высота	4,47 м	4,8 м
Площадь крыла	47,01 м²	30,1 м²
Масса пустого	11 321 кг	9 315 кг
Нормальная взлётная масса	21 361 кг *	14 600 кг
Максимальная взлётная масса	23 000 кг	17 533 кг
Масса топлива во внутренних баках	4 990 кг	3 000 кг
Силовая установка	2 × ТРДД General Electric TF34-GE-100	2 × ТРДД Р-95Ш
Тяга	2 × 40,32 кН (4112 кгс)	2 x 40,2 кН (4100 кгс)
Тяговооруженность **	0,36	0,47
Максимальная скорость (у земли)	706 км/ч	970 км/ч
Крейсерская скорость (у земли)	560 км/ч	750 км/ч
Скорость сваливания	220 км/ч	175 км/ч
Скороподъёмность	30 м/с	60 м/с
Перегоночная дальность	4150 км	2100 км
Боевой радиус (с нормальной боевой нагрузкой)	460 км *	300 км
Практический потолок	13 700 м	7 000 м
Длина разбега	1152 м (с максимальной боевой нагрузкой)	500 м
Длина пробега	623 м	600 м
Вооружение	1x7 30-мм пушка GAU-8, 11 точек подвески	1x2 30-мм пушка ГШ-30-2, 10 точек подвески
Максимальная боевая нагрузка	7260 кг	4400 кг

Рисунок 3 – Сравнительные характеристики Су-25 и А-10

крейсерская скорость позволяет быстрее выходить в зону боевых действий. Скорость сваливания у самолёта Су-25, за счёт его аэродинамических характеристик позволяет ему летать на предельно малых скоростях и не выходить в «сваливание». Но,исходя из данных по тяговооружённости, Су-25 явно уступает своему конкуренту А-10. Конкуренция в разбеге и пробеге данных самолётов не нуждается, поскольку Су-25 лидирует по этим показаниям, а также Су-25 предназначен не только для бетонной взлётно-посадочной полосы (БВПП), но и для грунтовойвзлётно-посадочной полосы (ГВПП). Что касается практического потолка самолётов, то лидером является самолёт А-10, так как исходя из характеристик, он может применяться на высотах от 10 до 13 км. Оба штурмовика представляют собой дозвуковые бронированные военные самолеты для непосредственной поддержки войск на поле боя. Сама концепция применения боевых машин предполагала их использование с небольших высот и на дозвуковой скорости. До появления Су-25 в СССР рассчитывали на истребители-бомбардировщики с высокой скоростью полета: Су-17, Су-22, МиГ-23БН. Это однодвигательныесамолётыбез брони. Их средством защиты была высокая скорость полета. Однако, боевые действия в Афганистане подтвердили, что такие машины оказываются очень уязвимы для огня с земли при выполнении боевых задач на малой высоте. Су-25 был лишен этих недостатков, он получил серьезное бронирование и силовую установку из двух двигателей [5].

Оба штурмовика имеют титановую броню, которая защищает пилота, элементы системы управления, топливную систему, а на российском штурмовике имеются и бронеплиты мотоотсека, разделяющие между собой двигатели. На Су-25 толщина титановой брони составляет от 10 до 24 мм, на А-10 от 13 до 38 мм. В целом вес брони на самолетах примерно одинаков. На штурмовике А-10 имеется 540 кг авиационной титановой брони, на Су-25 масса броневой защиты составляет 595 кг. Общая масса средств обеспечения боевой живучести оценивается для Су-25 в 1050 кг, а для американского самолета в 1 310 кг [4].

Бронестекла кабины защищают летчиков двух штурмовиков от огня стрелкового оружия. Известно, что в штурмовике Су-25 летчик практически полностью защищен от обстрела любого ствольного оружия калибром 12,7 мм, а с наиболее опасных направ-

лений – калибром до 30 мм. В американском штурмовике заявлена защищенность пилота от обстрела различными боеприпасами калибра до 23 мм включительно, при этом отдельные элементы штурмовика защищены от осколочных 57-мм зенитных снарядов. При создании самолета особое внимание уделялось обстрелу именно из 23-мм зенитных советских пушек, которые составляли основу малокалиберной зенитной артиллерии многих стран мира.

Установка на самолетах двух двигателей повышает их боевую живучесть, так как машины в состоянии продолжать полет и на одном двигателе.

Если в штурмовике Су-25 двигатели прикрыты корпусом и защищены от огня с земли броней, то двигатели A-10 Thunderbolt II вынесены за фюзеляж и между ними только воздух. Два широко разнесенных между собой двигателя на американском штурмовике расположены высоко по обеим сторонам в хвостовой части фюзеляжа самолета. С большинства ракурсов при огне с земли они экранированы элементами конструкции самолета. С передней и задней полусферы они прикрыты консолями крыла, либо хвостовым оперением штурмовика. И та, и другая схема показала себя вполне жизнеспособной в боевых условиях эксплуатации. Обе машины отличаются повышенной живучестью и возвращались на аэродромы после потери одного из двигателей.

К особенностям американского штурмовика, направленным на повышение живучести, относят также двухкилевое хвостовое оперение машины. Выбор такой схемы был осуществлен в результате исследований боевой живучести системы управления. Испытания показали, что подобная схема допускает серьезные повреждения с одной стороны фюзеляжа, без существенного ущерба для летательного аппарата, а главное, без потери управления. Су-25 же имеет классическое однокилевое хвостовое оперение (рис. 4).



Рисунок 4 – Компоновка самолётов Су-25 и A-10

Отдельно можно отметить и номенклатуру используемых боеприпасов. «Бородавочник» предназначен в основном для использования высокоточного оружия, в том числе умных авиабомб JDAM, которые в состоянии поражать и активно маневрирующие цели. Но основным оружием американского штурмовика, помимо пушечного, являются, конечно, знаменитые управляемые ракеты AGM-65 Maverick класса «воздух-поверхность» с электрооптической системой наведения на цель. Ракета позволяет поражать хорошо бронированные и движущиеся цели даже в условиях городской застройки. При этом реализуется принцип «выстрелил и забыл». После того, как ГСН ракеты фиксируется на цели, её полет уже не зависит от положения и движения самого штурмовика (рис. 5) [6, 7].

Российский «Грач» также в состоянии применять широкую номенклатуру вооружений, в том числе умные боеприпасы. Но основная работа осуществляется свободнопада-

ющими и корректируемыми бомбами и неуправляемыми ракетами. При этом в ходе модернизаций, к примеру, на модели Су-25СМ3, возможности по поражению целей обычными свободнопадающими бомбами были существенным образом увеличены за счёт установки прицельно-навигационного комплекса СВП-24-25 «Гефест». Данный комплекс позволяет доводить точность ударов неуправляемым авиационным вооружением до управляемого вооружения. Правда, это справедливо только для стационарных целей. Второй особенностью Су-25 является использование управляемых ракет класса «воздух-поверхность» с лазерной системой наведения на цель. После захвата цели и запуска ракеты летчик должен удерживать цель до момента её поражения. При этом лазерный дальномер-целеуказаетель расположен в передней части штурмовика. Летчик должен удерживать самолет на курсе, подсвечивая цель до её поражения, что в условиях противодействия ПВО противника сопряжено со значительным риском (рис. 6).

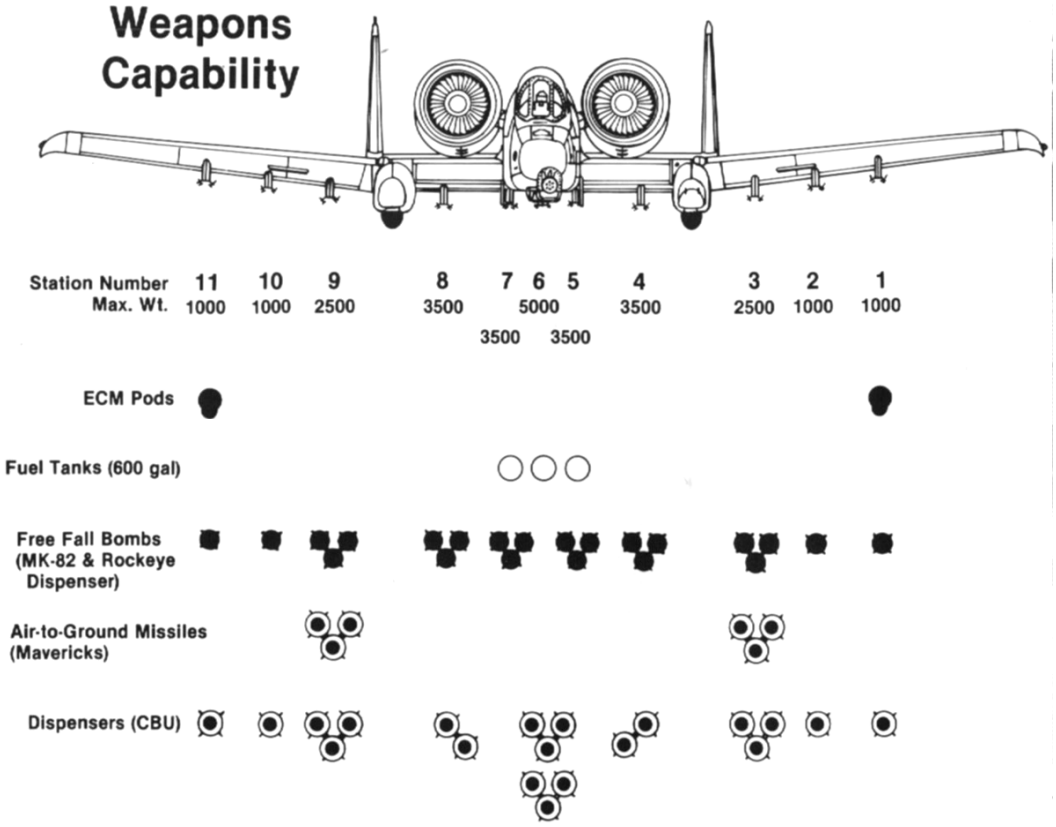


Рисунок 5 – Схема размещения вооружения на самолёте А-10

Самое главное отличие вооружения самолётов – это пушка, у А-10 это – ствольная авиационная 30мм пушка GAU-8/A, имеет огромный боезапас 1 350 выстрелов и темп стрельбы 3 900 выстр./мин. Способна уничтожить любой БТР, БМП и даже танк при удачном попадании. У Су-25 – 30 мм авиационная пушка ГШ-30-2, но боезапас всего 250 выстрелов, темп стрельбы 3 000 выстр./мин. [5].

Исходя из вышесказанного, преимуществом Су-25 перед А-10 является наличие на борту комплекса РЭБ «Витебск», предназначенного для защиты самолёта от ракет класса «воздух-воздух» и «земля-воздух». Оба самолёта могут применять огромное количество авиабомб, но концепция в России и в США отличаются. США делает упор на дорогостоящие корректируемые авиабомбы. В то время, как Россия создала систему «Гефест», которая дает возможность сбрасывать обычные авиабомбы с большой точностью. А-10 точно бросать обычные бомбы не может. Также у американских штурмовиков были проблемы с целеуказанием и наведением в Афганистане. Они несколько раз открывали огонь по своим, из-за ошибок в наведении на цель. Сейчас все самолетыА-10 модернизированы до А-10С. Российские Су-25 модернизируются до модификации Су25СМ3.

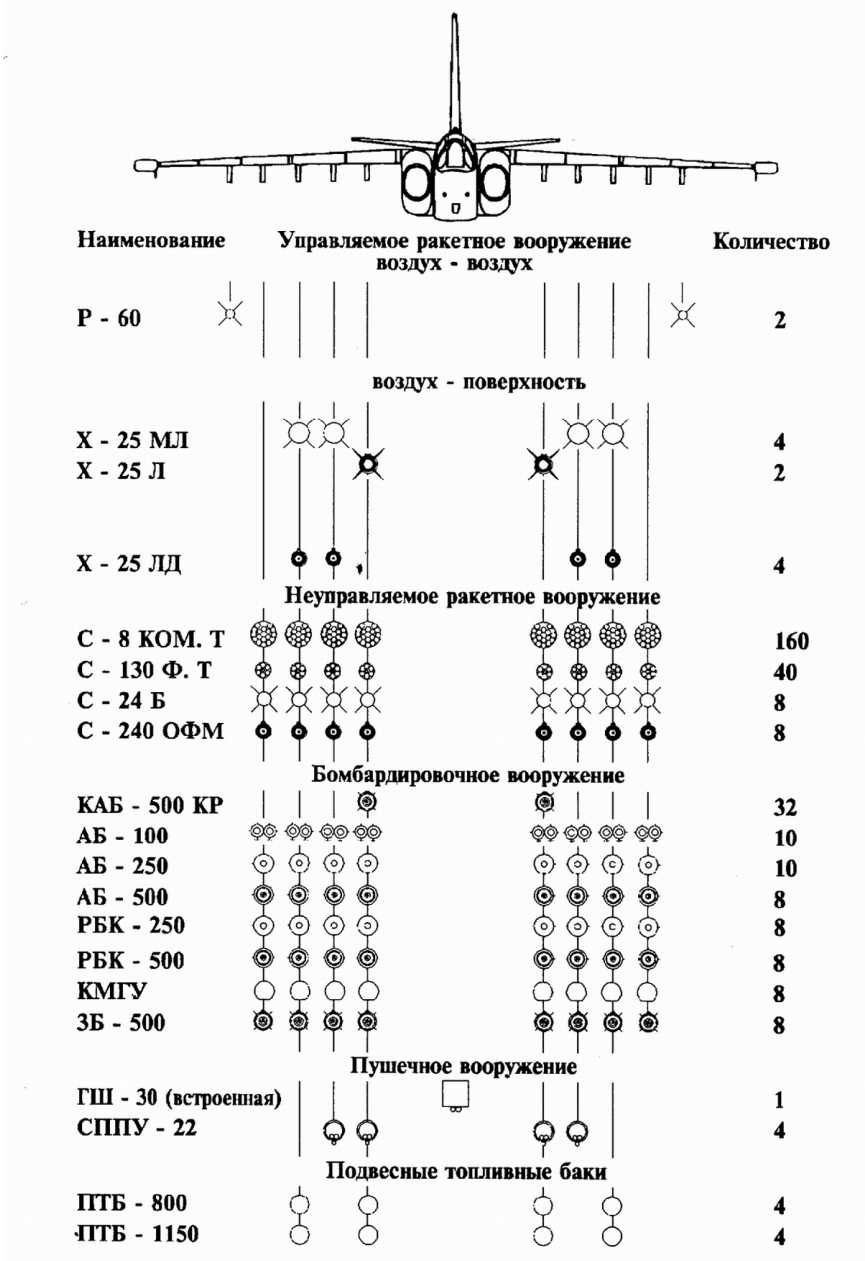


Рисунок 6 – Схема размещения вооружения на самолёте Су-25

Список литературы:

1. Битва штурмовиков. Су-25 против A-10 Thunderbolt. – URL : https://topwar.ru/175851-bitva-shturmovikov-su-25-protiv-a-10-thunderbolt-ii.html

2. Кожемякин А., Коротков А. Штурмовик Су-25. Тридцать лет в строю. Часть I. В ВС СССР 1981–1991 гг. – М., 2012. – 400 с.: ил. – ISBN 978-5-98734-011-0.

3. Кожемякин А. Штурмовик Су-25. Тридцать лет в строю. Часть II. В ВС РФ и СНГ 1992–2011 гг. – М., 2014. – 416 с.: ил.: – ISBN 978-5-600-00810-6.

4. МО СССР. Самолёт непосредственной поддержки сухопутных войск A-10 (ВВС США). – М. : Воениздат, 1984. – 70 с. (Самолёты зарубежных стран).

5. Чей штурмовик круче, американский A-10 или российский Су-25. Подробное сравнение ТТХ. – URL : https://dzen.ru/a/YxWc3YZeum0cddeS

6. The Fairchild A-10A: More Thunder for the USAF // Air International. – 1974. – Vol. 6. – No. 5. – P. 219–225, 263.

7. The Fairchild Can-Opener: Shturmovik of the Eighties? // Air International. – 1979. – Vol. 16. – No. 6. – P. 267–272, 287.

УДК 629.7

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА САМОЛЕТА ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОНОМНОГО РЕЖИМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫМ ИНЕРЦИАЛЬНЫМ БЛОКОМ

♦♦♦♦♦

IMPROVING THE ACCURACY OF THE AIRCRAFT NAVIGATION SYSTEM BY USING AN AUTONOMOUS MODE OF OPERATION CONTROLLED INERTIAL UNIT

Слесарёнок С.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Бордиян Р.Н.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Мазука Я.Д.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Bordiyan R.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kulabuhov A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Mazuka Ya.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается возможность уменьшения ошибок определения пилотажно-навигационных параметров инерциальной навигационной системой при помощи принудительного вращения блока чувствительных элементов вокруг одной из осей чувствительности.

Ключевые слова: блок чувствительных элементов, инерциальная навигационная система, пилотажно-навигационный комплекс.

Abstract. The article considers the possibility of reducing the errors in determining flight navigation parameters by an inertial navigation system by forcibly rotation a block of sensing elements around one of the sensitivity axes.

Keywords: sensor block, inertial navigation system, flight and navigation complex.

Эффективность действий авиации военно-воздушных сил Российской Федерации во многом определяются помехозащищенностью каналов радиотехнических систем навигации.

Обеспечение высокой степени защищенности функционирования пилотажно-навигационных комплексов (ПНК) необходимо применять автономные режимы работы инерциальной навигационной системы.

В настоящее время широкое распространение получили бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС), которые измеряют векторы угловой скорости и ускорения подвижного объекта. Далее, по алгоритмам функционирования, путем интегрирования первичной навигационной информации, определяются составляющие путевой скорости, координаты и аэродинамические углы ВС. Сигналы угловой скорости и ускорения ВС несут в себе ошибки измерения, которые непрерывно увеличиваются в процессе интегрирования. Таким образом, ошибка определения координат накапливается в течении всего времени работы БИНС. При этом ошибка определения координат в зависимости от типа БИНС составляет от 2 до 6 км за час полета [2].

Ошибка радиотехнических систем навигации (например спутниковых) не увеличивается с течением времени и определяется несколькими метрами. При этом СНС подвержены воздействию помех со стороны систем РЭБ. Поэтому более точные системы СНС комплексируют с помехоустойчивыми системами ИНС.

Уменьшение темпов возрастания погрешностей инерциальной навигационной системы в автономном режиме функционирования возможно различными путями.

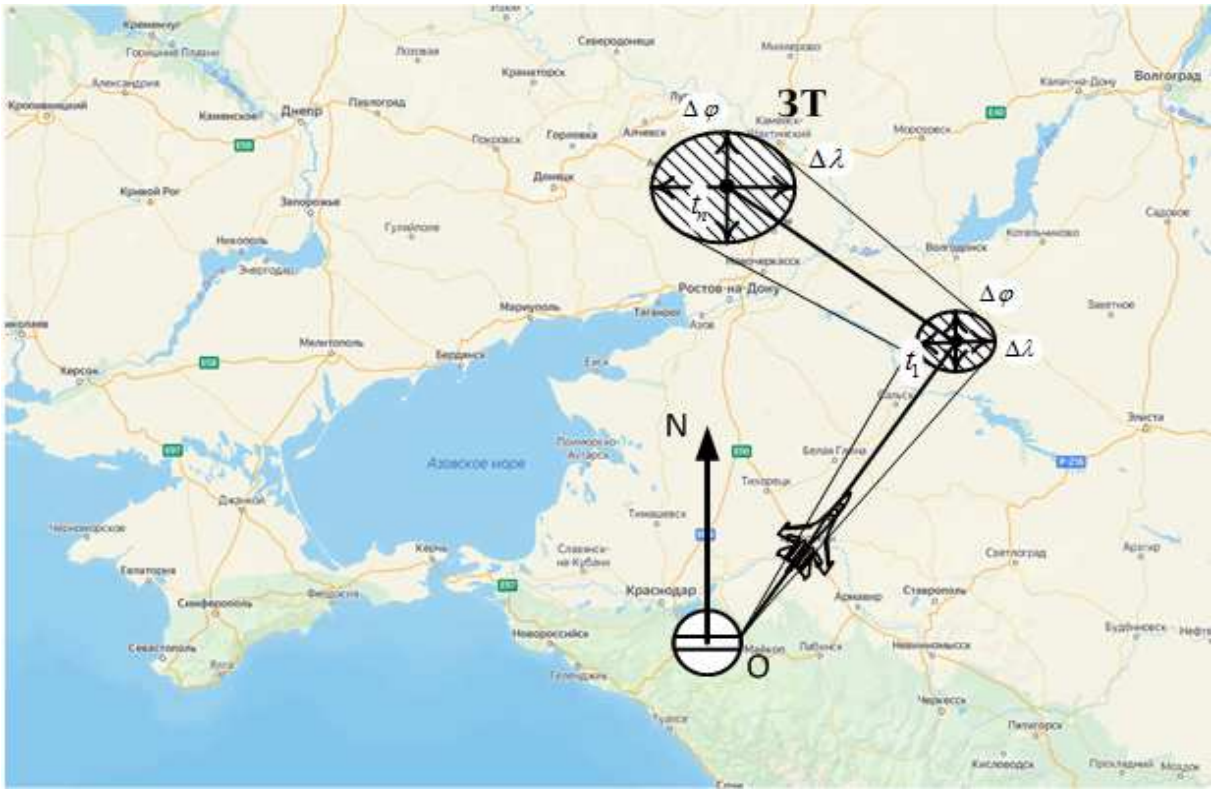


Рисунок 1 – Ошибка определения координат ВС в автономном режиме функционирования ИНС

Первый путь предполагает уменьшение инструментальных погрешностей ИНС за счет повышения точности ее чувствительных элементов, а также точности монтажа и юстировки. Это приводит в итоге к росту стоимости всего пилотажно-навигационного комплекса, и трудовых затрат при его обслуживании.

Второй путь предполагает использование на борту ВС дополнительных источников коррекции ИНС. Данные источники могут быть барометрическими, астрономическими, радиотехническими и радиолокационными. Однако автономный режим функционирования ИНС не предполагает использования внешних источников информации для устранения ошибок счисления координат.

Третий путь заключается в автономном повышении точности измерительных средств. Методы автокомпенсации предусматривают такое построение схемы БИНС, при котором обеспечивается автономная (без использования внешней информации) компенсация некоторых видов возмущающих воздействий и уменьшение соответствующих погрешностей [2].

Суть метода автокомпенсации представлена на рисунке 2. Он состоит в преобразовании монотонно возрастающих погрешностей в периодические за счет вращения вектора ошибок относительно одной из осей блока чувствительных элементов (БЧЭ). БЧЭ состоит из трех ортогонально расположенных акселерометров и трех аналогично расположенных датчиков угловых скоростей (гироскопов).

Низкую точность инерциальной навигационной системы определяет принцип счисления координат, который состоит в двукратном интегрировании значений акселерометров.

Наличие инструментальных погрешностей акселерометров, не ортогональность их установки на корпусе самолета влекут за собой постоянное нарастание ошибок определения скоростей и координат местоположения самолета в течении всего времени полета. Современные бесплатформенные инерциальные навигационные системы обладают точностью, которая не превышает 1 600 м за час полета.

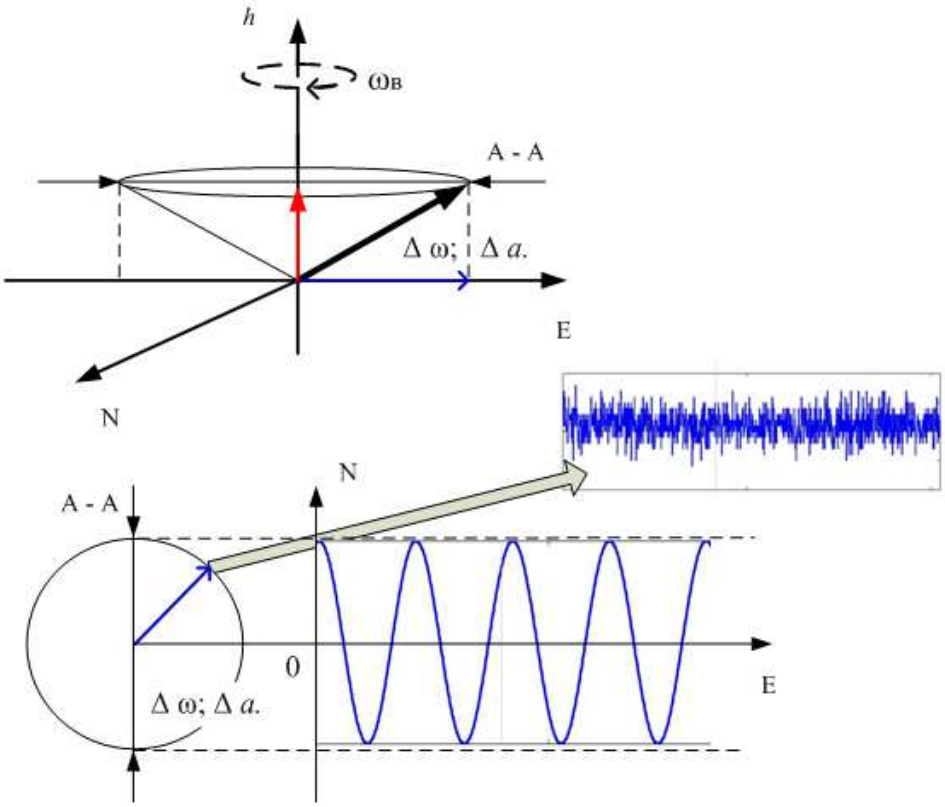


Рисунок 2 – Принцип автокомпенсации инструментальных погрешностей

Наличие погрешностей определения вертикали и азимута на борту воздушного судна приводит к ошибкам определения навигационных и аэродинамических углов. В зависимости от типа применяемой ИНС ошибка определения курса в автономном режиме может достигать 90 градусов за час полета.

В общем виде акселерометрами измеряется вектор ускорения с ошибкой, которую можно представить следующим выражением [2]:

$$\vec{a} = \vec{a}_0 + \Delta a;$$

$$\Delta a = \Delta\overline{a} + \Delta\tilde{a} + k_a + \alpha, \qquad (3)$$

где $\Delta\overline{a}$ – постоянные составляющие ошибок акселерометров; $\Delta\tilde{a}$ – флуктуационные составляющие ошибок акселерометров; k_a – ошибки масштабного коэффициента акселерометра; α_i – перекосы осей чувствительности акселерометров.

Ошибки гироскопов, по своей сути, схожи с ошибками акселерометров и складываются из постоянной и случайной составляющих.

Для реализации метода автокомпенсации необходимо БЧЭ придать вращение относительно одной из осей чувствительности. В этом случае будет достигаться повышение точности навигационных параметров проекции которых не совпадают с осью вращения БЧЭ.

Условием эффективного применения метода автокомпенсации необходимо чтобы угловая скорость вращения БЧЭ была выше, чем постоянная времени (Т) случайной составляющей ошибки. На основании этого были выбраны две скорости вращения БЧЭ: 0,05 и 0,1 радиан в секунду, что соответствует постоянной времени Т равной 2 и 1 секунды соответственно.

Периодичность закона управления $\chi(t)$ достигается двумя способами.

В первом способе периодичность достигается за счет математического ограничения угла поворота БЧЭ и определения его в пределах от 0 до 360, т.е. $\alpha + n\ 360 = \alpha$, n = 1,2 … . В этом случае закон управления БЧЭ запишется в виде:

$$\chi(t) = k_0, \tag{4}$$

где $k_0 = \omega_в$ – угловая частота вращения БЧЭ.

Во втором за счет изменения (реверса) направления пространственного вращения БЧЭ. Технически данный способ реализуется с использованием выражения:

$$\chi(t) = \sum_{k=1}^{n} k \sin(k\omega t). \tag{5}$$

Оптимальность закона управления БЧЭ определяется из условия минимума функционала:

$$Y = \sum_{i=1}^{n} \frac{\int_{t_0}^{t_0+t} P_{ii} dt}{\int_{t_0}^{t_0+t} P_{ii}^* dt}; \tag{6}$$

где P_{ii} – диагональные элементы ковариационной матрицы ошибок БИНС вида $\dot{P} = F\,P + P\,F^{\,T} + G\,QG^{\,T}$ для БЧЭ с вращением и $\dot{P}^* = F^*P^* + P^*F^{*T} + G^*QG^{*T}$ для БИНС взятой в качестве базовой; F – матрица состояния ошибок ИНС; $G\,QG^{\,T}$ – матрица интенсивности возмущающих воздействий.

При $\omega = const$, $\omega_â \rangle 10\sqrt{g/R}$, дисперсия ошибки по широте равна:

$$D_{\Delta\phi}(t) = \left(\frac{D_{\Delta a}}{T_{\Delta a} \times R \times g} t + \frac{3D_{\Delta\omega}}{T_{\Delta\omega}} t\right) \frac{1}{\omega_в^2} + \ldots$$
$$+ (3D_\Theta T_\Theta t + 0,25 D_{k\omega} u^2 t^4)\omega_в \quad , \tag{7}$$

где $D_{\Delta a}, D_{\Delta\omega}, D_\Theta$ – дисперсии флуктуационных составляющих ошибок соответственно: акселерометров, гироскопов, перекосов осей чувствительности гироскопов; $T_{\Delta a}, T_{\Delta\omega}, T_\Theta$ – время корреляции ошибок соответственно: акселерометров, гироскопов, перекосов осей чувствительности гироскопов; $D_{k\omega}$ – систематическая составляющая ошибки масштабного коэффициента азимутального гироскопа; $\omega_в$ – скорость вращения БЧЭ; u – угловая скорость вращения Земли.

Тогда величина оптимальной угловой скорости вращения БЧЭ имеет вид [3]:

$$\omega_в = \sqrt[4]{\frac{D_{\Delta a} / (T_{\Delta a} R g) + 3D_{\Delta\omega} / T_{\Delta\omega}}{3D_\Theta T_\Theta + 0,25 D_{k\omega} u^2 t^3}}, \tag{8}$$

Полученное соотношение не сложно и былоиспользовано при выборе параметров закона вращения при создании высокоточных ИНС.

Основными параметрами влияющими на точность измерений БКВ являются случайный дрейф ММГ и ошибки масштабных коэффициентов как гироскопов, так и акселерометров.

Для исследования степени повышения точности методом автокомпенсации были выбраны гелиево-неоновые кольцевые лазеры КЛ-3 входящие в состав навигационных систем, таких как БИНС-СП и БИНС-Т [2].

Для закона управления (8) был произведен поиск оптимальной угловой скорости вращения БЧЭ вокруг вертикальной оси и получено, что $\omega_{опт}$ = 0,1 рад/с. При этом достигнуто уменьшение ошибки по широте в 2,5 раза, а ошибки по долготе в 2,7 раза.

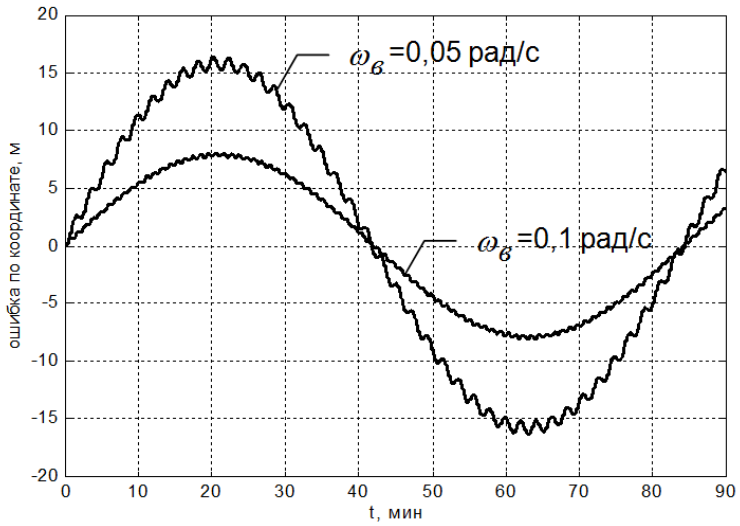


Рисунок 3 – Влияние метода автокомпенсации на точность определения координат

На рисунке 3 представлена ошибка определения координаты, которая вызвана ошибками акселерометров. Применяя метод автокомпенсации, со скоростью вращения БЧЭ равной 0,05 и 0,1 радиан в секунду получим данные для ошибок ИНС, которые свидетельствуют об уменьшении ошибки определения координат в несколько раз.

Применение принудительного вращения приводит к подавлению ошибок акселерометров, время корреляции погрешностей которых больше времени, за которое БЧЭ совершает полный оборот. При этом уменьшается как темп нарастания дисперсии ошибки по координате, так и амплитуда ее гармонических колебаний, а также величина ее постоянной составляющей.

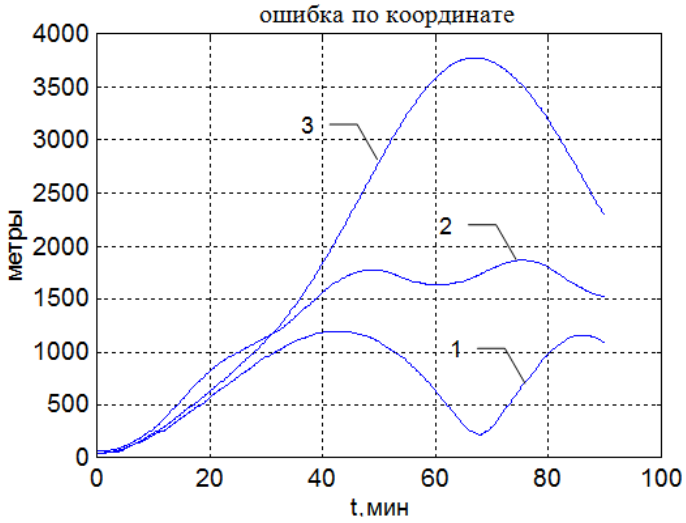


Рисунок 4 – Влияние принудительного вращения БЧЭ на точностные характеристики ИНС

На равнее с положительными свойствами от вращения БЧЭ существуют и отрицательные, приводящие к ухудшению точности ИНС. К ним можно отнести ошибки вызванные перекосом осей чувствительности гироскопов, ошибки масштабных коэффициентов гироскопов и акселерометров. В этом случае вращение БЧЭ будет приводить к увеличению ошибок вызванных наличием перекоса осей чувствительности и ошибки масштабных коэффициентов, что будет негативно сказываться на общей ошибке ИНС. Поэтому суммарная ошибка по координате представлена на рисунке 4 и будет составлять величину, зависящую от вида закона управления БЧЭ и его параметров. Не компенсируются ошибки акселерометров и гироскопов, проекции которых совпадают с осью вращения БЧЭ.

Суммарная ошибка по широте и скорости складывается из ошибок, которые эффективно подавляются методом автокомпенсации и ошибок, которые приводят к ухудшению характеристик ИНС. На рисунке 4 кривые под номером 3 соответствуют параметрам ИНС без автокомпенсации. В зависимости от скорости вращенияБЧЭ кривые 1 и 2 соответствуют угловой скорости вращения 0,05 и 0,1 радиан в секунду соответственно.

Выводы:

Таким образом метод автокомпенсации эффективен. Он не требует существенного усложнения конструкции ИНС и больших вычислительных затрат. Принудительное вращение БЧЭ позволяет устранить нарастание ошибки по координате, а также значительно уменьшить другие ошибки ИНС, вызываемые ошибками горизонтальных акселерометров и гироскопов.

Метод автокомпенсации не исключает дальнейшую обработку выходных сигналов БИНС алгоритмическими методами компенсации погрешностей или комплексированием с другими информационными комплексами.

Результаты математического моделирования подтверждают, что применение метода автокомпенсации инструментальных погрешностей БИНС позволяет повысить точность определения координат более чем в 2 раза. В свою очередь это влечет за собой повышение вероятности выхода на цель и в конечном итоге повышает вероятность поражения цели.

Список литературы:

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации. Утверждены приказом Министра обороны Российской Федерации от 9 сентября 2004 г. № 044. – М., 2005. – 369 с.

2. О применении равномерного закона управления блоком чувствительных элементов для инерциальной навигационной системы с автокомпенсацией погрешностей / С.В. Слесаренок [и др.] // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016. – Т. 12. – № 2. – С. 35–37.

3. Слесаренок С.В., Бондаренко Д.В., Захарин А.В. Автокомпенсация инструментальных погрешностей инерциальных навигационных систем // Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях. Сборник статей. ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Технологический институт сервиса (филиал). – 2016. – С. 149–153.

УДК 623.626

АЛГОРИТМ НЕКОГЕРЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ TMBOC-СИГНАЛА НА ЕДИНОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЕ

♦♦♦♦♦

ALGORITHM FOR INCOHERENT PROCESSING OF TMBOC-SIGNALS AT A SINGLE INTERMEDIATE FREQUENCY

Радько В.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
vllala@yandex.ru

Шураев Р.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
shuraev@yandex.ru

Курилов Я.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kurilof@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена разработке алгоритма некогерентной обработки на единой промежуточной частоте мультиплексированного навигационного сигнала. Получены выражения на выходе дискриминаторов систем слежения за частотой и задержкой, а также их структурные схемы.

Ключевые слова: мультиплексированный сигнал, некогерентная обработка, глобальные навигационные спутниковые системы, дискриминаторы.

Radko V.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
vllala@yandex.ru

Shuraev R.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
shuraev@yandex.ru

Kurilov Ya.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kurilof@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the development of the algorithm of incoherent processing on single intermediate frequency of the multiplexed navigation signal. Expressions at the output of the discriminators of the frequency and delay tracking systems, as well as their block diagrams, are obtained.

Keywords: multiplexed signal, incoherent processing, global navigation satellite systems, discriminators.

В данный момент определение местоположения имеют важную роль в ведении боевых действий, опыт которых показал, что навигационное обеспечение Вооруженных Сил Российской Федерации в мирное и военное время выдвигается на особое место как способствующее достижению максимальной эффективности средств поражения, высокой оперативности управления войсками, организации тесного взаимодействия разнородных по цели, месту, времени сил и средств.

Анализ задач, решаемых видами и родами войск ВС РФ, а также потенциальных возможностей организаций оборонно-промышленного комплекса по созданию навигационных средств, систем и комплексов показал, что в перспективе до 2030 года имеет место устойчивая тенденция на ужесточение в 1,5–2 раза требований специальных потребителей к точности, достоверности, оперативности и непрерывности навигационных решений. Это подтверждает актуальность и необходимость дальнейшего совершенствования системы навигационного обеспечения ВС РФ [1].

В аппаратуре глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС) используется псевдо дальномерный метод определения координат потребителя и псевдо радиально-скоростной метод определения его вектора скорости на основе двухэтапной обработке. Функциональная схема приемника сигналов ГНСС с двухэтапной обработкой приведена на рисунке 1 [2].

Сигналы, излучаемые находящимися в зоне видимости спутника, принимаются антенной и поступают на вход высокочастотного (ВЧ) приемника, на выходе которого формируется вектор $y(t_j)$ цифровых сигналов, состоящий из сигналов каждого из n видимых навигационных спутников. Сигналы $y(t_j)$ подаются в блок первичной обработки, в котором проводится поиск по задержке и частоте. После того, как принимается реше-

ние об обнаружении сигнала в некоторой ячейке поиска, включаются системы слежения за указанными параметрами. На выходе следящих систем формируются оценки векторов псевдо задержек $\hat{\tau}(t_k)$ и псевдо доплеровских частот $\hat{f}_Д(t_k)$ в моменты времени t_k такие, что $t_k - t_{k-1} = T >> T_d$, где T_d – шаг дискретизации. В этом же блоке выделяется навигационная информация, содержащаяся в кодовой последовательности, т.е. формируют оценку $\hat{\theta}_{НС}$. После чего сформированные на выходе первичной обработки оценки $\hat{\tau}(t_k)$, $\hat{f}_Д(t_k)$ и $\hat{\theta}_{НС}$ подаются в блок вторичной обработки, где на их основе вычисляются оценки координат $\hat{x}(t_k)$ и вектора скорости $\hat{V}(t_k)$ потребителя, а также значение текущего времени. В рамках работы будет рассматриваться только первичная обработка, при условии, что задача обнаружения решена.

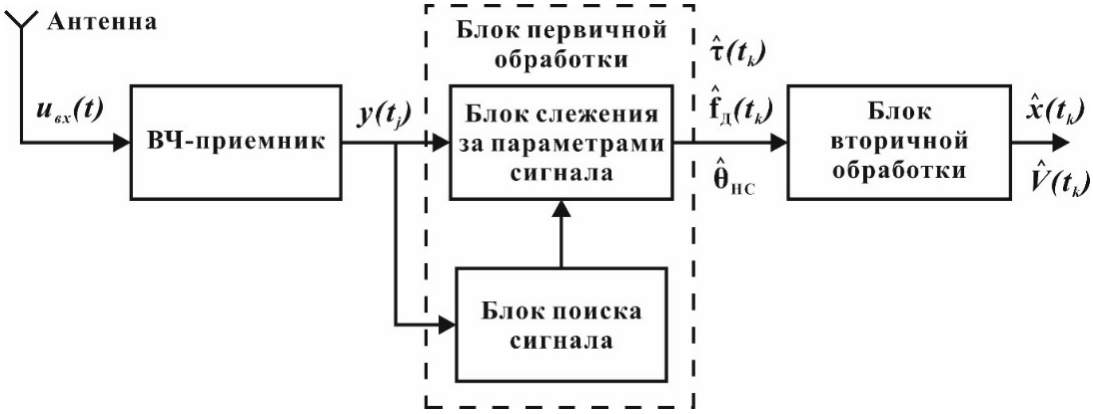


Рисунок 1 – Функциональная схема приемника с двухэтапной обработкой сигналов

В качестве принимаемого сигнала будет рассматриваться сигналы с модуляцией различными меандровыми поднесущими колебаниями, которые на данный момент используются в ГНСС, алгоритмы приема которых изучены не в полном объеме.

В теории приема и обработки сигналов различают когерентную и некогерентную обработку. При когерентной обработке сигналов оценивается фаза принимаемого сигнала, а полученная оценка используется при формировании опорных сигналов дискриминаторов. При некогерентной обработке фаза сигнала не оценивается, а оценивается только несущая частота (что эквивалентно оцениванию доплеровского смещения частоты). Поэтому некогерентный приемник состоит из системы слежения за частотой (ССЧ) и системы слежения за задержкой (ССЗ). Навигационный приемник с когерентной обработкой сигналов позволяет получить более высокую точность навигационных определений, чем некогерентный приемник, а некогерентный приемник имеет большую помехоустойчивость, чем когерентный приемник [2]. Алгоритмы некогерентной обработки изучены не в полном объеме, поэтому исследование направленно на разработку алгоритмов обработки навигационных сигналов в некогерентном режиме.

Цель работы – разработка дискриминаторов систем слежения за частотой и систем слежения за задержкой при приеме сигналов с модуляцией различными меандровыми поднесущими колебаниями.

Сигналы с модуляцией различными меандровыми поднесущими колебаниями или мультиплексированные *TMBOC* (time-multiplexed binary offset carier) – сигналы представляют себя составные (комбинированные) сформированные на основе двух меандровых поднесущих колебаний (МПК) различных типов (например, образованные на основе меандровых поднесущих колебаний BOC-сигналов двух типов: BOC (6,1) и BOC (1,1)). Модуляция TMBOC-сигнала применяется в модернизированной системе GPS при использовании L1C и описывается следующей формулой [3]:

$$S_{TMBOC}(t) = AG_{ДК}(t)G_{НС}(t)(G_{TM}(t)M_1(t) + (1 - G_{TM}(t))M_2(t))\cos(\omega_0 t + \varphi_0), \qquad (1)$$

где A – амплитуда сигнала, $G_{ДК}(t)$ – дальномерный код навигационного сигнала, $G_{НС}(t)$ – навигационное сообщение, $M_1(t)$ – первое МПК сигнала, ω_0 – несущая

частота, φ_0 – начальная фаза $M_2(t)$ – второе МПК сигнала, $G_{TM}(t)$ – последовательность стробирующих импульсов, принимающих значения 1 или 0 по закону временного разделения двух МПК.

Следовательно, на вход аппаратуры потребителей (АП) ГНСС поступает сигнал, выражение которого можно записать:

$$y(t) = S_{TMBOC}(t) + n(t), \tag{2}$$

где $n(t)$ – белый гауссовский шум (БГШ), ограниченный полосой частот навигационного приемника.

При обработке *TMBOC*-сигнала на единой промежуточной частоте информационными параметрами являются доплеровское смещение частоты $\omega_Д$, задержка дальномерного кода τ, задержка меандров $M_{1\tau}$ и $M_{2\tau}$, а неинформационным – начальная фаза φ. После усреднения по фазе получим следующее выражение для функции правдоподобия:

$$p(\mathbf{Y} \mid \omega) = c_1 \cdot I_0(X(\tau, \omega_Д, M_{1\tau}, M_{2\tau})). \tag{3}$$

где $\mathbf{Y} = \| y_{k-1,1} \;\; y_{k-1,2} \;\cdots\; y_{k-1,N} \|$ – вектор отсчетов входного наблюдения (3.1) на интервале времени $[t_{k-1,1}; t_{k-1,N}]$, где для индекса времени использована двойная нумерация $t_{k,0} = kNT_d = kT$, $T = MT_d$, $t_{k,i} = t_{k,0} + iT_d$, $t_{k,M} = t_{k+1,0}$, в дальнейшем будет использоваться сокращенная запись $[t_{k-1}; t_k]$; c_1 – нормировочная константа; $I_0(x)$ – функция Бесселя нулевого порядка, $X(\tau, \omega_Д, M_{1\tau}, M_{2\tau})$ – огибающая навигационного сигнала.

Математическое выражение для напряжения на выходе частотного дискриминатора можно получить, продифференцировав выражение (3) по доплеровской частоте $\omega_Д$, и при малых значениях отношения «сигнал / помеха» выражение (3) можно преобразовать для дискриминатора с временным сдвигом синфазных и квадратурных компонент [4]:

$$u_{Д,\omega} = I(k)Q(k-1) - I(k-1)Q(k). \tag{4}$$

Схема частотного дискриминатора приведена на рисунке 2.

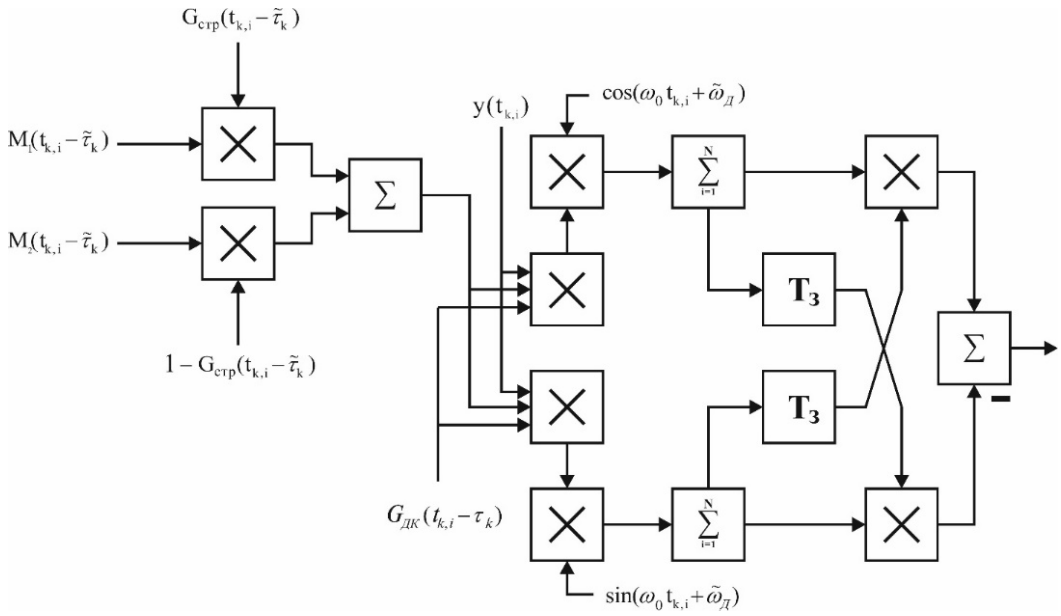


Рисунок 2 – Схема дискриминатора ССЧ для приема *TMBOC*- сигнала

Тогда в корреляторе для моментов времени t_k и t_{k-1} формируются квадратурные и синфазные составляющие:

$$I(k)=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})G_{ДК}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)))\cos(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d); \quad (5)$$

$$Q(k)=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})G_{ДК}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)))\sin(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d); \quad (6)$$

$$I(k-1)=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k-1,i})G_{ДК}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})(M_1(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})G_{стр}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})+$$
$$+M_2(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})(1-G_{стр}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})))\cos(\omega_0 t_{k-1,i}+\tilde{\omega}_{Д,k-1}(i-1)T_d); \quad (7)$$

$$Q(k-1)=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k-1,i})G_{ДК}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})(M_1(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})G_{стр}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})+$$
$$+M_2(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})(1-G_{стр}(t_{k-1,i}-\tilde{\tau}_{k-1})))\sin(\omega_0 t_{k-1,i}+\tilde{\omega}_{Д,k-1}(i-1)T_d). \quad (8)$$

Математическое выражение для напряжения на выходе дискриминатора ССЗ можно получить, продифференцировав выражение (3) по задержке. Вычисление производной в выражении (3) можно заменить вычислением конечной разности. При малых значениях отношения «сигнал / помеха» с учетом замены производной конечной разностью выражение (3) преобразуется к виду [2]:

$$U_{Д,\tau}\approx\frac{\partial X^2_{ТМВОС}(\tau,\omega_Д)}{\partial\tau}\approx\frac{X^2_{E,ТМВОС}-X^2_{L,ТМВОС}}{2\Delta\tau}. \quad (9)$$

«Опережающие» и «запаздывающие» компоненты огибающих X_E и X_L, формируются в корреляторах аппаратуры потребителей в соответствии с выражениями:

$$I_E=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})\frac{G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k+\Delta\tau/2))}{\Delta\tau}(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k))\cos(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d); \quad (10)$$

$$Q_E=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})\frac{G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k+\Delta\tau/2))}{\Delta\tau}(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k))\sin(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d); \quad (11)$$

$$I_L=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})\frac{G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k-\Delta\tau/2))}{\Delta\tau}(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k))\cos(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d); \quad (12)$$

$$Q_L=\sum_{i=1}^{N} y(t_{k,i})\frac{G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k-\Delta\tau/2))}{\Delta\tau}(M_1(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)+$$
$$+M_2(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k)(1-G_{стр}(t_{k,i}-\tilde{\tau}_k))\sin(\omega_0 t_{k,i}+\tilde{\omega}_{Д,k}(i-1)T_d). \quad (13)$$

Представим выражение для напряжения на выходе оптимального дискриминатора задержки в окончательной форме [4]:

$$U_{Д,\tau}=\frac{(I_E^2+Q_E^2)-(I_L^2+Q_L^2)}{2\Delta\tau}. \quad (14)$$

Схема дискриминатора ССЗ приведена на рисунке 3.

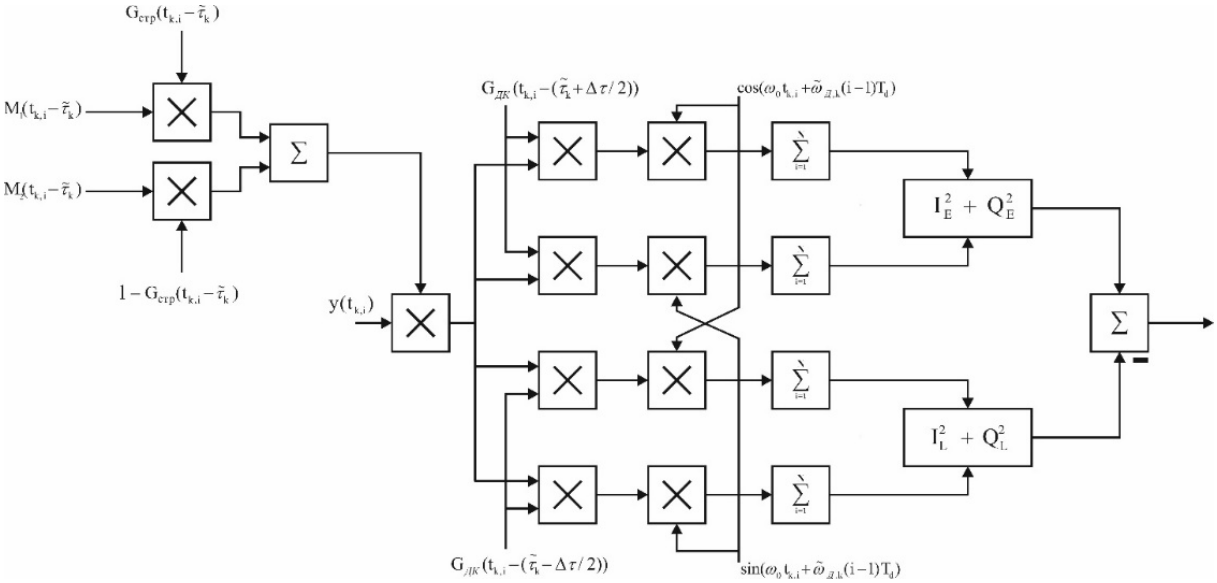


Рисунок 3 – Схема дискриминатора ССЗ задержки дальномерного кода для *TMBOC*-сигнала

Математическое выражение для напряжения на выходе дискриминатора ССЗ меандра можно получить, продифференцировав выражение (3) по задержке первого или второго меандра. Рассмотрим первую меандровую последовательность. Вычисление производной в выражении (3) можно заменить вычислением конечной разности. При малых значениях отношения «сигнал / помеха» с учетом замены производной конечной разностью преобразуется к виду [2]:

$$U_{Д,\tau} \approx \frac{\partial X^2(\tau, \omega_Д, M_{1\tau}, M_{2\tau})}{\partial M_{1\tau}} \approx \frac{X^2_{M1E} - X^2_{M1L}}{2\Delta\tau_{M1}}. \quad (15)$$

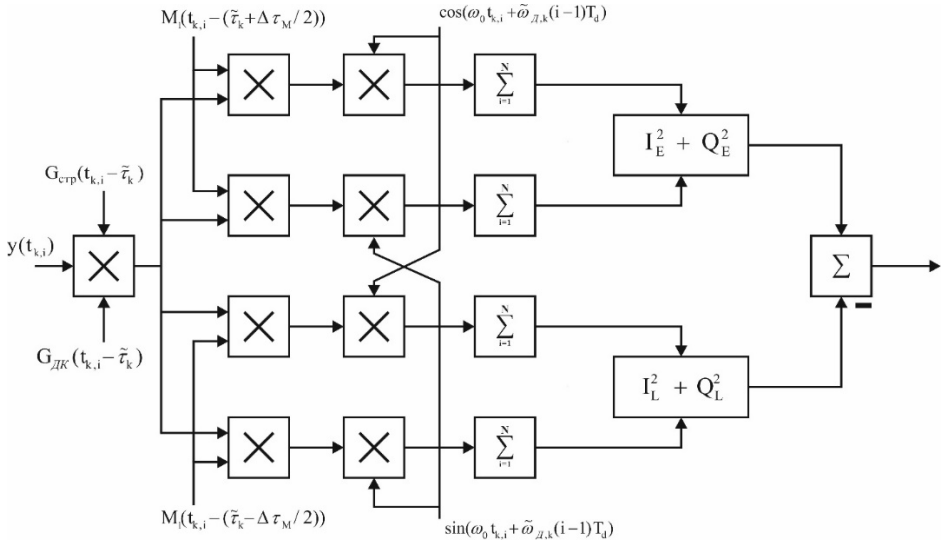


Рисунок 4 – Схема дискриминатора ССЗ первого меандра для *TMBOC*-сигнала

«Опережающие» и «запаздывающие» компоненты огибающих $X_{M1,E}$ и $X_{M1,L}$ формируются в корреляторах аппаратуры потребителей в соответствии с выражениями аналогичным (10-13), при замене опережающих составляющих дальномерного кода $G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k+\Delta\tau/2))$ и $G_{ДК}(t_{k,i}-(\tilde{\tau}_k-\Delta\tau/2))$ на составляющие задержки меандра. Схема дискриминатора ССЗ второго меандра приведена на рисунке 4. Аналогично можно получить для второй меандровой последовательности.

Таким образом получены выражения и структурные схемы дискриминаторов систем слежения за частотой и задержки. Следует учесть, что при приеме сигнала на единой промежуточной частоте необходимо три ССЗ: за задержкой дальномерного кода, первой и второй меандровой последовательностью.

Список литературы:

1. Зализнюк А.Н. Перспективы развития наземной навигации в Вооруженных Силах Российской Федерации / А.Н. Зализнюк, А.В. Флегонтов, А.А. Волков // Военная мысль. – 2022. – № 9. – С. 65–69.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Радиотехника, 2010. – 800 с.
3. Ярлыков М.С. Меандровые шумоподобные сигналы (BOC-сигналы) и их разновидности в спутниковых радионавигационных системах. Монография. – М. : Радиотехника, 2017. – 416 с.
4. Неровный В.В. Помехоустойчивость мультисистемной аппаратуры потребителей ГНСС. Монография. – М. : Научная книга, 2018. – 227 с.

УДК 621.315.5/6, 621.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА УГЛЕРОДНОМ ВОЛОКНЕ

♦♦♦♦♦

RESEARCH OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF PLASMA COATINGS ON CARBON FIBER

Панков В.П.
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

Рачук И.П.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Мудрецкий Р.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Shvetsov A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Rachuk I.P.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Mudretsky R.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Для оценки исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования проведен анализ основных свойств электростатического поля.

Ключевые слова: углеволокно, плазма, покрытие, электростатическое поле, электростатический потенциал, эквипотенциальные поверхности, силовые линии.

Abstract. To evaluate the studies of carbon fiber electrical conductivity with the results of mathematical modeling, the analysis of the main properties of the electrostatic field was carried out.

Keywords: carbon fiber, plasma, coating, electrostatic field, electrostatic potential, equipotential surfaces, lines of force.

При разработке материалов для защиты от электромагнитного излучения приходится исследовать характеристики электромагнитных полей (ЭМП), проходящих через различные среды, граничащих друг с другом [1, 2]. Примеры различных сред (композиционные материалы на основе модифицированного углеродного волокна), рассматриваемых при научных исследованиях, рассмотрены ниже (рис. 1, 2).

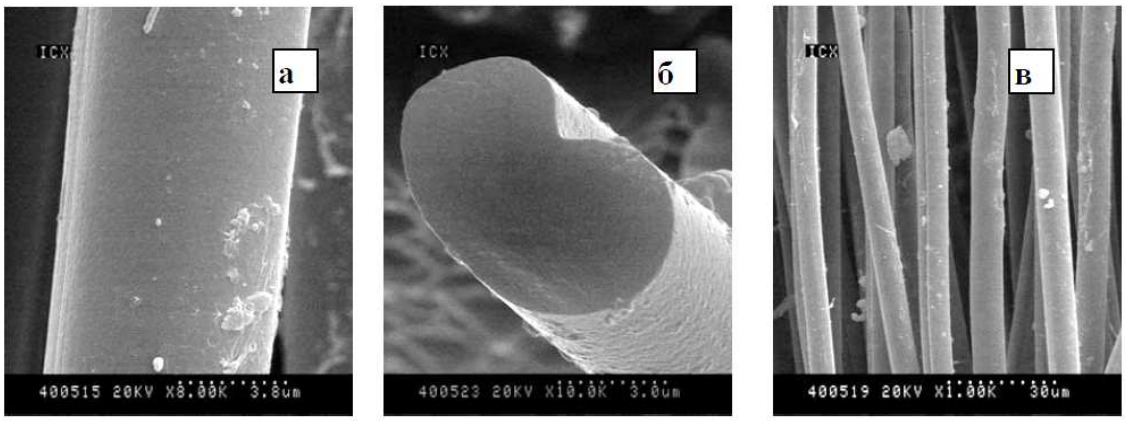


Рисунок 1 – Углеродная ткань до плазменного напыления (а, б, в)

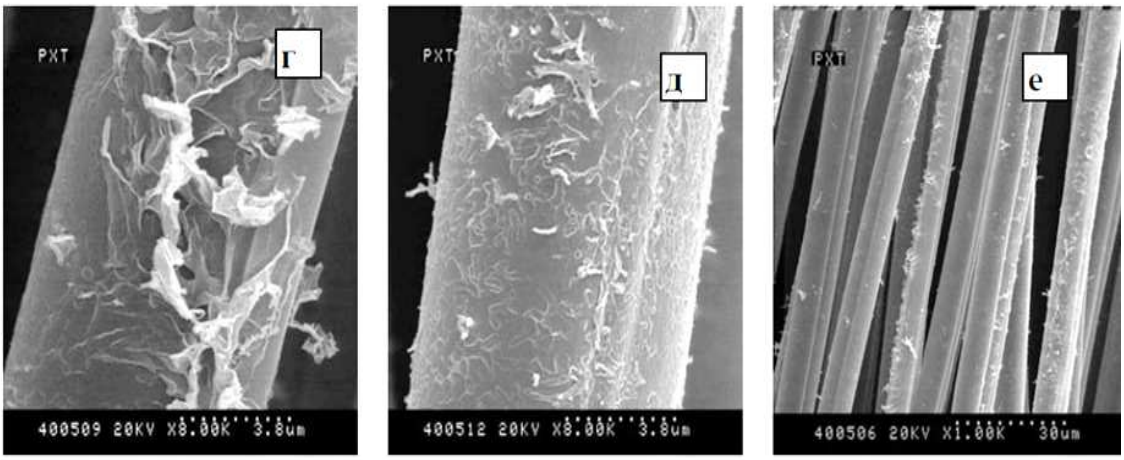


Рисунок 2 – Углеродная ткань после плазменного напыления (г, д, е)

Для проведения экспериментальных исследований была разработана схема, состоящая из источника постоянного тока DSPowersupplyPS-1502 DD с регулировкой силы тока и выходного напряжения, микроамперметр Ф195, образцы углеродного волокна без покрытия и с плазменным покрытием [1, 2, 3].

Измеряемым параметром является сила тока, протекающего по исследуемому образцу (как по поверхности, так и внутри углеродного волокна). Дифференциальное сопротивление участка цепи, отражающая электропроводность материала влияют на силу тока через выражения (1), (2).

$$\bar{J} = \sigma(\bar{E} + \bar{E}_{cm}) \tag{1}$$

$$I = \int_S \bar{J} dS \tag{2}$$

Для оценки сходимости экспериментальных исследований электропроводности углеродного волокна с результатами математического моделирования необходимо провести анализ основных свойств электростатического поля [4, 5].

Статические поля характеризуются тем, что векторы поля, заряды, положение заряженных и намагниченных тел с течением времени не изменяются.

Так как в каждой точке пространства ни одна из электромагнитных характеристик не зависит от времени и заряды в поле не перемещаются, то всегда:

$$\frac{\partial}{\partial t} = 0 \text{ и } \bar{v} = 0.$$

Из выражений следует, что и плотность тока везде равна нулю

$$\bar{j} = \rho \bar{v} = 0,$$

т.е. в статическом поле макроскопические токи не протекают. Система уравнений Максвелла для этого случая разбивается на две независимые подсистемы:

– в интегральной форме

$$\left.\begin{aligned} \int_\ell \bar{E} d\bar{\ell} = 0 \\ \int_S \bar{D} d\bar{S} = q \end{aligned}\right\} ; \tag{3}$$

$$\left.\begin{aligned} \int_\ell \bar{H} d\bar{\ell} = 0 \\ \int_S \bar{B} d\bar{S} = 0 \end{aligned}\right\} ; \tag{4}$$

$$\bar{D} = \varepsilon_a \bar{E} ; \ \bar{B} = \mu_a \bar{H} ;$$

– в дифференциальной форме

$$\left.\begin{aligned} rotE &= 0, \\ div\overline{D} &= \rho, \end{aligned}\right\}; \tag{5}$$

$$\left.\begin{aligned} rot\overline{H} &= 0, \\ div\overline{B} &= 0. \end{aligned}\right\}; \qquad \overline{D} = \varepsilon_\alpha \overline{E}; \qquad \overline{B} = \mu_\alpha \overline{H}. \tag{6}$$

Граничные условия вследствие отсутствия токов сводятся к

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \quad D_{2n} - D_{1n} = \rho_S; \quad H_{1\tau} = H_{2\tau}, \quad B_{1n} = B_{2n}.$$

Математическая независимость подсистем (3) и (4) означает, что в статическом поле разрушена физическая связь между электрическими и магнитными явлениями. Можно, например, положить $\overline{H} = 0$, т.е. допустить, что магнитного поля нет совсем. При этом никаких изменений в подсистеме (3) не произойдет, а это и означает, что статическое электрическое поле совершенно не зависит от постоянных магнитных полей.

Несмотря на то, что уравнения (3) и (4) достаточно просты, их непосредственное решение связано с громоздкими выкладками. В самом деле, запишем эти уравнения, например, в декартовой системе координат:

$$\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D}{\partial z} = \rho;$$

$$D_x = \varepsilon_\alpha E_x, \quad D_y = \varepsilon_\alpha E_y, \quad D_z = \varepsilon_\alpha E_z.$$

Неизвестными являются E_x, E_y и E_z.

Учитывая первое уравнение (5), утверждающее, что электростатическое поле является безвихревым, можно сделать подстановку:

$$\overline{E} = -grad\varphi = -\nabla\varphi, \tag{7}$$

так как всегда rotgradφ ≡ 0.

Вспомогательную функцию называют *электростатическим потенциалом* φ.

Выясним, какому уравнению подчиняется потенциал.

Для этого подставим (7) во второе уравнение (5). Для однородной среды (ε_α = const) будем иметь

$$\varepsilon_\alpha \, \mathrm{div}\, \mathrm{grad}\varphi = -\rho,$$

или

$$\nabla^2\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon_\alpha}. \tag{8}$$

Соотношение (8) называется уравнением Пуассона. В тех точках, где заряд отсутствует (ρ = 0), уравнение Пуассона переходит в уравнение Лапласа:

$$\nabla^2\varphi = 0. \tag{9}$$

Отметим основное преимущество метода потенциала. При расчете поля системы зарядов очень часто пользуются принципом суперпозиции: сначала рассчитывают поле каждого заряда, а затем результаты суммируют. Применение метода суперпозиции для скалярных величин проще, чем для векторных.

Выясним, какими свойствами обладает потенциал.

1. Потенциал должен быть непрерывной функцией. В противном случае в точках нарушения непрерывности потенциала напряженность поля принимала бы бесконечное значение, что невозможно.

2. В соответствии с граничными условиями для E_τ и D_n $\int\limits_{ab} \left(\overline{E}_1 - \overline{E}_2\right)\overline{\ell}^0 d\ell = 0$; $\left(\overline{D}_1 - \overline{D}_2\right)\overline{n}^o = \overline{D}_{1n} - \overline{D}_{2n} = \rho_s$ потенциал удовлетворяет следующим граничным условиям:

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial \tau} = \frac{\partial \varphi_2}{\partial \tau}; \tag{10}$$

и

$$\varepsilon_{\alpha 1}\frac{\partial \varphi_1}{\partial n} - \varepsilon_{\alpha 2}\frac{\partial \varphi_2}{\partial n} = \rho S. \tag{11}$$

3. Потенциал электростатического поля определяется не однозначно, а с точностью до произвольной постоянной С, поскольку

$$\text{grad}\ \varphi = \text{grad}(\varphi + C) = -E.$$

Поэтому потенциалом может быть как функция φ, так и ψ = φ + *C*. Такое положение дает возможность для каждой задачи выбирать наиболее удобное значение *C*.

Поверхности φ = const называются эквипотенциальными. Вектор *E* в каждой точке нормален к эквипотенциальной поверхности и направлен в сторону убывания потенциала. Что касается вектора grad φ, то он по смыслу совпадает с направлением максимального роста потенциала, т. е. противоположен вектору *E*. Отсюда знак «–» в (7). Установим связь между φ и *E* в форме, отличной от (7). Выразим потенциал в произвольной точке *M* через потенциал поля в некоторой точке *O*. Соединим точки *O* и *M* произвольной кривой. Изменение потенциала на элементарном участке кривой определится соотношением:

$$d\varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial l} dl = grad\varphi \cdot l^0 \cdot dl = grad\varphi \cdot dl.$$

Теперь $\varphi_м$ может быть рассчитан так:

$$\varphi_м = \varphi_0 + \int\limits_0^м d\varphi = \varphi_0 + \int\limits_0^м grad\varphi \cdot dl.$$

С учетом (9) получим

$$\varphi_м = \varphi_0 - \int\limits_0^м Edl = \varphi_0 + \int\limits_м^0 Edl. \tag{12}$$

Так как в электростатическом поле всюду rot *E* = 0, то по любому контуру $\oint Edl = 0$. Поэтому потенциал $\varphi_м$ зависит только от положения точки М и не зависит от пути, по которому вычисляется интеграл в (12).

Используя свойство неоднозначности потенциала, положим потенциал φ_0 точки О равным нулю, тогда формула (12) примет вид:

$$\varphi_м = \int\limits_м^0 Edl. \tag{13}$$

Выражение (13) позволяет выяснить физический смысл потенциала. Так как для точечного заряда сила $F_э = q_0 E$, работа по перемещению q_0 на пути *dl* будет

$$dA = F_э dl = q_0 Edl = -q_0 d\varphi.$$

Тогда работа на пути M_1M_2 определится соотношением:

$$A = -\int\limits_{M_1}^{M_2} q_0 d\varphi = q_0\left(\varphi_{M_1} - \varphi_{M_2}\right). \tag{14}$$

Соотношение (14) указывает на то, что и работа сил электростатического поля по перемещению зарядов из одних точек в другие определяется только положением этих точек в пространстве. Положив $q_о = 1$, получим

$$A = \varphi_{M_1} - \varphi_{M_2} = U.$$

Следовательно, электростатический потенциал – энергетическая характеристика поля. Разность потенциалов (напряжение *U*) между двумя точками определяет работу, затрачиваемую при перемещении единичного заряда из одной точки во вторую.

Энергия электростатического поля в некотором объеме может быть вычислена по формуле:

$$\overline{E}rot\overline{H} - \overline{H}rot\overline{E} = \overline{JE} + \overline{E}\frac{\partial\overline{D}}{\partial t} + H\frac{\partial\overline{B}}{\partial t}.$$

Эта формула, как известно, характеризует часть энергии поля, заключенной в объеме *V* в данный момент. В случае электростатического поля *E* = const и

$$W = W_э = \int_v \frac{\varepsilon_\alpha E^2}{2} dV = const \quad . \tag{15}$$

Отметим, что вычисление энергии часто бывает удобнее производить по формуле (15), требующей знания напряженности E в каждой точке пространства, окружающего заряды, а иначе – приведя подынтегральное выражение (15) к виду:

$$\varepsilon_a E^2 = \varepsilon_a \overline{E}^2 = \varepsilon_a \overline{E} \cdot \overline{E} = -\overline{D} \cdot grad\varphi \,. \tag{16}$$

Учтем, что

$$\mathrm{div}(\varphi\,\overline{D}) = \overline{D}\,\mathrm{grad}\varphi + \varphi\,\mathrm{div}\,\overline{D}, \text{ а } \mathrm{div}\,\overline{D} = \rho.$$

Тогда

$$\varepsilon_\alpha E^2 = -\,\mathrm{div}(\overline{D}\varphi) + \varphi\,\mathrm{div}\,\overline{D} = -\,\mathrm{div}\varphi\,\overline{D} + \varphi\rho. \tag{17}$$

Подставив (17) в (16), получаем:

$$W_э = \int_v \frac{\varphi\rho}{2} dV - \int_v \frac{div\varphi\overline{D}}{2} dV \,.$$

После замены второго интеграла по теореме Остроградского-Гаусса, приходим к соотношению:

$$W_э = \int_v \frac{\varphi\rho}{2} dV - \oint_S \frac{\varphi D_n}{2} dS, \tag{18}$$

где S – замкнутая поверхность, ограничивающая объем V.

Пусть заряды, создающие поле, сосредоточены в ограниченной области. Распространим интегрирование на все окружающее пространство. В этом случае в качестве поверхности S взять сферу с центром где-то среди зарядов и при достаточно большом радиусе весь заряд считать точечным. Тогда φ и модуль D убывают с расстоянием как $\frac{1}{r}$ и $\frac{1}{r^2}$ соответственно, а поверхность сферы S возрастает пропорционально r^2. Таким образом, $\oint_S \frac{\varphi D_n}{2} dS$ при S → ∞ убывает как $\frac{1}{r}$ и в пределе равен нулю.

Итак, энергия электростатического поля при непрерывном распределении зарядов с плотностью ρ равна:

$$W_э = \frac{1}{2}\int_v \varphi\rho dV = \frac{1}{2}\int_v \varphi dq \,. \tag{19}$$

При этом, как видно, интегрирование распространяется фактически на область V, которая содержит заряд (ρ ≠ 0). Полная энергия электростатического поля выражена, таким образом, через источники поля – заряды.

Если электростатическое поле создается поверхностными зарядами, распределенными по поверхности S с плотностью ρ_S, то выражение для электростатической энергии принимает вид:

$$W_э = \frac{1}{2}\oint_S \varphi \rho_S dS. \quad (20)$$

В случае заряженного проводника φ = const, а $\oint_S \rho_S dS = q$. Поэтому

$$W_э = \frac{1}{2}\varphi q. \quad (21)$$

Потенциал φ уединенного проводника зависит от величины имеющегося на нем заряда *q*, а также от его размеров и формы. Отношение заряда к потенциалу остается постоянным при любом значении q и называется емкостью уединенного проводника

$$C = \frac{q}{\varphi}. \quad (22)$$

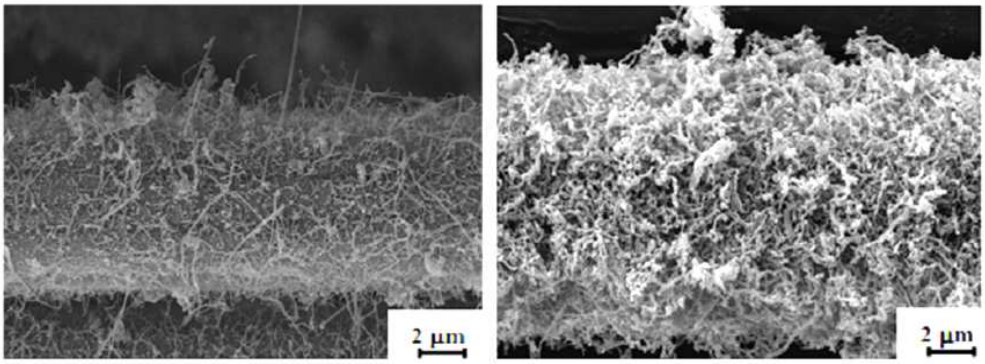
С учетом (21) и (22) для энергии уединенного проводника получаем

$$W_э = \frac{1}{2}C\varphi^2. \quad (23)$$

Наиболее точными являются расчеты для удельной проводимости углеволокна, равной 0,2 см/м.

Для моделирования эквипотенциальных поверхностей и силовых линий поля воспользуемся интегрированным пакетом Matlab. Выбор данного пакета обусловлен его широкими возможностями для поведения различных математических расчетов и визуализации результатов графическими средствами [2, 6, 7].

На практике, при исследовании электромагнитного поля (ЭМП), чаще всего, приходится иметь дело с различными средами, граничащими друг с другом. Примеры различных сред, рассматриваемых при научных исследованиях, рассмотрены ниже (рис. 3–7).



а) б)

Рисунок 3 – РЭМ изображения филамента УВ с УНТ, полученными на катализаторе, осажденном из газовой фазы при разных условиях: а – поток водорода 100 мл/мин, температура 800 °С; б – поток водорода 300 мл/мин, температура 800 °С

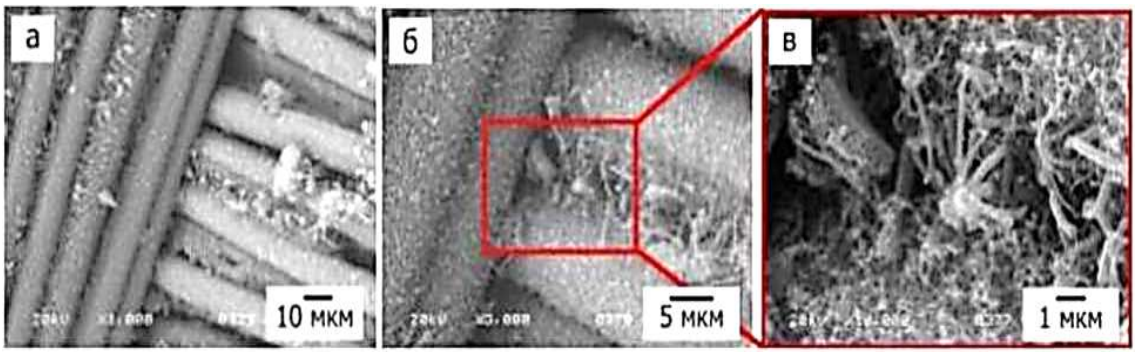


Рисунок 4 – Снимки РЭМ модифицированной углеродной ткани (2,5 мас. % Ni, этилен, 600 °С, выход УНВ –78 %)

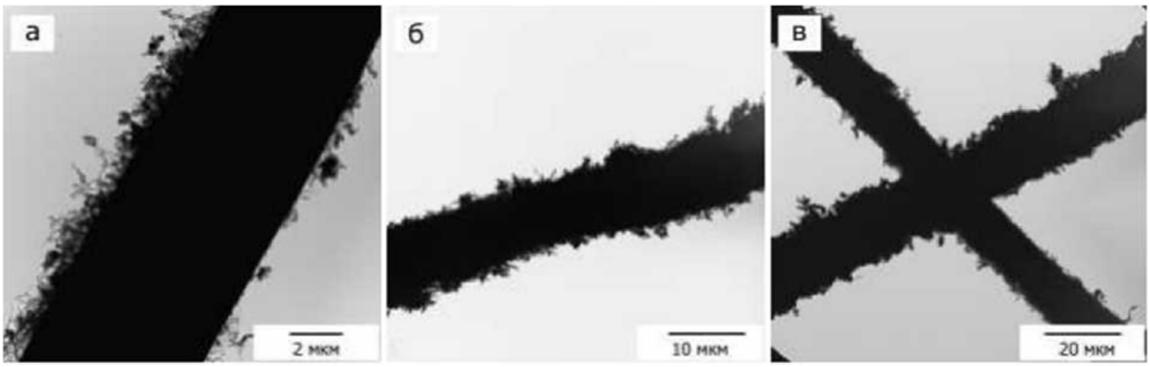


Рисунок 5 – По данным ПЭМ: модифицирование различных типов углеродных волокон:
а – фибра; б – нить; в – ткань (2,5 мас. % Ni, этилен, 600 °С)

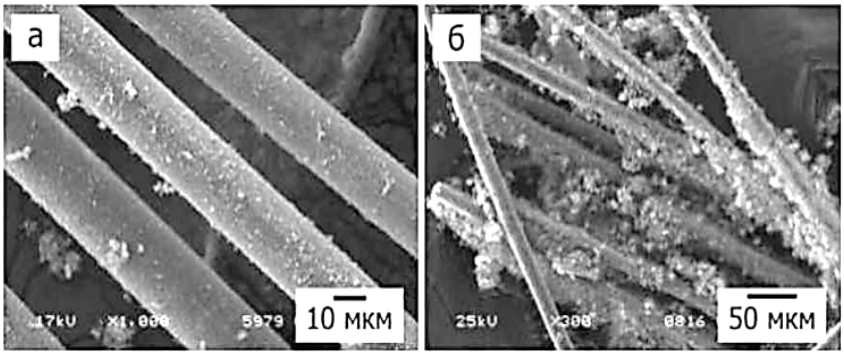


Рисунок 6 – Снимки РЭМ гибридного материала 2,5 мас. % (Ni–Cu)/УНВ/ БВ:
а – этилен, выход УНВ – 20 %; б – этилен: Аг (1:2), выход УНВ – 50 %

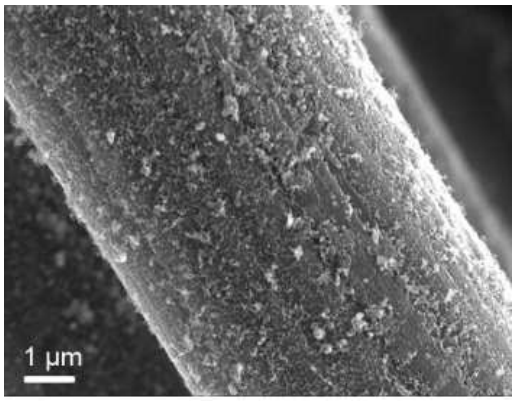


Рисунок 7 – Результат модификации УВ, покрытого слоем оксида алюминия солевым методом
с применением катализатора железо, нанесенным методом пропитки

На рисунках 8, 9 представлены зависимости, полученные в результате математического моделирования в среде Matlab [8]. Проникновения электромагнитного излучения в глубину исследуемого материала с помощью выражения $d = \sqrt{2/\omega\mu_a\sigma}$ при условии, что удельная проводимость углеродного волокна лежит в диапазоне 0,18–0,25 см/м, а частота электромагнитных колебаний изменяется от 100 МГц до 10 ГГц. Для углеродного волокна с разработанным покрытием на основе алюминия приняты два значения удельной проводимости: $3{,}5\times10^7$ и $3{,}7\times10^7$ см/м.

Как следует из рисунков 8, 9 ослабление электромагнитного излучения в 2,72 раза наблюдается значительнее в СВЧ-диапазоне (десятки гигагерц). Эти же частоты являются наиболее вредными для человеческого организма и в то же время являются предпочтительными при выборе частоты несущих колебаний в сетях сотовой связи четвертого и пятого поколений.

Толщина скин-слоя в диапазоне сверхвысоких частот для углеродного волокна без покрытия не превышает 4 см, а с покрытием – не более 1 мкм.

Допустимо предположить, что нанесение плазменного покрытия из высокопроводящего материала увеличит и выровняет плотность электрического тока по всей поверхности углеродного волокна, тем самым увеличит его электропроводность в районе контактов [9, 10].

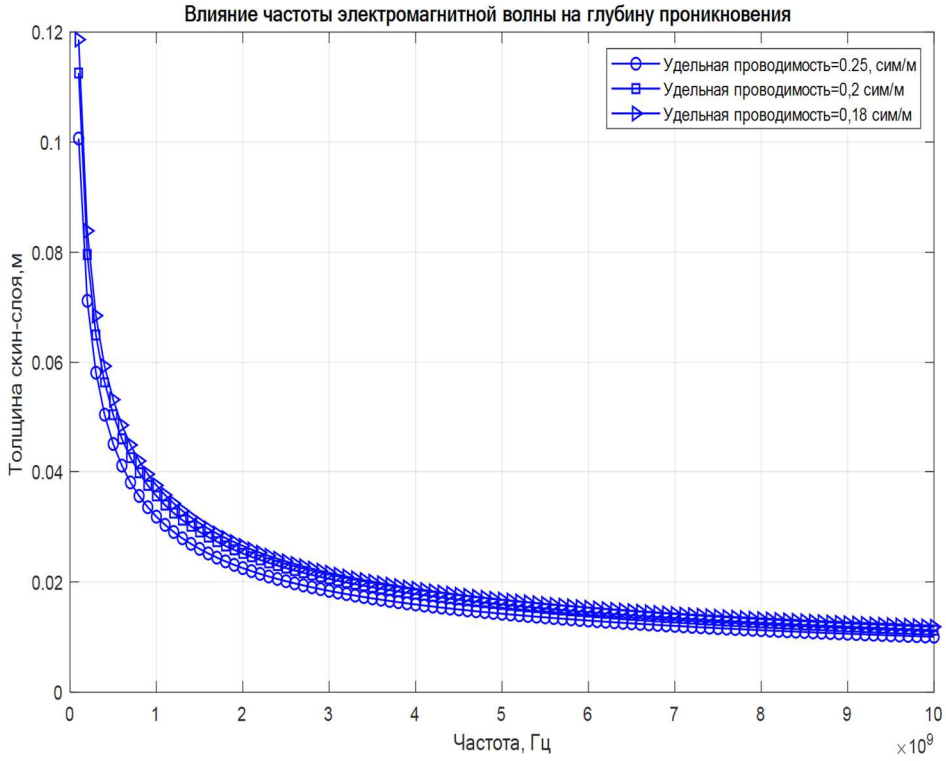


Рисунок 8 – Зависимость толщины скин-слоя от частоты электромагнитного излучения для углеродного волокна

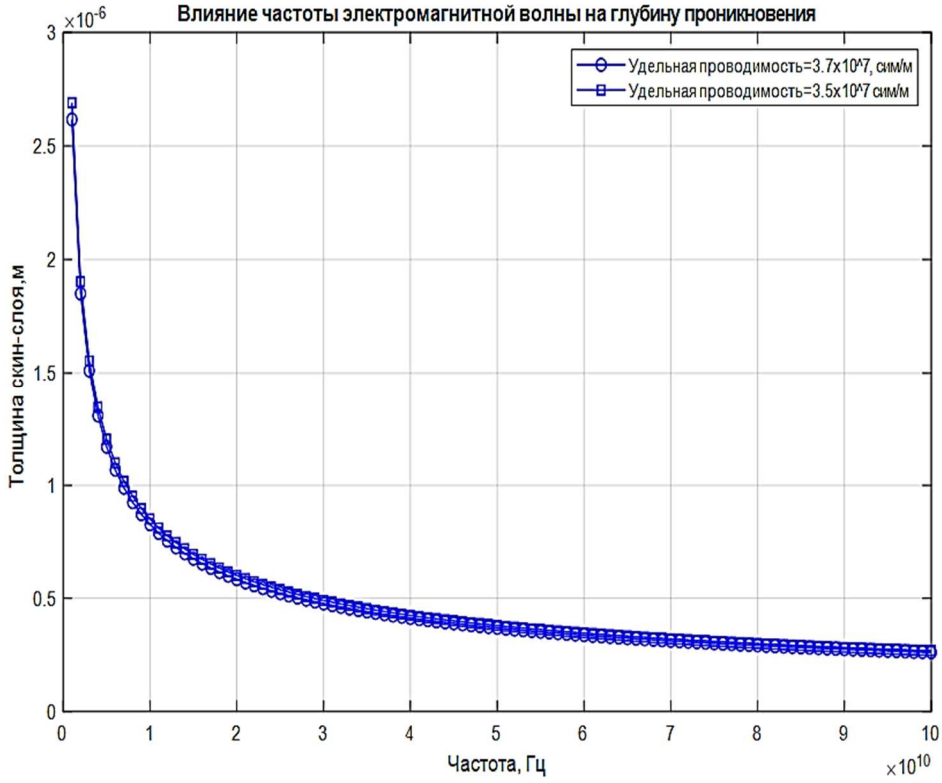


Рисунок 9 – Зависимость толщины скин-слоя от частоты электромагнитного излучения для углеродного волокна с покрытием

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 [и др.]. – Краснодар, 2020. – 532 с.

2. Панков В.П. Совершенствование химико-физических свойств углеродных волокон и тканей за счет модифицирования их плазмой / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков. – М., 2022.

3. Исследование электромагнитных излучений радиочастот и сверхвысоких частот / В.П. Панков, А.А. Швецов, В.А.Коссой [и др.] // в сборнике: XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 48–55.

4. Панков В.П. Исследование направлений использования углеродных волокон и тканей повышенной емкости и электропроводности / В.П. Панков, А.В.Баженов, Д.В.Панков // в сборнике: XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 56–63.

5. Исследование явлений преломления и отражения электромагнитных волн на плоской границе раздела двух сред / В.П. Панков, Д.В. Панков, А.А. Швецов [и др.] // в сборнике: XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 64–71.

6. Исследование электромагнитных свойств углеродных волокон и тканей с плазменным напыление / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков [и др.] // в сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 144–148.

7. Экспериментальное исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне. электростатическое поле / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков [и др.] // в сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции / Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 149–155.

8. Исследование электропроводности плазменных покрытий на углеродном волокне. Стационарное электрическое и магнитное поле / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков [и др.] // в сборнике: XII Междунар. науч.-практ. конф. Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 156–163.

9. Исследование электропроводности плазменных покрытий / В.П. Панков, И.Н. Попов, Д.В. Панков [и др.] // в сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXIV Всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 127–136.

10. Электромагнитные волны в идеальном диэлектрике / В.П. Панков, А.В. Баженов, Д.В. Панков [и др.] // в сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 116–125.

УДК 623.626

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАННОГО СИГНАЛА В ЛОКАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

♦♦♦♦♦

RESEARCH ON THE CHARACTERISTICS OF A MULTIPLEXED SIGNAL IN LOCAL NAVIGATION SYSTEMS

Радько В.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
vllala@yandex.ru

Киселев С.П.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kisserg75@mail.ru

Аннотация. Применение сигналов в локальных навигационных системах, параметры которых идентичны параметрам сигналов глобальных навигационных систем, приводит к снижению показателей электромагнитной совместимости. Для снижения уровня внеполосных излучений в формирователе сигнала предлагается использовать фильтр с импульсной характеристикой типа «приподнятый косинус». Однако проведённые исследования показали, что такая фильтрация вызывает искажения сигнала во временной области. В связи с этим актуальной задачей является анализ влияния процессов фильтрации на характеристики приёма навигационной аппаратурой потребителей.

Ключевые слова: глобальные навигационные спутниковые системы, локальные навигационные системы, навигационные сигналы с меандровой модуляцией, спектральные характеристики сигналов, электромагнитная совместимость.

Radko V.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
vllala@yandex.ru

Kiselov S.P.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kisserg75@mail.ru

Abstract. The use of signals in the local navigation system, the parameters of which coincide with the parameters of the global navigation system signals, leads to a deterioration in the characteristics of electromagnetic compatibility. To solve this problem, it is proposed to use a filter with a “raised cosine” characteristic in the signal generator to reduce the level of out-of-band radiation, but during the study it was found that filtering distorts the signal in the time domain. Therefore, it is necessary to study the effect of signal filtering distorts the signal in the time domain. Therefore, it is necessary to study the effect of signal filtering on the reception characteristics of consumer navigation equipment.

Keywords: global navigation satellite systems, local navigation systems, navigation signals with meandering modulation, spectral characteristics, electromagnetic compatibility.

Как показывает опыт современных вооружённых конфликтов, глобальные навигационные спутниковые системы (ГНСС) играют ключевую роль в обеспечении боевых действий. Одним из основных направлений их применения является определение координатных параметров и скорости воздушных судов, беспилотных летательных аппаратов, а также объектов противника [1]. Для гарантированного навигационно-временного определения (НВО) потребителей и противодействия аппаратуре радиоэлектронной борьбы (РЭБ) используются локальные навигационные системы (ЛНС), состоящие из псевдоспутников, излучающих сигналы, близкие по структуре к сигналам навигационных космических аппаратов (НКА). Известные отечественные и зарубежные ЛНС, как правило, требуют модификации аппаратной части потребителей для приёма и обработки таких сигналов.

С целью исключения необходимости внесения изменений в навигационную аппаратуру предлагается формирование сигналов, аналогичных сигналам НКА. Это решение позволяет увеличить мощность сигнала на входе навигационной аппаратуры потребителей (НАП). Однако при этом возрастает уровень внеполосного излучения (ВПИ), что приводит к несоответствию требованиям электромагнитной совместимости (ЭМС) с радиоэлектронными средствами (РЭС), функционирующими в том же диапазоне частот.Для снижения уровня ВПИ разработан способ формирования навигационных сигналов с использованием фильтра с импульсной характеристикой типа «приподнятый косинус». Однако проведённые исследования показали, что такая фильтрация вызывает искажения сигнала во временной области. В связи с этим актуальной задачей является анализ влияния процессов фильтрации на характеристики приёма навигационной аппаратурой потребителей.

нятый косинус», что обеспечивает уменьшение спектральных выбросов при минимальном искажении временной структуры сигнала [2, 3]. Тем не менее, изменение спектральной формы приводит к ухудшению характеристик приёма.

Таким образом, целью данной работы является исследование характеристик мультиплексированных навигационных сигналов с пониженным уровнем ВПИ.

Корреляционная функция мультиплексированного сигнала

В первую очередь необходимо отметить, что данное исследование ориентировано на перспективные мультиплексированные сигналы – TMBOC-сигналы (от англ. *time-multiplexed binary offset carrier*, TMBOC). Их ключевой особенностью является повышенная концентрация мощности энергетического спектра в основной полосе частот, что обеспечивает преимущество TMBOC-сигналов по сравнению с другими типами навигационных сигналов [4].

TMBOC-сигналы относятся к составным (комбинированным) и формируются на основе двух меандровых поднесущих колебаний (МПК) различных типов. В частности, они могут представлять собой комбинацию сигналов, основанных на МПК вида BOC(6,1) и BOC(1,1) [4]. Подобные сигналы нашли применение в модернизированной системе GPS, где их структура может быть выражена с помощью следующего математического соотношения:

$$S_{TMBOC}(t) = AG_{ДК}(t)G_{НС}(t)(G_{TM}(t)M_1(t) + (1 - G_{TM}(t))M_2(t))\cos(\omega_0 t + \varphi_0), \qquad (1)$$

где A – амплитуда сигнала, $G_{ДК}(t)$ – дальномерный код навигационного сигнала, $G_{НС}(t)$ – навигационное сообщение, $M_1(t)$ – первое МПК сигнала, ω_0 – несущая частота, φ_0 – начальная фаза $M_2(t)$ – второе МПК сигнала, $G_{TM}(t)$ – последовательность стробирующих импульсов, принимающих значения 1 или 0 по закону временного разделения двух МПК.

При формировании *TMBOC*-сигнала ПСП дальномерного кода делят на подпериоды, в которые укладывается 33 символа дальномерного кода (рис. 1).

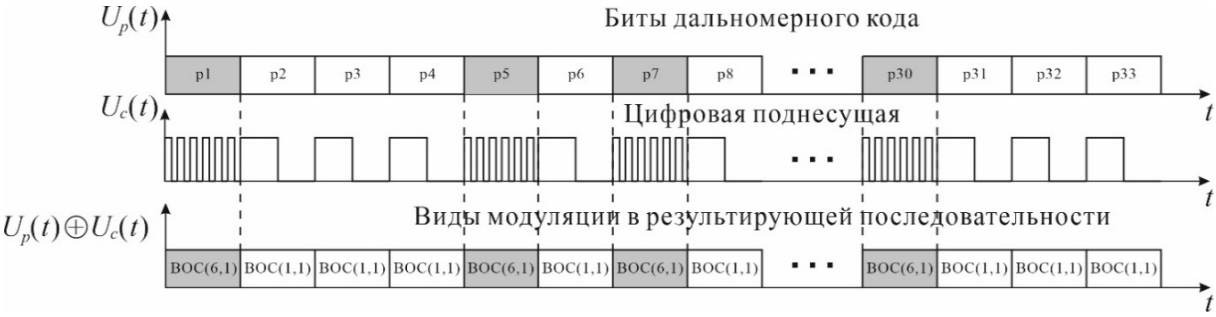


Рисунок 1 – Подпериоды дальномерного кода навигационного сигнала с модуляцией *TMBOC*

В каждом таком подпериоде четыре символа дальномерного кода (а именно 1-й, 5-й, 7-й и 30-й выделены на рисунке 1) умножаются на МПК вида $M_1(t)$ (например, меандровый сигнал *BOC*(6,1)), а остальные – на МПК вида $M_2(t)$ (например, меандровый сигнал *BOC*(1,1)).

В программной среде *Matlab/Simulink* была получена модель формирования амплитудно-частотного спектра (АЧС) навигационного сигнала *TMBOC*(6,1,1/11) с ограничительными линиями спектра, которые строятся согласно требованиям по ЭМС (рис. 2) [5].

На спектре видно, что внеполосное излучение сигнала выше ограничительной линии спектра. Такой сигнал влияет на работоспособность РЭС, работающих в одном диапазоне частот с ЛНС.

Рассмотрим одну из важных характеристик сигнала – автокорреляционную функцию (АКФ), т.е. зависимость между навигационным сигналом и его копией, сдвинутой по времени.

Энергетический спектр и АКФ сигнала связаны между собой прямым и обратным преобразованием Фурье и определяются формулой Винера-Хинчина [6]:

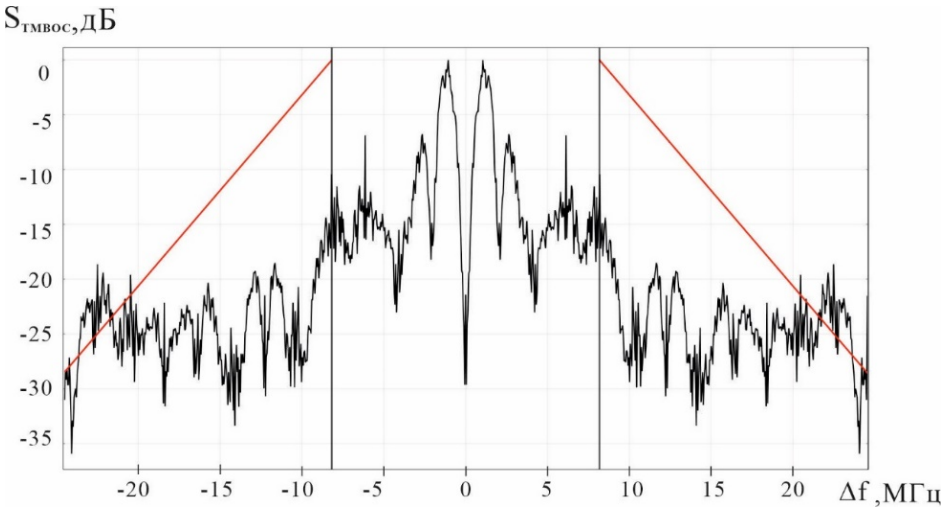


Рисунок 2 – АЧС сигнала *TMBOC*(6,1,1/11)

$$S(f) = \int_{\infty}^{-\infty} K(\tau) e^{-i2\pi f\tau} d\tau, \tag{2}$$

$$K(\tau) = \int_{\infty}^{-\infty} S(f) e^{i2\pi f\tau} df, \tag{3}$$

где $S(f)$ – энергетический спектр сигнала, $K(\tau)$ – АКФ сигнала.

На основе обратного преобразования, АКФ сигнала *TMBOC*(6,1,1/11) можно представить в виде (рис. 3):

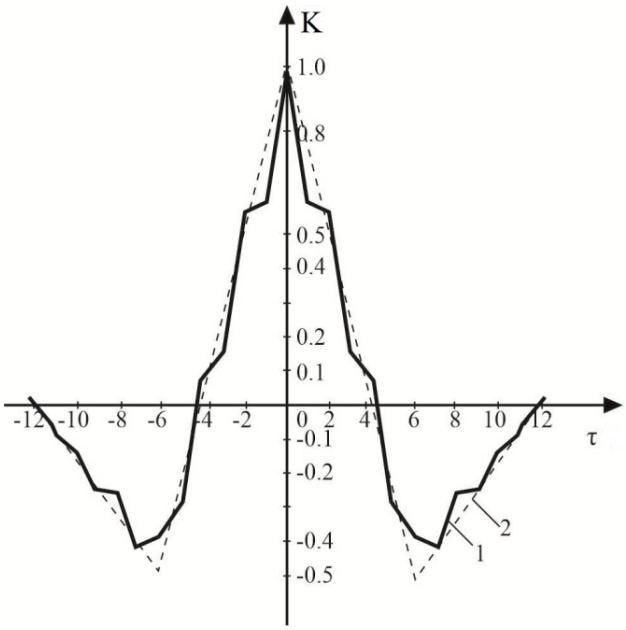


Рисунок 3 – АКФ сигнала *TMBOC*(6,1,1/11)

Отличие АКФ *TMBOC*-сигнала заключается в более узком пике и меньшим уровнем боковых составляющих по сравнению с другими навигационными сигналами. Следовательно, необходимо исследовать влияние уменьшения уровня ВПИ на форму АКФ сигнала.

Характеристики *TMBOC*-сигнала с уменьшенным уровнем ВПИ

Выражение импульсной характеристики фильтра с характеристикой «приподнятый косинус», учитывающее параметры *TMBOC*-сигнала, выглядит следующим образом [7]:

$$h_{TMBOC}(t) = \frac{cos\left(\frac{\pi\alpha(n+m_1+m_2)t}{\tau_c}\right) sin\left(\frac{(n+m_1+m_2)t}{\tau_c}\right)}{\left[1-4\alpha^2\left(\frac{\pi\alpha(n+m_1+m_2)t}{\tau_c}\right)^2\right]\left(\frac{(n+m_1+m_2)t}{\tau_c}\right)}, \quad (4)$$

где τ_c – длительность импульса, соответствующего базовой частоте, α – коэффициент скругления, который принимает значения от; 0 до 1, n, m – коэффициенты пропорциональности ПСП и МПК соответственно.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) фильтра с характеристикой «приподнятый косинус» описывается выражением [8]:

$$K(\omega) = \begin{cases} 1, & |\omega| \le \omega_0(1-\alpha) \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} sin\left(\frac{\pi}{2}\frac{|\omega|-\omega_0}{\alpha\omega_0}\right), & \omega_0(1-\alpha) < |\omega| \le \omega_0(1+\alpha) \\ 0, & |\omega| > \omega_0(1+\alpha) \end{cases}, \quad (5)$$

где $\omega = 2\pi f$ – циклическая частота, $\omega_0 = \pi\Delta f_M$ – половина ширины спектра основных лепестков обрабатываемого сигнала.

Вид АЧХ фильтра с характеристикой типа «приподнятый косинус» представлен на рисунке 4.

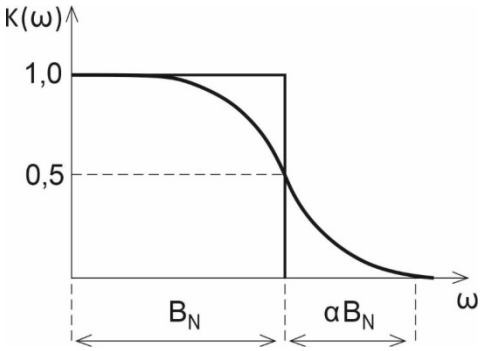


Рисунок 4 – АЧХ фильтра с характеристикой типа «приподнятый косинус»

Параметр скругления α характеризует избыток полосы обработки αB_N относительно полосы Найквиста B_N. При этом полоса обработки канала будет иметь вид [8]:

$$B = B_N + \alpha B_N = \frac{(1+\alpha)}{2\tau_c}. \quad (6)$$

Следовательно, выражение *TMBOC*-сигнала на выходе фильтра будет описываться следующим выражением:

$$S_{TMBOC}(t) = A\{G_{ДК}(t)G_{HC}(t)(G_{TM}(t)M_1(t) + (1-G_{TM}(t))M_2(t)) \otimes h_{TMBOC}(t)\}cos(\omega_0 t + \varphi_0). \quad (7)$$

АЧС результирующего сигнала при $\alpha = 0{,}85$, построенного в программной среде *Matlab*, приведен на рисунке 5.

Любая фильтрация практически всегда вызывает появление изменений амплитуды сигнала на выходе фильтра, а также приводит к появлению межсимвольной интерференции [8]. Также стремление к экономии частотных ресурсов (выбор наименьшей величины α) вызывает требование большей величины отступа рабочей точки нелинейного усилителя от точки его насыщения и, следовательно, приводит к потерям энергетических ресурсов, численным показателем которых является *PARP* (от англ. *pick average ratio power*) или пик-фактор.

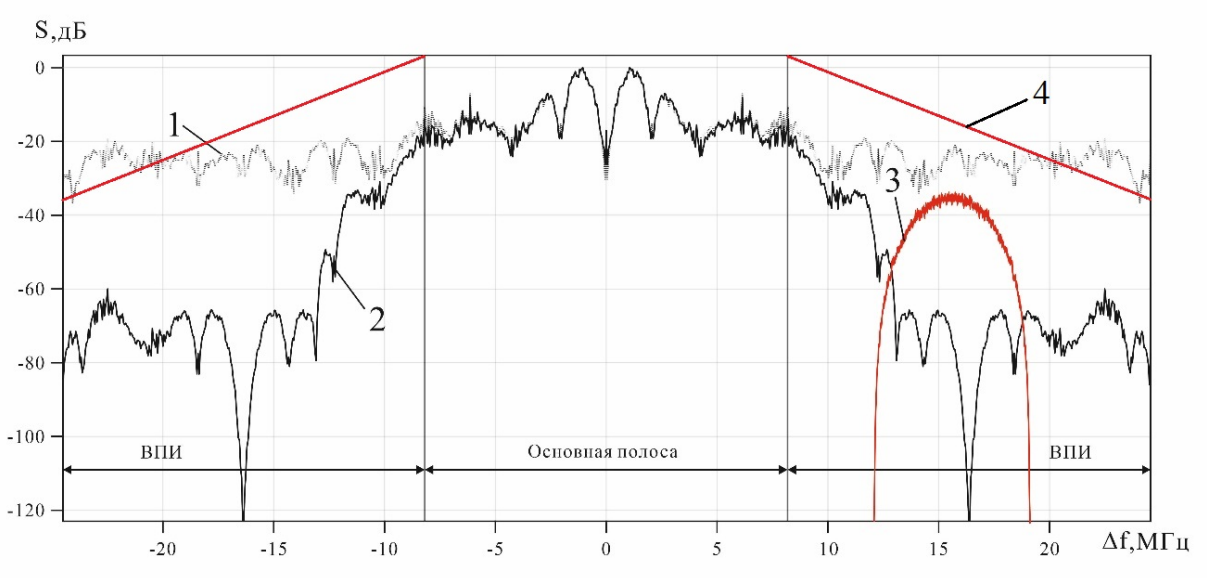


Рисунок 5 – АЧС сигнала: 1 – *TMBOC*(6,1,1/11) без фильтрации; 2 – *TMBOC*(6,1,1/11) с фильтрацией; 3 – РЭС; 4 – ограничительная линия спектра

Он определяется как отношение пиковой мощности $P_{пик}$ к средней мощности $P_{ср}$ [9]:

$$PARP = \frac{P_{пик}}{P_{ср}}. \quad (8)$$

В программной среде *Matlab* произведена оценка пик-фактора сигнала *TMBOC*(6,1,1/11) с уменьшенным уровнем ВПИ (рис. 6). По оси абсцисс отмечается потери энергетических ресурсов в дБ, по оси ординат – вероятность этой потери.

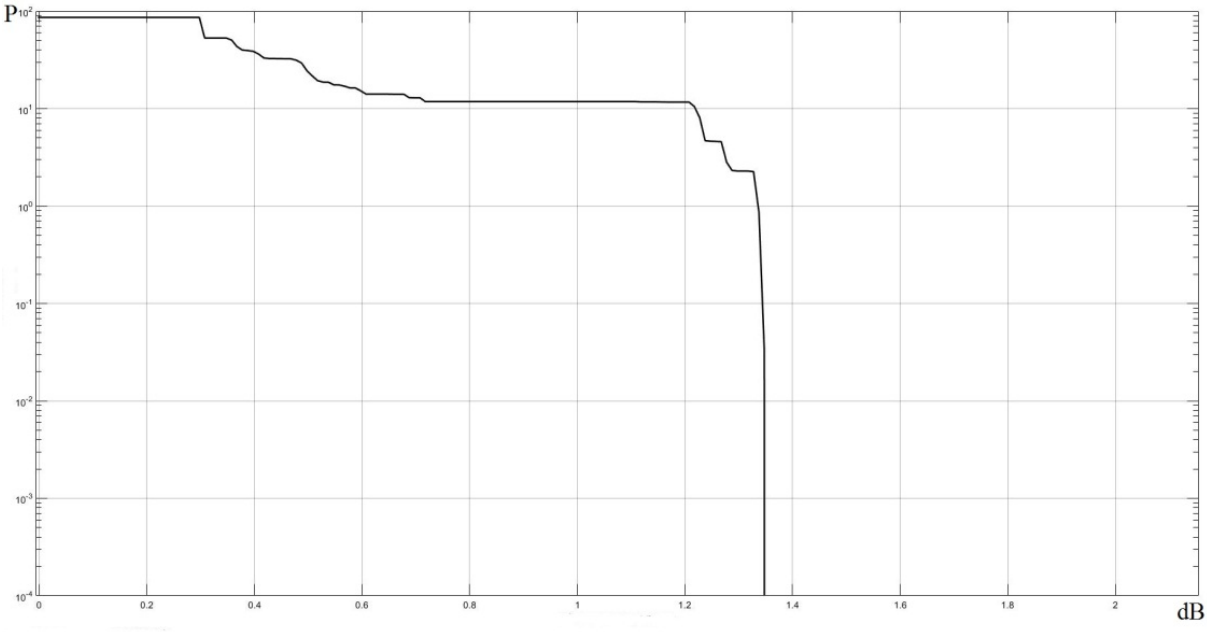


Рисунок 6 – Пик-фактор сигнала *TMBOC*(6,1,1/11) с фильтрацией внеполосного излучения

На данном графике видно, что при фильтрации мультиплексированного сигнала *PARP* в среднем составляет 1,35 дБ, что говорит о незначительных потерях энергетических ресурсов передающего устройства.

Согласно выражениям (2) и (3) возможно построить АКФ навигационного сигнала (7) на выходе фильтра (рис. 7).

График показывает уменьшение уровня пика АКФ полученного сигнала на $\approx 10\%$, что увеличивает вероятность неправильного обнаружения сигнала с умень-

шенным уровнем ВПИ. Согласно полученным результатам [10] можно сделать вывод, что изменение формы АКФ ухудшает характеристики НАП (вероятность срыва слежения сигнала и среднеквадратичное отклонение псевдодальности) в пределах требований ГОСТ, определяющий требования точности измерения НАП [11].

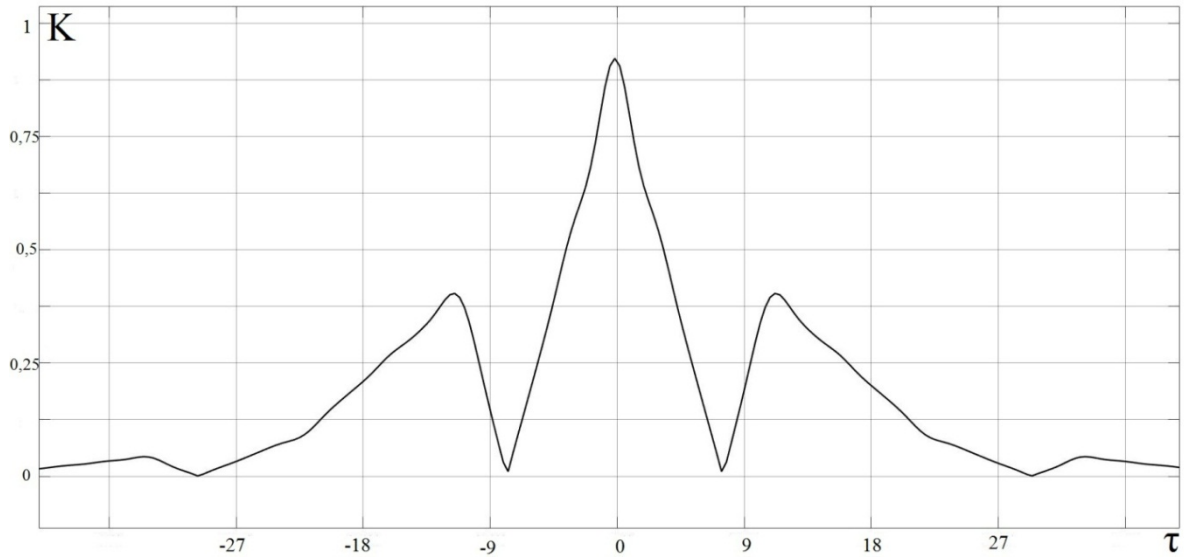


Рисунок 7 – АКФ сигнала *TMBOC*(6,1,1/11) с уменьшенным уровнем ВПИ

Вывод. Согласно проведенных исследований можно сделать вывод, что при фильтрации мультиплексированного сигнала фильтром с импульсной характеристикой «приподнятый косинус» пик АКФ навигационного сигнала скругляется и уровень уменьшается на $\approx 10\%$. Также *PARP* составляет 1,35 дБ, что говорит о незначительных потерях энергетических ресурсов передающего устройства. Следовательно, при незначительных ухудшениях характеристик сигнала, достигаются требования ЭМС ЛНС с другими РЭС, работающие в одном диапазоне частот.

Список литературы:

1. Афонин И.Е., Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Быстрый глобальный удар: ретроспективный анализ концепции, вероятный сценарий нанесения, состав сил и средств, последствия и приоритетные мероприятия по противодействию : монография. – Санкт-Петербург : Наукоемкие технологии, 2022. – 173 с.

2. Способ формирования навигационных сигналов с пониженным уровнем внеполосного излучения / В.С. Радько, В.В. Филоненко, А.М. Межуев [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИН России. – 2024. – № 2. – С. 26–34.

3. Свидетельство о государственной регистрации патента № 2839278Способ формирования манипулированного сигнала приемопередающего устройства с автоматической регулировкой параметров спектра. Зарегистрировано 29.04.2025 г.

4. Ярлыков М.С. Меандровые шумоподобные сигналы (BOC-сигналы) и их разновидности в спутниковых радионавигационных системах : монография. – М. : Радиотехника, 2017. – 416 с.

5. ГОСТ Р 50016–92. Государственный стандарт Российской Федерации. Совместимость технических средств электромагнитная. Требования к ширине полосы радиочастот и внеполосным излучениям радиопередатчиков. Методы измерений и контроля. Издание официальное. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1996.

6. Тихонов В.И., Бакаев Ю.Н. Статистическая теория радиотехнических устройств. – М. : Радиотехника, 1978. – 97 с.

7. Способ формирования мультиплексированных сигналов с требуемой формой спектра в локальных навигационных системах / В.С. Радько, В.В Неровный, В.В. Филоненко [и др.] // Сборник материалов всероссийской научной конференции преподавателей, аспирантов и студентов. – Хабаровск, 2024. – С. 358–365.

8. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами. – М. : Радио и связь, 2002. – 440 с.

9. Особенности расчета и проектирования высокоскоростных радиолиний космических аппаратов ДЗЗ / А.Н. Ершов [и др.] // Ракетно-космические приборостроение и информационные системы. – 2018. – Т. 5. – Выпуск 1. – С. 53.

10. Методика оценки точности и помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителей при некогерентной обработке мультиплексированного сигнала с уменьшенным уровнем внеполосного излучения / В.С. Радько, В.В. Неровный, В.В. Цитиридис [и др.] // Труды МАИ. – 2025. – № 140. – С. 1–31.

11. ГОСТ Р 33472–2015. Глобальная навигационная спутниковая система. Аппаратура спутниковой навигации для оснащения колесных транспортных средств категории M и N. Общие технические требования. – М. : Стандартинформ, 2017.

УДК 004.032.26

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТОМ СОВРЕМЕННЫХ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN FLIGHT CONTROL SYSTEMS OF MODERN FIGHTER JETS

Дейкун Г.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков, kvvaul@mil.ru

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков, kvvaul@mil.ru

Лобацевич А.С.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков, kvvaul@mil.ru

Аннотация. Искусственные нейронные сети представляют собой мощный инструмент для решения сложных задач автоматизации и принятия решений в системах управления воздушными судами. Данная статья посвящена применению нейронных сетей в управлении современными истребителями, рассмотрены перспективы их использования для оптимизации траектории полёта, распознавания целей и принятия оперативных решений в критических ситуациях.

Ключевые слова: искусственный интеллект, система управления полетом, опыт СВО, автоматизация.

Deykyn G.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical, Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

Abstract. Artificial neural networks are a powerful tool for solving complex automation and decision-making tasks in aircraft control systems. This scientific report focuses on the application of neural networks in the control of modern fighter jets, highlighting their potential for optimizing flight paths, recognizing targets, and making prompt decisions in critical situations.

Keywords: air navigation, video navigation, use of alternative sources, coordinates.

Современные российские боевые самолёты требуют всё большего внимания к точности управления и скорости реакции на внешние угрозы, что показывает опыт специальной военной операции. Искусственные нейронные сети способны обеспечить высокую эффективность управления благодаря своей способности обрабатывать большие объёмы разнородной информации за ограниченный период времени и учиться на примерах реальных ситуаций. Это делает их идеальными кандидатами для интеграции в системы управления полётами.

Искусственная нейронная сеть состоит из множества взаимосвязанных узлов («нейронов»), каждый из которых обрабатывает входящую информацию и передает её дальше. Такая структура позволяет имитировать процессы, происходящие в мозге человека, обеспечивая гибкость и способность адаптироваться к меняющимся условиям внешней среды.

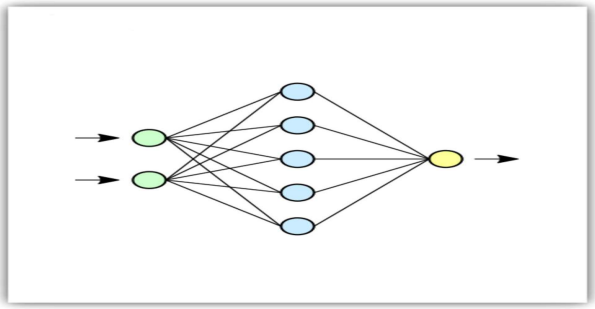


Рисунок 1 – Структура искусственной нейронной сети

Преимущества нейронных сетей включают:
– высокую скорость вычислений,
– способность к обучению и самообучению,

– устойчивость к внешним возмущениям и повреждениям отдельных элементов сети.

Навигация и управление траекторией полёта.

Нейронные сети позволяют эффективно решать задачи планирования маршрута и коррекции курса в режиме реального времени. Они учитывают множество факторов, включая погодные условия, рельеф местности, препятствия и цели противника. Например, алгоритм на основе нейронной сети способен выбрать оптимальный путь уклонения от ракет противника, минимизируя риск попадания.



Рисунок 2 – Навигационная панель

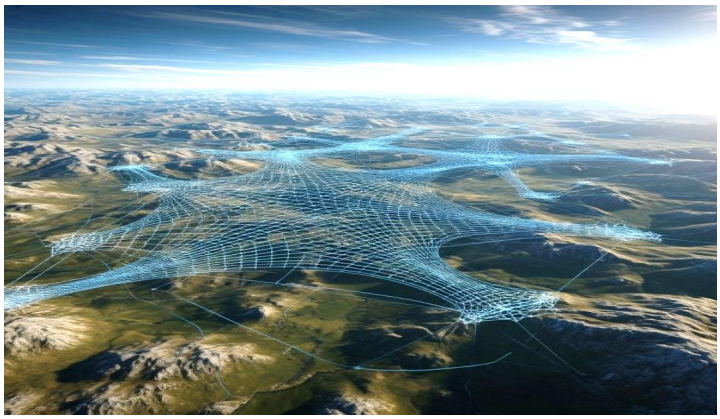


Рисунок 3 – Сканирование маршрута местности

Распознавание целей и принятие решений.

Нейронные сети помогают анализировать обстановку и быстро классифицировать объекты, встречающиеся в зоне ответственности истребителя. Благодаря этому повышается точность обнаружения и идентификации целей, сокращается время на принятие решения о действиях, необходимых для успешного завершения миссии.



Рисунок 4 – Характеристика FTP-дрона «Русак-С»

Управление ресурсами и экономичность топлива

Использование нейронных сетей позволяет автоматизировать процесс распределения ресурсов, в частности топливных запасов. Нейронная сеть способна определить оптимальное соотношение между скоростью, высотой полёта и расходом топлива, максимизируя дальность полёта и увеличивая продолжительность нахождения в воздухе.

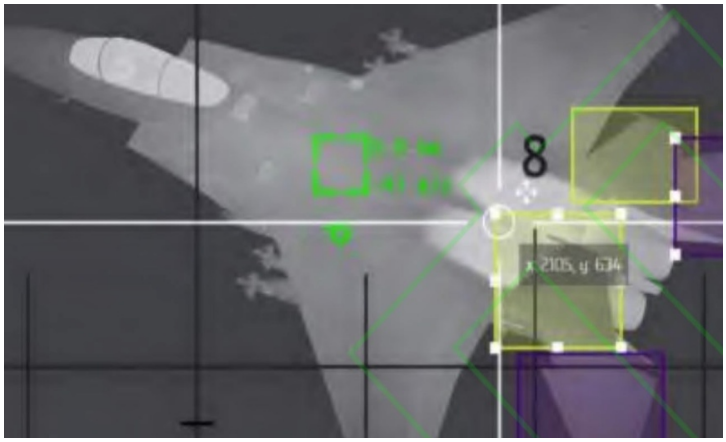


Рисунок 5 – Распознавание цели с использованием нейронных сетей

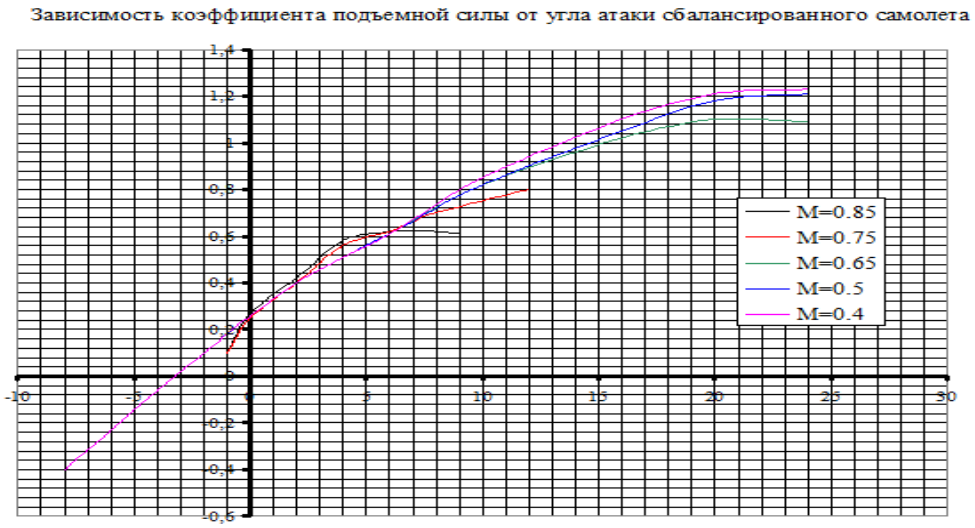


Рисунок 6 – Расчёт, проведённый нейронной сетью



Рисунок 7

Таким образом, несмотря на многочисленные преимущества, применение нейронных сетей сталкивается с рядом трудностей. К ним относятся необходимость большого количества примеров для эффективного обучения, высокая вычислительная сложность и потенциальные риски ошибок в обучении, приводящих к непредсказуемым

последствиям.Однако технология продолжает развиваться, открывая новые горизонты для реализации интеллектуальных систем управления, позволяющих повысить эффективность и безопасность полётов современных истребителей.

Список литературы:

1. Анализ системы поиска информации на основе мультиагентного подхода облачной автоматизированной информационной системы (ОИСМП) / Д.А. Кошелев, Д.Г. Дейкун, В.И. Чижиков [и др.] // VII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 56-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2017 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 318–322. – EDN ZAZPJP.

2. Вербицкая Ю.М. Математическое моделирование полетов самолета / Ю.М. Вербицкая, Д.А. Веклич, П.Е. Сидоров // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 183–186. – EDN IDJIVG.

3. Винокуров А.В. Защита командно-программной информации управления беспилотными летательными аппаратами / А.В. Винокуров, М.И. Бухонский, Г.И. Дейкун // Инновационные технологии в образовательном процессе : Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19–20 мая 2017 года. – Краснодар: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 38–45. – EDN XRXONN.

4. Ламухина Н.А. Применение современных нейрокомпьютеров в военной сфере / Н.А. Ламухина, К.А. Косачев // Нейрокомпьютеры и их применение : Тезисы докладов XX Всероссийской научной конференции, Москва, 22 марта 2022 года. – М. : Московский государственный психолого-педагогический университет, 2022. – С. 199-В. – EDN UHALZJ.

5. Описание системы поиска информации и способы обучения нейронных сетей / Д.А. Кошелев, Д.Г. Дейкун, В.И. Чижиков [и др.] // VII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 56-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2017 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 315–318. – EDN ZAZPJF.

6. Патент № 2758939 C1 Российская Федерация, МПК B64C 3/00. Летательный аппарат с крылом и горизонтальным оперением: № 2021104070 :заявл. 16.02.2021 : опубл. 03.11.2021 / И.В. Демидченко, В.И. Демидченко, Г.Н. Масляева, Г.И. Дейкун ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова». – EDN JXSOGR.

7. Свириденко Ю.Н. Применение нейронных сетей специального вида в задачах аэродинамического проектирования // Материалы XXXIII научно-технической конференции по аэродинамике: Тезисы, Жуковский, 15–16 декабря 2022 года. – Жуковский: Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского, 2022. – С. 93–94. – EDN BWLXTT.

УДК621.3

ИОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ: УСТРОЙСТВО ИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ, ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

♦♦♦♦♦

ION ENGINE: ION ENGINE DESIGN, PHYSICAL OPERATING PRINCIPLE AND APPLICATION SCOPE

Николаевский Г.Н.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
glebnik257@gmail.com

Закарян Р.М.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
zrafik@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается совершенствование и эволюция двигательных установок как основа для развития авиации и космонавтики. Анализ показывает, что химические двигатели практически достигли предела своего развития. Новый этап требует рассмотрения различных альтернатив химическим двигателям. Одним из таких направлений является совершенствование и развитие ионных двигателей. Рассматривается устройство, физические принципы работы и область применения ионных двигателей, а так же возможные перспективные направления его развития. Применение ионного двигателя в авиации малоэффективно. Перспективным направлением выглядит создание ионолетов. Основная область применения ионного двигателя – космонавтика: коррекция орбиты, межпланетные зонды, стыковка и маневры на околоземной орбите.

Ключевые слова: ионный двигатель, газоразрядная камера, космический аппарат межорбитальный перелет, космические технологии будущего, конструкционные материалы ионных двигателей, электроды, электрон, химический двигатель.

Nikolaevsky G.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
glebnik257@gmail.com

Zakaryan R.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
zrafik@mail.ru

Abstract. This article examines the improvement and evolution of propulsion systems as a foundation for the development of aviation and astronautics. Analysis shows that chemical engines have virtually reached the limits of their development. This new stage requires the consideration of various alternatives to chemical engines. One such area is the improvement and development of ion engines. The design, physical principles of operation, and applications of ion engines are discussed, as well as potential future directions for their development. The use of ion engines in aviation is ineffective. The development of ion-powered aircraft appears promising. The primary application of ion engines is space exploration: orbital correction, interplanetary probes, docking, and maneuvers in low-Earth orbit.

Keywords: ion engine, gas discharge chamber, spacecraft, interorbital flight, future space technologies, ion engine structural materials, electrodes, electron, chemical engine.

Введение. Эволюция и совершенствование силовых установок является основой развития авиации и космонавтики. В авиации используются в основном различные типы химических двигателей: поршневые, газотурбинные, прямоточные воздушно-реактивные двигатели. Сегодня их развитие сталкивается с рядом физико-химических и технологических проблем: низкий удельный импульс, соотношение массы топлива и массы полезной нагрузки, высокие давления и температуры, сложность конструкции, надежность, экологические и экономические проблемы. Всё труднее и затратнее повышать эффективность работы новых моделей химических двигателей. Становится всё понятнее, что их развитие практически достигло предела [1]. В космонавтике пока не видно альтернативы химическим двигателям для выхода на околоземную орбиту. Однако, очевидно, что для дальних космических путешествий химический двигатель совсем не пригоден. Космической отрасли требуется создание эффективных электроракетных двигателей. При этом с расширением спектра запускаемых космических аппаратов и освоением новых орбит (в частности, сверхнизких) расширяется перечень специфических требований, предъявляемых к бортовым двигателям, а также увеличивается диапазон требуемых мощностей, удельныхимпульсов и габаритных размеров. Для освоения космического пространства нашей вселенной нам нужны разработкикрупногабаритных электроракетных двигателей с высокими тяговыми характе-

ристиками и высоким удельным импульсом. Естественными кандидатами на подобную роль являются ионные двигатели. Ионные двигатели являются тойтехнологией, которая обладает целым рядом сильных сторон: малая расходимость ионного потока, высокий тяговый коэффициент полезного действия (КПД), значительный ресурс службы и возможность получения больших значений удельного импульса [2].

Физические принципы работы ионного двигателя. Ионный двигатель – это тип электрического ракетного двигателя, который создает тягу за счет ускорения заряженных частиц (ионов) электрическим полем (рис. 1).

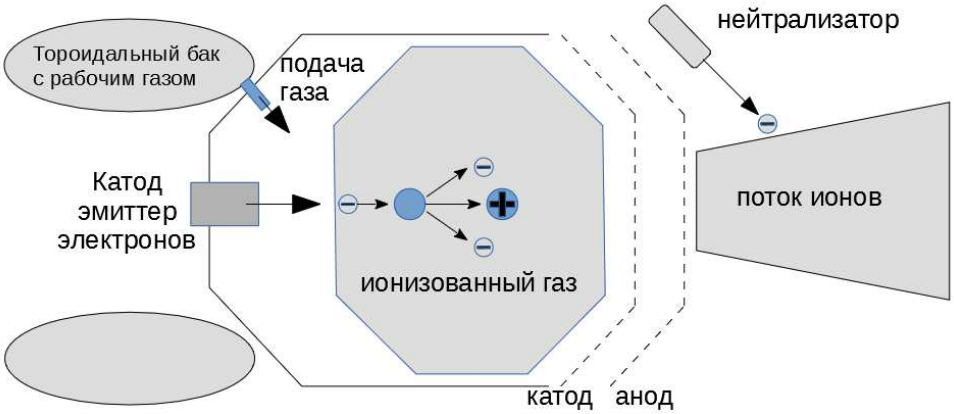


Рисунок 1 – Принципиальная схема ионного двигателя

Основной физический принцип его работы заключается в ионизации рабочего газа и последующем ускорением ионов с помощью электрических полей. Эффективность работы ионного двигателя во многом зависит от свойств газа. В первую очередь важной характеристикой газа является масса его молекулы: $m_0 = M/N_A$ (M – молярная масса газа, N_A – число Авогадро). Второй важной характеристикой рабочего газа является химическая активность. Поэтому желательно выбирать инертный газ с большей, чем у воздуха, молярной массой. Идеальным кандидатом является инертный газ ксенон. После того как рабочий газ заполнил ионный двигатель на первом этапе необходимо его ионизировать. Можно выделить следующие типы ионизации по механизму воздействия: ударная ионизация, фотоионизация, ионизация полем, термическая и химическая ионизация. В большинстве ионных двигателей используют ударную ионизацию высокоэнергетичными электронами. Высокоэнергетичные электроны создаются специальным катодом, за счет термоэлектронной эмиссии. На втором этапе работы ионного двигателя, образовавшиеся положительные ионы,ускоряются под действием электрического поля. Электрическое поле создается между двумя электродами (анодом и катодом), к одному из которых подводят отрицательный потенциал, а к другому положительный потенциал. Положительные ионы притягиваются к отрицательному электроду (катоду), разгоняются и, на третьем этапе выбрасываются из двигателя, создавая реактивную тягу. Чтобы не допустить возврата положительных ионов к двигателю к работе подключается нейтрализатор (ещё один катод). Он расположен снаружи двигателя и испускает электроны в выходящий поток ионов для нейтрализации положительного заряда ионного пучка. Это необходимо для предотвращения электростатического притяжения ионов обратно к двигателю [3].

Ионные двигатели требуют определенной системы для управления потоком ионов и их направлением. Чаще всего, для этого используются специальные решетки или магнитные поля. Преимущества ионных двигателей включают их высокую топливную эффективность и возможность работы на длительных миссиях в космосе. Однако они производят меньшую тягу по сравнению с традиционными химическими ракетными двигателями, что делает их идеальными для использования в аппаратах предназначенных для исследования глубокого космоса, где требуется длительное воздействие низкой тяги. Ионные двигатели уже использовались в различных космических миссиях, включая спутники и зонд Dawn, что подтвердило их эффективность и надежность.

Сам же принцип работы ионного двигателя впервые изложил в 1906 году основоположник ракетостроения Роберт Годдард. Как и в любом ракетном двигателе,тяга, направленная назад, отталкивает аппарат и движет его вперед. Ключевое отличие ионного двигателя от обычного ракетного двигателя, работающего на химических реакциях, заключается в том, что в ионном двигателе тягу обеспечивает выталкивание электрически заряженных частиц (ионов) топлива, а не малоэффективная реакция горения ракетного топлива. Огромное преимущество ионизированного топлива в том, что оно имеет высокое соотношение электрического заряда к массе, что упрощает разгон до высоких скоростей при сравнительно небольшой разности потенциалов между электрически заряженными решетками или пластинами. Чем выше скорость выталкиваемого потока при малом расходе топлива, тем выше удельный импульс тяги космического аппарата [4]. В конце 1950-х годов Гарольд Р. Кауффман из Исследовательского центра НАСА им. Джона Гленна собрал первый работающий ионный двигатель. Однако дальнейшие работы по нему велись не системно. Первым космическим аппаратом с ионным двигателем стал DeepSpace 1, запущенный в конце 1990-х годов [5]. Во время работы ионный двигатель должен не только выталкивать поток ионов, но и производить их, поскольку хранить ионизированное топливо непрактично. Обычный метод – разделить атомы газа, такого как ксенон (инертный элемент, который не повреждает детали космического аппарата), на положительно заряженные ионы, воздействуя на них высокоэнергичными электронами, вырабатываемыми в других частях системы. Для разгона ионов Xe и их выброса из аппарата создается разность потенциалов между положительно и отрицательно заряженными решетками или пластинами. Чем выше скорость выталкиваемого потока при малом расходе топлива, тем выше удельный импульс тяги космического аппарата.

Однако ионные двигателиимеют ряд проблем. Одной из таких проблем являетсямасштабирование ионных двигателей в сторону больших мощностей, имеет свою специфику, а именно требует увеличения габаритных размеров ионнооптической системы (ИОС) и, следовательно, увеличения диаметра газоразрядной камеры (ГРК).Необходимость увеличения габаритных размеров обусловлена существованием предельной плотности проходящего через ИОС ионного тока, который определяется законом Чайлда-Ленгмюра. Плотность ионного тока, приходящего из ГРК на эмиссионный электрод, определяется параметрами плазмы в ГРК. Однако при большей, чем предельная, плотности тока поток ионов через ИОС не будет сформирован должным образом. Он попадет на ускоряющий электрод и вызовет его эрозию. При уменьшении плотности тока пучок оказывается «перефокусированным» и, вообще говорят, также может вызвать эрозию. Таким образом, условием стабильной работы ИОС двигателя является согласование плотности тока, поступающей из плазмы, и плотности тока, под которую оптимизирована ИОС. Таким образом, при условиях подобного согласования, а также заданных параметрах ИОС (напряжении между электродами и расстояниях между ними), увеличение выходящего из двигателя ионного тока возможно только при увеличении площади ИОС. Создание ИОС больших площадей сопряжено с рядом серьезных проблем. Рассмотрим наиболее существенные из них.

Первой проблемой является сложность выставления соосности отверстий и межэлектродного зазора с требуемой точностью.

Второй проблемой является расходимость ионного. пучка. Величина угловой расходимости истекающего из ионного двигателя пучка ионов, напрямую связанна с формой электродов ИОС. Для эффективного извлечения пучка ионов из ИОС толщина эмиссионного электрода (ЭЭ) должна быть менее 1 мм. При изготовлении такого электрода данной толщены, такие электроды не будут обладать достаточной стойкостью к вибрационным механическим нагрузкам.

Третья проблема – неоднородность распределения плотности плазмы в ГРК по радиусу. Ресурс ионного двигателя определяется потоками на ИОС медленных вторичных ионов, которые образуются в результате столкновений ускоренных ионов и нейтральных атомов рабочего тела, присутствующих в межэлектродном зазоре и вблизи поверхности внешнего электрода ИОС, обращенной в сторону плазмы пучка.

Применение ионных двигателей в отечественной космонавтике. АО ГНЦ «Центр Келдыша», входящее в состав Госкорпорации «Роскосмос», совместно с АО «ГНЦ РФ ТРИНИТИ» завершило разработку и испытания двух ионных двигателей:

1) КМ-50М. На Хе его тяга составляет 1,5 ньютонов, а удельный импульс – 3 800 секунд. На криптоне тяга чуть выше – 1,6 ньютонов, а удельный импульс достигает 4 200 секунд. В 2024 году КМ-50М прошёл огневые испытания в вакуумной камере Центра Келдыша, включая тесты в составе кластера из четырёх двигателей;

2) Ионный двигателль-750. При мощности 80 кВт скорость истечения плазмы достигает 80–100 км/с в зависимости от рабочего газа. Использование углеродных композитов в системе ускорения ионов позволяет двигателю проработать свыше 50 000 часов. Испытания трёх двигателей в составе модуля показали стабильность работы в условиях, максимально приближённых к реальному космосу.

Ионные двигатели благодаря своей высокой топливной эффективности и длительному сроку службы играют важную роль в космонавтике, особенно в миссиях, где требуется длительное маневрирование, а не мощный начальный импульс. Эти двигатели станут сердцем будущих транспортно-энергетических модулей, способных совершать межпланетные перелёты, включая экспедиции на Луну, Марс и дальше, в самые отдалённые уголки Солнечной системы.

Применение ионных двигателей в авиации.К сожалению, в традиционном виде ионные двигатели не подходят для применения их в авиации из за разных сред применения, а также из за ряда других проблем. В первую очередь ионные двигатели были разработаны для работы в космическом пространстве, где они могут спокойно работать почти без сопротивления в вакууме, тогда как в плотной атмосфере их низкая тяга не способна преодолеть сопротивление воздуха. Тяга обычного ионного двигателя, достаточная для долговременного разгона в космосе, но слишком мала, чтобы обеспечить взлёт, горизонтальный полёт и даже преодолеть атмосферное сопротивление. Ионные двигатели, использующие запасённое рабочее тело, наиболее эффективны в вакууме, чем в плотной атмосфере, так как рабочее тело быстро расходуется и мешает ускорению ионов, значительно снижая эффективность. В авиации необходима высокая тяга при относительно низких скоростях, поэтому ионный двигатель никак не может работать в атмосфере нашей планеты.

Однако современные исследования и разработчики изучают возможность применения ионных двигателей в атмосфере для особых случаев, в частности, для создания летательных аппаратов известных как ионолеты. Так же проводятся исследования по использованию электрогидродинамического (ЭГД) принципа для создания ионолётов. Эти устройства не имеют движущихся частей и работают за счет ионизации воздуха вокруг себя. Они создают мощное электрическое поле с помощьюсистемы электродов (обычно тонкие провода и более толстые профили). Электрическое поле ионизирует воздух вблизи электродов, превращая его в плазму. Ионы воздуха движутся под действием электрического поля, создавая поток, который, в свою очередь, передаёт импульс нейтральным молекулам воздуха. Поток так называемого «ионного ветра» обеспечивает тягу, двигающую летательный аппарат.В то время как классические ионные двигатели неприменимы в авиации, ионолёты, использующие электрогидродинамический принцип для создания тяги из атмосферного воздуха, демонстрируют перспективу для создания бесшумных и экологичных беспилотных аппаратов. Однако для пилотируемой авиации с её высокими требованиями к тяге и скорости эта технология пока не подходит, но в ближайшем будущем мы сможем летать благодаря ионным двигателям

Заключение. Итак подведем итоги. Ионные двигатели подходят для глубокого космоса, где небольшая тяга может разогнать космический аппарат до огромных скоростей. Ионные двигатели пока еще не приспособлены для работы в атмосфере нашей планеты, но на данный момент уже ведутся разработки по созданию двигателей работающих на электрогидродинамическом принципе.Высокая топливная эффективность ионного двигателя позволяетускориться до гораздо более высоких скоростей, чем продукты сгорания химического топлива, что означает гораздо меньший расход рабочего тела для достижения необходимого изменения скорости. Благодаря длительному сроку службыионные двигатели могут работать непрерывно в течение многих лет, что позволяет выполнять миссии в далеком космосе за тысячи световых лет от нашей земли.Значительно меньший объём и масса рабочего тела для одной и той же задачи позволяет запускать более лёгкие и компактные аппараты в отличие от огромныхракет,

работающих на химических двигателях. Меньший объем двигателя по сравнению с химическим двигателем позволяет освободить место для дополнительного оборудования и полезного груза. Но, не смотря на все выше перечисленные плюсы ионный двигатель, имеет ряд минусов. Одним из этих минусов является его низкая тяга.Тяга ионного двигателя очень мала и не подходит для старта с поверхности планеты или быстрого изменения орбиты. Следующим минусом является то, что ионный двигатель обладает очень высокой энергозатратностью. Для работы двигателей требуется большое количество электроэнергии, которую обычно получают от солнечных батарей. Но на данный момент уже ведутся разработки по созданию портативной АЭС и внедрение ее в устройство двигателя.

Список литературы:

1. Авиационные двигатели внутреннего сгорания: монография / М.Ю. Орлов, А.А. Горшкалев, С.С. Корнеев [и др.]. – Самара : Издательство Самарского университета, 2023 – 236 с.
2. Перспективы развития кольцевых ионных двигателей» / Д.А. Бондаренко, К.В. Вавилин, И.И. Задириев [и др.] // В электронном сборнике «Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ». – С. 3–11.
3. Кулыгин В.М. Феноменология ионного ракетного двигателя // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез. – 2020. – Т. 43. – Вып. 4. – С. 110–116.
4. Беляев Н.М., Уваров Е.И. Расчет и проектирование реактивных систем управления космических летательных аппаратов. – М. : «Машиностроение», 1974. – 200 с.
5. Ракетные двигатели АО «ОКБ «ФАКЕЛ»для космических аппаратов, опытлётного применения и новые разработки / Г.В. Абраменков, Н.М. Вертаков, П.А. Дронов [и др.] // Космическая техника и технологии. – 2023. – № 4(43). – С. 36–55.
6. Косяков А.А., Усова А.М. Аэрокосмическая техника и технологии, ионные двигатели как двигатели будущего // Интеграция науки, общества, производства и промышленности; сборник статей международной научно-практической конференции. – Уфа : Изд.: ООО "Аэтерна", 2017. – С. 101–103.
7. Белоусов Н.А., Соколов О.А. Перспективы развития и принципы использования ионолётов как летательных аппаратов // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». – Т. 3. – № 4(61). – С. 228–230.
8. Пилотируемая экспедиция на Марс / Под ред. А.С. Коротеева. – М. : Российская академия космонавтики имени К.Э. Циолковского, 2006. – 320 с.

УДК 623.746.4-519

РАЗВИТИЕ АЛГОРИТМОВ РАБОТЫ БПЛА И БАС

♦♦♦♦♦

DEVELOPMENT OF OPERATIONAL ALGORITHMS FOR UAV AND CAS

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

Закиров Р.И.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Современные военные конфликты демонстрируют растущую значимость использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и боевых авиационных систем (БАС). Эти технологии позволяют выполнять сложные задачи, минимизируя риск для человеческой жизни. Однако для достижения максимальной эффективности их применения требуется разработка и внедрение интеллектуальных алгоритмов управления, которые обеспечивают автономность и адаптивность в условиях изменяющейся боевой обстановки. Целью данной статьи является анализ современных алгоритмов управления БПЛА и БАС в военной сфере, выявление их преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: искусственный интеллект; авиационные системы; беспилотные летательные аппараты; автоматизация.

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Turchin V.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Zakirov R.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Modern military conflicts demonstrate the growing importance of using unmanned aerial vehicles (UAVs) and combat aviation systems (CAS). These technologies allow for the execution of complex tasks while minimizing the risk to human life. However, to achieve maximum effectiveness, it is necessary to develop and implement intelligent control algorithms that provide autonomy and adaptability in a changing combat environment. The purpose of this article is to analyze modern control algorithms for UAVs and CAS in the military field, highlighting their advantages and disadvantages.

Keywords: artificial intelligence; aviation systems; unmanned aerial vehicles; automation.

Алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) можно разделить на три основные категории: дистанционно управляемые, полуавтономные и автономные. Дистанционно управляемые системы полностью зависят от операторов, что делает их менее эффективными в условиях помех связи, но более контролируемыми. Полуавтономные системы предполагают частичное участие оператора, что позволяет использовать их в ситуациях, требующих высокой адаптивности. Автономные системы функционируют без вмешательства оператора, что делает их особенно полезными в условиях, где связь может быть затруднена или невозможна. Ярким примером таких систем является проект DARPA Gremlins, в рамках которого разрабатываются технологии для автономного выполнения миссий. Одним из перспективных направлений в робототехнике является разработка алгоритмов управления мобильными роботами. Из большого количества разновидностей систем управления роботами особо выделяют интеллектуальные и адаптивные системы, позволяющие роботу решать задачи автономно, без участия оператора.

Основные принципы функционирования алгоритмов управления БПЛА включают обработку данных, принятие решений и реализация задач. Эти системы собирают информацию с помощью различных сенсоров (камеры, лидары, радары) и используют алгоритмы для анализа полученных данных. Например, алгоритмы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) позволяют одновременно строить карты местности и опреде-

лять местоположение аппарата. Это особенно важно в условиях сложного рельефа и ограниченной видимости.



Рисунок 1 – Схема работы SLAM (источник MathWorks)

Применение таких технологий повышает автономность и эффективность выполнения задач, что делает их незаменимыми в современных военных конфликтах.

Современные алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами демонстрируют значительные преимущества, способствующие их эффективному применению в военной сфере. Алгоритмы SLAM (одновременная локализация и построение карт) обеспечивают автономность и точное навигационное управление, что особенно актуально в условиях отсутствия GPS. Это позволяет БПЛА выполнять задачи в сложных и изолированных зонах. Применение алгоритмов машинного обучения также способствует адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды, что значительно повышает функциональность и надежность аппаратов. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с каждым годом становится все более распространенным, и особенную, очень важную роль в функционировании БПЛА играют системы искусственного интеллекта. Искусственный интеллект способен в кратчайшие сроки обрабатывать полученные данные, управлять беспилотным летательным аппаратом более точно и безопасно, а также позволяет выполнять более сложные задачи. Эти технологии делают беспилотные системы более эффективными и универсальными при реализации военных операций.

Современные алгоритмы управления БПЛА, несмотря на впечатляющие достижения, сталкиваются с рядом ограничений. Одной из ключевых проблем является недостаточная вычислительная мощность на борту аппаратов, что затрудняет применение сложных алгоритмов в реальном времени. Вместе с тем, зависимость от внешних систем, таких как GPS и спутниковая связь, делает БПЛА уязвимыми к помехам и атакам. Эти аспекты требуют дальнейших исследований и разработки новых решений для повышения устойчивости и независимости беспилотных систем. При этом беспилотные авиационные технологии служат важным инструментом для выявления очагов возгорания лесов, аэросъемки местности в целях инвентаризации объектов недвижимости и инфраструктуры, авиационной доставки грузов, мониторинга и патрулирования инженерной инфраструктуры. Таким образом, несмотря на существующие проблемы, потенциал применения БПЛА в различных сферах остается значительным.

Примеры успешного применения в военных операциях

Алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) уже продемонстрировали свою эффективность в ряде военных операций. Например, во время операции «Союзная сила» в 1999 году НАТО активно использовало БПЛА для разведки, что позволило минимизировать потери среди пилотов и повысить точность ударов. Этот случай стал ярким примером успешного внедрения технологий, основанных на алгоритмах, в реальных боевых условиях. В дальнейшем, конфликт в Нагорном Карабахе в 2020 году продемонстрировал значимость алгоритмов автоматического наведения, применяемых в беспилотниках азербайджанской армии. Эти технологии существенно увеличили точность и разрушительную силу ударов, что оказало влияние на исход военных дей-

ствий. Долгое время БПЛА использовались исключительно в военных целях. Тем не менее, в последние десятилетия наблюдается растущая потребность в БПЛА гражданского назначения, таких как контроль за нефте- и газопроводами, сбор метеорологических данных и своевременное выявление очагов возгорания лесных массивов.

Использование алгоритмов в военных операциях оказывает значительное влияние на их исход. Системы защиты, такие как Iron Dome в Израиле, демонстрируют, как алгоритмы способны сокращать время реагирования на угрозы. Эта система автоматически перехватывает ракеты, что существенно уменьшает ущерб и потери среди гражданского населения. Внедрение алгоритмов автоматического распознавания целей в современных дронах увеличивает эффективность ударов на 30 % по сравнению с традиционными методами ведения боя. Кроме того, применение искусственного интеллекта в военных дронах значительно снижает риск коллатеральных потерь. Высокая точность целенаправленных ударов, способность предсказывать движение целей и минимизация ошибок в распознавании способствуют сохранению жизней гражданских лиц в зонах боевых действий. Эти примеры иллюстрируют, как алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами и боевыми авиационными системами могут оказывать влияние на стратегические и тактические аспекты военных операций.

Перспективы развития интеллектуальных алгоритмов для военных БПЛА и БАС

Современные военные конфликты демонстрируют значительное возрастание роли беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в выполнении боевых задач. Конфликт в Нагорном Карабахе 2020 года подтвердил эффективность дронов, таких как Bayraktar TB2, которые благодаря своей способности к автономной навигации и целеуказанию существенно изменили подход к ведению воздушных операций. Эти события показали, что для успешного применения БПЛА необходимы алгоритмы, обеспечивающие автономность и точность выполнения заданий. Современные реалии выявили необходимость разработки алгоритмов, способных функционировать в условиях радиоэлектронной борьбы, поскольку многие беспилотники сталкивались с глушением GPS-сигналов. Таким образом, современные конфликты формируют новые требования к алгоритмам управления БПЛА, включая устойчивость к внешним воздействиям и адаптивность к сложным условиям.

Для эффективного функционирования в боевых условиях алгоритмы управления БПЛА должны обладать рядом ключевых характеристик. Во-первых, они должны обеспечивать автономное принятие решений, что уже реализовано в некоторых системах, таких как дроны компании Northrop Grumman. Это позволяет устройствам быстро реагировать на изменяющиеся условия и самостоятельно выбирать оптимальные действия. Во-вторых, алгоритмы должны быть устойчивыми к воздействию радиоэлектронной борьбы, что требует разработки методов для работы в условиях глушения сигналов. Наконец, важной характеристикой является способность алгоритмов функционировать в условиях низкой видимости, что делает их эффективными в широком спектре различных сценариев. Эти требования подчеркивают необходимость дальнейшего развития технологий управления БПЛА.

Инновационные подходы к разработке и внедрению алгоритмов

Современные технологии и инновации в разработке алгоритмов для беспилотных летательных аппаратов существенно влияют на их функциональность и эффективность. Программа AlphaDogfight Trials, завершённая DARPA в 2020 году, ярко иллюстрирует это влияние: искусственный интеллект продемонстрировал способность успешно противостоять пилотам в симуляции воздушного боя, что свидетельствует о потенциале современных алгоритмов, основанных на методах машинного обучения. Тем не менее, китайские компании, такие как Baidu и DJI, активно внедряют технологии глубокого обучения для повышения точности и автономности операций БПЛА, что позволяет им адаптироваться к сложным условиям выполнения задач. Достижение технологического суверенитета в области беспилотных и робототехнических комплексов требует консолидации усилий различных отраслей промышленности, а также инженерных и научных сообществ.

Инновационные подходы к разработке алгоритмов находят своё воплощение в реальных боевых условиях. В разных странах начинают внедряться дроны, оснащённые интеллектуальными алгоритмами для анализа данных в реальном времени. Это позволяет оперативно принимать решения на поле боя и повышает эффективность операций. Кроме того, современные технологии обеспечивают глобальный, круглосуточный, всепогодный мониторинг на важных объектах инфраструктуры и ТЭК, что поддерживает принятие корректирующих решений. Таким образом, современные технологии не только меняют подходы к ведению боевых действий, но и способствуют более точному и своевременному реагированию на возникающие угрозы.

Совершенствование алгоритмов управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) становится ключевым направлением в развитии современных боевых авиационных систем. Примером таких разработок является программа ACE (Air Combat Evolution), инициированная DARPA в 2022 году. Цель этой программы – создание алгоритмов, которые позволят автономным боевым дронам эффективно взаимодействовать с пилотируемыми самолетами, что открывает новые перспективы для совместных операций. Алгоритмы должны учитывать сложность современных воздушных боев, включая необходимость быстрого анализа данных и принятия решений в условиях неопределенности. В России также уделяется внимание развитию беспилотной авиации. Утвержденная 21 июня 2023 года распоряжением Правительства Российской Федерации «Стратегия развития беспилотной авиации Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» подтверждает важность интеграции новых технологий в военные операции и подчеркивает стремление к совершенствованию методов управления БПЛА.

В ходе проведенного исследования были рассмотрены современные алгоритмы управления беспилотными летательными аппаратами и боевыми авиационными системами. Выявлено, что данные технологии играют важную роль в современных военных операциях, предоставляя возможности для повышения автономности и точности выполнения задач. Алгоритмы, такие как SLAM и машинное обучение, демонстрируют значительный потенциал в улучшении навигации и адаптации к изменяющимся условиям. Однако, несмотря на очевидные преимущества, текущие подходы имеют свои ограничения. Это включает в себя зависимость от внешних технологий, таких как GPS, и ограничения вычислительных возможностей на борту. Для преодоления существующих проблем необходимо сосредоточиться на разработке интеллектуальных алгоритмов, способных функционировать в условиях радиоэлектронной борьбы и низкой видимости. Инновационные подходы, такие как интеграция искусственного интеллекта и глубокого обучения, могут значительно повысить эффективность и надежность систем. Важность сотрудничества между исследовательскими организациями и военными структурами также была подчеркнута для успешного внедрения новых технологий.

Список литературы:

1. Винокуров А.В. Защита командно-программной информации управления беспилотными летательными аппаратами / А.В. Винокуров, М.И. Бухонский, Г.И. Дейкун // Инновационные технологии в образовательном процессе : Материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции, Краснодар, 19–20 мая 2017 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2017. – С. 38–45.

2. Вербицкая Ю.М. Математическое моделирование полетов самолета / Ю.М. Вербицкая, Д.А. Веклич, П.Е. Сидоров // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище

летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 183–186.

3. Голубкина М.В. Состояние и перспективы развития математического и компьютерного моделирования сложных процессов в системах военного и двойного назначения // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Информатика и вычислительная техника» : Сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции, Анапа, 27–28 февраля 2020 года. Том 3. Часть 1. – Анапа : Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис "ЭРА"», 2020. – С. 232–238.

4. Дейкун Д. Г. Моделирование свойств объектов средствами визуализации (на примере летательных аппаратов) / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин, Р.С. Курбонов // XV международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей конференции, Краснодар, 15–16 апреля 2025 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – С. 256–260.

5. Демидченко В.И. С заботой об экономии и природе эффективность силовой установки транспортной системы, её недостатки. Экологические проблемы / В.И. Демидченко, Г.Н. Масляева, Г.И. Дейкун // Вестник военного образования. – 2022. – № 6(39). – С. 84–88.

6. Наурусова Г.А. Современные программные средства создания электронных учебников информационно-образовательной среды вуза / Г.А. Наурусова, Д.Г. Дейкун // Информационные технологии: актуальные проблемы подготовки специалистов с учетом реализации требований ФГОС : Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 26 марта 2021 года. – Омск : Омский автобронетанковый инженерный институт, 2021. – С. 286–289.

7. Тресков В.П. Обоснование структуры системы адресного противодействия ударным беспилотным летательным аппаратам / В.П. Тресков, Г.И. Дейкун, И.И. Кониченко // Физическое образование в ВУЗах. – 2022. – Т. 28. – № 3. – С. 163–167. – DOI : 10.54965/16093143_2022_28_3_163.

8. Турчин В.А. Применение математических методов для решения задач современной авиации / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, Д.В. Чекашёв // Современная педагогика и научные исследования в образовательной организации высшего образования : Сборник докладов очно-заочной научно-методической конференции, Кострома, 16 февраля 2025 года. – Кострома : Военная академия радиационной, химической и биологической защиты им. Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко, 2025. – С. 205–217.

УДК 351.814.2

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЁТОВ И ЭМЕРДЖЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

♦♦♦♦♦

FLIGHT SAFETY AND EMERGENT PROPERTIES OF THE AVIATION SYSTEM

Кругликов А.Е.
кандидат педагогических 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

Сизов А.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современные подходы к управлению эмерджентными процессами в авиационной отрасли, направленные на повышение уровня безопасности полётов. Проанализированы причины возникновения эмерджентных ситуаций, особенности их развития и методы предупреждения. Уделено внимание роли предиктивной аналитики, процессам обмена информацией между основными элементами авиационной системы и человеческому фактору.

Ключевые слова: безопасность полётов, эмерджентные процессы, управление, авиация, человеческий фактор, предиктивная аналитика.

Kruglikov A.E.
PhD in Pedagogical 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

Cizov A.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses modern approaches to the management of emergent processes in the aviation industry, aimed at improving flight safety. The causes of emergent situations, the features of their development and methods of prevention are analyzed. Special attention is paid to the role of predictive analytics, the processes of information exchange between the main elements of the aviation system and the human factor.

Keywords: flight safety, emergent processes, management, aviation, human factor, predictive analytics.

Безопасность полётов – приоритетная задача современной авиации. Несмотря на значительный прогресс в техническом оснащении и организации полётов, авиационная отрасль остаётся подверженной влиянию сложных и зачастую непредсказуемых факторов. Особую опасность представляют эмерджентные процессы.

В авиации к таким процессам относятся ситуации, которые невозможно полностью предсказать на этапе планирования полётов: быстрые изменения погодных условий, неожиданные отказы систем и оборудования, ошибки экипажа или другого личного состава.

Эмерджентность – это свойство сложных систем, при котором в результате взаимодействия их компонентов возникают новые качества, свойства или поведение, не присущие отдельным элементам системы по отдельности (рис. 1).

В технических системах эмерджентность проявляется как неожиданные или непредсказуемые эффекты, возникающие при объединении различных подсистем, компонентов и программного обеспечения в единую рабочую структуру[3].

Одним из классических примеров эмерджентности в технических системах является сетевая инфраструктура. Отдельные компьютеры, соединённые между собой, формируют сеть, обладающую свойствами, которых нет у каждого компьютера по отдельности – например, возможностью коллективной обработки данных, обмена информацией в реальном времени или возникновения новых видов угроз (например, компьютерные вирусы распространяются только в сетях).

В сложных инженерных комплексах, таких как авиационные системы, эмерджентные свойства проявляются в виде неожиданных отказов, нестабильности режимов работы, которые невозможно полностью предсказать на этапе проектирования.

Это связано с тем, что взаимодействие аппаратных и программных компонентов, а также влияние человеческого фактора могут привести к появлению новых сценариев функционирования системы.

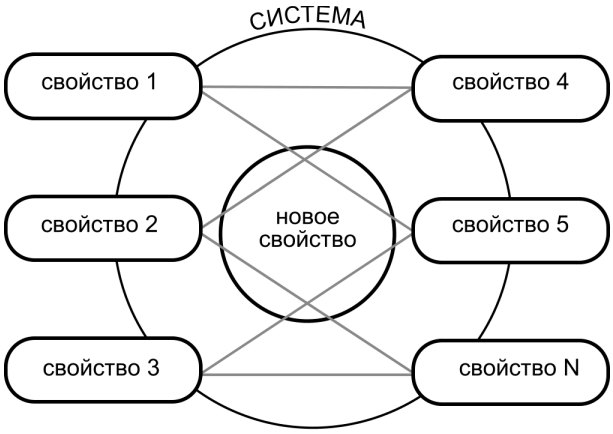


Рисунок 1 – Эмерджентность в технических системах

Особое значение эмерджентность приобретает в системах с высокой степенью автоматизации и интеграции, где поведение всей системы определяется не только свойствами отдельных элементов, но и их взаимодействием. Например, в современных автомобилях с электронными системами управления могут возникать сбои, не предусмотренные производителем, из-за сложных взаимосвязей между датчиками, исполнительными механизмами и программным обеспечением.

Для управления эмерджентностью в технических системах используются методы системного анализа, моделирования и тестирования, а также внедряются принципы устойчивого проектирования. Это позволяет выявлять потенциальные эмерджентные эффекты на ранних этапах разработки и снижать риски их негативного влияния на безопасность и надёжность системы. Эмерджентность является неотъемлемой характеристикой сложных технических систем и требует особого внимания при их проектировании, эксплуатации и модернизации. Понимание природы эмерджентных процессов способствует созданию более устойчивых и безопасных инженерных решений [2].

В контексте безопасности полётов эмерджентные процессы проявляются тогда, когда взаимодействие различных факторов – технических, человеческих и организационных – приводит к возникновению непредвиденных ситуаций, как положительных (повышение надёжности при многократном резервировании отдельных систем самолёта), так и отрицательных (возникновение новых опасных факторов и видов угроз).

Внедрение автоматизированных систем управления может улучшить контроль за параметрами полёта, но одновременно создать предпосылки для новых видов ошибок из-за недостаточного понимания экипажем её особенностей функционирования.

Эмерджентные процессы особенно важны при анализе авиационных происшествий. Часто авиационные катастрофы происходят не из-за одной ошибки или неисправности, а в результате цепочки событий и взаимодействия множества факторов, которые по отдельности не представляли бы угрозы. Поэтому современные подходы к обеспечению безопасности полётов включают системное мышление, анализ и выявление неизвестных (новых) опасных факторов и постоянное совершенствование профилактических мероприятий и процедур. Понимание и учёт эмерджентных процессов позволяет повышать устойчивость системы безопасности полётов, предвидеть потенциальные риски и своевременно реагировать на новые вызовы в быстро меняющейся обстановке.

В авиации давно признано, что создание атмосферы доверия и открытости способствует выявлению скрытых угроз на ранних стадиях. Например, если члены экипажа не опасаются сообщать о своих ошибках или замеченных несоответствиях, командование получает возможность прогнозировать возникновение особых ситуаций до того, как они перерастут в авиационные происшествия. Это позволяет выявлять эмерджентные риски, которые могли бы остаться незамеченными. Анализ событий, приведших к прошлым авиационным происшествиям, помогает понять, как из малозаметных нарушений или незначительных отклонений формируются особые ситуации. Данный подход лежит в основе концепции «барьеров безопасности», когда на каждом эта-

пе полёта или технического обслуживания внедряются дополнительные меры контроля и проверки. Эти барьеры призваны прервать развитие негативных эмерджентных процессов ещё на ранней стадии.

Кроме того, современные методы анализа безопасности, такие как моделирование сценариев и анализ оперативной и периодической информации, также направлены на выявление эмерджентных свойств авиационной системы. Анализируя большие массивы информации, которое связанны, прежде всего, спроявлением опасных факторов в период полётов, отказах, технических сбоях авиационной техники и ошибках личного состава, специалисты могут обнаруживать скрытые закономерности и связи между событиями, которые ранее казались случайными или незначительными.

Не менее важным аспектом является обучение личного состава работе в условиях неопределённости и быстро меняющейся обстановки. Тренировки на тренажёрах, процедурные симуляторы, моделирующие сложные и нестандартные ситуации, помогают развивать у лётчиков и специалистов управления полётами навыки принятия решений в условиях стресса и нехватки информации [1]. Это снижает вероятность возникновения негативных эмерджентных эффектов период реальных полётов.

Необходимо подчеркнуть, что в управлении эмерджентными процессами особую роль играет не только реакция на уже возникшие события, но и проактивное прогнозирование потенциальных угроз. В этом контексте применяются методы предиктивной аналитики и сценарного планирования, которые позволяют моделировать развитие событий и выявлять слабые места в системе до того, как они приведут к проблемам. Кроме того, всё большее значение приобретает обмен информацией между различными участниками авиационной системы – руководящим составом авиационных формирований, лётным составом, личным составом служб управления и обеспечения полётов.

Создание единой базы данных различных авиационных событий и потенциальных угроз позволяет более полно видеть картину происходящего и быстрее реагировать на новые вызовы. Такой обмен оперативной и аналитической информацией может способствовать формированию коллективного опыта и предотвращению повторения ошибок.

В тоже время, самые совершенные технические системы не могут полностью исключить влияние человеческогофактора. Поэтому развитие таких навыков как: коммуникация, лидерство, умение работать в команде является не менее важным, чем профессиональная подготовка. Управление эмерджентными процессами в безопасности полётов требует комплексного подхода: сочетания современных технологий, организационных мер, постоянного обучения персонала и развития культуры безопасности. Только так можно обеспечить устойчивость авиационной системы к влиянию внешних факторов и сохранить высокий уровень безопасности полётов в условиях постоянно усложняющихся условий авиационной среды.

Таким образом, управление эмерджентными процессами в безопасности полётов требует комплексного подхода: сочетания современных технологий, организационных мер, постоянного обучения персонала и развития культуры безопасности. Только так можно обеспечить устойчивость авиационной системы к влиянию новых опасных факторов и сохранить высокий уровень безопасности полётов.

Список литературы:

1. Горбачева Д.А. Эффективность имитационного моделирования в профессиональном образовании: развитие навыков и компетенций в безопасной среде / Д.А. Горбачева, А.Е. Кругликов // Проблемы современного педагогического образования. – 2024. – № 83-1. – С. 65–67.

2. Колосов Д.Э. Развитие сложных организационно технических систем // Современные информационные технологии : Сборник научных статей 9-й Международной научно-технической конференции. – Бургас, 2023. – С. 229–236.

3. Сидоренков В.В. Метод генерирования эмерджентности технических систем // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2006. – № 12. – С. 21.

4. Серегин С.Ф. Актуальные вопросы совершенствования системы безопасности полетов / С.Ф. Серегин, В.В. Харитонов // Проблемы безопасности полетов. – 2016. – № 10. – С. 30–48.

УДК 355.02

ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ВОЕННОЙ АВИАЦИИ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF ELECTRICITY STORAGE DEVICES IN MILITARY AVIATION

Дейкун Г.И.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Вах П.И.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Губарев К.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Воробьёв К.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Deykyn G.I.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Vakh P.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Gubarev K.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Vorobyov K.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассматриваются виды накопителей электроэнергии, применяемых в военной авиации. Рассмотрены преимущества и недостатки аккумуляторов и суперконденсаторов (ионистров), способы устранения недостатков литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов, применяемых в современной авиации.

Ключевые слова: аккумуляторы, суперконденсаторы (ионистры), литий-ионные аккумуляторы, борьба с коротким замыканием, форсирование мощности.

Abstract. This article discusses the types of energy storage devices used in military aviation. It examines the advantages and disadvantages of batteries and supercapacitors (ionisters), as well as ways to eliminate the disadvantages of lithium-ion batteries and supercapacitors used in modern aviation.

Keywords: batteries, supercapacitors (ionisters), lithium-ion batteries, short-circuit protection, power boosting.

В настоящее время одним из самых значимых вопросов авиастроения является энергоснабжение разного рода систем. Основными направлениями исследований в настоящее время стали литий-серные аккумуляторы и суперконденсаторы (ионисторы), которые позволяют выбрасывать заранее накопленную энергию мощным импульсом для таких систем как РЛС и устройства РЭБ. Сочетание таких аккумуляторов и суперконденсаторов (ионистров) позволяет увеличить объём энергии и мощность оборудования в военной авиации, что имеет огромное значение для истребительной авиации и БПЛА. Также серьёзным преимуществом подобного оборудования является повышенная стойкость к износу и, как следствие, повышенный срок эксплуатации.

Накопители энергии в военной авиации

Аккумуляторы

В военной авиации необходимость в использовании аккумуляторов трактуется необходимостью наличия мобильности техники малой независимости от наземных источников электропитания. Обратив внимание на виды применяемых аккумуляторов, становится возможно определить недостатки, необходимые к детальному рассмотрению.

Виды аккумуляторов:

– Литий-серные (Li-S) аккумуляторы: теоретическая удельная энергия в 2–3 раза выше, чем у Li-ion. Это критически важно для БПЛА и перспективной авиации.



Рисунок 1 – Твердотельные аккумуляторы

– Твердотельные аккумуляторы: главное преимущество для военных – безопасность (невозможность возгорания) и высокая удельная энергия.

– Суперконденсаторы (ионисторы). Их роль в военной авиации становится все более значимой благодаря уникальным способам их применения. При облучении РЛС противника или пуске ракеты система РЭБ должна среагировать практически мгновенно, создав мощный импульс помехи. Суперконденсаторы идеально подходят для подачи такого «импульсного» тока, не нагружая основную сеть и не просаживая напряжение.

– Активные фазированные антенные решетки (АФАР) РЛС: Современные РЛС могут одновременно сканировать несколько секторов и сопровождать десятки целей. Каждый модуль АФАР требует кратковременной мощной подпитки. Суперконденсаторы, расположенные рядом с модулями, служат буфером для этих пиковых нагрузок.

– Оружейные системы: Энергия для быстрого разворота турелей БПЛА, запуска ракет или работы систем лазерного оружия (как буферный накопитель).



Рисунок 2 – Литий-ионные аккумуляторы

Рассмотрим один из видов аккумуляторов. Литий-ионный аккумулятор состоит из электродов (катодного материала на алюминиевой фольге и анодного материала на медной фольге), разделённых пористым сепаратором, пропитанным электролитом. Пакет электродов помещён в герметичный корпус, катоды и аноды подсоединены к клеммам-токосъёмникам. Корпус иногда оснащают предохранительным клапаном, сбрасывающим внутреннее давление при аварийных ситуациях или нарушениях условий эксплуатации. Литий-ионные аккумуляторы различаются по типу используемого катодного материала. Переносчиком заряда в литий-ионном аккумуляторе является положительно заряженный ион лития, который имеет способность внедряться (интеркалироваться) в кристаллическую решётку других материалов (например, в графит, оксиды и соли металлов) с образованием химической связи, например: в графит с образованием LiC6, оксиды ($LiMnO_2$) и соли (LiMnRON) металлов.

Преимущества:

- Низкий саморазряд.
- Высокая токоотдача.
- Большое число циклов заряд-разряд.
- Не требуют обслуживания.

Недостатки:

- Огнеопасны.
- Теряют работоспособность при переразряде.
- Теряют ёмкость на холоде.

Как и в других типах аккумуляторов, разрядка в условиях низких температур приводит к снижению отдаваемой энергии, в особенности при температурах ниже 0 ºС. Так, снижение запаса отдаваемой энергии при понижении температуры от +20 ºС до +4 ºС приводит к уменьшению отдаваемой энергии на ~5–7 %, дальнейшее понижение температуры разрядки ниже 0 ºС приводит к потере отдаваемой энергии на десятки процентов. Разряд аккумулятора при температуре, не ниже указанной производителем аккумуляторов, не приводит к их деградации (преждевременному исчерпанию ресурса). Как и для других типов аккумуляторов, одним из вариантов решения проблемы являются аккумуляторы с внутренним подогревом.

Решением проблемы является использование наночастиц в составе литий-ионных батарей, которые способны увеличить емкость аккумуляторов приблизительно в 10 раз. Для этого возможно использовать кремниевые наночастицы.

Суперконденсаторы (ионистры)

В связи с тем, что толщина двойного электрического слоя (то есть расстояние между «обкладками» конденсатора) крайне мала за счёт использования электролитов, а площадь пористых материалов обкладок – колоссальна, запасённая ионистором энергия выше по сравнению с обычными конденсаторами того же размера. К тому же использование двойного электрического слоя вместо обычного диэлектрика позволяет намного увеличить площадь поверхности электрода.



Рисунок 3 – Ионистры

Преимущества:

- Большие максимальные токи зарядки и разрядки.
- Малая деградация даже после сотен тысяч циклов заряд-разряд.
- Высокое эквивалентное параллельное сопротивление у большинства ионисторов (препятствует быстрому саморазряду).
- Низкое эквивалентное последовательное сопротивление (препятствует перегреву и разрушению даже при больших рабочих токах).
- Малый вес по сравнению с электролитическими конденсаторами подобной ёмкости.
- Низкая токсичность материалов.
- Малая зависимость от окружающей температуры: могут работать как на морозе, так и на жаре.
- Большая механическая прочность: выдерживают многократные перегрузки.

Недостатки:

- Напряжение напрямую зависит от степени заряженности.
- Возможность выгорания внутренних контактов при коротком замыкании для ионисторов большой ёмкости и с малым внутренним сопротивлением.

Одним из вариантов борьбы с коротким замыканием является форсирование мощности конденсаторных установок. Данная проблема основывается на зависимости мощности конденсаторной батареи от напряжения сети.

Форсирование мощности путём автоматического переключения от звезды на треугольник в каждой фазе устраняет этот недостаток. В результате переключения изменяются как ёмкость фазы, так и напряжение, приходящее на отдельный конденсатор. Переключение со звезды на треугольник даёт трёхкратное форсирование мощности.

Также вариантом схемы переключения может быть схема треугольник – двойной треугольник. Переключение происходит при помощи замыкания вершин серединой противоположной стороны треугольника, что делает возможным форсирование мощности до четырёхкратного.

Следующий вариант схемы – это переключение группы конденсаторов в каждой фазе звезды с последовательного соединения на параллельное, что также как и в предыдущем варианте позволяет форсировать мощность в четыре раза.

Применение рассмотренных схем целесообразно при аварийных режимах работы, когда необходимо поддержание устойчивости системы, однако подобное решение имеет недостаток, который состоит в возможности перенапряжения конденсаторов в связи с длительным воздействием больших напряжений.

Заключение

В данной работе рассмотрены перспективные направления улучшения энергосистем, необходимость улучшения которых связана с повышением требований к устойчивости в экстремальных условиях выполнения боевых задач современными самолётами истребительной авиации. Было обращено внимание как на преимущества разработок, так и на их недостатки, на которые необходимо обратить внимание.

Список литературы:

1. Дейкун Г.И. Перспективные авиационные аккумуляторные батареи / Г.И. Дейкун, М.В. Мазур, В.Е. Новоселов // Актуальные вопросы развития авиационной военной науки и практики : XIII Международная научно-практическая конференция военно-научного общества, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос, Краснодар, 12–13 марта 2023 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 30–35.

2. Расчет емкости аккумуляторной батареи для выпрямительной системы электроснабжения оборудования электросвязи / Я.М. Кашин, А.А. Белов, А.Ю. Ставило [и др.] // Технические и технологические системы : Материалы девятой Международной научной конференции «ТТС-17», Краснодар, 22–24 ноября 2017 года / Кубанский государственный технологический университет, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 136–139.

3. Турчин В.А. Возможности активизации мотивации курсантов для углубленного изучения электротехники, электроники и информатики / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференции, Краснодар, 14–15 ноября 2024 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 254–259.

4. Электротехника. Электромагнитные устройства, источники и приемники электрической энергии: учебное пособие для курсантов, обучающихся по специальностям среднего профессионального образования / В.В. Энговатова [и др.]; КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – 76 с.

УДК 004.946

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТРЕНАЖНОЙ ПОДГОТОВКЕ

♦♦♦♦♦

USING AR TECHNOLOGY IN TRAINING

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

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

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Turchin V.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Kurbonov R.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Pivovarov A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются технологии дополненной реальности для повышения качества подготовки курсантов летных вузов. Особенностью такой подготовки является возможность использования в тренажной подготовке необходимой информации, наложенной «поверх» реального объекта для более полного представления и знания обучающегося об объекте.

Ключевые слова: дополненная реальность; AR, обучение; авиационный тренажер; тренажная подготовка.

Abstract. The article discusses the use of augmented reality technologies to improve the training of flight school cadets. The main feature of this training is the ability to use the necessary information in the training process, which is superimposed on the real object, to provide a more comprehensive understanding and knowledge of the object.

Keywords: augmented reality; AR, training; aviation simulator; training simulator.

В настоящее время активно интегрируется в различные сферы деятельности технология дополненной реальности (AR). Одним из первых применений дополненной реальности считается разработанная в 1992 г. Луисом Розенбергом программа VirtualFixtures, которая помогала лётчикам выполнять сложные задачи при помощи графических наложений.Однако самым популярным применением технологии AR, о котором часто забывают – это использование данной технологии в телевизионном прогнозе погоды. ДенРейтон ещё в 1982 году с помощью дополненной реальности выводил во время телепередачи карты погоды, обозначал движение воздушных масс, циклонов и антициклонов, ветров и фронтов. Это считается первым массовым использованием технологии AR.

Хотя обычно данную технологию использовали в узконаправленных отраслях – с помощью дополненной реальности упрощали понимание сложных концепций, симулировали различные движения и структуры. Но сегодня технология AR стала повсеместно использоваться практически в каждой сфере. А началось это, когда в 2010 году журнал «Time» определил AR в список технологий будущего. С этого момента началась технологическая «лихорадка» дополненной реальности, многие корпорации начали активно применять дополненную реальность. Технология AR получила развития во многих направлениях начиная от очков дополненной реальности, заканчивая играми. Так в 2016 г. вышла и обрела огромную популярность игра PokemonGO, ставшая прорывом для AR, она использовала камеру телефона и GPS для интеграции игрового интерфейса в реальный мир. Сегодня технологии дополненной реальности активно применяются в учебных процессах, занимая своё место в классах, лабораториях и на тренажерах.

Применение данной технологии положительно сказывается на понимании, усвоении и запоминании новых знаний и компетенций. Симуляции и модели меняют характер и образ учебного материала, он становится нагляднее, интерактивнее, насыщеннее и удобнее в понимании. Было проведено множество экспериментов, где рассматривали качество обучения с применением дополненной реальности и без нее. И было выявлено, что с применением данной технологии внимание и концентрация учеников была более 90 %, а усвоили материал более 85 %. В то время, как группа, изучающая учебный материал без AR, имела в двое, а где-то и втрое меньшие показатели. Многие ученые обосновывают данное повышение качества обучения за счет эффекта «присутствия».

Технология дополненной реальности не только улучшает эффективность обучения, но и дистанционно просвещает. Ярким примером служат различные туры и экскурсии. Так на нашем отечественном портале «Культура РФ» можно воспользоваться виртуальными турами и панорамами галерей, музеев, усадьб. С помощью данных экскурсий можно рассмотреть старинные сооружения, прочувствовать быт и атмосферу той или иной эпохи. Что позволяет познакомиться с нашим культурным наследием прямо из дома.

Также стоит упомянуть применение AR в области изучение иностранных языков. Где с помощью симуляции той или иной жизненной ситуации, обучающийся с легкостью может адаптировать свои знания и получить новые. Также анализ произношения позволит отточить свою орфоэпию.

Помимо этого, «Увлекательная реальность» придает интерактивности и «оживляет» учебники. Данное мобильное приложение использует страницы учебников, как маркеры для создания 3D-модели и запуска симуляции.

Технологии дополненной реальности могут быть полезны в обучении. Актуальным направлением активной интеграции AR может стать авиационная сфера. А именно обучение будущих пилотов с помощью данной технологии, поможет повысить их профессионализм. А так как одним из основных факторов безопасности полетов является уровень подготовленности лётчика, то вопрос повышения эффективности обучения лётного состава является актуальным. Удивительно, но ошибки ведения радиообмена и недопонимание диспетчера и пилотов приводят ко многим авариям и инцидентам.

Так, по статистике ИКАО за крайние 45 лет погибло около 2 тыс. человек. Произошли 81 происшествия и 14,5 тысяч инцидентов. Ниже приведена таблица событий и сопутствующих факторов согласно исследования EUROCONTROL:

Таблица 1 – Нарушение в радиообмене

СОБЫТИЕ	СОПУТСТВУЮЩИЕ ФАКТОРЫ
СОЗВУЧНЫЙ ПОЗЫВНОЙ	Акцент авиадиспетчера (34 %), скорость передачи авиадиспетчера (28 %), отвлеченность пилота (22 %), ожидания пилота (25 %), усталость пилота (20 %)
ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТЫ	Акцент авиадиспетчера (51 %), скорость передачи авиадиспетчера (42 %), отвлеченность пилота (22 %), ожидания пилота (25 %), усталость пилота (20 %)
НЕСТАНДАРТНАЯ ФРАЗЕОЛОГИЯ	Применение авиадиспетчерами (64 %) и пилотами (41 %) нестандартной фразеологии радиообмена, акцент авиадиспетчера (49 %), проблемы с языком (46 %), двусмысленная фразеология (41 %)
ЗАБИТАЯ ЧАСТОТА	Загруженность канала радиосвязи (63 %), нагрузка на авиадиспетчера (33 %), несвоевременные радиопередачи (27 %), нагрузка на пилота (22 %), длинные сообщения (20 %)

Существует множество правил и требований ведения радиообмена, различных типовых фраз, которые проверены годами. Поэтому молодому пилоту требуется иметь заранее привитый навык радиообмена, чтобы не тратить время на осмысление и обдумывание запроса или ответа. Поэтому не мало важным будет развитие навыка радиообмена.

С радиообменом курсанты лётных образовательных учреждений знакомятся во время прохождения предтренажной и тренажной подготовки, однако помимо ведения радиообмена обучающиеся знакомятся с техникой пилотирования, процедурами запуска двигателей и проверки систем воздушного судна. Переход после теоретической подготовки к полноценному тренажеру не всем обучающимся даётся легко, у большинства

возникают трудности с распределением внимания, контролем за выдерживанием режима и профиля полета во время ведения радиообмена.

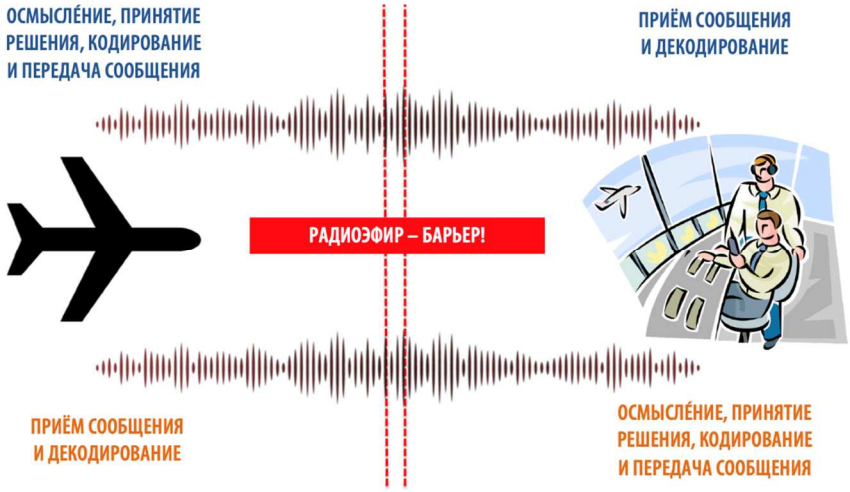


Рисунок 1 – Схема радиообмена

В связи с этим применение технологий дополненной реальности в процессе обучения курсантов лётных образовательных учреждений может значительно упростить переход курсантов с теоретической подготовки к тренажной. AR технологии смогут на первых этапах дополнять необходимые пилоту знания, визуализируя их перед глазами, что значительно облегчит прохождение тренажной подготовки. Также учитывая, что большая часть информации усваивается через зрительные каналы, то с помощью дополненной реальности будет задействована зрительная память, что эффективнее закрепит полученные знания.

Поэтому интегрирование технологии AR в авиационный тренажер положительно скажется на подготовке пилотов. Кроме того, эффективным будет использованием очков дополненной реальности во время полёта на тренажере. Очки будут выводить подсказки по радиообмену на данном этапе полёта. Главным требованием к визуализации информации является её расположение относительно кабины самолёта, чтобы подсказка не стала мешать и ухудшать пилотирование тренажёром. В связи с этим расположение информации, выводимой очками, не должно совпадать с приборами, органами управления, и кабины в целом. Наиболее удачным будет расположение на фонаре и в области прямой видимости, но желательно немного в стороне, чтобы не мешать определению и нахождению ориентиров в полёте. Визуализация подсказок должна помогать и быть читабельной, но не привлекать внимание, чтобы не вызывать отвлечение от выдерживания режима полёта и контроля за системами воздушного судна.

Главная задача дополненной реальности – добавить контекстную информацию к реальному объекту или пространственному месту. В отличие от виртуальной реальности, в ней не создаётся симуляция реальности. Вместо этого берётся реальный объект или место в качестве подложки и поверх накладывается необходимая информация для того, чтобы расширить представления и знания пользователя об объекте.

Актуальность интегрирования технологии дополненной реальности подтверждена. Данная технология повысит эффективность обучения на тренажере, что сократит количество занятий на нём. Также она поможет закрепить теоретические знания, упростить переход от теории к тренажной подготовке. Обучающийся сможет больше уделять внимание на совершенствование технике пилотирования и закреплению проведения процедур проверок и запуска воздушного судна.

Список литературы:

1. Голяков П.Э. Иммерсивные технологии в подготовке будущих офицеров к профессиональному взаимодействию в процессе управления воздушным движением // Мировые научные дискуссии в эпоху цифровизации: от теории к практике: Материалы

XVI Международной научно-практической конференции, Рязань, 29 декабря 2023 года. – Рязань : ООО "Издательство "Концепция", 2023. – С. 68–70.

2. Голяков П.Э. Педагогические условия подготовки будущих офицеров к профессиональному взаимодействию в процессе управления воздушным движением // Педагогический журнал. – 2023. – Т. 13. – № 11-1. – С. 780–786. – DOI : 10.34670/AR.2023.94.41.115 (дата обращения: 29.11.2025).

3. Голубкина М.В. Особенности использования инновационных технологий на практических занятиях в вузе / М.В. Голубкина, Л.Г. Козак // XV международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : Сборник научных статей конференции, Краснодар, 15–16 апреля 2025 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – С. 329–332.

4. Дейкун Д.Г. Внедрение информационных технологий – новые возможности для обучения в вузах / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского : Сборник научных статей XIV Международной научно-практической конференции, Краснодар, 08–09 ноября 2023 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 178-182.

5. Дейкун Д.Г. Возможности использования технологии дополненной реальности в авиации / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин, Р.С. Курбонов // Актуальные вопросы развития авиационной науки и техники : Сборник материалов XV Международной научно-практической конференции военно-научного общества, Краснодар, 04–07 февраля 2025 года. – Краснодар : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2025. – С. 179–182.

6. Зыбин Е.Ю. Особенности и перспективы использования AR-устройств для задач гражданской авиации / Е.Ю. Зыбин, М.А. Леликов, Ю.С. Калюжный // HOLOEXPO 2023 : тезисы докладов 20-й международной конференции по голографии и прикладным оптическим технологиям, Сочи, 12–15 сентября 2023 года. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянов. – С. 166–170.

7. Использование систем дополненной реальности в авиации с целью повышения безопасности полетов / Р. Р. Муксимова, Г. В. Коваленко, И. С. Муравьев [и др.] // Актуальные проблемы защиты и безопасности : Труды XXII Всероссийской научно-практической конференции РАРАН, Санкт-Петербург, 01–04 апреля 2019 года. Том 2. – СПб. : Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2019. – С. 234–240.

8. Крайнова Е.А. Особенности использования информационных технологий интерактивного обучения в военном вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2018. – № 3(192). – С. 115–120. – DOI : 10.23951/1609-624X-2018-3-115-120 (дата обращения: 29.11.2025).

9. Крайнова Е.А. Перспективы применения технологий виртуальной реальности / Е.А. Крайнова, Н.С. Першин, О.И. Савина // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики : Материалы XXI Международной научно-практической конференции, Тольятти, 17–18 апреля 2025 года. – Тольятти : Волжский университет имени В.Н. Татищева (институт), 2025. – С. 99–104.

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022662469 Российская Федерация. Программа для визуализации работы многофункционального цифрового индикатора самолета DA42-T : № 2022661410 : заявл. 21.06.2022 :опубл. 04.07.2022 / Д.Г. Дейкун, Н.В. Харчевский ; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова».

11. Электротехника. Электромагнитные устройства, источники и приемники электрической энергии: учебное пособие для курсантов, обучающихся по специальностям среднего профессионального образования / В.В. Энговатова [и др.]; КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – 76 с.

УДК 629

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ. АНАЛИЗ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF ELECTRIC ENERGY CONVERTERS IN THE STATE AVIATION OF THE RUSSIAN FEDERATION. ANALYSIS AND DEVELOPMENT TRENDS

Короткевич А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
aleksei_korotkevich@mail.ru

Закиров Р.И.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сулейманов А.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу роли и значения преобразователей электрической энергии в авиационных системах Российской Федерации. В работе рассматриваются современные технологии преобразования энергии, их классификация, принципы работы, а также текущие достижения и проблемы в этой области. Особое внимание уделяется интеграции преобразователей в авиационные системы, их влиянию на энергоэффективность и эксплуатационные характеристики воздушных судов.

Ключевые слова: преобразователи электрической энергии, автоматизированные системы управления энергией, инверторы, проблемы перегрева и охлаждения преобразователей, оптимизация веса, самолеты.

Korotkevich A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
aleksei_korotkevich@mail.ru

Zakirov R.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Suleymanov A.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is devoted to the analysis of the role and significance of electric energy converters in aviation systems of the Russian Federation. The work examines modern technologies of energy conversion, their classification, principles of operation, as well as current achievements and problems in this area. Special attention is paid to the integration of converters into aviation systems, their influence on energy efficiency and operational characteristics of aircraft.

Keywords: electrical energy converters, automated energy management systems, inverters, problems of overheating and cooling of converters, optimizing weight, aircrafts.

Современная авиационная отрасль Российской Федерации переживает этап глубокой технологической модернизации, где ключевым аспектом становится повышение энергоэффективности и надежности авиационных комплексов. В условиях ужесточения экологических стандартов и роста требований к эксплуатационной экономичности преобразователи электрической энергии (ПЭ) выходят на передний план как критически важные элементы бортовых систем. Эти устройства, обеспечивающие преобразование, стабилизацию и распределение электроэнергии на борту воздушных судов, напрямую влияют на боевую эффективность, дальность полета и общую жизнеспособность авиационной техники. Актуальность темы подчеркивается активной программой перевооружения и интеграцией новых образцов авиатехники, таких как Су-57 и Ту-160М, чья усовершенствованная авионика и системы вооружения предъявляют исключительные требования к качеству и надежности электропитания.

Целью данного исследования является комплексный анализ текущего состояния, проблем и перспектив применения преобразователей электрической энергии в контексте государственной авиации России. В задачи работы входит: классификация и оценка существующих технологий ПЭ, выявление эксплуатационных и экономических барьеров для их внедрения, анализ успешных кейсов интеграции и формулировка научно-обоснованных прогнозов и рекомендаций по развитию данного направления. Методологическую основу работы составили анализ научных публикаций, технической документа-

ции и отчетов профильных НИИ, что позволило сформировать целостное представление о предметной области.

Авиационный парк государственной авиации России, насчитывающий порядка 3500 единиц техники, демонстрирует устойчивую тенденцию к омоложению и технологическому обновлению. Статистика последних лет указывает на модернизацию более 15 % парка, в рамках которой ключевое внимание уделяется электросистемам. Это не случайно, поскольку современные боевые и транспортные самолеты превратились в летающие компьютерные центры, где доля электрической энергии в общем энергобалансе непрерывно растет. Системы управления полетом, РЛС с АФАР, комплексы РЭБ и средства связи требуют стабильного, качественного и надежного электропитания, обеспечить которое призваны преобразователи энергии.

Фундаментальный принцип работы любых ПЭ базируется на законах электромагнитной индукции, однако технологический прорыв последнего десятилетия связан с широким внедрением силовой полупроводниковой электроники. Традиционные электромеханические агрегаты уступают место компактным и высокооборотистым устройствам на основе IGBT-транзисторов и, все чаще, широкозонных полупроводников – карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN).

Ключевыми классами ПЭ, применяемыми в авиации, являются:

– Инверторы (DC-AC), преобразующие постоянный ток бортовой сети в переменный для питания критически важной авионики.

– Выпрямители (AC-DC), решающие обратную задачу, например, для зарядки аккумуляторов.

– Преобразователи постоянного тока (DC-DC), обеспечивающие согласование уровней напряжения между различными бортовыми системами.

– Преобразователи частоты, используемые для управления скоростью вращения электродвигателей в системах кондиционирования, топливоподачи и др.

Эффективность современных авиационных ПЭ достигла впечатляющих показателей в 95–98 %, что позволяет минимизировать потери драгоценной энергии, вырабатываемой генераторами, и снижать тепловую нагрузку на системы охлаждения. Российские разработки в этой области, представленные компаниями-интеграторами, такими как НТЦ «АКТОР», успешно конкурируют с зарубежными аналогами и активно внедряются в проекты самолетов семейства Sukhoi Superjet и новой военной авиатехники.

Несмотря на значительный технологический прогресс, широкомасштабное внедрение современных преобразователей энергии в государственной авиации сталкивается с комплексом взаимосвязанных проблем.

«Технические вызовы» остаются наиболее острыми. Высокая удельная мощность ПЭ в условиях ограниченного воздушного охлаждения приводит к рискам перегрева и термического разрушения компонентов. Это вынуждает конструкторов идти на компромисс, внедряя громоздкие и тяжелые системы жидкостного охлаждения, что нивелирует выгоды от самой миниатюризации ПЭ. Другой критический фактор – эксплуатация в экстремальных условиях. На больших высотах при низких температурах эффективность полупроводниковых элементов может падать, а наличие вибрационных и ударных нагрузок предъявляет повышенные требования к стойкости паяных соединений и целостности корпусов. Существенной проблемой является и электромагнитная совместимость (ЭМС), поскольку мощные импульсные преобразователи сами являются источниками помех, способными нарушить работу чувствительной радиоэлектронной аппаратуры.

«Экономические и производственные барьеры» не менее значимы. Высокая стоимость сырья и сложность технологических процессов производства SiC- и GaN-компонентов делают конечные продукты дорогостоящими. Стоимость современной системы преобразования может достигать 15 % от общей стоимости бортовой энергосистемы, что создает серьезное бюджетное давление в рамках программ закупки и модернизации авиатехники. Кроме того, сохраняется зависимость от импорта отдельных категорий электронных компонентов, что создает риски в условиях санкционного давления. Логистика технического обслуживания и ремонта сложных ПЭ в удаленных авиационных гарнизонах также сопряжена с высокими затратами и длительными простоями техники.

«Операционно-эксплуатационные сложности» включают в себя дефицит высококвалифицированного персонала, способного обслуживать и диагностировать сложную

электронную аппаратуру в полевых условиях. Интеграция новых ПЭ в устоявшиеся регламенты технического обслуживания требует переобучения инженерно-технического состава и зачастую – приобретения дорогостоящего диагностического оборудования. Все это замедляет темпы внедрения и повышает «стоимость владения» на начальном этапе жизненного цикла системы.

Ответом на существующие вызовы становятся инновационные разработки, определяющие облик авиационных энергосистем ближайшего будущего. Перспективные векторы развития и стратегические ориентиры:

«Материаловедческий прорыв» является основой для следующего поколения ПЭ. Широкозонные полупроводники (SiC, GaN) позволяют не только повысить КПД, но и работать на значительно более высоких частотах коммутации. Это, в свою очередь, ведет к резкому уменьшению габаритов и массы пассивных компонентов – дросселей и конденсаторов.

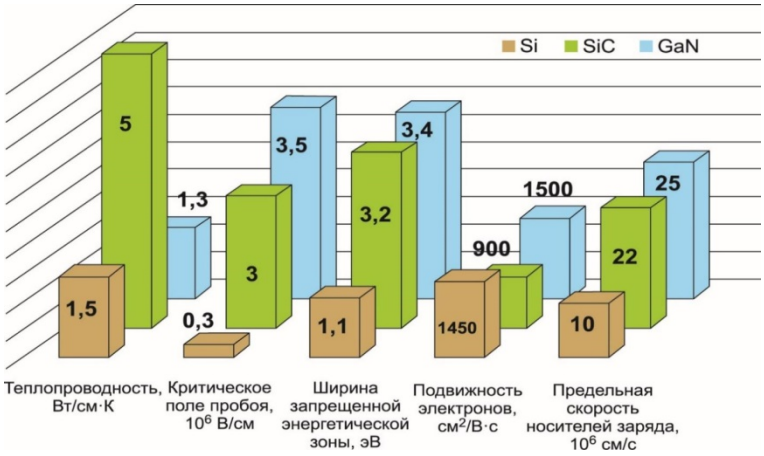


Рисунок 1 – Сравнение характеристик карбида кремния (SiC) и нитрида галлия (GaN) с кремнием (Si)

Перспективным направлением являются исследования в области применения высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), способных в долгосрочной перспективе революционно снизить потери в силовых цепях.



Рисунок 2 – ВТСП кабель

«Архитектурная и системная интеграция» – второй ключевой тренд. Вместо разрозненных блоков преобразователей происходит переход к интегрированным модульным энергоузлам. Эти «электрические стойки» объединяют в одном корпусе функции преобразования, распределения, защиты и мониторинга энергии, что резко повышает надежность, упрощает монтаж и обслуживание. Развитие концепции «Более Электрического Самолета» (More Electric Aircraft – MEA) и, в перспективе, «Полностью Электрического Самолета» (All Electric Aircraft – AEA) предполагает перевод на электрическую тягу всех второстепенных систем (гидравлики, пневматики), что многократно увеличивает роль интеллектуальных ПЭ.

«Цифровизация и интеллектуализация» пронизывает все уровни. Внедрение цифровых сигнальных процессоров (DSP) и технологий искусственного интеллекта (ИИ)

позволяет создавать адаптивные системы управления. Такие ПЭ могут в реальном времени анализировать нагрузку, температурный режим и состояние сети, динамически подстраивая алгоритмы работы для максимизации эффективности и прогнозирования потенциальных отказов (предиктивная аналитика). Это переводит техническое обслуживание на принцип «по состоянию», сокращая неплановые простои.

Ожидается, что к 2030 году благодаря этим решениям удастся создать преобразователи с массогабаритными показателями на 25–30 % лучше существующих при одновременном повышении надежности на 15–20 %. Реализация масштабных проектов, таких как «Гиперзвук» и «Двигатель-2020», будет в значительной степени опираться на успехи в области авиационной электроэнергетики.

Проведенный анализ однозначно свидетельствует о том, что преобразователи электрической энергии перестали быть вспомогательным оборудованием, превратившись в стратегический актив и ключевой фактор конкурентоспособности государственной авиации России. Их развитие напрямую коррелирует с основными эксплуатационными характеристиками воздушных судов: дальностью, маневренностью, живучестью и стоимостью жизненного цикла. В качестве стратегических рекомендаций для ускоренного развития данного направления можно предложить:

– Консолидация научно-технического задела. Необходимо усилить кооперацию между академическими институтами (РАН), отраслевыми НИИ (ЦИАМ, ГосНИИАС) и промышленными предприятиями. Приоритет следует отдать сквозным проектам по созданию отечественной элементной базы, включая SiC- и GaN-гетероструктуры.

– Стандартизация и унификация. Разработка и внедрение единых стандартов на архитектуру, интерфейсы и протоколы обмена данными для бортовых систем электропитания позволит снизить расходы и упростить интеграцию аппаратуры от разных производителей.

– Инвестиции в человеческий капитал. Требуется модернизация образовательных программ в вузах и системы переподготовки инженерно-технического персонала ВКС с акцентом на силовую электронику, моделирование и диагностику сложных систем.

– Стимулирование опытного производства. Создание пилотных линий и центров коллективного пользования для апробации и доводки новых образцов ПЭ ускорит их вывод на рынок и внедрение в серийные изделия.

Реализация этих мер позволит не только устранить существующие технологические разрывы, но и создать прочный задел для достижения лидерских позиций в области авиационной электроэнергетики, что является непременным условием сохранения суверенитета и обороноспособности страны в XXI веке.

Список литературы:

1. Верхулевский К.А. Перспективы применения широкозонных полупроводников в системах электропитания летательных аппаратов // Авиакосмическое приборостроение. – 2021. – № 5. – С. 15–23.

2. Гарганеев А.Г. Интегрированные модульные энергоузлы перспективных авиационных комплексов / А.Г. Гарганеев, С.А. Харитонов // Электротехника. – 2022. – № 8. – С. 3–9.

3. Дмитриев М.В. Тенденции развития силовой электроники для более электрического самолета / М.В. Дмитриев, А.С. Петров // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2023. – № 2 (155). – С. 25–38.

4. Кондряков А.Д. Электрические силовые установки летательных аппаратов: современное состояние и перспективы развития / А.Д. Кондряков, М.К. Леонтьев // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 49–61.

5. Кружалов А.И. Методы повышения энергоэффективности бортовых систем электропитания // Труды ЦАГИ. – 2022. – Т. 43. – № 5. – С. 87–95.

6. Орлов В.П. Направления развития авиационной электроэнергетики в Российской Федерации на период до 2035 года // Авиационная промышленность. – 2023. – № 1. – С. 12–18.

7. Постников С.Е. Адаптивные системы управления преобразователями электрической энергии летательных аппаратов / С.Е. Постников, А.А. Трофимов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2021. – Т. 64. – № 4. – С. 291–299.

8. Сидоров П.А. Тепловые режимы работы силовых преобразователей в условиях высотных полетов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2022. – Т. 22. – № 4. – С. 712–719.

9. Соколов О.А. Цифровые двойники в проектировании систем электропитания авиационной техники / О.А. Соколов, Д.М. Карташова // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2023. – № 3 (187). – С. 45–52.

10. Федоров Р.Н. Электромагнитная совместимость импульсных преобразователей в авиационных системах // Радиотехника и электроника. – 2021. – Т. 66. – № 11. – С. 1123–1130.

11. Шишкин А.В. Карбидкремниевые преобразователи частоты для систем общесамолетного оборудования // Авиационные материалы и технологии. – 2023. – № 2 (67). – С. 78–85.

12. Яковлев Д.С. Перспективы применения технологий искусственного интеллекта для управления энергосистемами летательных аппаратов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2022. – № 4. – С. 34–42.

13. Стратегия развития авиационной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL : https://minpromtorg.gov.ru/docs/ (дата обращения: 20.05.2024).

14. Отчет о реализации проекта «Электрический самолет» в рамках программы «Национальная технологическая инициатива» [Электронный ресурс]. – URL : https://nti2035.ru/avia/ (дата обращения: 20.05.2024).

15. Международные стандарты в области авиационной электроники DO-160 и EUROCAE ED-14 [Электронный ресурс]. – URL : https://www.aviation-standards.ru/ (дата обращения: 20.05.2024).

УДК 53.08

МИРОВОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИ

♦♦♦♦♦

GLOBAL SPREAD OF THE INTERNATIONAL SYSTEM OF UNITS. PRINCIPLES OF CONSTRUCTING THE SI

Куликова Т.А.
кандидат химических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
takulikova@list.ru

Куликов М.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
mvkulikov@list.ru

Куликова Н.М.
Краснодарское высшее военное училище
nakulikova@list.ru

Kulikova T.A.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
takulikova@list.ru

Kulikov M.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
mvkulikov@list.ru

Kulikova N.A.
Krasnodar Higher Military University
of name General of Army
S.M. Shtemenko
nakulikova@list.ru

Аннотация. В статье рассматриваются предпосылки создания «Международной системы единиц», которая получила широкое международное признание и распространение.

Авторы отмечают, что с 1970 года в СССР происходит широкое освоение совокупности единиц Международной системы в различных отраслях народного хозяйства, в практике преподавания и издательской деятельности, при подготовке и выпуске государственных стандартов и других нормативно-технических документов. Однако фактически унификация единиц физических величин на основе принципов, по которым построена Международная система единиц, началась в Советском Союзе с 1955 г.

В статье делается акцент на то, что Международная система единиц образована по принятой в физике методике построения систем единиц, которая была впервые применена в 1832 г. немецким ученым К. Гауссом.

Далее анализируется развитие СИ, ее актуализация и адаптация к меняющимся условиям мира с учетом развития различных направлений науки, техники и технологий, различных отраслей промышленности и сельского хозяйства.

В заключение отмечается, что Международная система единиц широко применяется в повседневной жизни, науке и технике по всему миру, являясь современным вариантом метрической системы.

Ключевые слова: Международная система единиц, унификация единиц величин, основные единицы величин, производные единицы величин, радиан, стерадиан, когерентность системы единиц.

Abstract. This article examines the prerequisites for the creation of the International System of Units, which has gained widespread international recognition and adoption.

The authors note that since 1970, the USSR has been widely adopting the International System of Units across various sectors of the national economy, including teaching and publishing, and the preparation and issuance of state standards and other regulatory and technical documents. However, the actual unification of units of physical quantities based on the principles of the International System of Units began in the Soviet Union in 1955.

The article emphasizes that the International System of Units is based on the accepted methodology for constructing systems of units in physics, first applied in 1832 by the German scientist Karl Gauss.

The article then analyzes the development of the SI, its updating, and adaptation to changing global conditions, taking into account the development of various fields of science, engineering, and technology, as well as various sectors of industry and agriculture.

In conclusion, it is noted that the International System of Units is widely used in everyday life, science, and engineering worldwide, representing a modern version of the metric system.

Keywords: International system of units, unification of units of measurement, base units of measurement, derived units of measurement, radian, steradian, coherence of the system of units.

В октябре 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам утвердила представленный ей проект единой системы единиц с наименованием «Международная система единиц», сокращенным обозначением «SI» (от начальных букв Systeme International).

Потребность в единой Международной системе единиц была настолько велика, а преимущества ее настолько убедительны, что эта система за короткое время получила широкое международное признание и распространение. Большинство крупных стран мира довольно быстро ввели единицы Международной системы для практического применения. Многие развивающиеся страны приняли единицы СИ вместе с принятием метрической системы.

Советом Экономической Взаимопомощи (СЭВ) социалистических стран была разработана Рекомендация СЭВ «Метрология. Порядок и методы перехода на Международную систему единиц (СИ). Общие рекомендации» (РС 3472-74). Данная рекомендация устанавливала общие указания о порядке и методах перехода во всех документах СЭВ и в странах – членах СЭВ на единицы Международной системы (СИ), помещенные в методических указаниях по стандартизации МС 6–73 «Международная система единиц (СИ)».

В 1978 г. принят стандарт СТ СЭВ 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин», которым предусмотрено обязательное в рамках Конвенции о применении стандартов СЭВ применение единиц Международной системы (СИ).

Принятие Международной системы единиц многими странами создало стимулы для ряда стран, где ранее сохранялись национальные единицы, принять решения о переходе на метрическую систему (Австралия, Англия, Канада):

В 1975 г. Конгресс Соединенных Штатов Америки принял решение об осуществлении в течение 10 лет основного комплекса мероприятий по введению в стране метрической системы единиц, практически полностью совпадающей с единицами СИ. При этом следует отметить, что за год до этого, в 1974 г., Конгресс проголосовал за ассигнование 40 миллионов долларов на четыре года для изучения СИ во всех школьных учреждениях.

Многие американские ведущие фирмы, корпорации и даже целые отрасли промышленности начали проводить активную работу по введению единиц СИ значительно раньше, не дожидаясь правительственных решений.

Характерным является принятие СИ всеми международными организациями.

Международная организация по стандартизации (ИСО) приняла в своих международных стандартах на единицы (МС ИСО 31) Международную систему единиц.

Международная организация законодательной метрологии рекомендовала государствам – членам организации ввести Международную систему единиц в законодательном порядке и градуировать в единицах СИ все измерительные приборы. Организация Объединенных Наций по образованию, науке и культуре (ЮНЕСКО) призвала все страны – члены организации принять Международную систему единиц.

Международная система единиц (СИ) вошла в рекомендации по единицам Международного союза чистой и прикладной физики, Международной электротехнической комиссии, Международного газового союза и других международных организаций.

В СССР первая публикация, посвященная Международной системе единиц, принятой в октябре 1956 г. Международным комитетом мер и весов на основе полномочий, полученных им от IX Генеральной конференции по мерам и весам, имела место в конце 1956 г. в журнале «Измерительная техника».

Однако фактически унификация единиц физических величин в СССР на основе принципов, по которым построена Международная система единиц, началась с 1955 г., когда Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР были утверждены стандарты на единицы физических величин (в 1955 г. на механические единицы, в 1956 г. на электрические и магнитные и на световые единицы, в 1957 г. на тепловые единицы, в 1958 г. на акустические единицы и на единицы рентгеновского и гамма-излучений и радиоактивности). Этими стандартами предусматривалось преимущественное применение единиц систем МКС, МКСА, МСС и МКСГ, вошедших в качестве составных частей в СИ для соответствующих областей измерений.

В 1961 г. в СССР был утвержден ГОСТ 9867-61 «Международная система единиц», которым устанавливалось предпочтительное применение единиц СИ во всех областях науки, техники и народного хозяйства и при преподавании.

К моменту введения в действие этого стандарта (а оно было определено сроком 1 января 1963 г.) в большинстве научно-технических журналов СССР были опубликованы статьи, посвященные единой Международной системе единиц (СИ).

В 1964 г. во ВНИИМ была начата разработка единого государственного стандарта на единицы физических величин, предназначенного заменить ГОСТ 9867-61 и семь других государственных стандартов на единицы для отдельных областей измерений. В основу этого стандарта положена Международная система единиц (СИ).

Первая редакция проекта стандарта в 1967 г. была разослана на отзыв. С учетом полученных отзывов (более 700) и широкого обсуждения с привлечением научно-технической общественности была составлена вторая редакция проекта стандарта, которая рассматривалась в августе 1969 г. на заседании коллегии Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР. В результате этого рассмотрения было принято решение опубликовать вторую редакцию проекта стандарта и рекомендовать ее к практическому применению с тем, чтобы учесть соответствующий опыт при утверждении стандарта.

В 1970 г. проект стандарта «Единицы физических величин» был издан массовым тиражом, и основные положения его были опубликованы в большинстве научно-технических и производственно-технических журналов и других изданиях.

С этого времени происходит более широкое освоение совокупности единиц Международной системы в различных отраслях народного хозяйства, в практике преподавания и издательской деятельности, при подготовке и выпуске государственных стандартов и других нормативно-технических документов.

На основе учета первого периода внедрения в практику проекта стандарта и результатов его широкого обсуждения в 1973 г. была опубликована последняя редакция проекта стандарта.

Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 25 июня 1979 г. утвержден руководящий нормативный документ РД 50-160-79 «Методические указания. Внедрение и применение СТ СЭВ 1052–78 «Метрология. Единицы физических величин», одним из первых положений которого установлено: СТ СЭВ 1052-78 «Метрология. Единицы физических величин», утвержденный в июне 1978 г. на 43-м заседании Постоянной Комиссии СЭВ по стандартизации, введен в действие в качестве государственного стандарта СССР Постановлением Госстандарта от 6 апреля 1979 г. № 113 со сроком начала применения в договорно-правовых отношениях по сотрудничеству и в народном хозяйстве с 1 января 1980 г.

Международная система единиц образована по принятой в физике методике построения систем единиц.

Эта методика, впервые примененная в 1832 г. немецким ученым К. Гауссом, заключается в том, что за основу системы принимают несколько независимых друг от друга основных единиц, из которых в качестве производных выводят единицы остальных физических величин. Производные единицы определяют на основании физических формул (определяющих уравнений), связывающих между собою физические величины. Такая совокупность выбранных основных и образованных с их помощью производных единиц для одной или нескольких областей измерений получила наименование системы единиц.

К. Гаусс по предложенной им методике построил систему единиц, где за основу принял единицы длины, массы и времени, и назвал ее абсолютной системой (основными единицами Гаусс выбрал миллиметр, миллиграмм и секунду).

Следует иметь в виду, что наименование «абсолютная» система является условным и какие-либо правила, по которым тот или иной комплекс единиц выбирается в качестве основных, нельзя обосновать теоретически. Единственным критерием при выборе основных единиц могут быть лишь эффективность и целесообразность использования данной системы. Для практических же целей измерения в качестве основных единиц следует выбирать такие, которые можно воспроизвести с наибольшей точностью.

Учитывая необходимость охвата Международной системой единиц всех областей науки и техники, в ней в качестве основных выбраны семь единиц. В механике такими являются единицы длины, массы и времени, в электричестве добавляется единица силы электрического тока, в теплоте – единица термодинамической температуры, в оптике – единица силы света, в молекулярной физике, термодинамике и химии – еди-

ница количества вещества. Эти семь единиц – соответственно: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела и моль – и выбраны в качестве основных единиц СИ.

Основные единицы Международной системы имеют удобные для практических целей размеры и широко применяются в соответствующих областях измерений.

Международная система единиц содержала до 1995 года также две дополнительные единицы: для плоского угла – радиан и для телесного угла – стерадиан. Угловые единицы не могли быть введены в число основных, так как это вызвало бы затруднение в трактовке размерностей величин, связанных с вращением (дуги окружности, площади круга, работы пары сил и т.д.). Вместе с тем считалось, что угловые единицы нельзя считать и производными, так как они не зависят от выбора основных единиц. Действительно, при любых единицах длины размеры радиана и стерадиана остаются неизменными. Радиан и стерадиан были исключены из класса дополнительных единиц СИ в 1995 году XX Генеральной конференцией по мерам и весам. С тех пор они считаются безразмерными производными единицами СИ.

Из семи основных единиц в качестве производных выводят единицы для измерений физических величин во всех областях науки и техники.

Важным принципом, который соблюден в Международной системе единиц, является ее когерентность (согласованность). Так, выбор основных единиц системы обеспечил полную согласованность механических и электрических единиц. Например, ватт – единица механической мощности (равный джоулю в секунду) равняется мощности, выделяемой электрическим током силой 1 ампер при напряжении 1 вольт.

В СИ, подобно другим когерентным системам единиц, коэффициенты пропорциональности в физических уравнениях, определяющих производные единицы, равны безразмерной единице.

Когерентные производные единицы Международной системы образуются с помощью простейших уравнений связи между величинами (определяющих уравнений), в которых величины приняты равными единицам СИ.

Таким образом, Международная система единиц широко применяется в повседневной жизни, науке и технике по всему миру, являясь современным вариантом метрической системы благодаря своим достоинствам. Среди них: универсальность – охват всех областей науки, техники и производства; унификация единиц величин для всех видов измерений; удобные по размеру для практического применения основные и производные единицы; когерентность системы – все производные единицы системы получают из уравнений связи между величинами; высокая точность воспроизведения единиц; возможность образования новых единиц; широкое распространение в практике. Международная система единиц обеспечивает универсальность измерений в различных областях, от бытовых задач до сложных научных исследований. СИ является стандартом для научных расчетов и технических разработок, поскольку обеспечивает согласованность и унификацию единиц измерения, что архи важно для международного сотрудничества и точности измерений. На международном уровне единицы СИ используются для стандартизации продукции и облегчения торговли между странами.

Список литературы:

1. Анализ и характеристика метрологической инфраструктуры Российской Федерации / Т.А. Куликова, С.Е. Чабров, В.А. Коссой [и др.] // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 77–83.

2. Ключевые аспекты развития системы обеспечения единства измерений в России / Т.А. Куликова, С.Е. Чабров, А.В. Борисов [и др.] // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 218–222.

3. Косимов Д.У., Куликова Т.А., Куликов М.В. Реформа организации воздушного движения в России. Новые единицы измерения // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А.

Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 344–346.

4. Куликова Т.А., Куликов М.В., Чабров С.Е. Актуальные вопросы военной метрологии // XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 99–102.

5. Куликова Т.А., Куликов М.В., Чабров С.Е. Проблемы точности измерений физических параметров авиационными приборами // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 268–272.

6. Куликова Т.А., Куликов М.В., Соколкин Р.Э. Реформа системы СИ – уже реальность // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 157–161.

7. Куликова Т.А., Куликов М.В. Стандартизация в Российской Федерации. Законы и порядок // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 128. – С. 354–363.

8. Таскин С.А., Куликова Т.А., Куликов М.В. Роль измерений в обеспечении эффективной эксплуатации современных вооружений и военной техники // XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 240–245.

9. Чабров С.Е, Куликова Т.А. Перспективы и тенденции развития метрологического обеспечения в России // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 247–250.

10. Чабров С.Е., Куликова Т.А. Подходы к метрологическому и физическому анализу связи фундаментальных физических констант и основных единиц СИ // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 230–232.

УДК 629.73

СКОРОСТНОЙ, СКОРОПОДЪЕМНЫЙ, СКОРОСТРЕЛЬНЫЙ – ПРАДЕДУШКА «ГРАЧЕЙ»

♦♦♦♦♦

HIGH-SPEED, RAPID-CLIMBING, RAPID-FIRING – GREAT GRAND OF «ROOKS»

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о создании и боевом применении самолета СССР, одного из первых самолетов-штурмовиков ВВС Красной Армии.

Ключевые слова: самолет, разведчик, мотор, якорь, пушки, бомбы, экипаж, испытатель, летчик, бомбардировщик, атака эскадрилья, удар, винт.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article describe the creation and combat use of the USSR, aircraft, one of the first attack of the Red Army on Air Force.

Keywords: aircraft, scout, motor, anchor, machine guns, bombs, crew, test-pilot, pilot, bomber, attack, squadron, strike, propeller.

Идея создания самолёта-штурмовика появилась в годы Первой Мировой войны, когда авиация из вспомогательного стала самостоятельным видом войск. Война разделила самолёты на истребители, бомбардировщики, разведчики. У каждого рода авиации была своя специфика выполнения боевых задач. Фронтовой опыт показал, что бомбардировка целей, не всегда приводит к желаемому результату, особенно если это небольшие, точечные, маневрирующие, объекты, а по бомбардировщику ведется ответный огонь с земли. Отсюда появилась идея устанавливать на самолеты истребители и разведчики подкрыльевые пулеметы. Залп 6-ти или 8-ми пулеметов точно и кучно поражает цель. Летчик, атакуя цель может маневрируя переносить огонь, с заданной цели по зенитным средствам противника.

Так в военном небе появились самолеты-штурмовики. Сначала самолеты дорабатывали своими силами, а затем авиаконструкторы стали развивать и реализовывать эту идею, в новых летательных аппаратах.

Так в авиационные части стали поступать специальные самолеты для решения штурмовых задач. От бомбардировщиков они отличались меньшим размером и высокой манёвренностью, а от истребителей и разведчиков – усиленным наступательным и оборонительным вооружением.

В 1918 году закончилась Мировая война, страны победители и побежденные стали готовиться к новой войне за передел мира. Это прекрасно понимал руководитель Советского Союза И.В. Сталин.

«Мы отстали от передовых стран на 50–100 лет. Мы должны пробежать это расстояние в десять лет. Либо, мы сделаем это, либо нас сомнут», говорил он на Первой Всесоюзной конференции работников социалистической промышленности 4 февраля 1931 года.

За годы первых пятилеток Советский Союз провел индустриализацию, коллективизацию и создал свою авиационную промышленность. К началу 30-х годов прошлого века закупленные за границей самолеты, были вытеснены и заменены советскими образцами. 25 января 1931 года IX съезд ВЛКСМ бросил в массы крылатый лозунг: «Комсомолец – на самолет!»

9 декабря 1936 года газета «Комсомольская правда» публикует призыв дадим стране 150 тысяч летчиков.

К середине 30-х годов Красная Армия имела в своем строю истребительную, разведывательную и бомбардировочную авиацию. Рабоче-крестьянский военно-морской флот, тоже имел свою авиацию, в том числе минно-торпедную.

Учитывая положительный и печальный опыт Гражданской войны, по борьбе авиации с кавалерией противника. Красные военлеты громили конницу генералов Мамонтова и Шкуро.



Рисунок 1 – Варианты самолета Р-5

Белые летчики в июле 1920 года в районе г. Мелитополь уничтожили и рассеяли сводную конную группу Д.П. Жлобы нанеся красным конникам большой ущерб в личном и конском составе.

Поэтому идея самолета-штурмовика была постоянно в поле зрения командования РККА. Концепция такого самолёта, пока еще витала в воздухе. Поэтому как у нас в стране, так и за рубежом, шли от простого к сложному. На серийный истребитель или разведчик устанавливали более мощное вооружение.

А самые уязвимые места самолета: мотор, бензобак, кабина экипажа дополнительно бронировались. Чаще всего это проводилось прямо в авиационных частях силами инженерно-технического состава.

Такой модернизации подвергся и хорошо освоенный в части самолет-разведчик Р-5, конструкции Н.Н. Поликарпова.

Первый штурмовой биплан появился в 252-й авиабригаде, по инициативе её командира А.А.Туржанского и бригадного инженера Павлова. На нижнем крыле были установлены короба с пулеметами ПВ-1 (авиационный аналог знаменитого Максима). Машина получила название Р-5 ш.

2 марта 1934 года Совет труда и обороны СССР, потребовал от Главного управления авиационной промышленности, дооборудовать самолет под пулеметы ШКАС.

На самолет установили новый мотор М-17 ф (750 м/с), металлический винт, пневмотормоза, обтекатели на шасси, улучшили отделку поверхностей, вместо сосны стали использовать ель, гвозди и шурупы, заменили на клей. Скорость увеличилась на 45 км/ч. Самолет получил название ССС – скоростной, скороподъёмный, скорострельный. Пулемет ШКАС делал 1500 выстрелов в минуту, а ПВ-1 только700. Вскоре штурмовик был испытан в боевой обстановке.

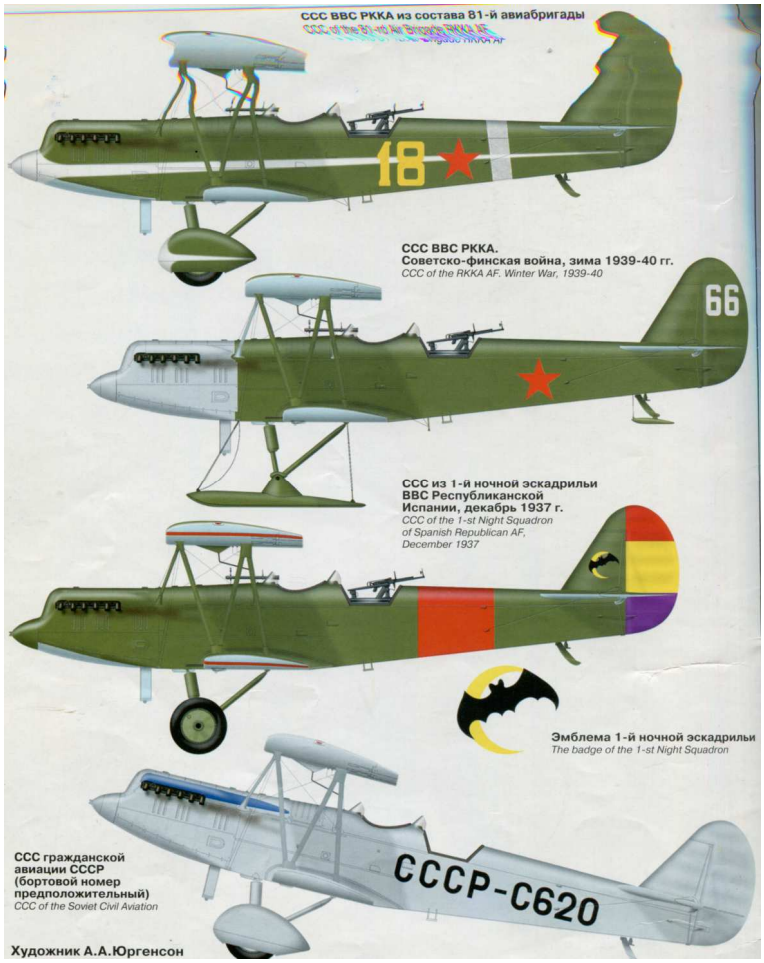


Рисунок 2 – Боевые варианты самолета Р-5

Как известно, во время гражданской войны в Испании Советский Союз активно поставлял республиканскому правительству боевую технику, в т.ч. самолеты. Наряду с истребителями И-15, И-16, бомбардировщиками СБ попали на Пиренеи и штурмовики ССС. Правительство решило направить в страну «Х» (так зашифровывалась Испания в секретных документах) полнокровную штурмовую эскадрилью: 31 ССС, аэродромную технику, запчасти, моторы и боеприпасы. Командиром подразделения назначили м-ра К.М. Гусева. В его подчинении находились 109 человек летного и наземного состава, набранных из разных бригад, но в основном из 114-й, лидировавшей в освоении ССС. У испанцев ССС получили прозвище «Ра-санте» («бритва»), а также «штурмовик», «парикмахер». Немецкие и итальянские летчики, а также солдаты генерала Франко называли этот самолет «папагайо» (попугай).

Первый боевой вылет состоялся 2 декабря 1936 г. С аэродрома Санта-Крус-деля-Сарса (в 70 км от Мадрида) девятка ССС отправилась бомбить вражеский аэродром Торрихос. Самолетов там не нашли, зато на обратном пути встретили кавалерийский эскадрон на марше. 36 пулеметов заработали враз. Эскадрон разогнали. Бомбы сбросили на железнодорожную станцию Ильескас. При этом осколки бомб поразили замыкающий самолет, и он совершил вынужденную посадку. В тот же день 12 штурмовиков «навестили» аэродром Талавера, где базировались самолеты итальянского экспедиционного корпуса. По сообщению наших летчиков, они на летном поле уничтожили до 15 «Капрони». Итальянцы признали потерю нескольких бомбардировщиков «Савойя». И снова шедшие в хвосте штурмовики были повреждены осколками бомб (взрыватели не имели замедления). Оказались пробитыми радиаторы, и вода из них вытекла. Экипаж Волкова совершил вынужденную посадку недалеко от неприятельского аэродрома. Командир попал в плен, а судьба штурмана Акуленко осталась неизвестной. Летчику другой машины Поливалову удалось пересечь линию фронта, но, приземлившись, авиаторы ошиблись в своем местонахождении и сожгли ССС. Остальные 10 штурмови-

ков на обратном пути впервые столкнулись с вражескими истребителями. Четверка Не 51 атаковала их, но безуспешно. Франкисты объявили об уничтожении четырех Р-5 – одного зенитчиками и трех истребителями CR.32.

Утром следующего дня 27 ССС под прикрытием 30 истребителей нанесли удар по войскам франкистов южнее Касо-дель-Кампо. На противника сбросили более 600 фугасных и осколочных бомб. Удачно действовали штурмовики у Посуэ-ло. Девятка ССС бомбами и пулеметным огнем остановила и прижала к земле наступавших неприятельских солдат. Дело закончили три звена СБ. Они тоже сбросили бомбы, после чего враг побежал. За этот день ни одного ССС не потеряли.

К исходу 19 декабря самолетов без пробоин у Гусева не осталось. «В итоге всех предыдущих боев установлена непригодность самолетов «Р-5» и «ССС» для штурмовых действий в современной войне», – сообщали из Испании 21 декабря. Летчики высказывались куда более откровенно. «Я прямо скажу, что ССС – это летающий гроб», – произнес штурман Мачеидзе уже после возвращения в Москву, на встрече с командованием ВВС. Механики к штурмовику относились более благосклонно. Так, техник Поляков в своем отчете написал: «Винтомоторная группа и сам самолет – неплохая машина». Однако опыт эксплуатации ССС в боевых условиях выявил ряд существенных дефектов. Текли радиаторы. Часто происходили отказы турельных пулеметов. При хранении под открытым небом быстро корродировали алюминиевые трубки водяной системы. По этой причине поначалу выходило из строя до пяти самолетов в день. Трубки меняли на отожженные медные. Спускали воздух амортизаторы шасси. Обтекатели колес почти сразу сняли – после дождей глина местных аэродромов налипала на покрышки и забивала все внутри.

Чтобы спасти оставшиеся самолеты, их решили перевести на «ночной образ жизни». Но полеты в темное время были не свойственны штурмовикам, и у большинства пилотов необходимой практики оказалось недостаточно. Пришлось провести тренировки, при этом одну машину на посадке разбили.

В апреле группу 15 перебросили на Южный фронт в район Андухара, затем несколько дней и ночей подряд самолеты бомбили Карабанчель и Каса-дель-Кампо. К концу апреля летный и технический состав почти полностью состоял из испанцев. Наши летчики выполняли лишь функции инструкторов. На 25 апреля в строю оставались 18 ССС, еще два находились в ремонте.

Несмотря на усилия ремонтников, количество штурмовиков таяло. С мая по ноябрь в ремонт поступили 25 самолетов (некоторые проходили его дважды), из них 23 удалось вернуть в строй. В 18 случаях все хвостовое оперение изготовили заново. К 11 ноября у республиканцев осталось только 13 ССС. Они входили в ночную эскадрилью под командованием В.Катца и получили бортовые эмблемы – летучая мышь на фоне месяца. Экипажи выполняли беспокоящие, налеты, поодиночно или парами, заходя на цель с интервалом 15-20 минут. Бомбили узлы дорог, аэродромы, населенные пункты, где сосредотачивались вражеские резервы.

К январю 1938 г. в строю находились 7 исправных «Расанте» и еще четыре нуждались в ремонте. Эскадрилья базировалась в Бухаралосе, где ее застиг налет бомбардировщиков из легиона «Кондор». С мая все ССС вошли в группу 72 и все лето патрулировали море у Картахены. Затем группа вернулась на фронт. В октябре она действовала из Альбасете, а в ее составе осталось всего шесть ССС. Эти самолеты в ноябре по ночам бомбили войска под Сарагосой, в декабре участвовали в сражении под Теруэлем. В плохую погоду штурмовики иногда летали днем и без прикрытия, построившись плотным клином.

После падения республики в марте 1939 г. шесть «Расанте» перелетели в Алжир, откуда были возвращены французской администрацией франкистам. С учетом захваченных ранее, им достались семь исправных и два поломанных ССС, которые эксплуатировались до 1945 г. Всего в испанских событиях погибло 6 членов экипажей и потеряно 55 штурмовиков (сбито в боях 19, огнем с земли 9, уничтожено от бомбовых ударов 1, в авариях и катастрофах 26).

В Испании ССС прожили гораздо дольше, чем в Советском Союзе. Учитывая не очень удачный опыт применения этих машин на Пиренейском полуострове, их произ-

водство начали быстро сворачивать. Для замены ССС в штурмовых частях попытались использовать различные самолеты. Перепробовали и цельнометаллический американский моноплан «Валти» V-11GB, и Р-10 конструкции И.Г. Немана, и двухместный истребитель ДИ-6, и легкий бомбардировщик Р-Z, однако особого успеха не добились. Так что до начала 1940-х гг. ССС и Р-5Ш оставались основными машинами советской штурмовой авиации.

В 1938 г. ВВС РККА перешли на новую структуру. Место отрядов и эскадрилий заняли полки. Штурмовому авиаполку (ШАП) пятиэскадрильного состава полагалось по штату 63 машины. Летом 1938 г. штурмовики 2-го ШАП отметились в конфликте на оз. Хасан. Самолеты использовались по прямому назначению и выполнили 53 боевых вылета. Потерь дальневосточники не понесли. Через год им снова пришлось повоевать, на сей раз в Монголии на реке Халхин-Гол. Здесь они действовали менее успешно, лишившись в боях 2 машин.

На 1 января 1939 г. штурмовая авиация включала 223 ССС.Вечером 6 сентября 1939 г. в Киевский, Белорусский, Харьковский и Ленинградский округа поступил приказ о мобилизации частей. Красная Армия готовилась к вторжению в Польшу, и развернулось формирование ВВС фронтов. В состав Белорусского вошел 5-й ШАП Украинского – 3-й ШАП и7-й ШАП. Эти самолеты рассредоточили по оперативным площадкам. 17 сентября между четырьмя и пятью часами утра советские войска перешли «бывшую государственную границу». Авиация нанесла удары по различным объектам: аэродромам, военным городкам, железнодорожным станциям. В налетах участвовали и ССС. Но оказалось, что на аэродромах нет самолетов, а перед наступающими войсками Красной Армии поспешно откатываются на запад пограничники, жандармы и уже потрепанные немцами армейские части, отведенные в тыл на пополнение. В последующие дни ССС совершали лишь одиночные вылеты. Они вели разведку, обстреливали и бомбили попадающиеся автомашины, воинские колонны, обозы, железнодорожные составы, обеспечивали связь между штабами.

Операция продолжалась до начала октября. В ней ни одного самолета ВВС РККА официально не потеряли. Но в документах Украинского фронта зафиксировано, что 17 сентября из девяти вылетевших ССС на базу вернулись только шесть. Два потом нашли, а судьба третьего осталась неизвестной. По завершению кампании штурмовые полки вернулись на свои постоянные базы. К тому времени уже было решено, что на смену устаревшим Р-5Ш и ССС придут И-15бис, в которых перестала нуждаться истребительная авиация. Самолеты этого типа стали поступать в 3-й и й ШАП в октябре 1939 г., когда 2-й ШАП уже перевооружился почти наполовину. Но началась новая война, в которой ССС тоже приняли участие.

Зимой 1939–40 гг. ССС пригодились в боевых действиях против Финляндии. К началу кампании 9-й ШАП полностью перевели на И-15бис, но сданную им технику передали в легкобомбардировочную авиацию. На 1 декабря 1939 г. в 68-й авиабригаде на 49 СБ приходилось 63 Р-5 и 21 ССС. Однако через пару недель большую часть старых машин передали в войсковую авиацию. К новому году в качестве бомбардировщиков их применял только 3-й легкобомбардировочный полк (ЛБАП).

В ВВС 7-й армии 19 ССС числились в составе 30-й, 32-й, 33-й войсковых разведывательных эскадрилий (ВРАЭ) и 16-го корпусного авиаотряда (КАО). В 8-й армии на них летал 16-й КАО. Учитывая слабость авиации противника, эти машины использовались как дневные и ночные легкие бомбардировщики, ближние разведчики, артиллерийские корректировщики и самолеты связи. В отличие от более современных собратьев, ССС на зиму «переобули». Колеса заменили длинными (2,8 м) лыжами с загнутыми вверх носками. На костыль одели маленькую лыжонку. Самолеты были неприхотливы к аэродромам, поэтому их размещали на больших полянах и замерзших озерах. Так, 1-й КАО базировался на льду озера Каук-Ярви. Несмотря на большой износ, ССС проявили себя достаточно надежно, а наибольшее количество поломок в этой кампании пришлось на хвостовые лыжи.

При господстве советской авиации и слабой зенитной артиллерии противника действия старых бипланов оказались довольно эффективными. Из этого делался вывод, что их и далее при необходимости «...можно хорошо использовать на фронте при

плохой погоде и в ночных условиях». Особенно отличились в снабжении по воздуху окруженных частей.

В середине февраля в действующей армии находились 97 ССС – более половины всех этих машин, имевшихся в строевых частях. По окончании войны было признано, что боевые потери ССС составили 11 машин: две сбили истребители, семь – зенитная артиллерия и две погибли по неизвестным причинам.

На 1 апреля 1940 г. в ВВС РККА оставался 241 ССС (в т.ч. около десятка – в школах).

Главный Военный совет РККА постановил вообще изъять из строевых частей самолеты Р-5, ССС и Р-Z «по мере замены современными». Но темпы поступления новой авиатехники оказались ниже ожидаемых, и к 1 июня количество остававшихся ССС вдвое превышало плановое.

Полностью вооруженным ими остался 5-й ШАП. Доукомплектованный техникой из других полков, он принял участие в операции по «ликвидации конфликта с Прибалтийскими странами». Полк перебросили в Литву, на аэродром Поневеж (Паневежис), где он и остался, войдя в состав ВВС Прибалтийского военного округа. На 19 июня в нем насчитывалось 39 исправных самолетов.

В 51-й авиабригаде в Киеве сохранившиеся ССС сконцентрировали в 7-м ШАП, а 3-й полностью перевели на И-15бис. Немало машин оказались рассеянными по различным частям и подразделениям. ССС войсковой авиации дислоцировались, в основном, в Ленинградском округе, но отдельные машины попали в Одесский и Закавказский округа, где их никогда раньше не было. Кроме того, такие самолеты использовались как связные в различных штабах и как буксировщики мишеней для тренировки зенитчиков.

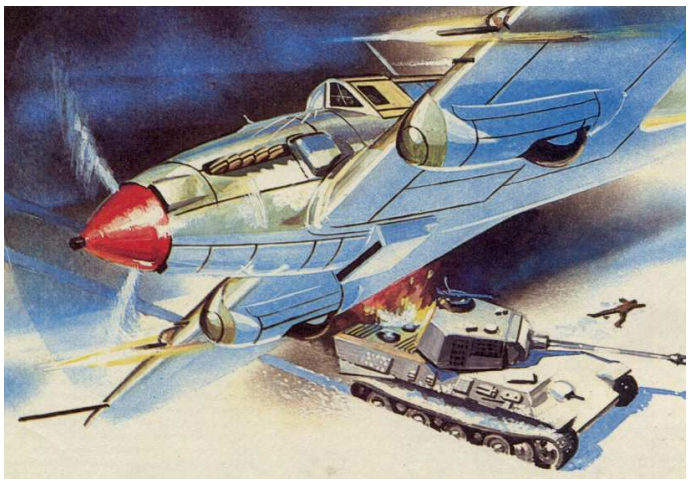


Рисунок 3 – Штурмовик Ил-2 «черная смерть фашистских захватчиков».

На 22 июня 1941 г. в ВВС еще насчитывалось 104 ССС, из которых подняться в воздух могли менее половины. Войсковая авиация западных округов базировалась поблизости от границы. Так, в Черновцах стояла 17-я корпусная АЭ (шесть ССС и семь У-2). Первые удары люфтваффе пришлись именно по этим передовым площадкам. Много самолетов было уничтожено на аэродромах или брошено и сожжено при отступлении. К 22 сентября на фронте не осталось ни одного ССС.

Отлично понимая, что ССС не соответствует требования самолета поля боя, в условиях приближающейся мировой войны в СССР велись работы по созданию нового самолета.

Политбюро и лично товарищ Сталин, руководители Красной Армии и авиаконструкторы непрерывно работали над решением этой задачи.

А.Н. Туполев представил самолет ТШБ (тяжелый штурмовик бронированный), Д.П. Григорович ЛШ (легкий штурмовик), С.А. Кочергин ТШ (тяжелый штурмовик), Н.Н. Поликарпов ВИТ (воздушный истребитель танков), а так же самолеты П.О. Сухого, П.Д. Грушина, И.Г. Немана. Все эти машины имели один общий недостаток, тяжелую навесную броню до 1 000 кг. Она нарушала аэродинамику, соответственно уменьша-

лась скорость, дальность, маневренность самолета, состав вооружения и запас боекомплекта.

Однако, С.В. Ильюшин выдвинул эволюционную идею – «летающая броня»».

Бронекоробка, она же нос и часть фюзеляжа штурмовика. В ней размещается двигатель, экипаж, бензобак, маслобак. К ней пристыковывались крылья и задняя часть самолета с хвостовым оперением.

Первый полет новый штурмовик совершил 2 октября 1939 года. Начались государственные испытания, летчик-испытатель майор А.К. Долгов, 30 марта 1940 года выполнил испытательный полет. К сожалению доводка нового штурмовика затянулась.

К началу войны всего 20 самолетов Ил-2, поступило в приграничные округи. Единственной авиачастью ВВС РККА, полностью вооруженный современными штурмовиками, оказался 4-й ббап ХВО, который на 22 июля 1941 года получил 63 Ил-2, но освоить их в полном объеме не успел. Сталинским соколам пришлось опять учиться в огне войны. Осваивать самолет, вырабатывать тактику боя и взаимодействие с сухопутными войсками.

Так зарождалась советская штурмовая авиация, и крепли крылья у самолета Ил-2, которого фашисты прозвали «Черная смерть». Значимость нового штурмовика, его живучесть и эффективность сразу почувствовали и летчики и пехотинцы.



Рисунок 4 – Самолет Су-25 – достойный правнук первого штурмовика

«Самолеты Ил-2 нужны Красной Армии как воздух, как хлеб» говорил Верховный Главнокомандующий И.В. Сталин, требуя от директоров авиазаводов срочно нарастить выпуск этого самолета. Главный конструктор С.В. Ильюшин и мотора А.А. Микулин постоянно работали над улучшением штурмовика. Полотняная обшивка заменялась на дюралевую, 20 мм пушки на более мощные 23 мм и 37 мм, РС-82 мм на РС-132 мм, устанавливались вылевные приборы для зажигательной смеси, дымовые и минноустановочные приспособления. Росла бомбовая нагрузка. Ил-2 успешно громили врага, а штурмовые полки становились Гвардейскими, но эта тема уже другой статьи.

Список литературы:

1. Авиация и время. Научно-популярный авиационный журнал. – 2001. – № 6.
2. Абросов С.В. Воздушная война в Испании. Хроника воздушных сражений 1936–1939 гг. – М. : Яуза. Эксмо, 2008. – 608 с.
3. Растренин О.В. Штурмовики Великой Отечественной войны. – М.: Яуза. Эксмо, 2008. – 592 с.

УДК 629.7

СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ЖИВОЙ СИЛЫ ПРОТИВНИКА И ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (ПРИМЕНЕНИЯ) БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

♦♦♦♦♦

SYSTEM FOR DETECTING ENEMY PERSONNEL AND EQUIPMENT BASED ON UNMANNED FLYING APPLIANTS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Патоков Б.Б.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Нагучев Д.М.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Скурихин Г.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Дьяченко Д.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Patokov B.B.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Naguchev D.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Skurihin G.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Dyachenko D.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Целью исследования данной статьи является изучение инновационной системы обнаружения живой силы противника и техники, основанной на применении беспилотных летательных аппаратов (дронов) и технологий искусственного интеллекта, а также расчет стоимости и принципы его работы. Система предназначена для повышения эффективности разведки, автоматизация уничтожения целей и обеспечения безопасности военнослужащих в условиях боевых действий.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), беспилотный летательный аппарат (дрон), обнаружение, программирование.

Abstract. The purpose of this article is to study an innovative system for detecting enemy personnel and equipment based on the use of unmanned aerial vehicles (drones) and artificial intelligence technologies, as well as to calculate its cost and principles of operation. The system is designed to improve the effectiveness of reconnaissance and ensure the safety of military personnel in combat situations.

Keywords: artificial intelligence (AI), unmanned aerial vehicle (drone), detection, programming.

Одним из бурно прогрессирующих в последнее время сверх перспективных направлений развития техники является проектирование и производство беспилотных летательных аппаратов (в дальнейшем БПЛА, дронов, беспилотников, квадракоптер).

Это обусловлено тем, что применение беспилотников в военной области и в различных гражданских сферах позволяют выполнить задачу намного качественнее и точнее, чем это было бы сделано с применением авиации, или других традиционных способов.

Например, перед учебными полётами и в гражданской, и в военной авиации обязательно производится разведка погоды, причем задействуется именно тот тип самолёта, на котором будут производиться полёты.

Сгорает огромное количество остродефицитного авиационного керосина, изнашивается дорогостоящая авиационная техника, задействован целый комплекс обслуживания самолёта, только ради того, чтобы узнать метеоусловия в полётной зоне.

Во время проведения СВО, не исключены случаи попадания самолета в зону досягаемости ПВО противника, в следствии чего мы теряем дорогостоящую технику, а в самых драматичных случаях и бесценные жизни членов экипажа.

Главное достоинство беспилотника, и это признают все эксперты, – отсутствие на борту человека, благодаря чему, независимо от сложности и опасности выполняемой БПЛА задачи, жизни военнослужащих не угрожает опасность. БПЛА способен действовать в агрессивной и опасной среде зонах радиационного и химического заражения. Ему не нужны сложные системы жизнеобеспечения экипажа.

Самая распространенная проблема для беспилотников-это радиоэлектронная борьба (в дальнейшем РЭБ). Система работы РЭБ основана на комплексе мероприятий и действий, направленных на подавление радиоэлектронных средств противника путем активного воздействия электромагнитных волн, помеховых сигналов или глушения связи.

В настоящее время задача отечественных военных инженеров – противостоять работе РЭБ с помощью искусственного интеллекта, что позволит беспилотным летательным аппаратам игнорировать систему РЭБ и успешно выполнять поставленные боевые задачи.

Применение искусственного интеллекта (в дальнейшем ИИ, AI) – одна из прорывных направлений в наше время, любой отрасли жизни человека, которая может изменить мир. В настоящее время технологии искусственного интеллекта, интеллектуальное оружие и экипировка находятся в центре внимания при разработке оборудования в различных странах. В частности, Соединенные Штаты взяли искусственный интеллект в качестве основного технологического компонента “Стратегии третьего смещения” и активно продвигали его трансформацию и применение в военной сфере.

Данное направление применения ИИ в различных сферах, показало колоссальный успех, найдя реализацию в качестве разведчика, датчика пожара, анализа воздушного пространства и качество воздуха над предприятиями и во многих других сферах жизни. Но мы рассмотрим применение данной технологии для интеграции ее в систему дрона стратегического назначения, а в дальнейшем и ударной силы, который будет распознавать технику, живую силу противника и выполнять автоматический выбор приоритета уничтожения цели. А также рассчитаем стоимость, эффективность, пользу и преимущества дрона в отличии от его конкурентов.

У квадрокоптера есть 4 оси движения: крен (Roll), рыскание (Yaw), тангаж (Pitch) и высота (Height). Хотя все они могут управляться программно, не все из них необходимы. Для достижения любой точки в трёхмерном пространстве достаточно рыскания, тангажа и высоты. Это объясняется тем, что квадрокоптер может летать в полярной системе координат: изменять угол с помощью рыскания и расстояние с помощью тангажа. Высоту можно регулировать, изменяя мощность всех двигателей.

Это позволяет исключить ось крена, значительно упрощая систему управления.

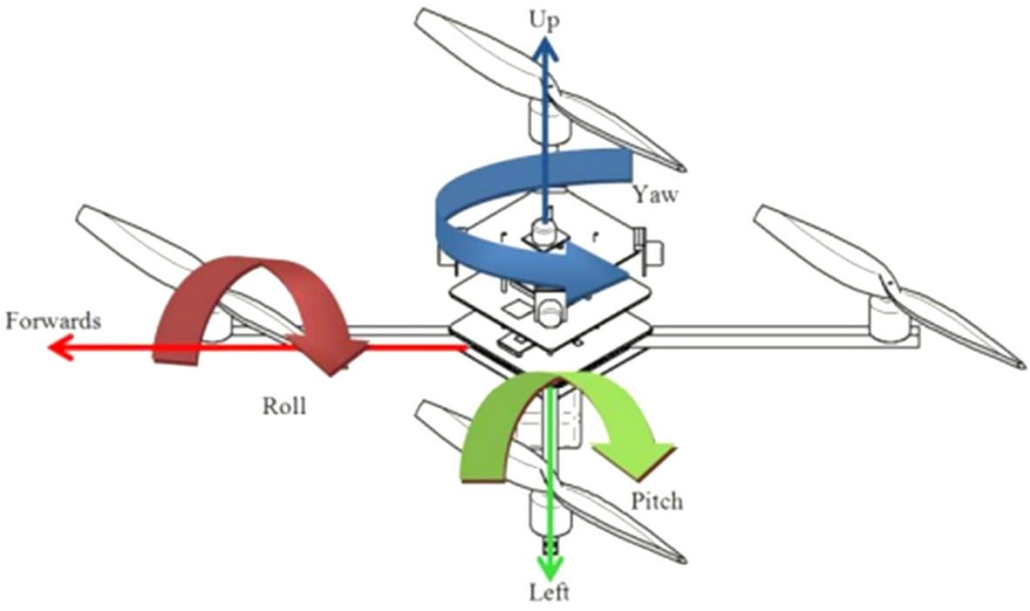


Рисунок 1 – 3 основных оси дрона

Для полностью автономного полёта необходимо управлять всеми тремя осями на основе данных датчиков об окружающей среде. В нашем дроне будет 3 основных датчика:

– RGB-камера для оси рыскания;
– Лидарный* датчик расстояния для оси крена;
– Высотомер.

*Лидарный датчик (от англ. Light Detection and Ranging – обнаружение и определение дальности с помощью света) – это технология, которая использует лазерные импульсы для измерения расстояний до объектов и создания трехмерных карт окружающей среды. Датчик излучает лазерный луч, а затем измеряет время, которое требуется свету для отражения от объекта и возвращения обратно.

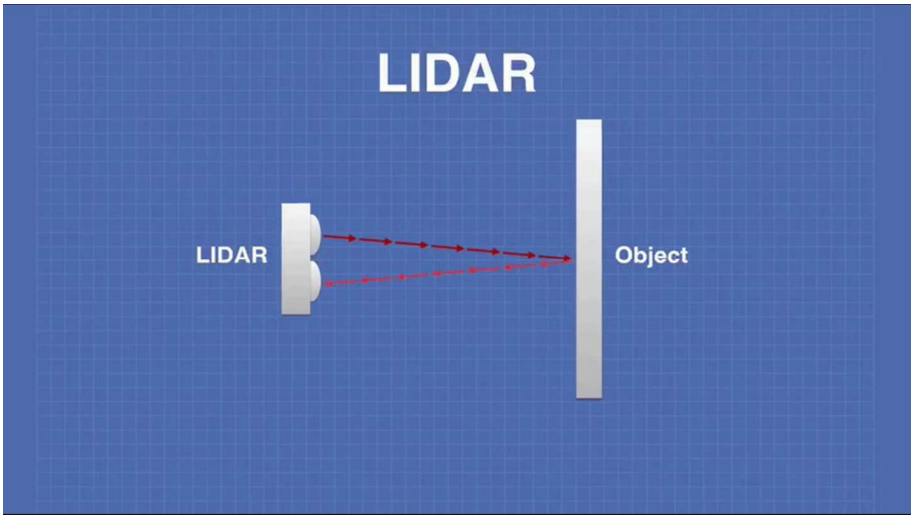


Рисунок 2 – Принцип работы лидара

Наилучшим выбором камеры будет видеокамера IMX 219 для JetsonNano.Она оснащена сенсором Sony IMX219, способным снимать в разрешении 1 080p при 60 к/с. Благодаря интерфейсу CSI это позволяет быстро получать данные об окружающей среде для более плавного управления. Модуль камеры также оснащён широкоугольным объективом с углом обзора 160°, что позволяет контролировать большую область и эффективнее находить цели, находящиеся не в центре кадра. Её средняя цена на рынке начинается от 3 090 у.е.

Видеокамера IMX219 для Jetson Nano, угол 200



Рисунок 3 – Вид камеры

В качестве лидарного датчика наилучшим и эффективным вариантом является твердотельный датчик TF Luna. Он имеет дальность действия до 8 м и точность до 1 м. Площадь сканирования 2,5 см × 2,5 см подходит для обнаружения крупных объектов. Лидар с охватом 360° не используется, поскольку расстояние нужно измерять только в одном направлении – перед квадрокоптером. Использование 360-градусного лидара лишь усложнило бы систему. Его цена начинается от 2 700 у.е.



Рисунок 4 – Вид оптического датчика

И последним датчиком нам нужен высотометр. Наилучшим вариантом является плата контролера полета, высотомер F4V3S F4 V3 V3S LC IN. Его стоимость начинается от 1 500 у.е.

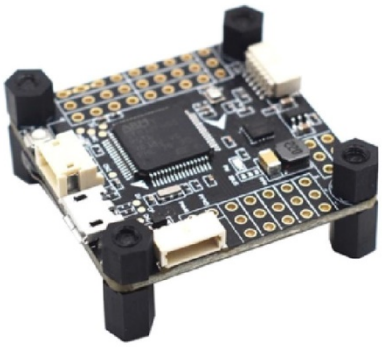


Рисунок 5 – Вид высотомера

Очень важно минимизировать задержку во всём конвейере управления. Чем выше задержка, тем медленнее будет реагировать система. Чтобы уменьшить задержку, вся обработка данных датчиков и управление выполняются непосредственно на квадрокоптере. Для этого требуется компактный, лёгкий, но мощный компьютер. В данном случае мы будем использовать «Jetson Nano 4 ГБ». Он обеспечивает высокую производительность, в частности для задач ИИ, благодаря встроенному GPU. Кроме того, он компактен, лёгок и может питаться от 5 В. Также у него есть встроенные функции, например, выводы UART, позволяющие взаимодействовать с лидаром «TF Luna».В нашем дроне это будет одной из самых дорогостоящих составляющих, ее стоимость начинается от 27 000 у.е.



Рисунок 6 – Вид микрокомпьютера

Система управления получает данные от описанных выше датчиков и преобразует их в команды перемещения, которые может выполнить квадрокоптер. Система работает в нескольких состояниях

Состояние «Взлёт» (TakeOff): квадрокоптер выполняет проверки перед полётом, затем включает двигатели и взлетает. Состояние завершается, когда квадрокоптер достигает заданной высоты.

Состояние «Поиск» (Search): квадрокоптер пытается найти человека или технику для удара. Сначала он зависает на 10 секунд на одном месте, запуская модель обнаружения объектов на основе ИИ для поиска человека и техники в кадре камеры. Если через 10 секунд действительных обнаружений нет, квадрокоптер медленно поворачивается по оси рыскания, чтобы найти человека или технику. Если через 30 секунд человек не обнаружен, квадрокоптер сообщает оператору об отсутствии в данной области целей. Если человек обнаружен в течение 40 секунд, квадрокоптер переходит в состояние «Слежение».

Состояние «Слежение» (Track): квадрокоптер запускает основные алгоритмы обработки изображений и управления. Он использует данные лидара и RGB-камеры, чтобы удерживать человека в центре кадра. Если человек теряется во время слежения, квадрокоптер возвращается в состояние «Поиск».

Состояние «Удар» (Strike): квадрокоптер совершает ускоренный полет в цель после получения подтверждающего сигнала от оператора о выборе цели.

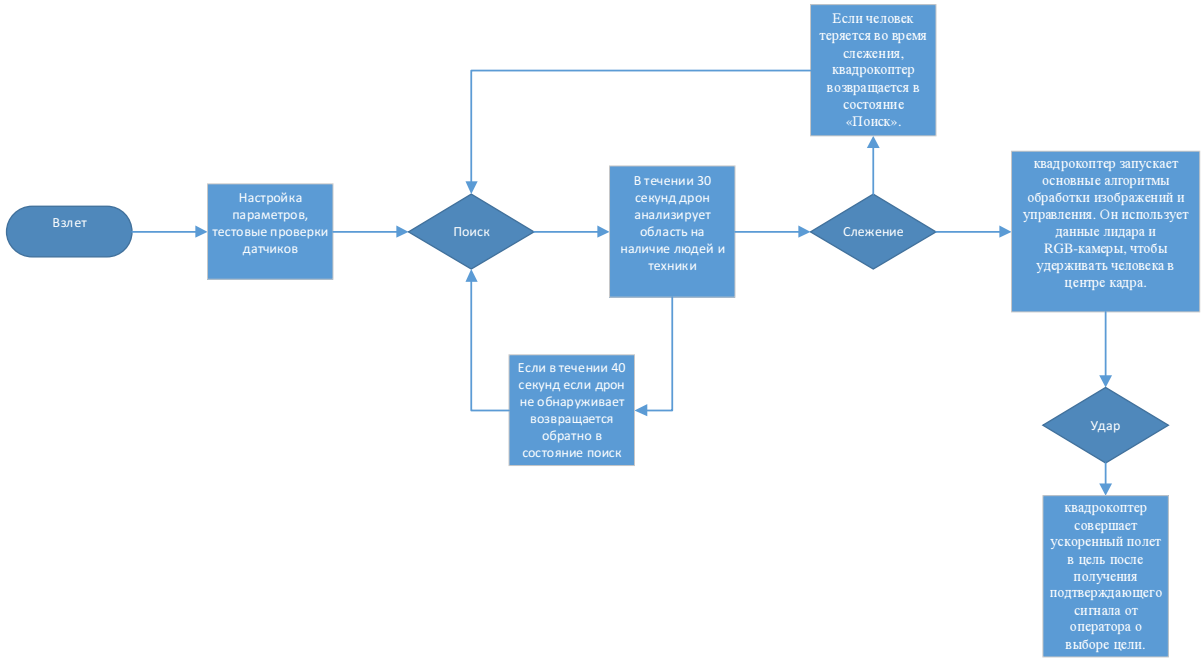


Рисунок 7 – Блок-схема программы дрона

Система обработки изображений и управления отвечает за обработку данных датчиков и преобразование их в команды перемещения для полётного компьютера квадрокоптера.

Обработка видеопотока: сырой видеопоток с камеры считывается через интерфейс CSI и масштабируется до 300 × 300 пикселей.

Обнаружение объектов: используется оптимизированная под TensorRT модель CNN от Google – MobileNet – для поиска объектов в видеопотоке. Поскольку MobileNet обучен на большем числе классов, чем только люди, обнаружения фильтруются, чтобы включать только людей. Однако есть и альтернативный вариант, на просторах интернет магазинов можно найти камеру CamAixв которую уже встроен ИИ, с возможностью обучения. Тогда не придется припегать к использованию стороннего ПО, а буквально создать отечественный дроон.

Определение центра объекта: из списка обнаружений выбирается первое. По четырём угловым координатам ограничивающей рамки вычисляется центральная точка

обнаружения. При запуске системы создаётся статическая точка, представляющая центр кадра камеры. Эта точка соответствует направлению движения квадрокоптера, поскольку камера установлена по линии передней части дрона. Вычисляется расстояние между двумя центральными точками по оси X. Это расстояние увеличивается, когда обнаружение находится дальше от центра дрона, и уменьшается, когда ближе. Это значение используется для управления рысканием.

Измерение глубины: для управления в трёх измерениях требуется определение глубины. Это достигается с помощью твердотельного лидара, установленного в том же направлении, что и RGB-камера. Он настроен так, что центральная точка кадра RGB-камеры совпадает с квадратом ИК-излучения 2,5 см × 2,5 см на расстоянии 2,5 м. Таким образом, объект, на который направлена центральная точка кадра RGB-камеры, имеет расстояние, измеренное датчиком. Данные лидара используются только тогда, когда центр кадра RGB-камеры находится внутри ограничивающей рамки отслеживаемого объекта. Расстояние, измеренное им, используется для управления тангажом.

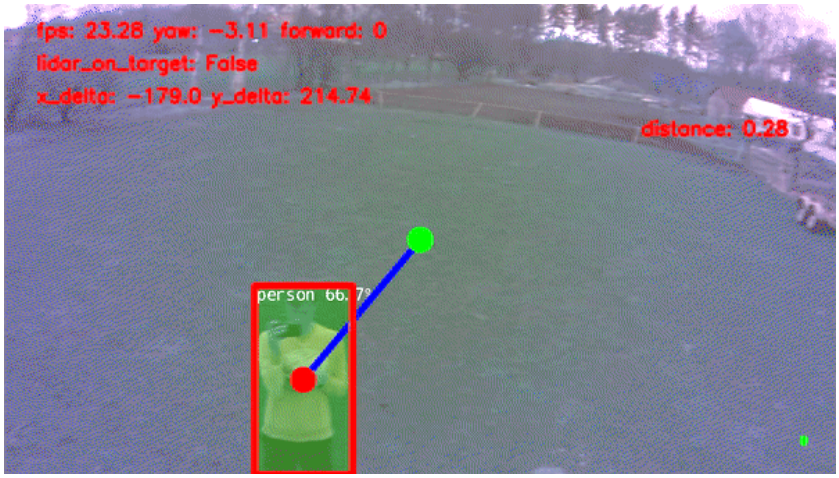


Рисунок 8 – Точка глубины

Фильтрация данных: расстояния по осям рыскания и тангажа фильтруются с помощью двух отдельных фильтров скользящего среднего (5 шагов). Это устраняет скачки в сырых данных, вызванные, например, ошибочными обнаружениями модели или некорректными данными лидара.

Управление с помощью ПИД-регуляторов: отфильтрованные расстояния подаются на соответствующие ПИД-регуляторы (для рыскания и тангажа). Оба регулятора были настроены вручную путём визуального наблюдения и записи откликов по рысканию и тангажу для последующей тонкой настройки. Результаты работы ПИД-регуляторов – скорость по оси тангажа (в м/с) и разница между текущим и желаемым курсом (в градусах) – передаются на квадрокоптер для завершения цикла управления.

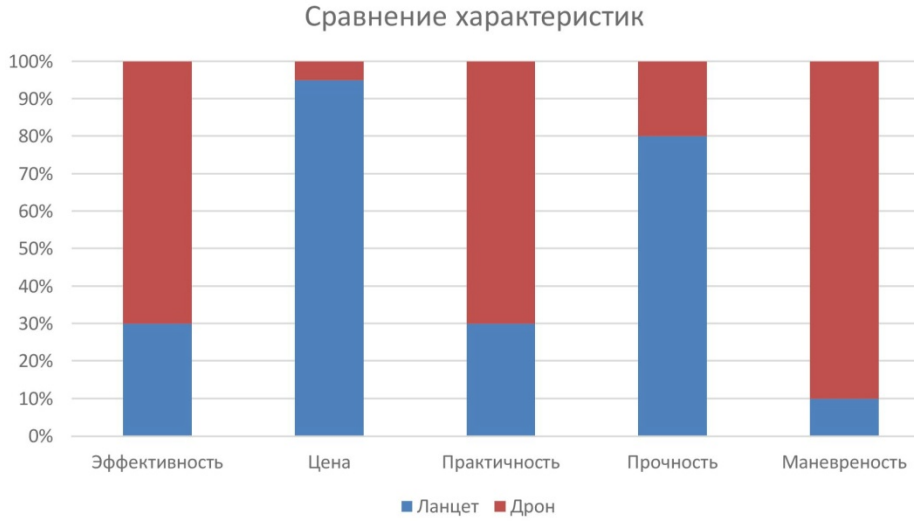


Рисунок 9 – Вид осей ПИД-регуляторов

Управление высотой: высота квадрокоптера во время слежения фиксирована на уровне 3 м. Она поддерживается с помощью ПИД-регулятора, расположенного в полётном компьютере. Цикл управления высотой отделён от основного цикла управления.

Благодаря оптимизации всего цикла система способна работать со средней частотой 24 Гц. Повышение этой частоты даёт незначительное улучшение управления, поскольку физическое время отклика квадрокоптера не позволяет успевать за более быстрыми командами.

Сравним стоимость нашего дрона с «Ланцетом»



Дрон будет эффективнее ланцета, так как обладает более обширным диапазоном задач, в то время как у ланцета они ограничены.

Ценовая категория ланцета оценивается в 2 500 000 рублей, в том время как наш дрон стоит чуть больше 100 000 рублей, что намного экономичнее и будет обладать большей эффективностью.

Практичность связана с запуском беспилотника, ему не нужна катапульта или определнное место, его можно запускать откуда угодно.

Прочность безусловно у ланцета будет выше по сравнению с нашим.

Маневренность у ланцета практически отсутствует, в то время как дрон может двигать во все стороны

После данной разработки рассмотрим его интеграцию непосредственно на поле боя. Рассмотрим его как комплекс защиты аэродрома. Во время проведения СВО не редки случаи атаки аэродромов вражескими беспилотниками, зачастую модели «Орион», в данном случае, нашу программу можно переучить и сделать патрульного дрона который сможет сбивать вражеские беспилотники. В руководитель полетов, получив сигнал беспилотной опасности, отправляют команду дронам, которую начинают непосредственно противостоять вражеским. Данное решение, поможет ПВО, и уменьшит затраты на столь дорогостоящие ракеты.

Таким образом, нам удалось теоретически создать идею дрона, способного обнаруживать живую силу противника и технику, а также лететь в цель при ее подтверждении, немало важный факт, что применение данной интеграции может найти применение не только как дрон разведчик, но и во многих других областях. Смогли найти детали нужные для создания такого дрона. По всем расчетам стоимость такого дрона будет около 104 000 у.е. Однако программа требует доработки и улучшения для более эффективного использования.

Список литературы:

1. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами. – Казань, 2013.

2. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. – Минск : ООО «Поппури», 2003.

3. Беспилотные летательные аппараты. – Воронеж : ООО «Научная книга», 2015.

4. Программирование беспилотного летательного аппарата мульти роторного типа / П.В. Балабанов, А.Г Дивин, Д.А. Любимова. – Тамбов, 2018.

УДК 325

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ВООРУЖЕНИЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА

♦♦♦♦♦

USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO CONTROL AIRCRAFT WEAPONS

Патоков Б.Б.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Пономарев А.И.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kikogxz@gmail.com

Масленников А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
aasha.maslennikov.03@mail.ru

Суботин М.Ю.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
subotin.project@tuta.io

Patokov B.B.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Ponomarev A.I.
Krasnodar Higher Military Flight School
kikogxz@gmail.com

Maslennikov A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
aasha.maslennikov.03@mail.ru

Subotin M.Yu.
Krasnodar Higher Military Flight School
subotin.project@tuta.io

Аннотация. Целью исследования является рассмотрение тенденций развития ИИ в управлении вооружением и особенностей использования искусственного интеллекта в управлении вооружением воздушного судна.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управление вооружением воздушного судна.

Abstract. The purpose of the research is to consider the peculiarities of functioning of electronic warfare equipment placed on the platform of unmanned aerial vehicles.

Keywords: electronic warfare, unmanned aerial vehicles.

Введение

В последние годы стремительно развивающиеся технологии искусственного интеллекта (ИИ) начинают все активно внедряться в сферу обороны и национальной безопасности. Одним из ключевых направлений применения ИИ является автоматизация и повышение эффективности управления вооружением воздушных судов, что обусловлено необходимостью соответствовать новым требованиям современных боевых условий, а также повысить точность, скорострельность и надежность принимаемых решений.

ИИ (искусственный интеллект) – это совокупность теоретических основ и практических методов создания систем, способных выполнять задачи, требующие интеллектуальных действий, которые обычно ассоциируются с человеческим разумом.

Нейросеть – это распределенная вычислительная система, состоящая из множественных взаимосвязанных элементов-нейронов, организованных в слои.

Цель данной работы – рассмотрение тенденций развития ИИ в управлении вооружением и особенностей использования искусственного интеллекта в управлении вооружением воздушного судна.Понятие ИИ и нейросетей в нашем мире не ново. Начало исследований ИИ в СССР началось в начале 1960-х годов.

Пример раннего применения ИИ – противокорабельная ракета П-700 «Гранит», которая поступила на вооружение ВМФ в 1983 году. В бортовой вычислительной машине ракеты были использованы алгоритмы ИИ: ракеты определяли состав и численность групповой цели.

В настоящее время развитие нейросетей является наиболее актуальным вопросом для поддержания боевой мощи ВС РФ, чтобы отвечать современным требованиям

войны. Разработки уже ведутся в сферах беспилотной робототехники и авиации, управления, связи и разведки.На сегодняшний день развитие нейросетей в ВС РФ и их активное внедрение – является наиболее перспективным направлением.

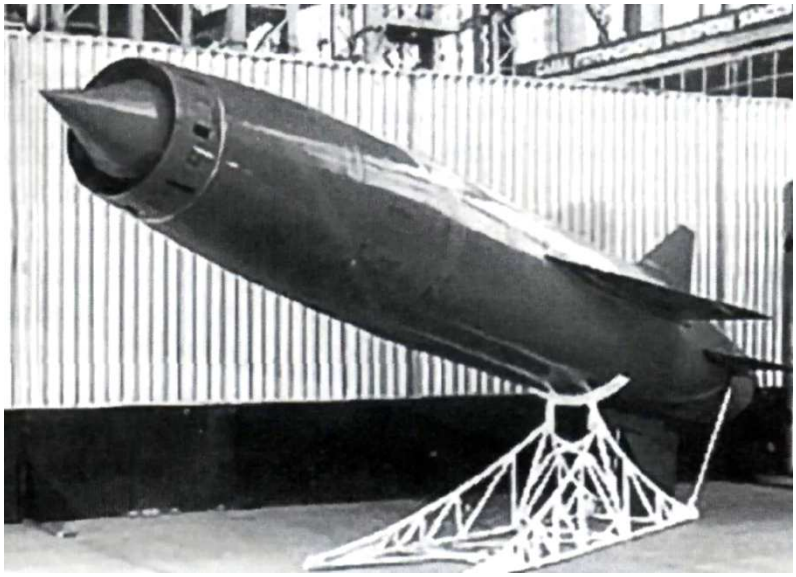


Рисунок 1 – П-700 «Гранит»

Инновационные решения на основе ИИ

Нейронные сети, особенно глубокие, становятся основным инструментом для решения задач, связанных с распознаванием и классификацией целей. Сверхточные нейросети (CNN) применяются для обработки изображений с бортовых радаров и камер, что позволяет эффективно идентифицировать потенциальные угрозы.Данная технология может применяться широкого спектра задач, таких как: распознание целей, прогнозирование траекторий и упрощения визуальной информации.



Рисунок 2 – Художественное изображение идентификации вражеского истребителя нейронной сетью

Учеными из РФ было запатентовано устройство, используемое для решения задач распознавания типов воздушных целей, которое представляет из себя полносвязную трехслойную нейронную сеть, обученную для классификации воздушных целей по их дальностным портретам. Работа устройства основана на установлении взаимного соответствия между амплитудами и временным положением в реальных и эталонных дальностных портретах.

Эталонный дальностный портрет – это заранее известный и сохраненный в базе данных цифровой образ или характеристика цели, который используется для ее автоматического распознавания и классификации.

Основными недостатками данного устройства являются зависимость вероятности правильного распознавания от точности определения ракурса воздушной цели.

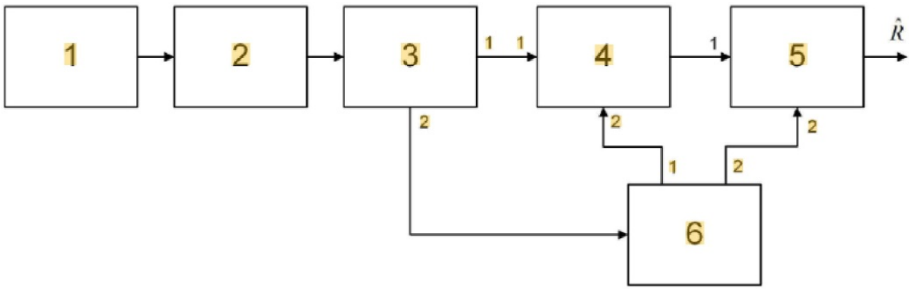


Рисунок 3 – Структурная схема устройства нейросетевого распознавания типов воздушных целей по совокупности структурных признаков, содержащихся на дальностном портрете

Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning) позволяет системам адаптироваться к изменениям в боевой обстановке и оптимизировать свои действия на основе получаемого опыта.



Рисунок 4 – Принципиальная схема работы обучения с подкреплением ИИ-нейросетей

Так, например, на основе выше описанной нейросети, обучение нейросетевого классификатора осуществляется на основе данных, содержащихся в базе эталонных дальностных портретов.

$$\mathbf{G} = \begin{bmatrix} g_{1,1} & g_{1,2} & \cdots & g_{1,j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{i,1} & g_{i,2} & \cdots & g_{i,j} \end{bmatrix}$$

Рисунок 5 – Массив цифровых фильтров с импульсными характеристиками

С математической точки зрения задачей обучения является процесс минимизации значения квадратичной функции потерь L на выходе нейросетевого классификатора:

$$L = \arg\min_{\mathbf{W},\mathbf{G}} f(\mathbf{W}(\mathbf{G}))$$

Обученная нейросеть способна самостоятельно определять цель и принимать решения о том, когда и как атаковать цель, минимизируя вероятность промаха.

Когнитивные системы, использующие ИИ, могут анализировать данные в реальном времени и принимать решения, основываясь на множестве факторов, включая тактическую обстановку и возможные угрозы.

Так, например, для ударного БПЛА «Ланцет» заявляется о разработке модификаций с интегрированными возможностями машинного обучения, увеличенной дальностью полета и повышенной устойчивостью к средствам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) за счет новых каналов связи и систем автономной навигации. Их применение может отлично сочетаться с динамическим управлением и интеграции в интерактивные интерфейсы.

Использование больших данных и аналитики для прогнозирования поведения противника и определения наиболее вероятных сценариев развития событий.В Военно-воздушных силах России технологии больших данных и когнитивных систем находят применение в различных сферах деятельности, преобразуя традиционные подходы к управлению, эксплуатации техники и боевому примененииюлетательных аппаратовсоздавая единое цифровое поле воздушной обстановки в реальном времени.

Обучение нейросетевого классификатора и настройка импульсных характеристик фильтров представляют из себя единый процесс адаптации к входным данным, представленным в обучающей выборке. Так, используя большие блоки данных, нейросеть учится определять частоты помех и обходить их. Ниже представлены показатели качества решения задачи распознавания (средняя вероятность правильного распознавания) для прототипа и предлагаемого выше описанного устройства соответственно, полученные для различных ширин спектров сигнала, отраженного от воздушной цели.

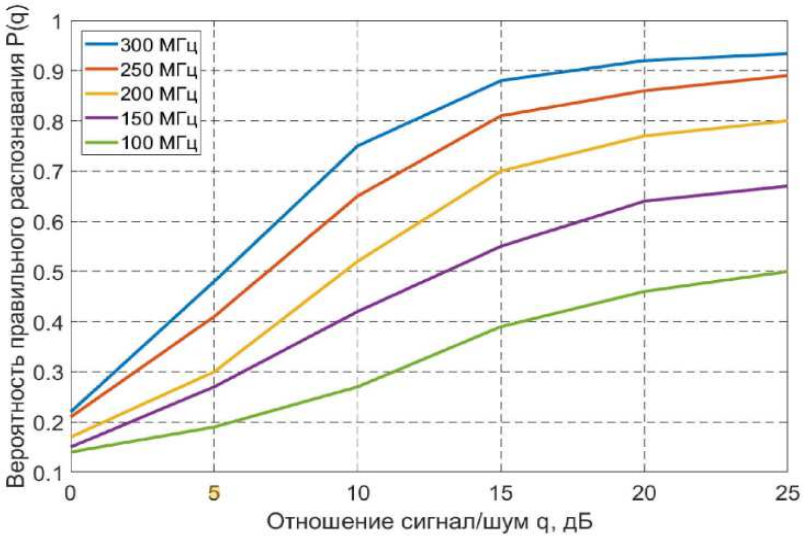


Рисунок 6 – Показатели качества решения задачи распознавания

Можно заметить, что нейросеть за счет предварительной обработки дальностного портрета позволяет повысить качество распознавания в условиях воздействия мультипликативных помех, а также при низких отношениях сигнал-шум на выходе устройства согласованной обработки и амплитудного детектирования.

Таким образом, применение искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения в управлении вооружением воздушных судов открывает новые горизонты для повышения эффективности и безопасности боевых операций.

Тенденции развития искусственного интеллекта в управлении вооружением воздушных судов

В современной войне ИИ должен уметь анализировать тактическую обстановку, принимать верные решения, выбирая оптимальные цели, типы боеприпасов и паттерн действия. Как пример: DARPA ACE (Air Combat Evolution), нацелена на разработку и внедрение искусственного интеллекта для управления боевыми самолетами в воздушном бою. Успех программы ACE открывает путь к практическому применению ее наработок. Полученные технологии лягут в основу таких концепций, как:«верные ведомые», которые являются автономными беспилотными аппаратами и концепцию «мозаичной войны», которая создает боевую сеть пилотируемых и беспилотных систем.

Фонд перспективных исследований (ФПИ), созданный для разработки подобных проектов, также работает над исследованием и созданием схожих проектов в интересах обороны и безопасности РФ. ФПИ делает значительную ставку на искусственный интеллект и автономию как на ключевые факторы будущего боевого превосходства.

Программа DARPA ACE стала прорывом, продемонстрировавшим, что искусственный интеллект может безопасно и эффективно управлять истребителем в одном из самых сложных сценариев. Перенятие опыта исследований, разработок и испытаний может заложить основу для будущих разработок аналогичных систем в ВКС РФ.

Таблица 1

Направление разработок	Описание и цели
Автономные боевые системы	Создание «умных» роботов, способных действовать быстрее и точнее человека.
Автоматизация распознавания целей	Проекты по автоматическому обнаружению и классификации военной техники (самолетов, автомобилей).
Технологии для летчиков	Разработка шлемов с дополненной реальностью (AR) для военных летчиков.

РЭБ на данный момент является самой большой помехой для всех беспилотных систем, поэтому на сегодняшний день ведется активная разработка различных способов обойти радиоподавление и обеспечить бесперебойную работу беспилотных систем и других операторов. Один из таких способов – это использование глубоких нейронных сетей (Deep Neuro Network), которые способны распознавать ложные цели и фильтровать помехи.

Таблица 2

Направление применения	Принцип работы	Преимущества подхода
Интеллектуальное подавление	Анализ сигналов в реальном времени.	Повышение ЭМС, энергоэффективности и скрытности.
Умное распознавание целей	Использование сверточных нейронных сетей.	Устойчивость к классическим помехам и распознавание целей.
Киберзащита систем ИИ	Защита от атак на сами нейросети.	Сохранение целостности и конфиденциальности алгоритмов управления.

ГНС включает в себя несколько ключевых архитектур – это сверхточные нейронныесети, которыеидеально подходят для обработки данных с пространственной структурой, таких как изображения или спектрограммы радиосигналов и рекуррентные нейронныесети, предназначенныедля работы с последовательными данными.

Защита от кибератак

Наряду с РЭБ не менее опасными для ИИ стали всевозможные кибератаки. Внедрение квантового шифрования и блокчейн-технологий для защиты данных и ИИ-детекция аномалий в работе бортовых систем создает многослойную защиту внутренних архитектур, что в свою очередь обеспечивает бесперебойную работу беспилотных и автономных систем самолета.

Квантовое шифрование, а точнее, его самая практичная на сегодня форма - Квантовое Распределение Ключей (QKD – Quantum Key Distribution), создает для ИИ «квантовый защищенный туннель», по которому можно передавать самую ценную информацию, будучи уверенным в ее секретности. QKD использует фундаментальные законы квантовой механики (принцип неопределенности Гейзенберга) для создания и обмена криптографическим ключом между двумя сторонами.

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

Рисунок 7 – Принцип неопределенности Гейзенберга

Система Блокчейн – это децентрализованный, распределенный цифровой реестр, который хранит информацию в виде цепочки блоков, где каждый следующий блок связан с предыдущим, что делает запись практически невозможной для подделки или изменения. Блокчейн помогает обеспечить нерушимость главных архитектур и делает невозможным изменение их кода без согласия всех обладающей данной базой операторов, что в свою очередь обеспечивает безопасность данных и недоступность к главному управляющему аппарату нейронной сети, управляющей вооружением и принимающей решения на военном воздушном судне.

Edge AI – это технология, которая позволяет запускать алгоритмы искусственного интеллекта непосредственно на устройствах вблизи от источника данных, а не в удаленном облаке. Особенность данной технологии в предварительном обучении нейронной сети в облачной базе данных, где есть доступ к огромным вычислительным ресурсам и большим наборам данных и последующем сжатии и оптимизации для работы на маломощных устройствах методом квантованияи прунинга.

Оптимизированная модель развертывается на конечном устройстве, где она и выполняет свою задачу – анализ данных в реальном времени. Благодаря своим особенностям и преимуществам, данная система отлично подходит для работы в условиях быстро меняющейся обстановки воздушного боя, что позволит наиболее эффективно определять воздушные и наземные цели, а так же молниеносно принимать важные решения по визуальному определению противника и последующему нанесению удара.

Синергия ИИ и концепции JADC2 заключается в создании принципиально новой системы управления, где ИИ выступает в роли «мозга», обрабатывающего гигантские объемы данных с нечеловеческой скоростью, а JADC2 – в роли «нервной системы», связывающей все рода войск в единое целое.

JADC2 (JointAll-Domain Commandand Control) – это концепция Министерства обороны США по созданию единой сети, объединяющей датчики, системы управления и средства поражения всех родов войск для принятия решений на всех уровнях с беспрецедентной скоростью. В рамках программы JADC2 ведутся работы по созданияю пространства для полноценной работы ИИ:

– Advanced Battle Management System (ABMS): В рамках ABMS ИИ используется для управления данными, поступающими от истребителей F-22 и F-35, кораблей, систем ПВО и коммерческих спутников, создавая единую цифровую картину боя.

– «Divisionoflabor» (Разделение труда): Способ разделения обязанностей между человеком и машиной. ИИ берет на себя рутинную аналитическую работу, освобождая командиров и операторов для стратегического мышления и принятия ключевых решений.

Национальная система управления обороной (НСУО) – концепция Министерства обороны Российской Федерации по связыванию систем командования и разведки в единый комплекс управления.Взаимосвязь искусственного интеллектаи НСУО РФ является ключевым направлением модернизации военного командования. ИИ рассматривается как технология, которая должна повысить скорость и эффективность командования сложными системами войск и вооружений в рамках НСУО и создания единого информационного пространства для войск, улучшение бортовых систем управления авиации и артиллерии, оптимизация логистики. Система включает мощный суперкомпьютер (16 петафлопс) и работает на российской ОС Astra Linux.

Таким образом, передача информации из облачной базы данных на операторов с мгновенным откликом и обработкой задач делает эту связку довольно сильной на поле боя, обеспечивая постоянную передачу информации и обновление боевой обстановки ежесекундно, что на сегодняшний день наиболее актуально в ВС РФ и США.

Нейроинтерфейс – это система, которая создает прямой путь коммуникации между мозгом и внешним устройством. Это технология, позволяющая управлять техникой силой мысли. Она умеет считывать, расшифровывать, преобразовывать и исполнять команды, данные ей импульсами мозга.

Голосовой нейроинтерфейс – это гибридная технология, сочетающая речевые команды с нейроуправлением. Система считывает не только произнесенные слова, но и интонации, эмоциональное состояние и когнитивную нагрузку оператора.

Американская компания PrimordialLabs разработала технологию под названием Anura, которая является наглядным примером того, как может быть организовано голосовое управление в военной сфере. Суть программы в том, что голосовой интерфейс с помощью простых устных команд на естественном языке от простых распоряжений *«Переместись вперед на 100 метров»* до сложных задач на уровне миссии *«Следи за машиной № 7»* дает возможность управлять группами беспилотных устройств.

Разработки в этом направлении – одно из самых важных направлений которое прописано в стратегии развития Российской Федерации Национальной технологиче-

ской инициативе (НТИ), а инвестиции в эту область за последние три года выросли более чем на 40 %. Эта технология позволит управлять вооружением ЛА с помощью силы мысли, или голосовых команд, которые будут считываться ИИ-помощником, что вводит сильнейшую синергию «человек-компьютер», позволяющую наиболее эффективно выполнять боевые задачи.

Как было указано выше, вопрос распределения внимания в кабине летчика стоит очень остро. Главная цель боевого летчика – это выполнить боевую задачу, но в полете необходимо следить за множеством параметров и навигационных, и боевых, и эксплуатационных. Системы на базе ИИ, подобные IBM Watson и разработкам Lockheed Martin, не предназначены для замены летчика, но способны кардинально повысить его эффективность, взяв на себя рутинные, ресурсоемкие и сверхбыстрые задачи. Их помощь реализуется через несколько ключевых направлений.

IBMWatson – система анализа данных, которая выступает в роли «всезнающего штурмана-оператора», обрабатывающего информацию в миллионы раз быстрее человека. Эта система умеет анализировать поведение вражеских самолетов, на основе текущей обстановки предлагает летчику варианты действий, а так же считывает телеметрию всех систем самолета в реальном времени, предсказывая возможные отказы и давая рекомендации.

Боевой автопилот на основе ИИ Lockheed Martin в свою очередь интегрируется непосредственно в системы управления оружием и самолетом, действуя на скоростях, недоступных для человеческой реакции. Летчик становится командиром группы, отдавая голосовые или тактильные команды ИИ. В маневренном бою ИИ может временно брать на себя управление, выполняя маневры уклонения или выхода в атаку, которые летчик физически не успел бы просчитать и выполнить. Так же ИИ анализирует тип, защищенность и приоритет целей, предлагая летчику оптимальный комплекс вооружений для их поражения. А в условиях радиоэлектронных помех ИИ может в реальном времени анализировать помеховую обстановку и обходить ее.

Летчик перестает быть «оператором-тактометром» и становится тактическим командиром, принимающим ключевые решения, в то время как ИИ выступает в роли сверхбыстрого и неутомимого помощника, берущего на себя всю рутину и расчеты, ведь всовременных боевых условиях скорость и точность играют наиважнейшую роль, позволяя летчику оперативно принимать важные решения, не отвлекаясь на побочные задачи.

Правовое регулирование

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в системы управления вооружением (СУВ) воздушных судов требует строгого правового регулирования, особенно в военной сфере. Это связано с вопросами безопасности, ответственности, международного права и этики. Международное право и регулирование автономных вооружений предусматривает ряд правовых ограничений: система должна надежно отличать комбатантов от гражданских лиц и военные объекты от гражданских, запрещена атака, если сопутствующий ущерб гражданским лицам чрезмерен по отношению к конкретному и прямому военному преимуществу, а так же при планировании и проведении атаки необходимо принимать все практически возможные меры для избежания или минимизации случайных потерь среди гражданского населения.

Главными принципами правового регулирвания ИИ являются:

– Принцип «человек в контуре» – запрет на полностью автономное применение силы.

– Ответственность за решения ИИ – необходимость четкого определения, кто несет ответственность за ошибки (разработчик, оператор, командование).

– Защита данных – предотвращение утечки информации о тактике и алгоритмах.

Без четкой правовой базы внедрение ИИ в военную авиацию может привести к непредсказуемым последствиям, поэтому необходимо развитие законодательства в этой сфере.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в управление вооружением воздушных судов открывает новые горизонты для повышения эффективности и безопасности военных операций. Уже в ближайшем будущем нейронные сети бу-

дут способны управлять не только вооружением самолета, но и остальными системами самолета, давая летчику свободу действий и упрощая распределение внимания во время выполнения боевой задачи. Однако, несмотря на очевидные преимущества, такие как улучшение точности, скорость принятия решений и снижение человеческого фактора, использование ИИ также ставит перед нами ряд серьезных вызовов. Разработки в этом направлении – одна из самых важных ветвей исследований в Российской Федерации, которая позволит перевести технику управления самолетом и другими видами технических средств на новый уровень.

Также важным направлением является разработка алгоритмов, способных к самообучению, которые будут учитывать изменения в боевой обстановке, но при этом должны быть под контролем человека, чтобы избежать непредсказуемых последствий. Инновационные решения, такие как создание гибридных систем, которые сочетают в себе человеческий контроль и автоматизацию, могут помочь преодолеть многие юридические и этические барьеры. Внедрение ИИ в ВВС переходит от экспериментальной стадии к оперативному развертыванию. Успех будет определяться не столько технологическим превосходством отдельны архитектур, сколько способностью создавать устойчивые, интегрированные системы, сочетающие скорость машинных решений с человеческой интуицией и стратегическим мышлением.

В заключение, использование ИИ в управлении вооружением воздушных судов требует комплексного подхода, сочетающего технические, правовые и этические аспекты. Только через международное сотрудничество и стандартизацию можно обеспечить безопасное и эффективное применение ИИ в военной сфере, минимизируя риски и повышая уровень ответственности за принимаемые решения.

Будущее военно-воздушных сил лежит в симбиозе человеческого интеллекта и искусственного, где каждый усиливает сильные стороны другого.

Список литературы:

1. «Концепция деятельности ВС РФ в области развития и применения ИИ» – 2023 г.
2. Конвенция о запрещении или ограничении применения конкретных видов обычного оружия (CCW, 1980).
3. Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».
4. Архипов В.Ю., Иванов А.А. Искусственный интеллект в военной авиации: перспективы и риски // Военная мысль. – 2023. – № 5. – С. 45–58.
5. Еремин Г.В., Чорный С.Н. Системы борьбы с дронами: новый технический уровень и комплексный подход // Военная Мысль. – 2022. – С. 32–40.
6. Глухов Е.А. О правовом регулировании применения искусственного интеллекта в военной сфере // Военная мысль. – 2022. – д. 8. – С. 73–85.
7. Boulanin V., Verbruggen M. Mapping the Development of Autonomy in Weapon Systems // SIPRI. – 2022. – 180 p.
8. ГОСТ Р 57580-2022 «Требования к системам искусственного интеллекта в военной технике».
9. «Устройство нейросетевого распознавания типов воздушных целей по совокупности структурных признаков, содержащихся в дальностном портрете». – RU 188 929 U1.
10. Allen G., Chan T. Artificial Intelligence and National Security // Belfer Center, Harvard. – 2022.
11. Xu D., Li T., Li Y., Su X., Tarkoma S., Jiang T., ...& Hui P. (2024). Edge AI: A Comprehensive Survey // IEEE Communications Surveys & Tutorials.
12. Quantum Cryptography: A Review of the Literature. – NHSJS (2025).
13. https://www.rusarmyexpo.ru
14. https://www.nato.int
15. https://www.sipri.org
16. https://www.darpa.mil
17. https://habr.com/ru/companies/productivity_inside/articles/339280

УДК 53.08

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ

♦♦♦♦♦

IMPROVEMENT OF THE RUSSIAN MEASUREMENT SYSTEM

Куликова Т.А.
кандидат химических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
takulikova@list.ru

Куликов М.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
mvkulikov@list.ru

Куликова Н.М.
Краснодарское высшее военное училище
имени генерала армии С.М. Штеменко
nakulikova@list.ru

Аннотация. В статье рассматривается сущность ключевых изменений в Федеральный закон РФ от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений», предусмотренных законом «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (Федеральный закон от 14.02.2024 № 18-ФЗ).
Авторы отмечают, что среди основных изменений так называемая «амнистия» для некоторых средств измерений, введение регламентации использования иностранных средств измерений, уточнение понятийного аппарата и сферы распространения Федерального закона, осуществляется корректировка сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, а также расширяется понятие «эталонной базы». Таким образом, закон направлен на совершенствование отечественной системы обеспечения единства измерений.
В статье рассматриваются в том числе исторические предпосылки принятия Постановления Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2025 года № 1453, утверждающего Положение о Государственной метрологической службе Российской Федерации.
В заключение отмечается, что подготовлен проект новой стратегии развития отечественной метрологии и системы обеспечения единства измерений до 2035 года.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, эталон, эталонная база, Росстандарт, федеральный закон, импортозамещение, обеспечение единства измерений, метрологическая служба, авиационная техника.

Kulikova T.A.
PhD in Chemical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
takulikova@list.ru

Kulikov M.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
mvkulikov@list.ru

Kulikova N.A.
Krasnodar Higher Military University
of name General of Army S.M. Shtemenko
nakulikova@list.ru

Abstract. This article examines the key amendments to Federal Law No. 102-FZ of the Russian Federation dated June 26, 2008, «On Ensuring the Uniformity of Measurements» stipulated by the Law «On Amendments to the Federal Law 'On Ensuring the Uniformity of Measurements'» (Federal Law No. 18-FZ of February 14, 2024).
The authors note that the key amendments include a so-called «amnesty» for certain measuring instruments, the introduction of regulations for the use of foreign measuring instruments, clarification of the conceptual framework and scope of the Federal Law, adjustments to the scope of state regulation of ensuring the uniformity of measurements, and an expansion of the concept of a «reference base».
Thus, the law is aimed at improving the domestic system for ensuring the uniformity of measurements.
The article also examines the historical background to the adoption of Government Resolution No. 1453 of September 20, 2025, approving the Regulation on the State Metrological Service of the Russian Federation.
In conclusion, it is noted that a draft new strategy for the development of domestic metrology and a system for ensuring the uniformity of measurements until 2035 has been prepared.

Keywords: metrological support, standard, standard base, Rosstandart, federal law, import substitution, ensuring the uniformity of measurements, metrological service, aviation technology.

Метрологическое обеспечение в Российской Федерации – это практическая деятельность, направленная на достижение единства и требуемой точности измерений в стране, регулируемая Федеральным законом РФ от 26 июня 2008 года № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» и управляемая Росстандартом. Основные направления деятельности в этой сфере включают поверку, калибровку и атте-

стацию средств измерений, метрологический надзор, а также разработку государственных эталонов и стандартов в целях обеспечения качества продукции, безопасности и технологического суверенитета.

15 февраля 2024 года Президент Российской Федерации Владимир Путин подписал закон «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (Федеральный закон от 14.02.2024 № 18-ФЗ).

Закон разработан с учетом правоприменительной практики и направлен на совершенствование отечественной системы обеспечения единства измерений. Так, документом предусматривается внесение нескольких ключевых изменений: в первую очередь, это так называемая «амнистия» для средств измерений, допущенных к применению до вступления в силу Закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений» от 1993 года.

Актуальность данного изменения обусловлена тем, что с обновлением системы госрегулирования к применению стали допускаться только средства измерений утвержденного типа. Данная процедура не была предусмотрена до 1993 года, и многочисленное измерительное оборудование, в том числе изготовленное в СССР, по формальному признаку не соответствует действующему законодательству. Таких средств измерений особенно много на промышленных предприятиях, предприятиях оборонно-промышленного комплекса. В настоящее время более 100 тысяч единиц подобного оборудования находится в исправном техническом состоянии. Вносимые изменения позволят применять подобное оборудование в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, не проходя дополнительных процедур, которые несли бы существенную дополнительную нагрузку для предприятий-владельцев такого оборудования.

Еще одной важной новостью стало введение регламентации использования иностранных средств измерений, в том числе, при проведении работ за пределами Российской Федерации. Нововведения позволят легитимно применять средства измерений, принадлежащие иностранным организациям или иностранного производства, но только в том случае, если обеспечена прослеживаемость таких средств к российским государственным первичным эталонам. Ярким примером таких работ является строительство атомных станций за пределами Российской Федерации, где регулярное применение средств измерений, поверенных на территории Российской Федерации затруднительно.

Кроме того, документом предусматривается уточнение понятийного аппарата и сферы распространения Федерального закона, осуществляется корректировка сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений, а также расширяется понятие «эталонной базы» Российской Федерации за счет включения в нее эталонов, принадлежащих юридическим лицам

Метрологическая система Российской Федерации на протяжении нескольких последних лет по праву занимает лидирующее место в мире по собственным измерительным возможностям в рейтинге Международного бюро мер и весов. Развитие системы обеспечения единства измерений Российской Федерации сбалансировано и отвечает современным вызовам как внутри страны, так и за ее пределами.

Изменения в Федеральный Закон, представленные в Федеральном собрании главой Росстандарта, были единогласно поддержаны депутатами Государственной Думы и единогласно одобрены членами Совета Федераций. Внесенные изменения не влияют на разрешительные документы, оформленные до данных изменений. Так, любые результаты поверки действительны в течение всего срока поверки. Все нововведения в области метрологии, в том числе введение изменений в Федеральный Закон, всегда направлены на вновь проводимые работы по поверке, при этом действующие результаты и сроки поверки остаются неизменными. Если срок поверки средства измерения не истек, оно исправно и его показания не вызывают подозрения у владельца, проводить внеочередную поверку нет необходимости.

Закон вступил в силу с 1 марта 2025 года, за исключением отдельных положений, которые касаются Государственной метрологической службы – они начнут действовать с 1 января 2026 года.

26 сентября 2025 года Председатель Правительства Российской Федерации **Михаил Мишустин** подписал постановление, утверждающее Положение о Государственной метрологической службе Российской Федерации (Постановление Правительства Российской Федерации от 20 сентября 2025 года № 1453). Руководство деятельностью Службы возложено на Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт).

Немного истории. Указ Императора Николая I «Положение о мерах и весах», вступивший в силу 180 лет назад – с 1 января 1845 года, сделал Россию одной из первых стран, внедривших государственное управление в области метрологии. Более того, именно этим Указом были определены учреждения, ведающие мерами и весами по всей стране, определена обязательная система единиц измерений, эталоны и образцовые меры, порядка их хранения и применения, а также соответствующий надзор – фактически была учреждена государственная метрологическая служба.

Аналогичное законодательство было введено в дальнейшем и в СССР.

В истории современной России понятие «метрологическая служба» по инициативе российских метрологов было внесено в виде поправок в Конституцию Российской Федерации лишь в 2020 году – в виде организационной структуры, которая находится в ведении государства, наравне со стандартами, эталонами, метрической системой и исчислением времени. Далее последовали необходимые изменения в закон об обеспечении единства измерений, реализующие конституционную поправку. Принятие Постановления № 1453 послужило логичным завершением цепочки знаковых событий в области законодательного обеспечения единства измерений.

Именно государство выступает основным координатором деятельности в области обеспечения единства измерений, благодаря развитию метрологической службы – централизованного руководства основными вопросами законодательного характера. Постановление Правительства РФ о создании Государственной метрологической службы позволило, основываясь на передовом опыте Российской Федерации в сфере метрологии, реализовать на практике все законодательные нормы, связанные с развитием системы обеспечения единства измерений, работающей на достижение научного и технологического суверенитета страны.

В основу деятельности Службы будет заложен приоритетный принцип единства технической политики, методов и средств обеспечения единства измерений. Под руководством Росстандарта подведомственные научные метрологические институты, а также центры стандартизации и метрологии, входящие в состав Государственной метрологической службы, осуществляют практическую реализацию требований российского законодательства в области обеспечения единства измерений.

Работа охватывает такие направления, как: аттестация эталонов, методик измерений и испытательного оборудования, поверка и калибровка, испытания стандартных образцов и средств измерений, проведение метрологической экспертизы и другие. Все подготовленные документы и методические рекомендации будут предназначены для дальнейшего использования метрологическими службами организаций и промышленных предприятий страны в целях внедрения единых подходов метрологического обеспечения деятельности.

Кроме того, Служба будет осуществлять информационно-консультационную поддержку организаций, занимающихся научно-технической и инновационной деятельностью в области разработки и производства средств измерительной техники, а также взаимодействие с метрологическими службами предприятий и компаний, включая участие в развитии их кадрового потенциала.

В части участия в реализации приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации и стратегического планирования на Государственную метрологическую службу возлагаются задачи по проведению исследований и анализу текущих и перспективных потребностей граждан, общества и государства в измерениях, а также подготовка предложений по совершенствованию законодательства и деятельности, связанной с производством средств измерительной техники.

Одним из важных направлений деятельности станет выработка действенных мер поддержки научно-технической и инновационной деятельности, связанной с разработкой и производством средств измерений и измерительного оборудования.

Одним из ключевых векторов развития российской метрологии стала реализация Стратегии обеспечения единства измерений в Российской Федерации до 2025 года, разработанная Минпромторгом России совместно с Росстандартом, которая на сегодняшний день практически реализована.

За последние пять лет обеспечена полная независимость в области первичных эталонов. В частности, весомым вкладом в формирование международной шкалы единиц времени является отечественный эталон этой величины. По сути, сейчас весь мир сверяет часы со стандартами российских метрологов. Текущий уровень их компетенций важно не просто сохранить, но и далее совершенствовать. Очевидно, что наличие собственной, современной, эффективной метрологической инфраструктуры является одним из элементов технологического суверенитета. Новые вызовы требуют продолжения модернизации эталонной базы и разработки эталонов нового поколения.

Важным достижением отечественной метрологии, как и системы обеспечения единства измерений в целом, является регулярно развивающаяся эталонная база Российской Федерации, способная обеспечить все измерительные задачи, стоящие перед отечественной промышленностью. Достоверные измерения являются условием обеспечения безопасной эксплуатации машин, оборудования самолетов, охраны окружающей среды, защиты прав граждан на жизнь и здоровье, эффективного развития и роста производства, в том числе в авиапроме, поддержкой честной торговли и многого другого.

Уже подготовлен проект новой стратегии развития отечественной метрологии и системы обеспечения единства измерений до 2035 года, которая будет сосредоточена на трёх ключевых направлениях: техническое развитие – модернизация эталонной базы, импортозамещение, оценка соответствия новых измерительных систем; информационное развитие – совершенствование цифровых платформ; кадровое обеспечение – устранение дефицита квалифицированных метрологов и повышение их компетенций.

Техническое развитие, импортозамещение для вооружения и военной техники заключается в замене иностранных комплектующих и технологий на отечественные при производстве, обслуживании и модернизации ВВТ. Это часть государственной политики по снижению зависимости от иностранных поставщиков, направленная на развитие российского ОПК, а также обеспечение национальной безопасности и технологического суверенитета.

12 июня на совещании по рассмотрению основных параметров проекта государственной программы вооружения на 2027–2036 годы президент РФ Владимир Путин заявил, что в России необходимо внедрять в системы вооружений и военную технику перспективные цифровые технологии и искусственный интеллект. «И конечно, госпрограмма должна быть ориентирована на создание и широкое внедрение в системы вооружений и военную технику перспективных цифровых технологий и искусственного интеллекта, на развитие оружия, основанного на новых физических принципах, наземных и морских робототехнических комплексов», – сказал он.

Остается важным направлением работы и развитие космических войск. Так, необходимо своевременно и в полном объеме завершить формирование орбитальной группировки космических аппаратов различного назначения. «Это позволит повысить возможности всех видов разведки, а также управления войсками и вооружением в режиме реального времени», – добавил Путин. Президент поручил максимально использовать опыт специальной военной операции (СВО) в новой программе вооружений. Необходимо повысить экспортный потенциал российских вооружений, которые подтвердили свою эффективность в боевых действиях.

И наконец, кадровое обеспечение военной метрологии включает в себя качественную подготовку кадров для обеспечения единства и требуемой точности измерений при разработке, производстве, испытаниях, эксплуатации и ремонте военной техники и вооружения. Военные метрологи выполняют широкий спектр задач, начиная от калибровки и поверки измерительных приборов, используемых в военной технике, и заканчивая разработкой новых методов и средств измерений, адап-

тированных к специфическим условиям военной службы. Как показал опыт СВО это имеет критическое значение для обеспечения надежной работы военной техники, точности стрельбы, навигации и других важных военных операций.

Авиационная техника, авиационная инфраструктура, как и все ВВТ требуют постоянного контроля и поддержания стабильности измеряемых параметров. Это касается как бортового, так и наземного измерительного оборудования. Метрологический контроль в сфере авиации направлен на безопасность эксплуатации и постоянную готовность воздушных судов. Актуализация нормативной базы метрологического обеспечения в Российской Федерации несомненно приведет к переменам и в этой области.

Список литературы:

1. Анализ и характеристика метрологической инфраструктуры Российской Федерации / Т.А. Куликова, С.Е. Чабров, В.А. Коссой [и др.] // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XV Юбилейной Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 77–83.

2. Ключевые аспекты развития системы обеспечения единства измерений в России / Куликова Т.А., Чабров С.Е., Борисов А.В. [и др.] // XIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 62-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 218–222.

3. Косимов Д.У., Куликова Т.А., Куликов М.В. Реформа организации воздушного движения в России. Новые единицы измерения // XI Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 60-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 344–346.

4. Куликова Т.А., Куликов М.В., Чабров С.Е. Актуальные вопросы военной метрологии // XII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 61-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 99–102.

5. Куликова Т.А., Куликов М.В., Чабров С.Е. Проблемы точности измерений физических параметров авиационными приборами // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 268–272.

6. Куликова Т.А., Куликов М.В., Соколкин Р.Э. Реформа системы СИ – уже реальность // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2020. – С. 157–161.

7. Таскин С.А., Куликова Т.А., Куликов М.В. Роль измерений в обеспечении эффективной эксплуатации современных вооружений и военной техники // XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 240–245.

8. Федеральный закон от 14.02.2024 № 18-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений».

9. Чабров С.Е., Куликова Т.А. Перспективы и тенденции развития метрологического обеспечения в России // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2022. – С. 247–250.

10. Чабров С.Е., Куликова Т.А. Подходы к метрологическому и физическому анализу связи фундаментальных физических констант и основных единиц СИ // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XI Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2021. – С. 230–232.

УДК 373.167.1

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В ПРОЕКЦИИ РАЗВИТИЯ ВОЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE UNIFIED STATE EXAM IN PHYSICS RESULTS IN THE PROJECTION OF DEVELOPING MILITARY ENGINEERING EDUCATION

Пивень В.А.
кандидат физико-математических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шипалов В.И.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Закарян Р.М.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Ерлагаев В.Ш.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Piven V.A.
PhD in Physical and Mathematical
Sciences, Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

Zakaryan R.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Erlagaev V.Sh.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

Аннотация. На основе данных Регионального центра обработки информации проведен анализ результатов выполнения заданий базового, повышенного и высокого уровня сложности по физике на едином государственном экзамене в Краснодарском крае за последние три года, указаны типичные ошибки учащихся при выполнении заданий различного уровня и пути их устранения. Показана важность знаний по физике для обучения в военном техническом вузе.

Ключевые слова: физика, инженер, базовый, повышенный и высокий уровень заданий, механика, молекулярная физика, электродинамика, оптика, квантовая физика.

Abstract. Based on the data from the Regional Information Processing Center, an analysis of the results of completing tasks of the basic, advanced, and high difficulty levels in physics in the Unified State Exam in the Krasnodar region over the past three years has been carried out. Typical student mistakes when completing tasks of various levels and ways to eliminate them are indicated. The importance of knowledge in physics for studying at a military technical university is shown.

Keywords: physics, engineer, basic, advanced and high difficulty level tasks, mechanics, molecular physics, electrodynamics, optics, quantum physics.

О значении физики в военно-инженерном образовании

Высшее военное образование в целом и военное инженерное образование в частности является святая святых нашего государства. Так было в России на протяжении целых веков, начиная с эпохи Петра I. В последние несколько десятков лет, с момента распада Советского Союза, престиж инженерной профессии, в том числе военной, в нашей стране, к сожалению, стал падать. Это привело к уменьшению конкурса при поступлении в вузы с инженерным техническим и технологическим образованием.

Понимая это, руководство страны в настоящее время стало больше внимания уделять вопросам развития инженерного образования, повышению престижа инженерно-технических специальностей, в том числе военных. Широко обсуждаются в правительстве и прессе вопросы подготовки квалифицированных инженерных кадров для новой инновационной волны в промышленности, армии, авиации и флоте, формирова-

ния спроса на технические профессии, престижа инженерных специальностей. В правительстве понимают, что переход к новой, инновационной экономике, армии современного типа невозможен без квалифицированных инженерных кадров, способных проектировать, управлять и поддерживать сложные технологические процессы. Слово «инженер» восходит к латинскому «ingenium» – «остроумное изобретение» и по своей сути означает творца новых жизненных благ и умений, новых орудий труда и нового оружия для войны и охоты, новых приспособлений и сооружений, средств транспорта и других. Без инженера ни одно из фундаментальных открытий в науке не станет заводской технологией и не найдет своего адресата.

Одним из основных конкурсных предметов при поступлении на инженерные специальности в вузы, в том числе военные, является предмет»физика». Физика дает начальные компетенции (знание, опыт, осведомленность) овладения инженерной специальностью в любой технической и технологической областях, и для успешной реализации любых технических и технологических проектов необходимы хорошие, крепкие знания по данному предмету.

Таким образом, чтобы стать курсантом военно-технического вуза, необходимо успешно сдать единый государственный экзамен (ЕГЭ) по физике.

В заданиях ЕГЭ по физике проверяются различные виды деятельности, которые должен приобрести будущий курсант при изучении в школе предмета «физика»: усвоение понятийного аппарата физики (в заданиях базового уровня), овладение методологическими знаниями (прежде всего, проверяются на базовом уровне в экспериментальных заданиях), применение знаний при объяснении физических явлений и решении задач (задания базового, повышенного и высокого уровней).

Выполняя задания контрольно-измерительных материалов (КИМ) ЕГЭ по физике, экзаменующийся должен:

– уметь читать задание, понимая его смысл;

– провести анализ, классификацию информации, представленной в виде текста, графика, рисунка, таблицы, схемы, диаграммы, уравнения и т.д.;

– перевести информацию в различные знаково-символьные формы, в том числе записать краткое «Дано», необходимое для успешного решения задачи, в том числе в заданиях базового уровня;

– провести преобразования применяемых законов или формул физических величин и сделать рассчет в системе СИ;

– округлить при необходимости полученный результат;

– уметь записать численный ответ с использованием десятичных приставок.

Указанные выше действия проявляются при выполнении заданий как первой части работы, содержащей задания базового и повышенного уровня, так и второй части, содержащей задания высокого уровня сложности, требующие развернутого ответа.

Статистика ЕГЭ по физике в Краснодарском крае за период 2023–2025 гг.

Рассмотрим некоторые статистические данные ЕГЭ по физике за последние три года в Краснодарском крае, предоставленные Институтом развития образования Краснодарского края.

Процент участников экзамена по физике от общего числа участников ЕГЭ в крае в этом году незначительно увеличился: 2025 г. – 3399 чел. (13,8 %); 2024 г. – 3090 (13,2 %); 2023 г. – 3285 (13,6 %).

Увеличение количества участников ЕГЭ по физике в 2025 г. по сравнению с 2024 г. и 2023 г. можно объяснить несколькими причинами. Во-первых, общим увеличением интереса выпускников школ к техническим и инженерным специальностям. Одним из путей решения проблемы уменьшения количества выпускников, выбирающих физику, становится реализация в ближайшие годы комплексного плана по развитию инженерного образования в Российской Федерации, разработанного Министерством просвещения и Министерством образования и науки Российской Федерации в 2023 г. Реализация этого плана, как видно по статистическим данным этого года, уже в ближайшие годы должна существенно повлиять на приоритеты учеников при выборе направления обучения в пользу технического и инженерного, в первую очередь в старших классах. Во-вторых, в этом году общее количество выпускников школьных учреждений в Российской Федерации наименьшее за последние годы, что также могло привести к увеличению количества участников экзамена по физике. В-третьих, важно понимать выпускникам школ, что те же IT-специалисты не могут достигнуть того высокого уровня, на который рассчитывает госу-

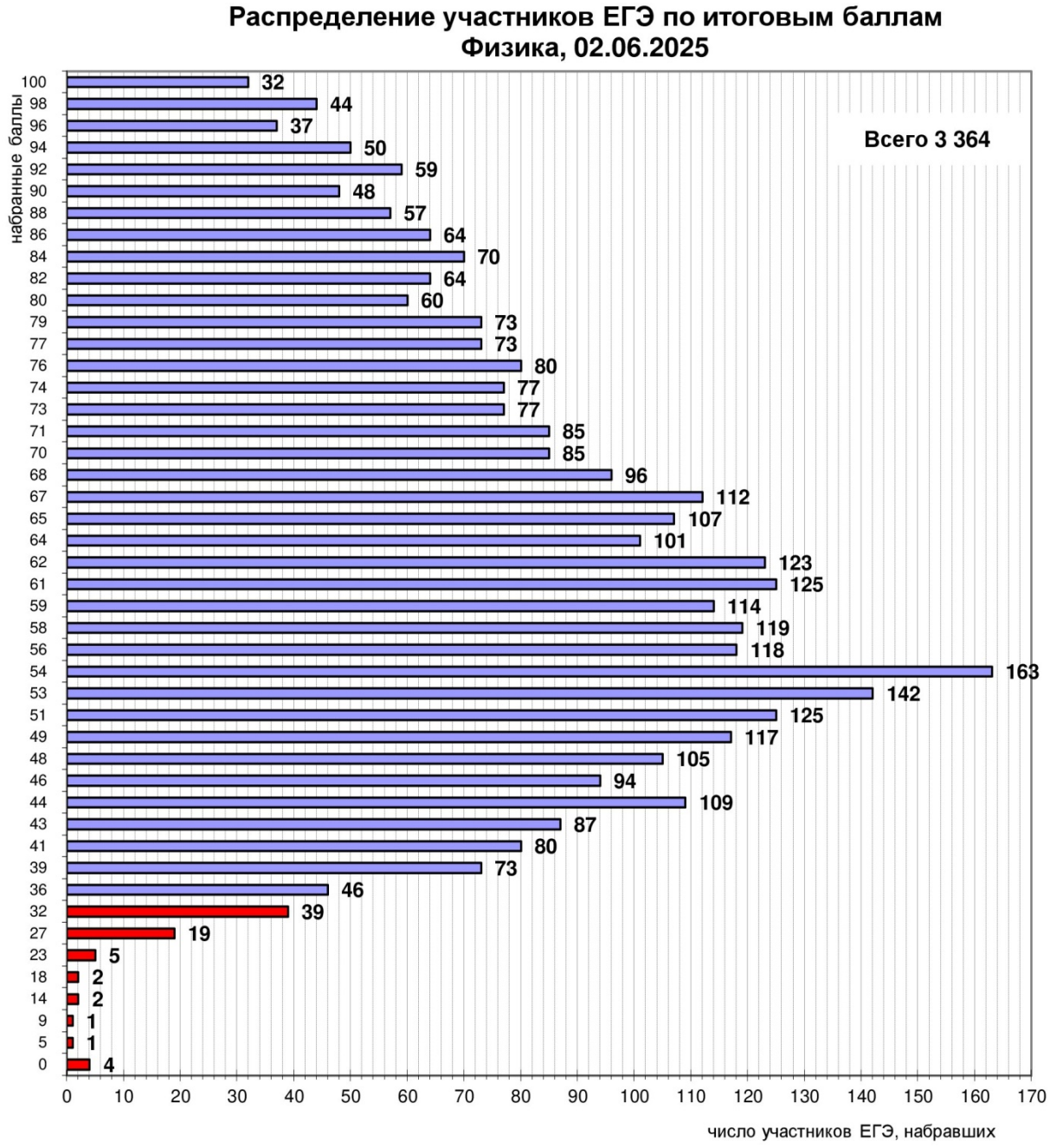
дарство, без фундаментальных знаний по физике. Поэтому в ряде технических вузов вместо информатики конкурсным предметом была установлена физика, что также привело к увеличению участников экзамена по физике.

В таблице 1 представлены результаты ЕГЭ в Краснодарском крае за период 2023–2025 гг. Видно, что средний тестовый балл увеличился, также увеличилась доля высоко-бальных работ, а доля участников, набравших балл ниже минимального балла (по физике это 36 баллов), уменьшилась.

Таблица 1

№ п/п	Участников, набравших балл	Год проведения ЕГЭ		
		2023 г.	2024 г.	2025 г.
	ниже минимального балла, %	4,6	2,65	2,29
	от минимального балла до 60 баллов, %	70,08	44,56	44,57
	от 61 до 80 баллов, %	20,82	41,23	37,69
	от 81 до 100 баллов, %	4,51	11,55	15,45
	Средний тестовый балл	53,96	61,71	62,78

Диаграмма 1



На диаграмме 1 представлено распределение участников ЕГЭ по физике в Краснодарском крае по итоговым баллам на ЕГЭ-2025 в основной день экзамена, из которой видно, что общее количество участников ЕГЭ, не преодолевших порог успешности (36 баллов), равно 73. Это в 2 раза меньше, чем в 2023 г.

Анализ результатов ЕГЭ по физике

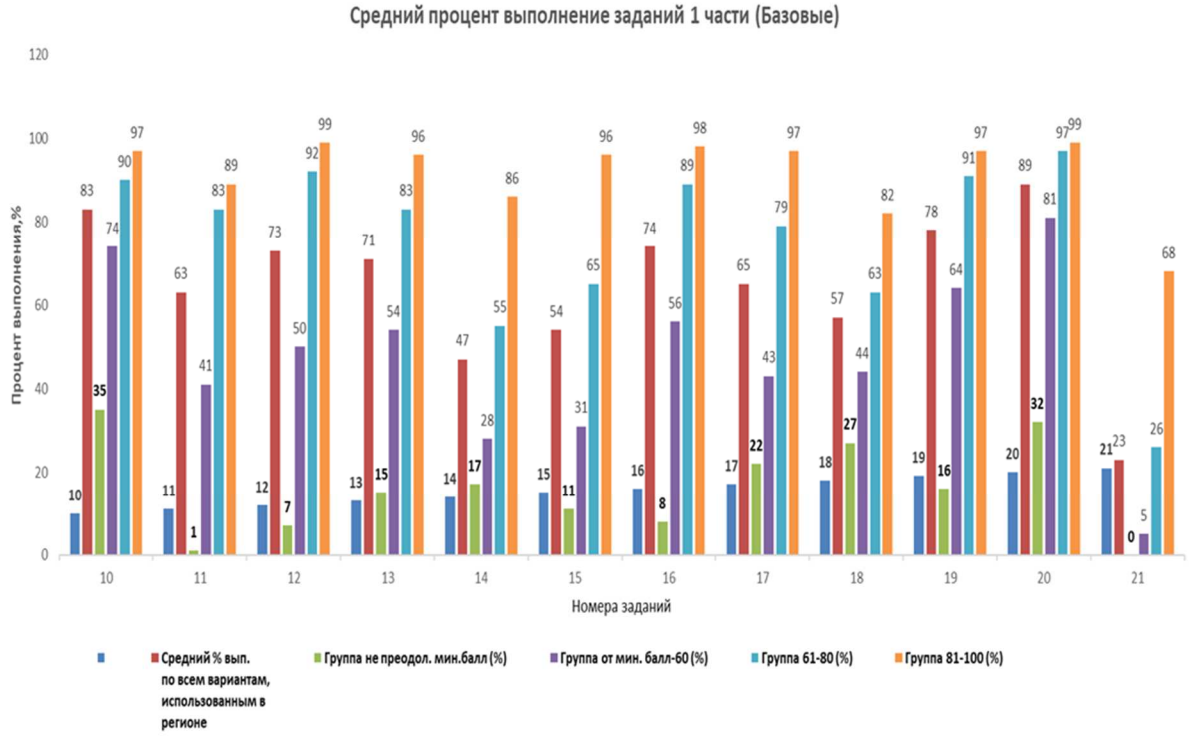
Ниже рассмотрим задания различного уровня сложности из вариантов работ, в которых экзаменующиеся традиционно испытывают трудности при их выполнении и проанализируем ошибки.

Номера заданий в тексте соответствуют нумерации заданий в вариантах ЕГЭ по физике последних трех лет. Также указаны средние проценты выполнения задания в указанные годы. Тексты заданий взяты из открытых вариантов ЕГЭ по физике [1, 2].

Задания базового уровня сложности

На диаграмме 2 представлены результаты выполнения заданий первой части варианта ЕГЭ (базовый уровень) в 2025 г. в Краснодарском крае.

Диаграмма 2



Если процент выполнения заданий базового уровня не меньше 65 %, то можно утверждать о достаточном усвоении элементов содержания и умений, представленных в вариантах ЕГЭ по физике соответствующего уровня. Будем анализировать выполнение заданий базового и повышенного уровня, в которых не достигнуты указанные критерии.

Задание № 3 (применение зависимости энергии механических гармонических колебаний от времени). 42 % – средний процент выполнения в 2024 г.; 38 % – средний процент выполнения в 2023 г. В ЕГЭ-2025 задание в подобной формулировке отсутствовало.

Текст задания: Пружинный маятник расположен на гладкой горизонтальной плоскости. Смещение груза этого пружинного маятника меняется относительно положения равновесия с течением времени по закону $x = A\cos\frac{2\pi}{T}t$, где период T = 0,8 с. Через какое минимальное время, начиная с момента t = 0, потенциальная энергия деформации пружины маятника примет минимальное значение? Ответ: 0,2 с.

Решение и анализ ошибок. По условию задания, колебания начинаются в тот момент, когда потенциальная энергия имеет максимальное значение (координата из-

меняется по закону косинуса), а период колебаний маятника равен 0,8 с. Соответственно, период колебаний энергии равен 0,4 с. Следовательно, через половину периода колебаний энергии, т.е. через 0,2 с., потенциальная энергия первый раз примет минимальное значение, равное нулю. Также может быть получен правильный ответ, если ученик вспомнит, что при гармонических колебаниях энергия колебаний изменяется от максимального до минимального значения каждую четверть периода колебаний тела (маятника), т.е. 0,8 с / 4 = 0,2 с. Неверное понимание того факта, что период изменения энергии колебаний (кинетической и потенциальной) в 2 раза меньше периода колебаний маятника (периода изменения координаты, скорости или ускорения колебаний) явилось, на наш взгляд, основной причиной ошибок при выполнении данного задания. Необходимо добавить, что аналогичные трудности испытывают в подобных заданиях на занятиях по дисциплине «Физика» курсанты нашего училища, что указывает на системные проблемы в обучении по данной теме в школах.

Задание № 11 (применение формулы силы тока с использованием графика зависимости заряда, протекающего по проводнику, от времени). 63 % – 2025 г.; 86 % – 2024 г.; 54 % – 2023 г.

Текст задания: На рисунке 1 показана зависимость силы тока *I* в проводнике от времени *t.* Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 0 до 20 с. Ответ: 350 мКл.

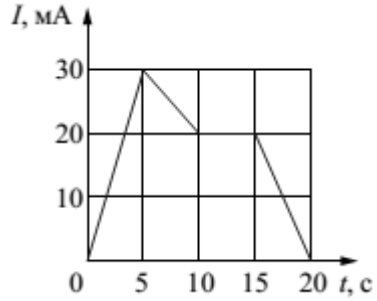


Рисунок 1

Решение и анализ ошибок. Для правильного решения задания необходимо было просто посчитать площадь фигуры, ограниченную графиком и осью времени. Такой подход вытекает из формулы связи заряда, силы тока и времени. Подобный подход используется, например, в механике при вычислении пройденного пути по графику зависимости скорости тела от времени. Как правило, фигуры, площади которых необходимо найти, представляют собой простейшие фигуры геометрии – треугольники, трапеции или прямоугольники, площади которых ученики должны знать. Вероятно, ошибки возникли, в первую очередь, из-за незнания учениками подобного способа расчета протекающего заряда в электрических цепях. Аналогичные задания используются на занятиях по физике при выполнении курсантами нашего училища рубежного контроля по теме «Электрический ток».

Задание № 15 (установление соответствия между графиками и физическими величинами при электромагнитных колебаниях). 54 % – 2025 г.; 42,5 % – 2024 г.; 46 % – 2023 г.

Текст задания: Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключен к источнику постоянного напряжения (см. рис. 2).

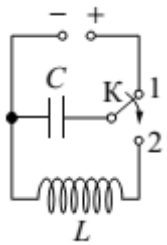
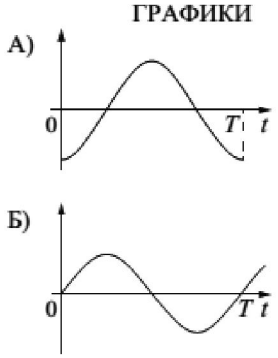


Рисунок 2

В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени физических величин, характеризующих электромагнитные колебания, возникшие в контуре (T – период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут отображать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) сила тока в катушке
2) энергия электрического поля конденсатора
3) энергия магнитного поля катушки
4) заряд левой обкладки конденсатора

Ответ:

А	Б
4	1

Рисунок 3

Решение и анализ ошибок. Для правильного выполнения задания необходимо знание периодической зависимости от времени заряда конденсатора, силы тока в катушке и энергий электрического и магнитного полей в контуре. По условию задания, как видно из рисунка контура для момента переключения в схеме, заряд левой обкладки конденсатора в начальный момент времени является отрицательным и затем через четверть периода становится равным нулю. Следовательно, зависимость заряда от времени описывается формулой $q = q_m \cos(\omega t)$, и для графика А правильный ответ – 4. Сила тока в катушке в начальный момент времени равна нулю, т.к. до переключения в схеме конденсатор был заряжен, а катушка не подключена к конденсатору. Значит, зависимость силы толка от времени описывается формулой $I = I_m \sin(\omega t)$, и для графика Б правильный ответ – 1. Такие физические величины, как энергия электрического поля конденсатора и энергия магнитного поля катушки вообще не соответствуют графикам А и Б, т.к. не принимают отрицательных значений при электромагнитных колебаниях: $W_Э = \frac{q_m^2}{2C}\cos^2(\omega t)$ – зависимость электрической энергии конденсатора от времени в данном задании; $W_M = \frac{LI_m^2}{2}\sin^2(\omega t)$ – зависимость магнитной энергии катушки от времени.

Задание № 16 (применение законов динамики, силы Лоренца, формул кинематики при движении частицы в магнитном поле, задание на установление соответствия при изменении физических величин). 57 % – 2024 г.; 59 % – 2023 г. Данный вид задания на экзамене 2025 г. отсутствовал.

Текст задания: Частица массой m, несущая заряд q, движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью υ. Что произойдет со скоростью этой частицы и периодом ее обращения в данном поле при увеличении ее кинетической энергии? Для каждой величины установите соответствующий характер изменения: 1) увеличится; 2) уменьшится; 3) не изменится. Цифры в ответе могут повторяться. *Ответ*: 13.

Решение и анализ ошибок. Ответ на вопрос об изменении скорости является более легким: пропорциональность кинетической энергии квадрату скорости известна большинству учащихся. Для ответа на вопрос о периоде обращения необходимо или помнить, что период обращения от скорости не зависит, или вывести формулу периода, используя 2-й закон Ньютона, выражение силы Лоренца и центростремительного ускорения. Из полученного соотношения для периода $T = \frac{2\pi m}{qB}$ видно, что период обращения не зависит от скорости, следовательно, не изменяется. Получить правильный

ответ об изменении периода (аналогично об изменении частоты обращения) объективно более сложно, чем ответить на вопрос об изменении скорости. Этим, вероятно, и объясняются ошибки при выполнении данного задания.

Задание № 18 (интегрированное задание на применение законов механики, молекулярной физики, электродинамики, квантовой физики). 57 % – 2025 г.; 50,6 % – 2024 г.; 58 % – 2023 г.

Текст задания: Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

1) При резонансе в механической колебательной системе амплитуда установившихся вынужденных колебаний резко уменьшается.

2) Конденсацией называют процесс преобразования пара в твердое вещество, минуя жидкую фазу.

3) При электрическом разряде в газе перенос заряда обеспечивается только положительно заряженными ионами.

4) Вынужденными электромагнитными колебаниями называют колебания в цепи под действием внешней периодически изменяющейся электродвижущей силы.

5) В ядерных реакторах для получения энергии используются экзотермические реакции распада тяжелых ядер.

Ответ: 45.

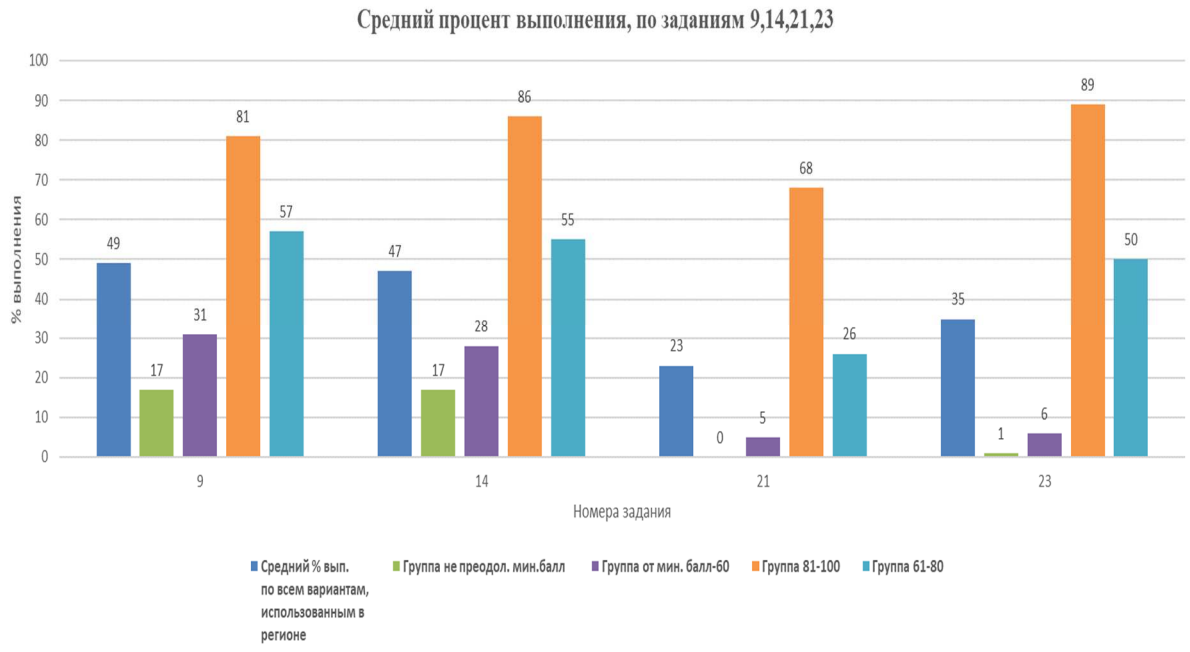
Решение и анализ ошибок. Данное задание носит интегрированный характер, охватывает сразу четыре раздела школьного курса физики, является заданием базового уровня, но, тем не менее, вызывает сложности уже который год после появления его в заданиях ЕГЭ в 2022 г. Для правильных ответов требуется знание физического смысла изученных физических величин, законов и закономерностей по указанным явлениям и процессам. Практика показывает, что из представленных утверждений наибольшую сложность у обучающихся вызывают утверждения 3 и 5. Необходимо также добавить, что в заданиях на множественный выбор может быть 2 или 3 правильных ответа из предложенных 5, но в тексте задания об этом ничего не говорится.

Задания повышенного уровня сложности

Если процент выполнения заданий повышенного уровня не меньше 50 %, то можно утверждать о достаточном усвоении элементов содержания и умений, представленных в вариантах ЕГЭ по физике соответствующего уровня. Будем анализировать выполнение заданий повышенного уровня, в которых не достигнуты указанные критерии.

На диаграмме 3 представлены результаты выполнения заданий повышенного уровня сложности на ЕГЭ-2025 в Краснодарском крае. Видно, что с этими заданиями уверенно справились только участники экзамена с высокими баллами (от 60 до 100 баллов).

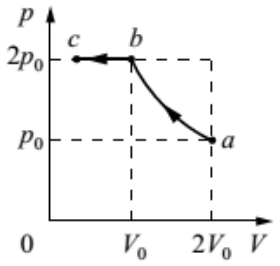
Диаграмма 3



Задание 9 (анализ газового процесса по графику для насыщенного и ненасыщенного пара, множественный выбор). 49 % – 2025 г.; 65,7 % – 2024 г.

Текст задания:

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс $a \to b \to c$, pV-диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.



1) В точке b водяной пар является насыщенным.
2) На участке $a \to b$ к пару в сосуде подводится положительное количество теплоты.
3) На участке $b \to c$ плотность пара уменьшается.
4) На участке $a \to b$ внутренняя энергия пара уменьшается.
5) На участке $b \to c$ масса пара уменьшается.

Рисунок 4

Данное задание относится к заданиям на множественный выбор, в котором необходимо проанализировать физический процесс, описанный в задании для водяного пара, на основании законов молекулярно-кинетической теории идеального газа и свойств насыщенного ненасыщенного пара. Рассмотрим все пять утверждений по условию задания.

1. Первое утверждение является *верным*, т.к. при последующем уменьшении объема пара его давление остается постоянным, а это соответствует тому, что в точке *b*пар стал насыщенным. При последующем уменьшении объема пар будет конденсироваться, а его давление при этом будет оставаться постоянным.

2. Второе утверждение – *неверное.* Участок *a-b* соответствует изотермическому сжатию водяного пара, который в этом случае можно считать идеальным газом. Для идеального газа, по первому закону термодинамики, при изотермическом сжатии газ отдает теплоту в окружающее пространство, а не получает.

3. Третье утверждение тоже *неверное*. На участке *b-c* происходит изотермическое сжатие насыщенного пара (см. утверждение 1), пар конденсируется, но его давление остается постоянным. Из формулы зависимости давления *p*газа от концентрации *n*и температуры $p = nkT$ следует, что при изотермическом процессе и постоянном давлении остается постоянной. Следовательно, постоянной будет и плотность ρ газа, т.к. $\rho = nm_0$, где m_0 – масса одной молекулы пара.

4. Четвертое утверждение – *неверное.* Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна количеству вещества ν и температуре T газа (для одноатомного газа в кодификаторе школьного курса физики есть формула внутренней энергии $U = \frac{3}{2}\nu RT$, которой можно воспользоваться для анализа изменения внутренней энергии). В изотермическом процессе для идеального газа $\nu = const$ и $T = const$, поэтому внутренняя энергия $U = const$.

5. На участке *b-c* происходит изотермическое сжатие насыщенного пара, пар конденсируется, и масса пара, т.е. вещества в газообразном состоянии, уменьшается. Следовательно, утверждение 5 является *верным* утверждением.

Таким образом, правильный ответ – 15. В 2024 г. в задании 9 тоже было два правильных ответа, но это были процессы с одноатомным идеальным газом.

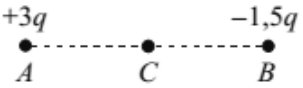
Можно констатировать определенное недопонимание учениками физической сущности процессов, происходящих с водяным паром, когда он находится в насыщенном и ненасыщенном состоянии. Очевидны также трудности учеников в правильной

интерпретации изменения физических величин, характеризующих состояние насыщенного и ненасыщенного пара – концентрация, давление, масса (количество вещества), внутренняя энергия. Необходимо также подчеркнуть необходимость правильного понимания первого закона термодинамики при изменении состояния пара.

Задание 14(применение закона Кулона, формулы напряженности, принципа суперпозиции полей, закона сохранения заряда, множественный выбор). 47 % – 2025 г.; 46,1 % – 2024 г.

Текст задания:

Две маленькие закреплённые проводящие бусинки, расположенные в точках A и B, несут на себе заряды $+3q > 0$ и $-1{,}5q < 0$ соответственно (см. рисунок). Точка C находится посередине между бусинками A и B.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

1) Если бусинки соединить тонкой стальной проволокой, они начнут отталкиваться друг от друга.
2) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
4) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут одинаковыми.
5) На бусинку B со стороны бусинки A действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.

Данное задание относится к заданиям на множественный выбор, в котором необходимо проанализировать физический процесс, описанный в задании, на основании законов электрического поля. Для правильного решения задания необходимо знать закон Кулона, закон сохранения заряда, понятие напряженности электрического поля, принцип суперпозиции электрических полей, электрические свойства проводников и диэлектриков. Рассмотрим все пять утверждений по условию задачи.

1. Первое утверждение является *верным*, так как стальная проволока переносит свободные заряды, поэтому после соединения по закону сохранения заряда обе бусинки будут иметь одинаковые по знаку заряды (по величине заряды тоже будут одинаковые, т.к. в подобных задачах размеры бусинок предполагаются одинаковыми). Следовательно, одноименные заряды будут отталкиваться.

2. Второе утверждение *верное*, что следует из закона Кулона $F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$, который и определяет модуль силы, действующей на каждый из двух зарядов.

3. Третье утверждение является *неверным*. Напряженность электрического поля, созданного зарядом А в точке С направлен вправо, также вправо направлена в точке С напряженность электрического поля заряда В, следовательно, по принципу суперпозиции полей результирующая напряженность в точке С направлена вправо.

4. Стеклянная палочка является диэлектриком, поэтому не может переносить свободные заряды от одного тела к другому, поэтому после соединения стеклянной палочкой заряды бусинок не изменятся. Следовательно, утверждение 4 является *неверным*.

5. Пятое утверждение является *неверным*. Заряды бусинок противоположные по знаку, значит бусинки притягиваются друг к другу. Сила, действующая на бусинку В, направлена влево. Распространенной ошибкой при анализе данного утверждения является неверный выбор точки приложения силы, действующей на указанный заряд со стороны второго заряда.

Таким образом, правильный ответ – 12. В 2024 г. в подобном задании 14 тоже было два правильных ответа.

Практика показывает, что наибольшие трудности в подобном задании вызывают утверждения 3 и 5. Принцип суперпозиции основан на правилах сложения векторов, которые изучаются еще в механике при рассмотрении векторов скоростей, сил, импульсов. Следовательно, можно констатировать системные затруднения наших учеников в применении данного правила, и это требует дополнительного внимания при рассмотрении заданий подобного рода на уроках физики и подготовке к экзамену. Необходимо также отметить, что в целом тема, посвященная свойствам электростатического поля, вызывает также трудности и у курсантов КВВАУЛ при изучении дисциплины «Физика».

Задание 21 (решать качественные задачи, использующие типовые учебные ситуации с явно заданными физическими моделями – применение законов динамики для тела, находящегося на наклонной плоскости). 23 % – 2025 г.;. 26,5 % – 2024 г.

Текст задания:

> В первом опыте доску AB длиной $L = 130$ см левым концом закрепили на неподвижной горизонтальной плоскости, а правый конец доски подняли над плоскостью на высоту $h_1 = 50$ см. На доску положили брусок. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0{,}8$. Во втором опыте правый конец этой доски подняли над плоскостью на высоту $h_2 = 78$ см и положили на доску тот же самый брусок. Как во втором опыте по сравнению с первым изменился модуль силы трения, действующей на брусок (увеличился, уменьшился, не изменился)?
> Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брусок. Укажите для каждого случая покоится брусок или движется. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Данная задача относится к разделу «Механика» и отличается от качественных задач предыдущих лет, прежде всего, необходимостью провести анализ физического процесса с применением физических закономерностей в измененной ситуации и проведением численных расчетов для некоторых величин. В предыдущие годы качественные задачи по механике в вариантах ЕГЭ встречались достаточно редко. На брусок действуют три силы: сила тяжести mg, сила реакции опоры *N*и сила трения F_{mp} (сила трения покоя или трения скольжения). Рисунок с указанием сил, действующих на брусок, представлен ниже.

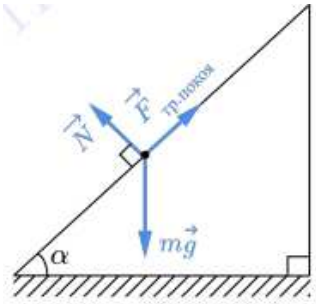


Рисунок 5

Для решения необходимо применить 2-ой закон Ньютона и выяснить, при каком условии брусок будет покоиться или двигаться на наклонной плоскости:

$$mg\sin\alpha = F_{mp} \text{ – ось X; } mgcos\alpha = N \text{ – ось У.}$$

Сила трения покоя изменяется от нуля до максимального значения $F_{mp.\max} = \mu N$. Скольжение начинается при условии $mg\sin\alpha \geq \mu N$, т.е. при заданном коэффициенте трения ($\mu = 0{,}8$ – по условию) скольжение зависит от угла наклона плоскости, который по условию задачи изменяется. Воспользовавшись уравнениями 2-го закона Ньютона на оси координат, получим условие скольжения бруска по наклонной плоскости: $tg\alpha \geq \mu$. Исходя из геометрических значений задачи, получим, что в первом случае $tg\alpha = 0{,}417 < 0{,}8$, а во-втором случае $tg\alpha = 0{,}75 < 0{,}8$, т.е. в обоих случаях брусок покоится. Из 2-го закона Ньютона на ось X $F_{mp} = mg\sin\alpha$ также сдела-

ем вывод, что сила трения покоя во втором опыте увеличилась, т.к. увеличился $\sin\alpha$. Как видно из представленного решения, для полного правильного ответа необходимо было применить 2-й закон Ньютона в проекциях на выбранные оси и провести точные численные расчеты для сравнения полученных результатов. Ответ: сила трения увеличилась; в обоих опытах брусок находился в покое.

Полученные результаты указывают на то, что наши ученики испытывают определенные сложности при выполнении подобных заданий. К подобным заданиям можно отнести также движение тела, находящегося на горизонтальной поверхности вращающегося диска. Аналогичные трудности испытывают курсанты КВВАУЛ при изучении темы «Законы динамики».

Задание 23 (решать расчетные задачи с явно заданной физической моделью с применением формул тонкой линзы и увеличения линзы). 35 % – 2025 г.; 45,9 % – 2024 г.

Текст задания:

> Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 20$ см даёт действительное, увеличенное в 5 раз изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение? Постройте изображение предмета в линзе.

Стандартная задача на применение формулы для тонкой собирающей линзы при наличии действительного изображения $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$ и формулы увеличения линзы $\Gamma=\frac{f}{d}=5$. Совместное решение этих уравнений дает ответ $f = 120$ см. Кроме правильного численного ответа, в задаче необходимо построить изображение предмета для данного случая – изображение действительное, увеличенное, перевернутое. Пример такого рисунка представлен ниже (АВ – предмет, A_1B_1 – изображение). Необходимо отметить, что ряд рисунков в работах, в которых выполнено данное задание, были выполнены не совсем корректно. Речь идет о расположении предмета перед линзой – в ряде рисунков предмет располагался за двойным фокусом линзы и изображение предмета при этом получалось уменьшенным, а не увеличенным. Подобная некорректность указывает на определенные сложности у наших учеников при построении изображения предмета в линзах. В этом задании также проявляются пробелы в знаниях по школьной геометрии, которая требует четкого построения рисунков согласно законам геометрии.

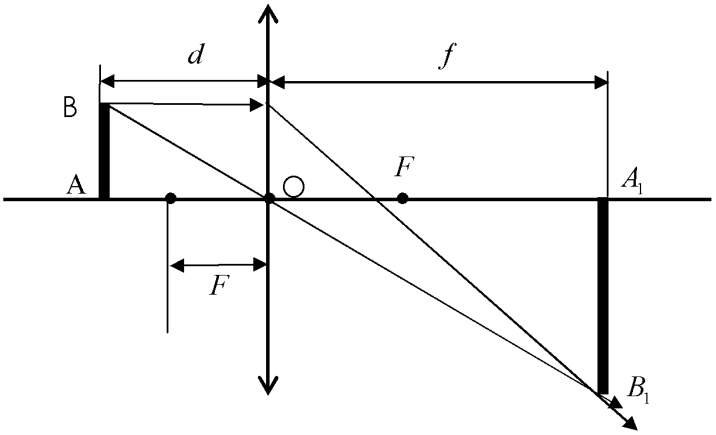


Рисунок 6

Аналогичные проблемы при построении изображений линейных предметов, расположенных перпендикулярно главной оптической оси, испытывают также кандидаты на вступительном экзамене в КВВАУЛ, организуемом вузом самостоятельно.

Задания высокого уровня сложности

Здесь рассмотрим задание, которое оказалось самым сложным для участников ЕГЭ-2025 среди заданий, требующих развернутого ответа, и относящееся к заданию

высокого уровня сложности. В задании необходимо обосновать способ решения задачи (критерий К1 выполнения задания) и представить полное развернутое решение и получить правильный численный ответ (критерий К2). Критерий К1 оценивается в 1 балл, критерий К2 оценивается от 0 до 3 баллов в зависимости от правильности решения.

Задание 26(решать расчётные задачи с неявно заданной физической моделью с использованием законов и формул механики – применение закона сохранения импульса и закона сохранения энергии). Критерий К1: 21 % – 2025 г.; 19,6 % – 2024 г. Критерий К2: 21 % – 2025 г.; 6,6 % – в 2024 г.

Текст задания:

> Снаряд в полёте разорвался на два равных осколка, один из которых продолжил движение по направлению движения снаряда, а другой – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков возросла за счёт энергии взрыва на величину 0,5 МДж. Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен 900 м/с, а модуль скорости второго осколка равен 100 м/с. Найдите массу снаряда. Сопротивлением воздуха и массой порохового заряда можно пренебречь.
>
> ***Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.***

В обосновании (критерий К1) необходимо было указать: выбор инерциальной системы отсчета, модель материальной точки, условия применения закона сохранения импульса и закона сохранения энергии.

Для полного и правильного решения задачи (критерий К2) необходимо было применить закон сохранения импульса в проекциях на выбранную ось (в данном случае на ось X), и закон сохранения энергии. Используемые обозначения: m - масса одного осколка; $\upsilon, \upsilon_1, \upsilon_2$ – скорости снаряда, первого и второго осколков соответственно:

$2m\upsilon = m\upsilon_1 - m\upsilon_2$ – закон сохранения импульса;

$\frac{2m\upsilon^2}{2} + \Delta E = \frac{m\upsilon_1^2}{2} + \frac{m\upsilon_2^2}{2}$ – закон сохранения энергии.

Как видно, из первого уравнения может быть определена скорость снаряда до разрыва $\upsilon = 400$ м/с, и это значительно облегчает дальнейшее решение задачи. Простые преобразования во втором уравнении позволяют получить ответ для массы снаряда: $M = 2m = 4$ кг. Очевидно, что возможность найти численное значение в первом уравнении одного из неизвестных (это скорость снаряда) значительно упрощает, с точки зрения математических преобразований, дальнейшее решение задачи. Практика показывает, что наличие математических преобразований в общем виде при решении задач с развернутым ответом вызывают немалые сложности у участников экзамена, что в итоге в значительной степени приводит к ухудшению результатов выполнения подобных заданий. Подобные проблемы испытывают также и курсанты КВВАУЛ на практических занятиях по теме «Законы сохранения в механике».

Выводы:

Анализ результатов, полученных учениками Краснодарского края на ЕГЭ по физике в прошедшем году, позволяет сделать следующие заключения об уровне развития у наших выпускников универсальных способов и действий, в основе которых находятся *логические и исследовательские действия*. Именно логические и исследовательские действия развиваются у школьников при реализации различного рода технических проектов, предлагаемых в школах, лицеях, гимназиях, и в дальнейшем является одной из основ для проведения научной работы, в том числе военно-научной работы курсантов военно-инженерных вузов.

Задания с кратким ответом (*базовый уровень*). Как показывает анализ результатов работ, выпускники в целом владеют понятийным аппаратом школьного курса физики, но на уровне воспроизведения, узнавания. Они могут провести расчет физической величины по известной им формуле, в том числе с использованием информации, представленной в графическом виде, таблице или с рисунком. Но в полной мере овладеть одним из базовых логических действий «самостоятельно формулировать и актуа-

лизировать проблему, рассматривать её всесторонне» в прошедшем году не смогли. Таким образом, можно констатировать, что базовые логические и исследовательские действия выпускников при выполнении данных заданий проявляются на среднем уровне.

Задания на установление соответствия (*базовый уровень*). В целом участники экзамена для этой группы заданий продемонстрировали достаточно уверенное освоение большинства логических и исследовательских действий при выполнении заданий с различным видом информации – текст, график, таблица, рисунок.

Задания на множественный выбор (*повышенный уровень*). Результаты участников экзамена позволяют сделать вывод о том, что освоение большинства логических и исследовательских действий, а также работа с информацией, представленной в различном виде, находится на достаточно хорошем уровне, т.к. в группах выпускников с баллами выше минимального (36 баллов) получены качественные результаты, превышающие 50 % для заданий данного типа.

Проведенный анализ показывает, что к снижению результативности выполнения заданий ЕГЭ в текущем году привело слабое развитие следующих умений и навыков, важных и необходимых также курсанту военно-технического вуза при изучении военно-профессиональных дисциплин:

– способность выявлять причинно-следственные связи;

– анализировать и применять полученную информацию для решения познавательных проблем;

– уметь интегрировать знания из разных предметных областей;

– создавать тексты физического и технического содержания в различных форматах с учётом назначения информации.

Надеемся, что представленный здесь разбор типичных ошибок при выполнении заданий по физике поможет курсантам нашего училища успешно сдаватьзачеты и экзамены по физике и другим техническим дисциплинам, освоить летную практику и влиться в славную когорту военных летчиков России.

Список литературы:

1. ЕГЭ. Физика: типовые экзаменационные варианты: 30 вариантов / под ред. М.Ю. Демидовой. – М. : Издательство «Национальное образование», 2025. – 336 с.

2. ЕГЭ. Физика. Отличный результат. Учебная книга / под ред. М.Ю.Демидовой. – М. : Издательство «Национальное образование», 2024. – 496 с.

УДК 517.9:519.64

ВЫСОКОТОЧНЫЙ МЕТОД НЬЮТОНА-КАНТОРОВИЧА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

♦♦♦♦♦

HIGH-PRECISION NEWTON-KANTOROVICH METHOD FOR NONLINEAR INTEGRAL EQUATIONS

Чертоганов К.А.
аспирант,
Высшая школа экономики
kirillchertoganov@gmail.com

Шипалов В.И.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
shipalov2013@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается численное решение нелинейных интегральных уравнений методом Ньютона-Канторовича с использованием библиотеки mpmath. Высокоточная квадратура ядра K(t,s,u) по переменной s для фиксированного t повышает устойчивость и точность при задачах, чувствительных к округлению и дисперсии. Представленная реализация превосходит традиционные методы низкой точности, особенно для сильно нелинейных ядер и жёстких режимов, что расширяет возможности метода в научных и инженерных вычислениях. Позволяет решать задачи аэродинамики и газодинамики с повышенной точностью вычислений.

Ключевые слова: метод Ньютона-Канторовича, нелинейные интегральные уравнения, высокая точность вычислений, сходимость, устойчивость, липшицевость, квадратурные методы, интерполяция, библиотека mpmath.

Chertoganov K.A.
Postgraduate Student,
Higher School of Economics
kirillchertoganov@gmail.com

Shipalov V.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
shipalov2013@yandex.ru

Abstract. The paper considers the numerical solution of nonlinear integral equations using the Newton-Kantorovich method with the mpmath library. High-precision quadrature of the kernel K(t,s,u) with respect to the variable s for fixed t increases stability and accuracy in problems sensitive to rounding and dispersion. The presented implementation surpasses traditional low-precision methods, especially for strongly nonlinear kernels and stiff regimes, thereby expanding the applicability of the method in scientific and engineering computations.

Keywords: Newton-Kantorovich method, nonlinear integral equations, high-precision computation, convergence, stability, Lipschitz continuity, quadrature methods, interpolation, mpmath library.

Введение

Нелинейные интегро-дифференциальные уравнения играют ключевую роль в моделировании научных и инженерных процессов в том числе при решении задач аэродинамики и газодинамики реактивных двигателей. В обзоре анализируются работы 1990–2024 годов, посвященные вопросам существования, регулярности и численных методов их решения.

В 1990 г. М.Х. Салех и С.М. Амер применили метод Ньютона-Канторовича к нелинейным сингулярным интегро-дифференциальным уравнениям, заложив основу дальнейших исследований [12]. В 1996 г. О. Альварес и А. Турен развили концепцию вязкостных решений и аргументы типа Перрона для стохастических финансовых моделей [1]. В 2001 г. Ф.Э. Бент и соавторы использовали методы вязкостных решений в задачах оптимизации с ограничениями на градиент [2].

Дальнейшие исследования охватывают автоморфные решения с использованием дробных операторов и методов неподвижной точки [3], стохастическую гомогенизацию полностью нелинейных эллиптических НИДУ в случайных средах [4], применение метода дифференциальных преобразований к запаздывающим уравнениям [5], анализ регулярности на границе в нелокальных задачах [6], разработку нелокального метода Перрона для нелинейной потенциал-теории [7], а также функционально-аналитические подходы к дробным и нелокальным краевым задачам [8].

С вычислительной стороны Чу (2007) разработал прямой матричный метод для якобианов дискретизированных нелинейных интегро-дифференциальных систем [10]. Схемы Ньютона-Канторовича для краевых задач и их усовершенствования изучались в [11, 9, 14, 15], а приложения к обратным задачам и задачам Коши – в [13, 16].

Тем не менее, остаётся недостаточно исследованным вопрос влияния численной точности и ошибок округления на сходимость и устойчивость метода Ньютона–Канторовича при решении нелинейных интегральных уравнений с сильно нелинейными или жёсткими ядрами, особенно в контексте использования произвольной точности вычислений. Настоящая работа направлена на восполнение этого пробела путем анализа устойчивости и точности метода при применении высокоточной арифметики.

Цель исследования – разработать и теоретически обосновать модифицированную схему Ньютона-Канторовича с адаптивной точностью вычислений, обеспечивающую надежную сходимость в задачах с повышенной чувствительностью к погрешностям округления.

Методы

Рассмотрим нелинейное интегральное уравнение Вольтерры

$$u(t) = b + \int_0^t K(t, s, u(s))\,ds, t \in [0, T], \quad (2.1)$$

где K непрерывно по (t, s) и локально липшицево по u. Метод Ньютона-Канторовича строит последовательность $\{u^{(k)}\}$ путем линеаризации оператора

$$F(u)(t) = u(t) - b - \int_0^t K(t, s, u(s))ds,$$

в точке $u^{(k)}$ и решения задачи

$$F'(u^{(k)})[\delta u^{(k)}] = -F(u^{(k)}), u^{(k+1)} = u^{(k)} + \delta u^{(k)}.$$

В реализации отрезок $[0, T]$ дискретизируется сеткой $0 = t_0 < \cdots < t_N = T$; интегралы по s вычисляются с высокой точностью с помощью mpmath, а значения u вне узлов аппроксимируются устойчивой линейной интерполяцией.

Инициализация:

– $u^{(0)}$: начальное приближение;
– tolerance: критерий сходимости для $\|u^{(k+1)} - u^{(k)}\|_\infty$;
– max_iter: максимальное число итераций;
– t_values : вычислительная сетка по t.

Итеративное обновление:

Для каждого t_i вычисляем

$$Integral(t_i; u) = \int_0^{t_i} K(t_i, s, \tilde{u}(s))\,ds,$$

где $\tilde{u}(s)$ обозначает интерполяцию u. Затем полагаем $u^{(k+1)}(t_0) = b$,

$$u^{(k+1)}(t_i) = b + Integral(t_i; u^{(k)}), i \geqslant 1$$

или, в строгом варианте метода Ньютона-Канторовича, решаем линейную систему, заданную $F'(u^{(k)})$, для $\delta u^{(k)}$.

Метод Ньютона-Канторовича с высокоточной квадратурой выбран, поскольку он сочетает аналитическую строгость линеаризации с численной устойчивостью при решении сильно нелинейных интегральных уравнений.

Теоретическое обоснование

Теорема 3.1 (Высокоточная сходимость НК для уравнений Вольтерры). Рассмотрим уравнение 2.1 с ядром $K(t, s, u)$, непрерывным по (t, s) и локально липшиевым по u. Пусть начальное приближение $u_0(t)$ достаточно близко к точному решению, а итера-

ция Ньютона-Канторовича корректно определена. Если липшицева константа L производной Фреше, индуцированной ядром, удовлетворяет $L < 1$ в некотором шаре функционального пространства, то последовательность $\{u_n(t)\}$ сходится к единственному решению $u(t)$ квадратично:

$$\|u_{n+1} - u\| \leqslant C\|u_n - u\|^2,$$

где C зависит только от нормы производной оператора ядра (и при необходимости от его второй производной). Теорема обосновывает использование высокоточной арифметики, устраняющей численную дисперсию и обеспечивающей устойчивость метода в случаях, когда стандартные вычисления терпят неудачу.

Доказательство:

Рассмотрим оператор

$$(Fu)(t) = u(t) - b - \int_0^t K(t, s, u(s))ds$$

в банаховом пространстве $X = C([0, T])$ с нормой супремума. Пусть u^* – точное решение и $B(u^*, r) \subset X$ – замкнутый шар.

Для $h \in X$ имеем

$$(F'(u)h)(t) = h(t) - \int_0^t \partial_u K(t, s, u(s))h(s)ds$$

Подстановка $u = u^{(k)}, h = \delta u^{(k)}$ дает линеаризованное уравнение и обновление Ньютона $u^{(k+1)} = u^{(k)} + \delta u^{(k)}$, что ведет к

$$F\left(u^{(k+1)}\right) = O\left(\|\delta u^{(k)}\|^2\right).$$

Если индуцированный оператор Вольтерры

$$(K_k h)(t) = \int_0^t \partial_u K\left(t, s, u^{(k)}(s)\right)h(s)ds$$

удовлетворяет $\|K_k\| < 1$, то обратный оператор $I - K_k$ существует и равномерно ограничен на $B(u^*, r)$. Применяя оценки резольвенты и формулу среднего значения, получаем

$$\|u^{(k+1)} - u^*\| \leqslant C\|u^{(k)} - u^*\|^2.$$

Индукцией заключаем, что итерации остаются в $B(u^*, r)$ при условии существования равномерной липшицевой константы $L < 1$, что и дает заявленную квадратичную сходимость.

Результаты

Алгоритм реализован на Python с использованием mpmath для высокоточной арифметики и протестирован в каркасе unittest. Дополнительно применяются numpy для векторных операций, matplotlib для визуализации и собственный модуль с реализацией метода.

Тестовый каркас:

– t_values: сетка на $[0,2]$ с шагом 0.1 ,
– u_values: начальное приближение $u \equiv 1$,
– nu: параметр вязкости (тест Бюргерса).

Модульные тесты:

– test_manual_interp: проверка устойчивости интерполяции,
– test_compute_integral: положительность интеграла при $t = 2$ для $K > 0$,
– test_boundary_conditions: предотвращение экстраполяции,
– test_burgers_equation, test_lotka_volterra_equation, test_navier_stokes_equation: упрощённые проверки согласованности.

Algorithm 1 Итерация Ньютона–Канторовича с высокоточной квадратурой

Вход: u, tolerance, max_iter, t_values, K, b
Выход: приближённое решение u
Инициализация: mpmath.mp.dps $\leftarrow 50$
function INTERP(x, xp, fp)
    Найти i такое, что $xp[i] \leqslant x \leqslant xp[i+1]$
    return $fp[i] + (fp[i+1] - fp[i])\dfrac{x - xp[i]}{xp[i+1] - xp[i]}$
end function
function INTEGRAL(t, u)
    $f(s) \leftarrow K(t, s, \text{INTERP}(s, t_values, u))$
    return mpmath.quad($f, [0, t]$)
end function
function NEWTONKANTOROVICH(u)
    for $k = 0$ max_iter **do**
        $u_new[0] \leftarrow b$
        for $i = 1$ len(t_values) $- 1$ **do**
            $u_new[i] \leftarrow b + \text{INTEGRAL}(t_values[i], u)$
        end for
        $error \leftarrow \max_i |u_new[i] - u[i]|$
        if $error <$ tolerance **then return** u_new
        end if
        $u \leftarrow u_new$
    end for
    return u
end function

Применение: уравнение Брату
Каноническое уравнение Брату

$$\frac{d^2u}{dx^2} + \lambda e^u = 0$$

моделирует процессы горения и реактивной диффузии. В интегральной форме связанное уравнение Вольтерры

$$u(t) = b + \int_0^t \lambda e^{u(s)} ds$$

служит численным прототипом для акцентирования нелинейности подынтегральной функции.

График ошибок сходимости: зависимость $\|u^{(k+1)} - u^{(k)}\|$ от числа итераций при разных λ подтверждает область сжатия и демонстрирует преимущества высокой точности.

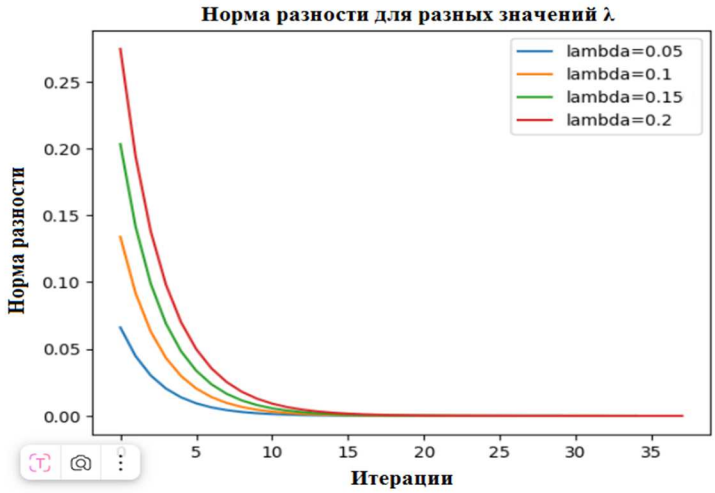


Рисунок 1 – Норма последовательных разностей при различных значениях λ

Обсуждение

Интеграция идей вязкостных решений со стохастической гомогенизацией проясняет устойчивость в случайных средах [1, 4]. Методы дифференциальных преобразований и нелокальные техники Перрона повышают сходимость при дробных ограничениях [5, 7], а функционально-аналитические подходы с дробными производными расширяют моделирование наследственных сред [8]. В оптимизации сочетание вязкостных решений уравнений Гамильтона-Якоби-Беллмана с линеаризацией НК сокращает число итераций [2]. Использование высокой точности делает метод Ньютона-Канторовича применимым в жёстких режимах, где машинной точности недостаточно.

Вклад. Мы разработали многоуровневую схему НК с высокой точностью, устойчивой интерполяцией и квадратурой и сформулировали критерий сходимости (Теорема 3.1), связывающий численное поведение с аналитической устойчивостью. Эксперименты показывают, что высокая точность устраняет ложную дисперсию и повышает надёжность при сильной нелинейности.

Преимущества по сравнению с альтернативами:

– в отличие от разностных схем для дробной диффузии, подверженных дисперсии и условной устойчивости, НК с высокоточной квадратурой обрабатывает нелинейность без жёсткой зависимости от шага;

– в отличие от глобальных случайных блужданий, требующих множества симуляций, НК напрямую ищет неподвижную точку с заданной точностью;

– простая модификация ядра и начальных условий позволяет быстро адаптировать метод к физическим, биологическим и финансовым моделям.

Заключение

В работе разработан высокоточный численный метод решения нелинейных интегральных уравнений Вольтерры на основе схемы Ньютона-Канторовича с использованием библиотеки mpmath для прецизионной квадратуры. Метод сочетает устойчивую интерполяцию, теоретически обоснованную сходимость и модульную архитектуру, что обеспечивает его универсальность и высокую точность вычислений.

Теорема сходимости задаёт условия локальной квадратичной сходимости при липшицевой производной интегрального оператора, что позволяет эффективно решать задачи с сильной нелинейностью, жесткими режимами и высокой чувствительностью к численным погрешностям.

Результаты показывают эффективность высокоточной арифметики и выявляют связь между устойчивостью, точностью и структурой ядра. Метод доказал применимость к широкому кругу прикладных задач, включая физические, биологические и финансовые модели.

Дальнейшее развитие связано с обобщением подхода на многомерные и векторные системы, нелокальные и дробные уравнения, созданием адаптивных стратегий выбора точности, анализом глобальной сходимости и оптимизацией вычислительных процедур.

Таким образом, рассмотренный метод представляет собой эффективный и теоретически обоснованный инструмент численного анализа, открывающий перспективы для дальнейшего развития теории и практики решения нелинейных интегральных уравнений.

Список литературы:

1. Альварес О., Турен А. Вязкостные решения нелинейных интегро-дифференциальных уравнений // Анналы Института Анри Пуанкаре С. – 1996. – Т. 13. – № 4. – С. 293–317. – DOI: 10.1016/S0294-1449(16)30106-8.

2. Бент Ф.Э., Карлсен К.Х., Рейквам К. Оптимальный выбор портфеля с потреблением и нелинейными интегро-дифференциальными уравнениями с ограничением на градиент: подход через вязкостные решения // Журнал дифференциальных уравнений. – 2001. – Т. 184. – № 2. – С. 265–298. – DOI: 10.1007/PL00013538.

3. Аббас С. Псевдопочти автоморфные решения некоторых нелинейных интегродифференциальных уравнений // Вычислительная математика и её приложения. 2011. – Т. 62. – № 7. – С. 2879–2891. – DOI: 10.1016/J.CAMWA.2011.07.013.

4. Шваб Р. В. Стохастическая гомогенизация для некоторых нелинейных интегродифференциальных уравнений // Коммуникации по уравнениям в частных производных. – 2013. – Т. 38, № 10. – С. 1715–1744. – DOI: 10.1080/03605302.2012.741176.

5. Абазари Р., Киличман А. Применение метода дифференциальных преобразований к нелинейным интегро-дифференциальным уравнениям с пропорциональным запаздыванием // Нейронные вычисления и приложения. – 2014. – Т. 25. – № 3-4. – С. 853–863. – DOI: 10.1007/S00521-012-1235-4.

6. Рос-Отон Х., Серра Х. Регулярность на границе для полностью нелинейных интегродифференциальных уравнений // Журнал математики Дьюка. – 2016. – Т. 165. – № 11. – С. 2079–2154. – DOI: 10.1215/00127094-3476700.

7. Корвепяя Ю., Кууси Т., Палачуччи Г. Дробные сверхгармонические функции и метод Перрона // Математические анналы. – 2017. – Т. 369. – С. 1443–1489. – DOI: 10.1007/S00208-016-1495-X.

8. Ахмад Б., Брум А., Альсаэди А., Нтуяс С.К. Нелинейные интегродифференциальные уравнения со смешанными правыми и левыми дробными операторами // Математика. – 2020. – Т. 8. – № 3. – Ст. 336. – DOI: 10.3390/MATH8030336.

УДК 004.82

ВЕКТОРНЫЕ ПРЕДСТАВЕНИЯ В ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ: ОТ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОСНОВ К СОВРЕМЕННЫМ ЯЗЫКОВЫМ МОДЕЛЯМ

♦♦♦♦♦

APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOLVING LINEAR PROGRAMMING PROBLEMS

Головнина Н.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
n.v.p.2006@mail.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чёрный Р.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Исайчев А.А.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Golovnina N.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
n.v.p.2006@mail.ru

Shakhray E.A.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Cherniy R.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Isaichev A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу ключевых математических основ, лежащих в основе современных больших языковых моделей. В работе детально рассмотрены роль и применение основных разделов математики. Линейной алгебры как основного материала для представления данных в виде векторов и матриц; теории вероятностей и байесовского подхода, ответственного за генерацию текста; математического анализа и оптимизации, позволяющего настраивать многомерные параметров с помощью градиентного спуска; дискретной математики, как языка для структурирования данных и описания архитектуры моделей. Подчеркивается, что именно синтез этих дисциплин в единую систему позволил совершить прорыв в создании искусственного интеллекта, способного к пониманию и генерации человеческого языка.

Ключевые слова: искусственный интеллект, операции над векторами, операции над матрицами, байесовская вероятность, градиент.

Abstract. This article analyzes the key mathematical foundations underlying modern large-scale language models. It examines in detail the role and application of key branches of mathematics.These include linear algebra as the foundation for representing data as vectors and matrices; probability theory and the Bayesian approach responsible for text generation; mathematical analysis and optimization, which allows for the tuning of multidimensional parameters using gradient descent; and discrete mathematics as a language for structuring data and describing model architecture. It is emphasized that the synthesis of these disciplines into a unified system has enabled a breakthrough in the creation of artificial intelligence capable of understanding and generating human language.

Keywords: artificial intelligence, vector operations, matrix operations, Bayesian probability, gradient.

Современные искусственный интеллект, в том числе большие языковые модели (Large Language Models или LLM) представляют собой вершину многовекового развития математических и вычислительных методов. В основе их функционирования лежат векторные представления данных, матричные операции и байесовские принципы – математические инструменты, эволюция которых определяла траекторию развития искусственного интеллекта на протяжении десятилетий. [1]

Первоначально **появилась идея** создать гигантскую «энциклопедию» в памяти компьютера, где были бы явно прописаны факты мировой истории, развития человечества и логические правила для манипуляции этими фактами. Оказалось, что объем знаний, необходимый для понимания даже детской книги, колоссален. Проект стал ги-

гантским, неповоротливым и так и не достиг заветных целей. **Потом возникла другая идея,** научить компьютер разбирать предложение на синтаксические составляющие (подлежащее, сказуемое, дополнение) по аналогии с тем, как это делают на уроках родного языка. Система ломалась, сталкиваясь с грамматическими ошибками, новыми словами или нестандартной конструкцией. Естественный язык слишком хаотичен и полон исключений для жестких правил.

Настоящий прорыв в построении искусственного интеллекта произошел только после того, как перешли к работе с **вероятностями, векторами, матрицами и градиентами**. Оказалось, что этот язык гораздо лучше подходит для описания хаотичной, неидеальной, контекстно-зависимой реальности человеческого общения. Смена основ построения искусственного интеллекта произошла не потому, что лингвистика была неправильной, а потому, что появился принципиально иной, более мощный способ решения проблемы. **Пришло понимание, что необходимо** отказаться от понимания синтаксиса и работать с текстом уже не как с набором слов. Что нужно прокладывать новый путь, значит представлятьсловосочетания, предложения в виде вектора, где координаты – это важность слов в нем.

Рассмотрим основные разделы математики, базовые понятия, основные формулы, которые используются при построении любой языковой модели.

Линейная алгебра является конструкционным материал модели искусственного интеллекта. Это самый важный и наглядный раздел. Без линейной алгебры искусственный интеллект просто не существовало бы в своем современном виде. Линейная алгебра предоставляет язык и инструменты для представления и преобразования данных в нейронных сетях. Слова, фразы и целые тексты представляются в виде **векторов** (наборов чисел) в многомерном пространстве. Это называется **векторными представлениями (embeddings)**. Семантически близкие слова, например, король и королева имеют и близкие векторные представления. А, например, золото и зола, которые располагаются в словаре достаточно близко, имеют в векторном пространстве различные векторы, а значит, далекое векторное представление. В основе любого текста лежат слова, а **векторы стали основополагающей базой для представления слов и понятий.**

Представим, что у нас есть очень простое 3-мерное пространство, где оси условно соответствуют семантическим признакам. В реальных моделях размерность векторов не 3, а **сотни или тысячи** (768, 1 024, 4 096). Это позволяет улавливать тонкие и сложные семантические, синтаксические и контекстуальные связи между словами. С такой моделью можно производить математические операции со смыслом.

Если вектор – это одно слово или нейрон, то матрица – это весь слой нейронов или таблица всех слов в словаре. Веса в нейронной сети хранятся в виде матриц. **Матрицы и линейные преобразования** матриц необходимы для обработки значений в многомерном пространстве. Все вычисления внутри нейронной сети – это последовательность матричных умножений. Веса нейронов – это огромные матрицы. Когда вектор-представление слова проходит через слой нейронной сети, он умножается на матрицу весов, что эквивалентно его **линейному преобразованию** (повороту, растяжению, сдвигу в пространстве). **Собственные значения** используются для анализа и сжатия данных, например, для уменьшения размерности векторных представлений, что позволяет ускорить работу модели без значительной потери качества.

Отметим, что современные системы работают не с отдельными векторами и матрицами, а с **тензорами** – обобщением векторов и матриц на большее количество измерений. Это позволяет обрабатывать данные батчами (пакетами) и эффективно использовать GPU. Все матричные умножения в нейронной сети (линейные слои) поддерживают тензорные операции, что позволяет обрабатывать весь батч за один проход, обеспечивая огромное ускорение вычислений.

Далее рассмотрим наиважнейшее понятие, используемое в построении искусственного интеллекта, скалярное произведение векторов. Это сердце архитектуры Transformer, лежащей в основе всех современных языковых моделей.

Формула скалярного произведения: $\vec{a} \cdot \vec{b} = \left|\vec{a}\right| \cdot \left|\vec{b}\right| \cos\varphi$,

где φ – *угол между векторами* .

Чем больше скалярное произведение (и чем меньше угол между векторами), тем более схожи или различны друг другу эти векторы.

При построении языковой модели для каждого слова создается три вектора: **Запрос (Query)**, **Ключ (Key)** и **Значение (Value)**. Это делается с помощью линейных преобразований, а именно, умножения матрицы на вектор-запрос, вектор-ключ, вектор-значение. **Какова же их интерпретация в искусственном интеллекте?** Если мы представим себе слова в виде векторов в некотором семантическом пространстве**, то косинус угла между векторами является мерой семантической близости**.

Из формулы скалярного произведения векторов, можно получить **косинусную меру угла между векторами**: $\cos\varphi = \frac{\vec{a}\cdot\vec{b}}{|\vec{a}|\cdot|\vec{b}|}$, где $\varphi - угол\ между\ векторами$. Если $\cos\varphi \approx 1$, значит угол близок к 0°, следовательно, векторы сонаправлены. Слова семантически очень близки, или синонимы, например, «имидж» и «образ». Если $\cos\varphi \approx 0$, значит угол близок к 90°, следовательно, векторы ортогональны и смысловой связи между такими словами нет. Если $\cos\varphi \approx -1$, значит, угол близок к 180°, следовательно, векторы противоположно направлены. Слова являются антонимами или концептуально противоположны, например, «день» и «ночь». Скалярное произведение – это не просто формула или упражнение в учебнике. Это активный инструмент, позволяющий электронно-вычислительной машине количественно измерить «сходство» или «различие». Все операции в **искусственном интеллекте** – это, по сути, одно большое матричное умножение (которое состоит из множества скалярных произведений), что делает процесс невероятно эффективным для GPU.

Таким образом, эта, казалось бы, простая формула является краеугольным камнем, который перевел обработку языка из области лингвистических правил в область геометрических вычислений. Это прекрасный пример того, как фундаментальная математика находит воплощение в самых современных технологиях. Без этого раздела математики создание моделей, способных понимать и генерировать человеческий язык, было бы невозможным. *Итак, линейная алгебра создает языковую модель. Но чтобы эта модель «думала», необходим другой математический аппарат – теория вероятностей.*

Далее рассмотрим углубленно роль теории вероятностей и математической статистики в работе любой языковой модели. Это действительно «мозг» модели, потому что именно эти разделы наделяют **искусственный интеллект** способностью не просто механически повторять, а принимать «взвешенные решения» о том, что и как генерировать. Любые языковые модели по своей сути являются вероятностными моделями. Сами по себе модели не «знают» ответы, а предсказывают наиболее вероятное продолжение последовательности. Если линейная алгебра – это кости и мускулы модели, то теория вероятностей – это её нервная система, принимающая решения. Вся генерация текста в **искусственном интеллекте** – это цепочка вероятностных решений.

Рассмотрим байесовский подход и работу **искусственного интеллекта** с неопределенностью. Вся работа модели при генерации текста – это последовательное вычисление условной вероятности. Модель на каждом шаге отвечает на вопрос: «Какое слово с наибольшей вероятностью должно идти дальше, учитывая все, что было написано до этого?». На выходе каждого слоя получается распределение вероятностей по всему словарю. Модель «решает», какое слово выбрать, используя выборку с учетом вероятности или поиск по лучам для набора наиболее вероятных последовательностей.

Формула Байеса вытекает из определения условной вероятности. Вероятность совместного события выражается через условные вероятности $P(AB) = P(A)P\left(B/A\right)$.

Формула Байеса $P\left(H_i/A\right) = \frac{P\left(A/H_i\right)P(H_i)}{P(A)}$, где $P(H_i)$ – априорная вероятность гипотезы,

$P\left(H_i/A\right)$ – апостериорная вероятность гипотезы, $P\left(A/H_i\right)$ – вероятность наступления события A при истинности гипотезы $P\left(H_i\right)$, $P\left(A\right)$ – полная вероятность наступления события A. В задачах и статистических приложениях $P\left(A\right)$ обычно вычисляется по формуле полной вероятности события $P(A)=\sum P(H_i)P\left(A/H_i\right)$, зависящего от нескольких несовместных гипотез, имеющих суммарную вероятность равную единице, т.е. $\sum_{i=1}^{n} P\left(H_i\right)=1$.

Теория вероятностей и математическая статистика обеспечивают искусственному интеллекту аппарат для принятия решений. Без этого «мозга» любая языковая модель была бы просто гигантской и бессмысленной системой линейных преобразований, неспособной порождать осмысленный и связный текст. Принцип **оценки параметров и максимального** правдоподобия лежит в основе обучения модели. Задача обучения – найти такие значения параметров модели, чтобы правдоподобие обучающих данных текстов было **максимальным**. То есть, чтобы модель присваивала как можно более высокую вероятность реальным, грамотным текстам.

Теперь рассмотрим, пожалуй, самый важный раздел для понимания того, как такие сложные модели вообще возможно обучить. Если линейная алгебра – это конструкция, а вероятность – мозг, то математический анализ, дифференциальное исчисление и оптимизация являются для искусственного интеллекта своеобразным мотором, который заставляет всю систему учиться на своих ошибках. Модель, имеющую миллиард параметров, не обучить «вручную». Нужен аппарат для автоматической настройки. Математический анализ дает нам инструмент для этого – **градиент.**

Чтобы понять, как изменить каждый из миллиардов весов для уменьшения ошибки, необходимо вычислить **градиент** функции потерь. Градиент – это вектор, указывающий направление наискорейшего роста функции. Если двигаться в противоположном направлении, получим **градиентный спуск**. **Теория оптимизации и** алгоритмы градиентного спуска – это целая область математики, которая отвечает на вопрос: «Как наиболее эффективно найти минимум функции с огромным количеством переменных?».

Для простоты рассмотрим функцию одной переменной. Производная функции $f(x)$ в точке $x=x_0$ показывает скорость изменения функции в этой точке. Говоря геометрически, это **угловой коэффициент касательной** (наклон).

Формула производной (предельное определение): $f'(x)=\lim\limits_{\Delta x\to 0}\dfrac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}$.

Если производная **положительная**, функция возрастает. Если **отрицательная** – убывает.

Градиент – это обобщение производной на многомерный случай. Это **вектор**, составленный из частных производных по всем переменным.

Математический анализ и оптимизация – это не просто абстрактная теория, а практический двигатель всей работы искусственного интеллекта. Без этого «мотора» все остальные компоненты любой языковой модели, будь то сложнейшие архитектуры или гигантские наборы данных, остались бы бесполезной грудой математических абстракций, неспособной к обучению и совершенствованию.

Дискретная математика – это своеобразный «язык» данных, этот раздел является фундаментом для понимания того, как данные структурированы и как измеряется информация в языковых моделях.

Если линейная алгебра оперирует непрерывными векторами, то дискретная математика работает с отдельными, целочисленными объектами – токенами, графами и

состояниями, из которых состоит язык. Архитектуру всей нейронной сети можно представить в виде **ориентированного взвешенного графа**. Дискретная математика и теория информации обеспечивают искусственный интеллектважным языковым уровнем. **Теория графов** дает формальный аппарат для описания архитектуры сети и динамических связей внимания между словами. **Граф** – это топологическая модель, которая состоит из множества вершин и множества соединяющих их рёбер. При этом значение имеет только сам факт, какая вершина с какой соединена, а кроме этого, точки пересечения некоторых рёбер графа могут не являться его вершинами. При наличии огромного числа рёбер и вершин лучше всего представлять граф в виде матрицы. Очень многие задачи могут быть решены с использованиемтеории графов. Для этого достаточно лишь принять объекты за вершины, а связь между ними – за рёбра, после чего весь набор алгоритмов теории графов готов к выполнению практических задач. **Можно представить рёбра графа нитями, проходящими в пространстве, имеющем размерность** 768, 1024 или 4096. **Процессы дискретизации** (токенизация) являются мостом между непрерывным миром человеческого языка и дискретным миром вычислительной математики.

Без этого фундамента ни одна языковая модель не смогла бы структурно организовать свои «мысли» и измерить, насколько хорошо она «понимает» язык. Это система координат и измерительных инструментов для всего процесса создания искусственного интеллекта. Эта архитектура объединила все ключевые математические концепции: векторные представления для кодирования смысла, матричные операции для обработки информации и вероятностные распределения (softmax) для принятия решений.

Мы наглядно показали, как математические концепции из курса алгебры, анализа и теории вероятностей оживают и становятся «мозгом» самых передовых систем. Создание искусственного интеллекта не было простым и закономерным процессом. Это была своего рода эволюция, где многие, казалось бы, логичные идеи оказывались ошибочными, а открытия, прорывы и решения часто приходили с неожиданных сторон. Понимание этих математических основ критически важно для осмысления принципов работы современных языковых моделей и направлений их дальнейшего развития.

И самое главное – эта история далека от завершения. Человечество находится только в самом начале пути развития искусственного интеллекта.

Список литературы:

1. https://jaycopilot.com/blog/istoriya-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta-podrobnyj-analiz-evolyutsii-i-perspektiv

2. Литвак Н.В., Райгородский А.М. Кому нужна математика? Понятная книга о том, как устроен цифровой мир. – М. : МЦНМО, 2024. – 192 с.

3. Третьякова Н.В. Искусственный интеллект, машинное обучение и нейросети в бизнесе и жизни / Н.В. Третьякова, Д.С. Пфейф // В сборнике: Теория и практика современной аграрной науки. Сборник VI национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. – Новосибирск, 2023. – С. 1720–1723. – EDN: KJMFBM.

4. 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. – EDN UJSAEY.

УДК 623.746

РЕСПУБЛИКА ЧАД И ЕЁ ВООРУЖЕННЫЕ СИЛЫ
♦♦♦♦♦
REPUBLIC OF CHAD AND ARMED FORCES

Божко С.В.
кандидат технических наук, профессор,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
Bsvinfo60@mail.ru

Чеснов Ю.Н.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Абделькерим Сугуи Салех
Республика Чад,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
gor.sas2020@mail.ru

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences, Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
Bsvinfo60@mail.ru

Chesnov Y.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abdelkerim Sugui Saleh
Krasnodar Higher Military Flight School
gor.sas2020@mail.ru

Аннотация. В статье кратко рассматривается история республики Чад, формирование её вооруженных сил, а также современный уровень ВВС республики.

Ключевые слова: природа, население, политическая обстановка, армия.

Abstract. The article briefly highlight the history of the Republic of Chad, organization of its armed forces, as well as up-to-date level of the republican Air Force.

Keywords: nature, population, political situation, army.

Чад – государство в Центральной Африке. Граничит на севере с Ливией, на востоке с Суданом, на юге с ЦАР, на юго-западе с Камеруном, на западе с Нигерией и Нигером; выхода к морю не имеет. Площадь 1284,0 тыс. км^2. Население около 16,8 млн. чел. (оценка на 1.1.2021). Столица – *Нджамена*. Офиц. языки – французский и арабский. Денежная единица – франк КФА. Административно-территориальное деление: 23 региона.



Государственный флаг республики Чад



Национальный герб республики Чад

Чад – член ООН (1960), МВФ (1963), МБРР (1963), АС (1963, до 2002 – ОАЕ), ВТО (1996), Экономического сообщества государств Центральной Африки (ЭКОЦАС; 1983), Центральноафриканского экономического и валютного союза (1999).

Государственный строй

Чад – унитарное государство. Конституция утверждена Национальным собранием 30.4.2018, вступила в силу 4.5.2018. Форма правления – президентская республика.

Глава государства – президент, избираемый всеобщим прямым и тайным голосованием сроком на 5 лет (с правом переизбираться неограниченное число раз). Президент является главнокомандующим вооруженными силами.

Высший орган законодательной власти – однопалатный парламент (Нац. собрание). Состоит из 188 депутатов, которые избираются всеобщим прямым и тайным голосованием сроком на 4 года (163 избираются в многомандатных избирательных округах на основе пропорционального представительства и 25 – в одномандатных избирательных округах по мажоритарной системе).

Высший орган исполнительной власти – Совет министров; члены правительства назначаются президентом по рекомендации премьер-министра.



Ландшафт плато Эннеди

Большая часть территории Чада расположена на плоской равнине со средними высотами 250–300 м на западе (во впадине Боделевыс. 190 м) и 350–400 м и более на севере, востоке и юге. На крайнем севере простирается нагорье *Тибести* (выс. до 3415 м, потухший вулкан Эми-Куси – высшая точка страны). На севере равнины многочисленны уэды; обширные площади заняты подвижными песками. На северо-востоке поднимаются плато Эрди (выс. до 1114 м) и Эннеди (до 1450 м). Юго-вост. часть занимает массив Вадаи с многочисл. островными горами выс. до 1613 м (гора Мурге).

Из полезных ископаемых наибольшее значение имеет нефть, месторождения которой локализованы в юго-зап. изап. частях страны (Болобо, Коме, Маикери, Миандум и др. в бассейне Доба; Кудалва, Роньер, Мангара, Бадила). На юго-западе известны месторождения бокситов, железных руд; в Тибести – руд олова, вольфрама, тантала, ниобия, урана, флюорита; в вост. части – золота, железа, РЗЭ. В районе оз. Чад – залежи природной соды (натрон), каменной соли. Также имеются месторождения цементных известняков, каолина, диатомита и др.

Большую часть страны населяют народы, говорящие на нило-сахарских языках: на севере – на сахарских языках (11,4 %): тубу (теда и даза), канури, канембу, загава); на востоке – на языках фурской семьи (амданг и фур – 1,1 %), восточносуданских языках (тама, сунгор, мararит, даго, или даджу, и др. – 4,1 %), а также маба (собств. маба, марфа, масалит, кибет, рунга и др. – 4,5 %); на юге – на центрально суданских языках (сара и близкие к ним лутос, или рубо, – 27 %; багирми и близкие к ним наба, кенга и др. – 2,3 %). На юге живут также народы, говорящие на афразийских языках, в т. ч. на семитских языках (арабы – 23,5 %, из них шоа – 22,2 %), и чадских языках (хауса, котоко, будума, маса, мусгу, сомрай, тумак, габри, кера, муби, марба, мусей и др. – 18,2 %), а также на нигеро-конголезских языках, в т. ч. адамавской ветви адамава-убангийских языков (мбум, мунданг, тупури, дай и др. – 5,5 %), и *атлантических языках* (фульбе – 2,4 %).

Численность населения за 1950–2021 возросла в 7 раз (св. 2,4 млн. чел. в 1950; св. 3,6 млн. чел. в 1970; св. 6,0 млн. чел. в 1990; ок. 16,8 млн. чел. в 2021). Значит. естеств. прирост населения (31,35 на 1000 жит., 2021, оценка) обусловлен чрезвычайно высокой рождаемостью (41,05 на 1000 жит., 6-е место в мире).

Около 52,1 % населения Чада – мусульмане (гл. обр. сунниты маликитского и шафиитскогомазхабов, значительным влиянием пользуются суфийские братства); ок. 44,1 % – христиане (ок. 20 % – католики, ок. 23,9 % – представители различных протестантских деноминаций – баптисты, плимутские братья, пятидесятники и др.); около 0,3 % – приверженцы традиционных верований.

Основа экономики – нефтяная промышленность (ок. 18 % ВВП в 2019, 27 % в 2013), производство и переработка с.-х. продукции. В нач. 21 в. экономика подорвана многолетней гражданской войной, зависит от колебаний мировых цен на нефть (до 40 % доходов гос. бюджета в 2019, ок. 24 % в 2015) и притока иностранной финансовой помощи. В структуре ВВП доля сферы услуг 43,1 % (2019, оценка), с. х-ва 42,6 %, промышленности и строительства 14,3 % (в т. ч. обрабатывающей ок. 3,0 %).



Нефтеперерабатывающий завод Djermaya

Добыча нефти ок. 6,7 млн. т (2019; ведётся с 2003; $^{2}/_{3}$ поставляется на экспорт; основные разрабатываемые месторождения – в районе г. Доба). Единственный в стране НПЗ Djermaya размещается близ Нджамены.

Добыча золота (ведётся старателями из россыпей в районах р. Майо-Ндала и нагорья Тибести; корейская компания Afko разрабатывает месторождение близ г. Пала), природной соды и каменной соли. Выпуск лаков и красок (в Нджамене), мыла. Действуют 2 цементных завода: близ г. Пала (мощность 210 тыс. т; подразделение гос. компании СociétéNationaledeCiment) и близ Нджамены (0,5 млн. т; под контролем марокканской CIMAF Group). Производство с.-х. техники и инвентаря (в Мунду), металлочерепицы (в Нджамене) и др. строит. материалов. Основа лёгкой промышленности – очистка хлопка (заводы одного из гл. нац. работодателей – компании CotonTchad); небольшие текстильные фабрики (в Сархе и др.).

Сельское хозяйство

Характеризуется низкой производительностью, недостаточным применением современных технических средств и преобладанием традиционных методов ведения хозяйства. Страдает от наводнений, частых засух, нашествий саранчи, а также мухи цеце. Основные отрасли – хлопководство и животноводство.



Выпас крупного рогатого скота

В кон. 19 – нач. 20 вв. бассейн оз. Чад стал объектом колониальных притязаний Великобритании, Германии и Франции. В 1899 началось франц. воен. продвижение в рай-

он оз. Чад. В апр. 1900 под Кусери (Куссери) французы разбили армию Раббаха (государство конца 19 в., в которое входил Чад). Чад был объявлен французской военной территорией, в 1904 включён во французскую колонию Убанги-Шари-Чад, вошедшую в 1910 во Французскую Экваториальную Африку (ФЭА). Завоевание Чада в целом завершилось в 1914г. Чад был выделен в самостоятельную колонию в составе ФЭА. Во время 2-й мировой войны с территории Чада союзники вели военные операции против германо-итальянских войск в Ливии, в Чаде формировались воинские подразделения «Свободной Франции».

В 1946 Чад получил статус «заморской территории» Франции в составе ФЭА. В 1947 возникла Прогрессивная партия Чада (ППЧ), в 1957 создан Правительственный совет из африканцев. В ноябре 1958 Чад объявлен республикой с ограниченной внутренней автономией в рамках Французского Сообщества. Главой правительства стал лидер ППЧ Ф. Томбалбай. Вся последующая политика в республике до начала 21в. сопровождалась межнациональными и приграничными войнами разных масштабов.

В 2010–21 внутренние факторы нестабильности дополнились внешней угрозой со стороны запрещённого в РФ «Исламского государства», террористической исламистской организации «Аль-Каида в Исламском Магрибе», радикальной группировки «Боко Харам», действующей на севере и северо-востоке Нигерии. В этой связи в районе оз. Чад начиная с окт. 2015 периодически вводится режим чрезвычайного положения. В марте 2020 боевики «Боко Харам» практически уничтожили лагерь вооружённых сил Чада в районе оз. Чад, убив почти 100 солдат; это стало самым кровопролитным нападением в истории страны. Ситуацию осложняет большое количество беженцев из региона Дарфур в Судане (300 тыс., 2020), ЦАР (67 тыс., 2020). Дестабилизирующим фактором выступает не только нелегальная миграция на севере страны, но и растущий трафик оружия и наркотиков.

Дипломатические отношения с СССР установлены 24.11.1964. Подписаны соглашения о культурном и научном сотрудничестве (1966, 1998), торговле (1967), экономическом и техническом сотрудничестве (1968), воздушном сообщении (1974), военно-техническом сотрудничестве (2000) и др. РФ участвовала в совместной миротворческой операции ООН и Евросоюза в Чаде. В 2020 российско-чадский торговый оборот составил 2,4 млн. долл. США (2,12 млн долл. – рос. экспорт, 300,66 тыс. долл. – импорт).

На саммите *БРИКС* (2013) в Дурбане (ЮАР) и *«Группы двадцати»* (2016) в Ханчжоу (КНР) состоялись беседы Президента РФ В.В. Путина и Президента Республики Чад И. Деби. Президент Деби во главе чадской делегации принял участие в саммите «Россия–Африка» (23–24.10.2019) в Сочи.

26–31.3.2018 в Нджамене прошёл бизнес-форум «Россия–Чад».





Вооруженные силы (ВС) насчитывают 30,35 тыс. чел. и состоят из Сухопутных войск (СВ), ВВС и республиканской гвардии (5 тыс. чел.). Военизированные формирования (жандармерия) – 4,5 тыс. чел. Военный годовой бюджет 175 млн. долл. Главнокомандующий ВС – президент, осуществляющий общее руководство ВС через министра обороны. Оперативное управление войсками возложено на начальника ГШ. Территория страны разделена на 7 воен. округов.

Вооружение и воен. техника иностранного производства. Комплектование регулярных ВС по призыву. Подготовка офицерского состава ведётся за рубежом. Мобилизационные ресурсы 1,9 млн. чел., в т.ч. годных к военной службе 965 тыс. чел.

СВ (25 тыс. чел.) организационно сведены в батальоны (1 танковый, 7 пех., 1 инж., 1 связи), артиллерийский дивизион и группу тылового обеспечения. На вооружении 60 танков, ок. 310 БРМ, 92 БМП, 95 БТР, 15 орудий полевой артиллерии (из них

5 буксируемых), св. 11 РСЗО, миномёты калибров 81 и 120 мм, ПУ ПТУР, 106-мм безоткатные орудия, ПЗРК, зенитные арт. установки.





ВВС (ок. 350 чел.) сведены в эскадрильи (бомбардировочной авиации, транспортную и боевых вертолётов). На вооружении имеются самолёты – 14 боевых, 10 вспомогательной авиации и 4 учебных; вертолёты – 3 боевых, 11 поддержки (в т.ч. разведывательных) и 2 транспортных.

Чад играет важную роль в обеспечении региональной безопасности. Его армия часто считается самой боеспособной в Сахеле, и Чад является активным членом Сахельской пятёрки и Многонациональной объединённой оперативной группы. Чадские вооружённые силы за последние десятилетия накопили боевой опыт в борьбе с внутренними повстанческими группировками, защите границ Чада во время нестабильности в Ливии и Судане, а также в ходе боевых операций в Мали, Нигерии, Буркина-Фасо, Нигере и Центральноафриканской Республике. Франция имела военное присутствие в Чаде с момента обретения им независимости в 1960 году до 2025 года, когда последняя французская база была передана Чадской национальной армии. Вооружённые силы Франции сыграли важную роль в подготовке некоторых чадских подразделений.

Список литературы:

1. Большая Российская энциклопедия / А.В. Старикова (Общие сведения, Население, Хозяйство), О.А. Климанова (Природа: физико-географический очерк), В.А. Попов (Население: этнический состав). – 2010.
2. Политические партии современной Африки (Справочник). – М. : Главная редакция восточной литературы издательства «Наука», 2005.
3. Жирохов М. Авиация в гражданской войне в Чаде // *ArtOfWar, 1998–2010.*
4. Military of Chad, CIA – The World Factbook 2016.

УДК 629.73

«ЛЕТУЧИЕ ЛИСИЦЫ» НАД ПИРАМИДАМИ ДОЛИНЫ ЦАРЕЙ

♦♦♦♦♦

«FLYING FOXES» ABOVE THE PYRAMIDS OF THE TSARS VALLEY

Молчанов В.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Новицкая О.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о малоизвестных фактах боевого применения самолетов МиГ-25Р и РБ в горячем небе холодной войны с участием советских летчиков.

Ключевые слова: Израиль, война, разведчик, Миг-25Р, Египет, аэродром, перехват ракета, фоторазведка, ПВО, перехватчик.

Molchanov V.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Novitskaya O.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Currently, navigation aerial systems are a science-intensive, high-tech field with high development prospects. That is why the development of navigation systems and ensuring their reliable continuous operation, even in the absence of the possibility of control form the ground, occupies one of the key places.

Keywords: Israel, war, scout, Mig-25R, Egypt, airfield, interception, rocket, photo reconnaissance, Air defense.

Восток дело тонкое – говорил известный киногерой, товарищ Сухов из художественного фильма «Белое солнце пустыни». Ближний Восток дело гиблое, говорят сегодняшние аналитики и геостратеги. С момента создания государства Израиль 14 мая 1948 г., там постоянно бурлит котел арабо-израильских войн.

Война за независимость 1948–1949 гг., Синайская компания 1956 г., шестидневная война 1967 г., война на истощение 1969–1970 гг., война Судного дня 1973 г., операции «Летали», «Мир для Галилеи», а так же тысячи отдельных столкновений в Газе и Ливане не один раз ставили мир у пропасти ядерной войны.

Великим державам Советскому Союзу и США, приходилось тушить эти пожары, иногда в ущерб собственным интересам. Наша страна всегда была на стороне арабских государств, но порой вместо «спасибо» получали разрыв отношений и черную неблагодарность. Тысячи никому не известных людей военных, дипломатов и разведчиков рискуя жизнью, вели незримый бой во имя мира. О некоторых участниках этой войны наш рассказ.

Окончание июньской войны 1967 г. не принесло мира на Ближний Восток. Израильтяне захватили весь Синайский полуостров, сектор Газы у средиземноморского побережья, Голландские высоты и территорию западнее реки Иордан общей площадью 68,5 тыс. кв. км. Не успев оправиться от поражения, арабские страны стали готовиться к «великой битве за освобождение оккупированных земель». Объединенная арабская республика и Сирия объявили Израилю «войну на истощение».

Эта война сводилась в основном к артиллерийским перестрелкам через Суэцкий канал, ставший временной границей враждующих сторон, бомбовым ударам авиации в прифронтовой полосе и диверсионным вылазкам коммандос. Израиль, получивший от США новые истребители-бомбардировщики F-4E «Фантом», проводил глубинные рейды над территорией Египта и Сирии, целью которых были военные и промышленные объекты. В этом противоборстве арабские страны явно уступали противнику, проигрывая как в технической оснащенности войск, так и в выучке личного состава.

В конце января 1970 г. в Москву с секретным визитом прибыл президент ОАР Гамаль Абдель Насер. Он просил помощи в перевооружении египетской армии, подготовке военных специалистов (особенно ракетчиков и летчиков), создании эффективного щита ПВО.





Рисунок 1 – Экспортные варианты самолета МиГ-25Р для Алжира и Ливии

Просьбы Насера были удовлетворены. Уже в феврале 1970 г. в СССР стали прибывать для переучивания целые бригады египетской армии, начались поставки современной боевой техники и вооружения. К штабам всех частей и подразделений вооруженных сил ОАР, вплоть до батальона, прикрепили советских военных советников.

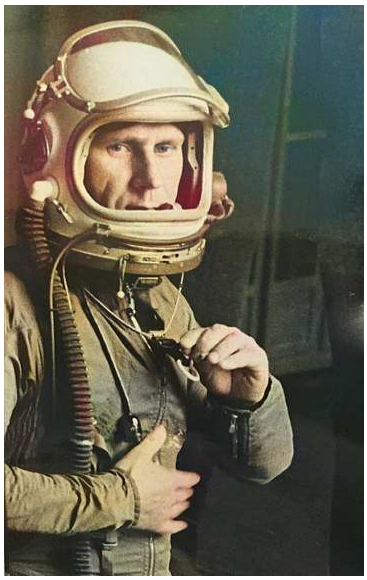




Рисунок 2 – Начальником группы был назначен летчик-испытатель I класса полковник (генерал-майор) А.С. Бежевец

Помощь Советского Союза этим не ограничилась. Советники из СССР приняли участие в разработке операции по освобождению захваченных территорий. В ее ходе египетским войскам предстояло нанести внезапный удар, форсировать Суэцкий канал и, захватив инициативу, развить наступление на Синае. Для успешного осуществления этих планов требовалось глубоко изучить оборону противника.

С этой целью в ОАР направили специальную разведывательную авиационную группу, оснащенную самолетами МиГ-25.

Заинтересованы в этом были военные – представлялась редкая возможность испытать самолет не на привычных полигонах, а в реальных боевых условиях.

Летом 1970 г. на базе НИИ ВВС в Ахтубинске началось формирование группы, в которую включили 70 наиболее квалифицированных специалистов из НИИ ВВС, Липецкого учебного центра и литерных частей ВВС, успевших освоить новую машину. К группе прикомандировали также работников ОКБ и промышленности.

Начальником группы был назначен летчик-испытатель I-го класса полковник А.С. Бежевец, имевший репутацию волевого и решительного командира. Он летал еще на первых опытных МиГ-25 с 1965 г.

Для отправки в Египет из числа самолетов, проходивших испытания в НИИ ВВС, выделили два разведчика МиГ-25Р и два разведчика-бомбардировщика МиГ-25РБ.

Для ведения плановой и перспективной фотосъемки самолеты имели комплект из двух сменных фотомодулей, оснащенных аэрофотоаппаратами (АФА) А-72, А-87 и А-10-10. Эта аппаратура, разработанная Красногорским опытным машиностроительным заводом «Зенит», позволяла выполнять съемку с высот до 22000 м. Для радиотехнической разведки МиГ-25 имели бортовые станции СРС-4А и СРС-4Б «Вираж». МиГ-25РБ отличались от «чистых» разведчиков возможностью подвески бомбовых держателей и установкой системы навигационного бомбометания «Пеленг».

В марте 1971 г. поступил приказ о срочном перебазировании группы. Наверстывая упущенное время, решили перебросить технику и людей воздушным путем на транспортных самолетах Ан-12 и Ан-22. В Египте группа, получившая название 63 отдельный авиационный отряд (ОАО), была размещена на столичном аэродроме Каиро-Уэст. В египетскую военную форму песочного цвета без знаков различия переодели и личный состав отряда.

63 ОАО подчинили непосредственно главному военному советнику генерал-полковнику Окуневу. Оперативное руководство и постановку задач выполнял Герой Советского Союза генерал-майор Харламов.

В конце апреля начались первые пробные полеты, выполнявшиеся над египетской территорией. В них отрабатывались профили и маршруты предстоящих рейдов, производилась «пристрелка» фотоаппаратуры, настраивалось и программировалось навигационное оборудование.



Главный военный советник генерал-полковник Окунев В.В.



Герой Советского Союза генерал-полковник Харламов С.И.

Рисунок 3

Так как высокую точность прохода по трассе, необходимую для качественной фотосъемки, должна была обеспечить автоматика, а бортовой аппаратуре в пустыне «зацепиться» было не за что, то маршруты пролегли над характерными ориентирами – знаменитыми пирамидами Долины Царей, за что летчики прозвали эти полеты «туристическими».

В мае подготовка закончилась, и отряд был готов начать разведывательную работу. К этому времени ОКБ С.К. Туманского дало разрешение увеличить время работы двигателей на полном режиме. Это дало возможность практически все полеты выполнять без ограничений и на максимальной скорости. Решили и проблему со снабжением отряда специальным высококипящим топливом Т-6.

План полетов был продуман до мелочей. Находясь в укрытии, летчик запускал двигатели, проверял работу систем самолета и выруливал на старт. На ВПП он занимал определенную точку, заранее привязанную к местности, – «крест». Его координаты

были заложены в бортовую САУ и становились началом отсчета в программе рейда. С этого момента полет проходил в режиме полного радиомолчания.

На маршрут разведчики уходили парой. Это повышало надежность выполнения задания и придавало летчикам уверенности – в случае аварии одной из машин со второго самолета к месту происшествия могла быть точно выведена поисково-спасательная группа.

Точное время вылета заранее согласовывалось с истребителями прикрытия – звеном МиГ-21. Радиоперехват у израильтян был поставлен отлично, и вызов прикрытия по радио был бы равнозначен оповещению открытым текстом о выходе разведчиков. Истребители барражировали, пока МиГ-25 не занимали место на исполнительном старте. Убедившись в готовности подопечных, пара «двадцать первых» проходила над полосой, а за ними взлетали разведчики. Сзади во время разгона и набора высоты их прикрывала вторая пара истребителей. Через несколько минут МиГ-25 набирали скорость М = 2,5 и выходили на маршрут.

Полеты проходили на полном режиме работы двигателей, максимальной скорости и высоте 17–23 км, что было единственным средством защиты невооруженного разведчика. Угнаться за ним действительно не мог никто. Каждую минуту двигатели вырабатывали полтонны топлива, самолет становился легче и постепенно разгонялся еще больше – до М = 2,8. Полная температура воздуха на входе в двигатели при этом достигала 320 °С, а обшивка самолета разогревалась до 300 °С. По словам летчиков, даже фонарь кабины нагревался так, что к нему невозможно было прикоснуться. Больше всего при этом доставалось опознавательным знакам ОАР, нанесенным на скорую руку. Краска, которой были нарисованы красно-бело-зеленые кокарды, вспучивалась и оплывала.



Рисунок 4 – «Летающая лисица» в небе Египта

С выходом на боевой курс автоматика начинала работу плановыми АФА вертикальной съемки и перспективными, дававшими картину сбоку на расстоянии до 90 км.

Чтобы нагрев не влиял на работу чувствительной аппаратуры, фотоотсек самолета был оборудован системой кондиционирования, поддерживавшей в нем постоянную температуру. Фотосъемка в скоростных полетах обладала и другой особенностью – быстрое смещение фотографируемого объекта (за одну секунду под МиГ-25 проносился почти километр местности), а получение качественных снимков требовало достаточной выдержки.

Некоторые режимы фото- и киносъемки требовали выдерживания постоянной скорости полета. За счет выработки топлива самолет шел с набором высоты и постепенно забирался на 22 000 м. Помимо фотографирования, МиГ-25 вели радиоразведку, обнаруживая крупные сооружения, пеленгуя радиолокационные посты, узлы связи и электронной борьбы.

Весь проход по трассе от Суэца до Порт-Саида занимал всего 1,5–2 минуты. Возвращающихся с задания МиГ-25 снова встречали истребители прикрытия, сопро-

вождавшие их до самой посадки. «Двадцать первые» оставались над аэродромом до тех пор, пока разведчики не заруливали в укрытия.

Хотя израильская авиация, потеряв несколько самолетов на подступах к Каиро-Уэсту, и не предпринимала больше попыток налета на сам аэродром, обмен ударами продолжался. В сентябре египетской ракетой был сбит патрульный самолет израильтян. В ответ они атаковали позиции ЗРК, уничтожив две пусковые установки противорадиолока- ционными ракетами «Шрайк». Этот случай заставил принять дополнительные меры по защите разведотряда. В октябре на авиабазе были сооружены специальные подземные капониры, в которых заняли места МиГ-25. Бетонированные убежища могли выдержать прямое попадание полутонной бомбы, имели все необходимые коммуникации и обеспечивали полную подготовку самолета. Практически все работы по обслуживанию машин, включая опробование двигателей, могли выполняться под землей, и капонир самолеты покидали лишь на время полета.

Полеты разведчиков проходили с интенсивностью два раза в месяц. После того, как был отснят район вдоль канала, трассы полетов переместились на Суэцкий полуостров. Продолжительность их возросла, и некоторые задания стали выполняться с подфюзеляжным подвесным баком объемом 5300 л, позволившим увеличить дальность до 2 130 км.



Рисунок 5 – Ветеран Египетских событий МиГ-25РБ

Каждый вылет приносил сотни метров фотопленки, рулоны которой передавались на дешифровку в разведотдел штаба главного военного советника. Качество снимков, сделанных с высоты более 20 км, было великолепным, на них ясно просматривались не только постройки и сооружения, но и группы людей, отдельные автомашины, боевая техника. На планшетах дешифровщиков вырисовывалась и сеть дорог, связывавших узлы израильской обороны.

С помощью аппаратуры радиотехнической разведки удалось вскрыть центр радиопомех, обнаружить РЛС ПВО и зенитные позиции.

Израильские истребители не пугали летчиков. У них уже был опыт таких встреч над Синаем, где МиГ-25 не раз проходили над аэродромом у Мелеса, «Фантомы», поднимавшиеся на перехват, уступали МиГ-25 и в скорости, и в высоте полета. Пытаясь дотянуться до МиГа и занять положение для атаки, «Фантомы» выходили на предельный угол атаки, теряли управление, клевали носом или сваливались в штопор. «Миражи» отставали от МиГ-25 еще больше, напоминая на этих высотах, по словам Бежевца, снулую рыбу. Контакт израильтян с разведчиком оставался в лучшем случае визуальным, и неуловимый МиГ снова и снова уходил от преследователей.

Зенитные ракеты «Хок», которыми была оснащена ПВО Израиля, тоже не представляли серьезной опасности для МиГ-25. Бортовая аппаратура разведчиков не раз фиксировала работу РЛС противника, засекавших нарушителя. Однако тревожного сигнала «Сирены», сообщающей о готовности ЗРК к пуску, не было. МиГ-25 шел выше

зоны досягаемости «Хок», которые могли поразить цели лишь на высотах до 12200 м. Обнаружив зенитную позицию, летчики ограничивались включением станции постановки помех СПС-141 и продолжали полет.



Рисунок 6 – Бойцы вспоминают минувшие дни

Куда больше опасений вызывали слухи о появлении в Израиле ЗРК «Найк-Геркулес» с досягаемостью до 50 км. При встрече с ними, помимо постановки помех, на помощь мог прийти противоракетный маневр – самолет, достигающий «горкой» динамического потолка 37 км и выдерживающий перегрузку до 5, обладал реальной возможностью уклониться от ракет. Однако позиции «Найков» не были обнаружены, не подтвердились и сведения об их поставках из США. Глубокие разведрейды продолжались до марта 1972 г. Единственным, что могли противопоставить этому израильтяне, были протесты, которые выражал их представитель в ООН Рафаэль после каждого пролета МиГ-25.

Надо сказать, что нервничали в Израиле не напрасно. Среди имущества 63 ОАО были и бомбодержатели к самолетам. Доставили в Египет и специальные авиабомбы с улучшенной аэродинамикой ФАБ-500Т (термостойкие), специально разработанные для сверхзвукового бомбометания с МиГ-25РБ. После сброса с большой высоты они могли пролететь по баллистической траектории к цели несколько десятков километров. Каждый МиГ-25РБ мог нести до 8 «пятисоток», однако до бомбардировок дело не дошло. Основная задача, стоявшая перед 63 ОАО, была другой.

Надежность техники оказалась довольно высокой: отказы на фактически не доведенной машине происходили не часто (хотя на всякий случай все самолеты имели двойной комплект запасных частей и агрегатов).



Рисунок 7 – F-4B «Фантом» ВВС Израиля безуспешно пытался перехватить МиГ-25Р

В апреле 1972 г. по окончании года работы летчики и инженеры 63-го возвратились домой. Четверка МиГ-25 осталась в Египте, полеты на них прожила сменная груп-

па из частей ВВС. Успешная и эффективная работа «два пятых» в боевых условиях подтвердила их уникальные возможности и была зачтена в программу госиспытаний. Создатели машины и руководство ВВС получили доказательства надежности и перспективности нового самолета, в декабре 1972 г. был подписан акт о принятии МиГ-25РБ на вооружение.



Рисунок 8 – Старший брат МиГ-25РБ истребитель МиГ-31БС

Самолеты Миг-25 всех модификаций заняли достойную нишу в строю ВВС и авиации ПВО СССР, внеся серьезный вклад в обороноспособность страны. Они оставались на вооружении более 30 лет и уступили место более совершенному самолету Миг-31, но это тема уже другой статьи.

Список литературы:

1. Мы готовили войну // Журнал «АэроХобби». – 1994. – № 4.
2. Журнал «Авиация и время». – 2004. – № 5.
3. Реактивные самолеты. Справочник. – М. : ООО Издательство АСТ. – 336 с.

УДК 621.391

СОВЕТСКАЯ ПРОГРАММА ВЫСАДКИ ЧЕЛОВЕКА НА ЛУНУ

♦♦♦♦♦

SOVIET PROGRAM OF MAN'S LANDING ON THE MOON

Масленников А.Г.
кандидат исторических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шерстюк Р.С.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Maslennikov A.G.
PhD in Historical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Sherstyuk R.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье автор раскрывает основные этапы создания Советской ракеты Н-1 для доставки человека на Луну.

Abstract. In the article, author reveals the main stages of creation the Soviet Rocket N-1 to deliver a person to the Moon.

Ключевые слова: Советская лунная программа, ракета Л-3, ракета – носитель Н-1, техническая позиция.

Keywords: Soviet moon program, rocket L-3, booster N-1, technical position.

Речь президента США Дж. Кеннеди в мае 1961 г. о необходимости высадки первого американца на Луну до 1970 г. произвела на руководство советской космической программы двойственное впечатление. С одной стороны, ОКБ-1 С.П. Королева было занято текущими проблемами (реализация программ пилотируемых кораблей «Восток», беспилотных кораблей-фоторазведчиков «Зенит» и развертывание работ по новому кораблю «Союз»), которые отнимали львиную долю времени проектантов.

С другой стороны, в то время Сергей Павлович уделял большое внимание работам по сверхтяжелому носителю Н-1, с которым связывал все свои надежды в проведении космических полетов. На основе этой ракеты он формировал пилотируемую программу изучения дальнего космоса, этапами которой были:

– облет Луны;
– выход на орбиту спутника Луны, дистанционное исследование лунной поверхности и возвращение экипажа на Землю;
– экспедиция на поверхность Луны;
– создание базы и транспортной связи между Землей и Луной;
– облет Марса и Венеры;
– выход на орбиту спутника Марса и Венеры, дистанционное исследование поверхности планет и возвращение экипажа на Землю;
– экспедиции на Марс и Венеру;
– создание исследовательских баз на Марсе и Венере и осуществление транспортных связей между Землей и планетами.

Родившись в ОКБ-1 в конце 1950-х – начале 1960-х годов, носитель Н-1 до закрытия темы прошел полный объем наземной отработки и четыре летных испытания. Облик Н-1 сформировался на основе углубленных НИОКР и опыта отечественной ракетной техники и смежных отраслей, включая разработку, производство и эксплуатацию. Как показало время, проект Н-1 оказал глубочайшее влияние на многие элементы аэрокосмической индустрии всей страны.

С момента рождения Н-1 рассматривалась как универсальная ракета, способная использоваться как для выведения автоматических и пилотируемых тяжелых ИСЗ, тяжелых автоматических и пилотируемых долгоживущих станций боевого назначения, так и для прицельного поражения с одной стартовой позиции нескольких целей по баллистическим и глобальным траекториям.

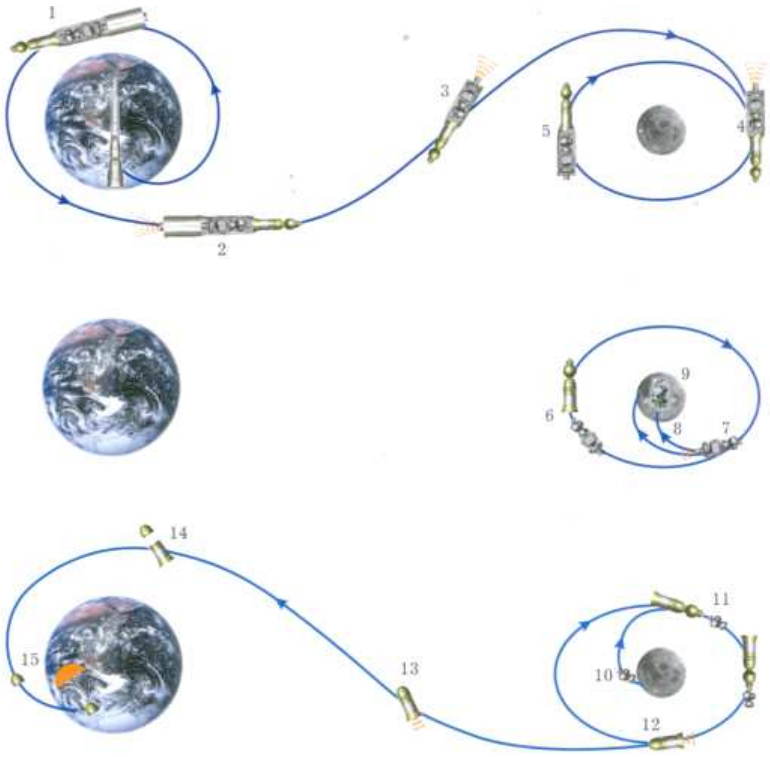


Рисунок 1 – План экспедиции на Луну по программе Н-1 – Л-3

Что касается непосредственно пилотируемой лунной экспедиции, то, по первоначальным планам ОКБ-1, трехместный корабль для ее проведения должен был состоять из разгонной ступени, тормозной ступени, СА со стартовой ступенью, взлетно-посадочного устройства и приборно-агрегатного отсека. Планировался следующий порядок сборки и заправки корабля на околоземной орбите:

– выведение двух танкеров двумя носителями Н-1;
– выведение корабля третьим носителем Н-1;
– сближение и стыковка корабля с танкерами, стыковка заправочных коммуникаций, заправка;
– доставка экипажа, запускаемого отдельным КК на носителе 11А57, сближение и стыковка с лунным кораблем;
– создание «лунного ракетного поезда» суммарной массой около 195 т. [1].

Расчетное время полета к Луне составляло 3.5 суток, время пребывания на Луне – 5–10 суток, полет к Земле – 3.5 суток.

Как можно заметить, в отличие от американского проекта «Аполлон», в котором носителю «Сатурн-5» отводилась роль средства для достижения основной цели, по замыслу С.П. Королева, ракета Н-1 в советской программе фактически являлась основополагающим элементом для последующего развития «всего и вся» – от вопросов обеспечения обороноспособности и до выполнения приоритетных околоземных и межпланетных (в том числе и лунных) пилотируемых полетов.

Из соображений престижа было признано необходимым опередить американцев и первым высадить на Луну советского космонавта.

Советскую лунную программу предполагалось осуществить в три этапа:

– запуск корабля Л-1 для облета Луны и возвращения на Землю экипажа в составе трех космонавтов;
– доставку на Луну самоходного автоматического аппарата Л-2 для исследований на поверхности и выбора района посадки кораблей лунной экспедиции;
– запуск корабля Л-3 для осуществления пилотируемой экспедиции на Луну.

По проведенным в ОКБ-1 расчетам, масса пилотируемого корабля на поверхности Луны должна была составлять порядка 17 т, при взлете с Луны – 15 т, на подлете к Земле – 5 т, масса спускаемого аппарата – 2.5 т. Количество носителей Н-1, необходимых для сборки корабля на орбите ИСЗ, колебалось от одного до трех в зависимости от выбора компонентов топлива.

Главный конструктор ракеты С.П. Королев предполагал использовать на Н-1 жидкий кислород и керосин с последующим переходом на более энергетические компоненты, в частности на жидкий кислород и жидкий водород. Главный конструктор ракетных двигателей В.П. Глушко возражал, ссылаясь на опыт доводки ракет Р-7 и Р-9, что необходимый кислородный двигатель создать в отведенный промежуток времени будет невозможно, и предлагал использовать на Н-1 долгохранимые самовоспламеняющиеся компоненты ракетного топлива. С.П. Королев твердо стоял на своем: по его мнению, только кислород и керосин позволяли создать ракету с необходимыми характеристиками (прежде всего в части массы полезного груза). Результатом этого спора стал отказ В.П. Глушко от участия в разработке двигателя для Н-1. С.П. Королеву пришлось привлечь к работе авиадвигателестроительное ОКБ Н.Д. Кузнецова (г. Куйбышев), которое лишь недавно начало разработку мощных ЖРД.

16 апреля 1962 г. вышло постановление правительства о разработке эскизного проекта (ЭП) Н-1, и уже в мае он был выпущен.

Носитель Н-1 стартовой массой 2200 т состоял из трех ступеней и выводил на орбиту высотой 550 км полезный груз (ПГ) массой 74 т. На 1-й ступени устанавливались по кольцу 24 ЖРД конструкции ОКБ-276 (главный конструктор – Н.Д. Кузнецов). Как и все остальные двигатели РН, они работали на жидком кислороде и керосине по т.н. «замкнутой» схеме [2].

Экспертиза Военно-промышленной комиссии (ВПК), согласившись с выбором принципиальной компоновки РН, компонентов топлива, стартовой массы и других проектно-конструкторских параметров, пришла к заключению о реализуемости проекта. Постановлением правительства от 24 сентября 1962 г. создание Н-1 было утверждено, а начало летных испытаний назначено на 1965 г.

К декабрю 1964 г. в ОКБ-1 был разработан проект ракетно-космического комплекса Н-1-Л-3 для осуществления советской пилотируемой экспедиции с посадкой на Луну и возвращением на Землю. Он включал трехступенчатую ракету-носитель Н-1 и систему Л-3-два ракетных блока (Г и Д), лунный орбитальный корабль (ЛОК) и лунный [посадочный] корабль (ЛК). Общая длина системы Л-3 (вместе с головным обтекателем (ГО) и двигательной установкой (ДУ) системы аварийного спасения (САС)) была 43.2 м, максимальный диаметр – около 6 м (по ГО), расчетная стартовая масса – 91.7 т.

Проект был рассмотрен и одобрен комиссией под председательством президента АН СССР М.В. Келдыша и 10 февраля 1965 г. утвержден.

Лунная экспедиция на комплексе Н-1 – Л-3 занимала 11–12 суток и имела следующие этапы:

– Ракета Н-1 выводит систему Л-3 на низкую околоземную орбиту (время пребывания на орбите – до 1 суток).

– Старт с околоземной орбиты осуществляется с помощью блока Г, который работает до полной выработки топлива и переводит систему Л-3 на траекторию полета к Луне.

– После отделения блока Г включается блок Д и доразгоняет систему Л-3 до заданной скорости. Блок Д проводит также две коррекции траектории и переводит систему на окололунную орбиту (время полета к Луне – 3.5 суток, пребывания на окололунной орбите – до 4 суток).

– Система Л-3 с помощью блока Д переводится с круговой на эллиптическую окололунную орбиту.

– Один космонавт из ЛОК через открытый космос переходит в ЛК.

– Лунная посадочная система (блок Д и ЛК) отделяется от ЛОК, разворачивается и тормозится блоком Д.

– После гашения основной части скорости блок Д отделяется и уводится в сторону.

– Дотормаживание, спуск, маневр выбора точки посадки и посадка выполняются с помощью блока Е корабля ЛК.

– Во время пребывания ЛК на поверхности (6–24 часа) космонавт выполняет исследование Луны.

– ЛК взлетает с Луны с помощью блока Е и стыкуется с ЛОК на окололунной орбите (время пребывания на орбите – до 1 суток).

– Космонавт через открытый космос переходит в ЛОК.

– Отстрелив БО, с помощью собственного блока И корабль ЛОК переводился на трассу Луна-Земля и проводит коррекции траектории (время полета к Земле – 3.5 суток).

– С помощью двигателя ЛОК производится коррекция траектории.

– Перед входом в атмосферу Земли выполняется разделение отсеков.

– Спускаемый аппарат (СА) корабля ЛОК входит в плотные слои атмосферы со 2-й космической скоростью и выполняет управляемый спуск и посадку на территории СССР [3].

На окололунную орбиту комплекс Л-3 прибывал в «компактном» состоянии:

– ЛК находился внутри цилиндрического переходника между ЛОКом и блоком Д, а экипаж осуществлял управление полетом из жилых отсеков орбитального корабля. На эллиптической орбите с минимальным расстоянием от поверхности Луны 16 км один из членов экипажа, используя штангу-манипулятор, переходил через космос в кабину ЛК. Второй космонавт в любую минуту мог прийти на помощь; он находился в разгерметизированном БО корабля ЛОК, использовавшемся в качестве шлюзовой камеры.

– Когда космонавт занимал свое место в кабине посадочного корабля, ЛОК выходил из цилиндрического переходника, раскрывались и занимали рабочее положение опоры ЛПУ посадочного корабля.

– После включения двигателя блока Д связка (блок Д – корабль ЛК) тормозилась и сходила с орбиты. На высоте приблизительно 1.5–2 км торможение заканчивалось сбросом пустого блока Д. Начиная с этого момента ЛК осуществлял автономный полет.

Следует отметить, что проработки по ракете Н-1 начались задолго до даты начала официального проектирования. Уже в 1961–62 гг. была определена конструктивно-компоновочная схема РН, которая в дальнейшем уже не менялась. И даже после приятия решения о проведении советской лунной экспедиции по однопусковой схеме и необходимого для этого форсирования ракеты – общая компоновка носителя не претерпела существенных изменений. Первые три ступени носителя соединены между собой ферменными отсеками, обеспечивающими выход продуктов сгорания при «горячем» разделении. Баки горючего блоков А и Б защищены специальными отражателями.

Для обеспечения преимуществ при эксплуатации и увеличения заправки ракеты (т.е. стартовой массы) при неизменных габаритах баков применен переохлажденный (примерно на 5°, до температуры около –190 °С) жидкий кислород.

Впервые в практике ракетной техники носитель управлялся по тангажу и рысканью посредством рассогласования тяги групп противоположных двигателей, а по крену – с помощью специальных сопел крена. Это значительно упростило конструкцию ДУ и хвостового отсека.

Возможность такого решения обеспечивалась размещением двигателей на большом расстоянии от оси РН, обводами ракеты («конус»), что в совокупности с решетчатыми стабилизаторами позволило сместить назад центр давления и обеспечить расчетную центровку.

Еще одна особенность Н-1 – наличие системы контроля работы двигателей (КОРД). Предполагалось, что в случае отклонения параметров от заданных значений при работе какого-либо одного или двух ЖРД этот и противоположный ему двигатели будут отключаться. При принятой размерности двигателей уменьшение общей тяги не приводило ккатастрофическим последствиям – кета могла продолжать полет. Таким разом, общая надежность решения поставленной задачи повышалась.

Конструктивно-компоновочная схема и параметры ступеней позволяли в перспективе создать целый ряд носите разной размерности, что делало эту шину универсальной.

Предусматривалось оснастить ДУ 1-й ступени 30 двигателями НК-15, установленными неподвижно по двум концентрическим окружностям: в наружном ряду (радиус 6.7 м, шаг 15”) – 24 ЖРД, во внутреннем (радиус 1.8 м, шаг 60») – еще шесть.

На шпангоуте внешней рамы крепится шесть неподвижных решетчатых стабилизаторов и рулевые сопла управления по крену. В хвостовом отсеке расположены также си-

стемы ДУ и прочее оборудование, обеспечивающее штатную работу 1-й ступени. В обшивке 1-й ступени имеется шесть отверстий для прохода трубопроводов горючего.

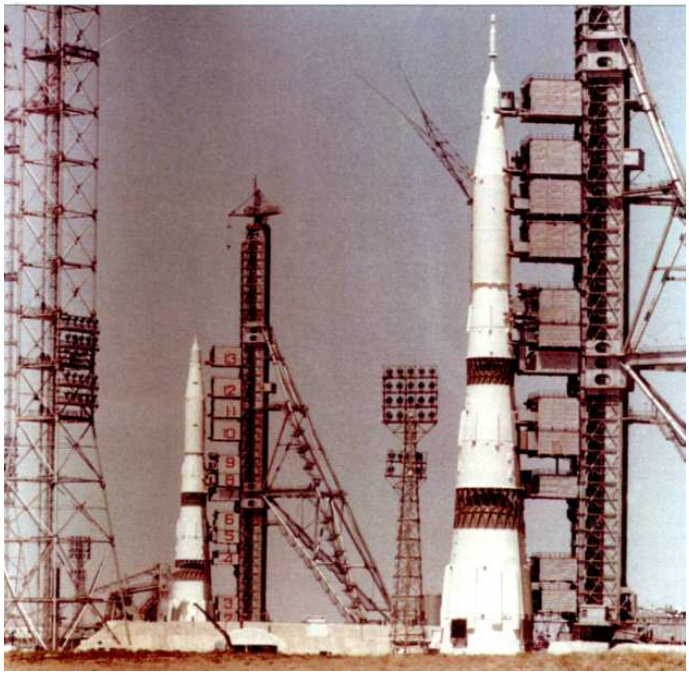


Рисунок 2 – Ракета-носитель Н-1

Силовое кольцо служит основным несущим элементом 1-й ступени. Оно собирается на полигоне из шести частей с помощью болтовых соединений (размер каждой части позволяет транспортировать ее с завода-изготовителя по железной дороге). По окружности кольца установлено 48 кронштейнов, на которые через термомосты навешивается сферический бак окислителя.

Оболочка бака гладкая, неподкрепленная. В нижней части бака в зоне полюса равномерно располагаются по окружности 15 приемников расходных трубопроводов окислителя. Каждый трубопровод обеспечивает подачу окислителя к паре оппозитных двигателей. На входе в каждый трубопровод установлены воронкогасители.

Вторая ступень ракеты (блок Б) состоит из хвостового отсека, ДУ, бака окислителя, межбакового отсека, бака горючего, ферменного переходника между 2-й и 3-й ступенью.

ДУ включает восемь установленных неподвижно и расположенных по кольцу с шагом 45 двигателей НК-15В (высотная модификация НК-15). Управляющие моменты в плоскости тангажа и рысканья создаются за счет дросселирования и форсирования оппозитных двигателей. Управление по каналу крена – восемью качающимися рулевыми соплами, в которые сбрасывается газ после ТНА.

Бак горючего наддувается генераторным газом, наддув бака окислителя производится газифицированным в специальном теплообменнике кислородом.

По команде разделения запускается ДУ 2-й ступени и производится отделение 1-й ступени и сброс основной оболочки хвостового отсека 2-й ступени.

Основным силовым элементом, соединяющим хвостовой отсек, бак окислителя и вышележащие части ракеты, является силовое кольцо, как и на 1-й ступени. Радиус этого кольца меньше, и оно разделяется конструктивно лишь на три транспортабельные части.

Сферические баки окислителя 1-й и 2-й ступеней аналогичны по конструктивной схеме. Крепление бака 2-й ступени на силовом кольце осуществляется с помощью 48 термомостов. В отличие от бака окислителя 1-й ступени, в нижней части бака 2-й ступени имеется всего восемь отверстий для подсоединения расходных трубопроводов окислителя, идущих к каждому из двигателей.

Спереди к силовому кольцу крепится межбаковый отсек 2-й ступени, выполненный в виде подкрепленной конической оболочки. На переднем торцевом шпангоуте смонтированы 24 узла подвески бака горючего.

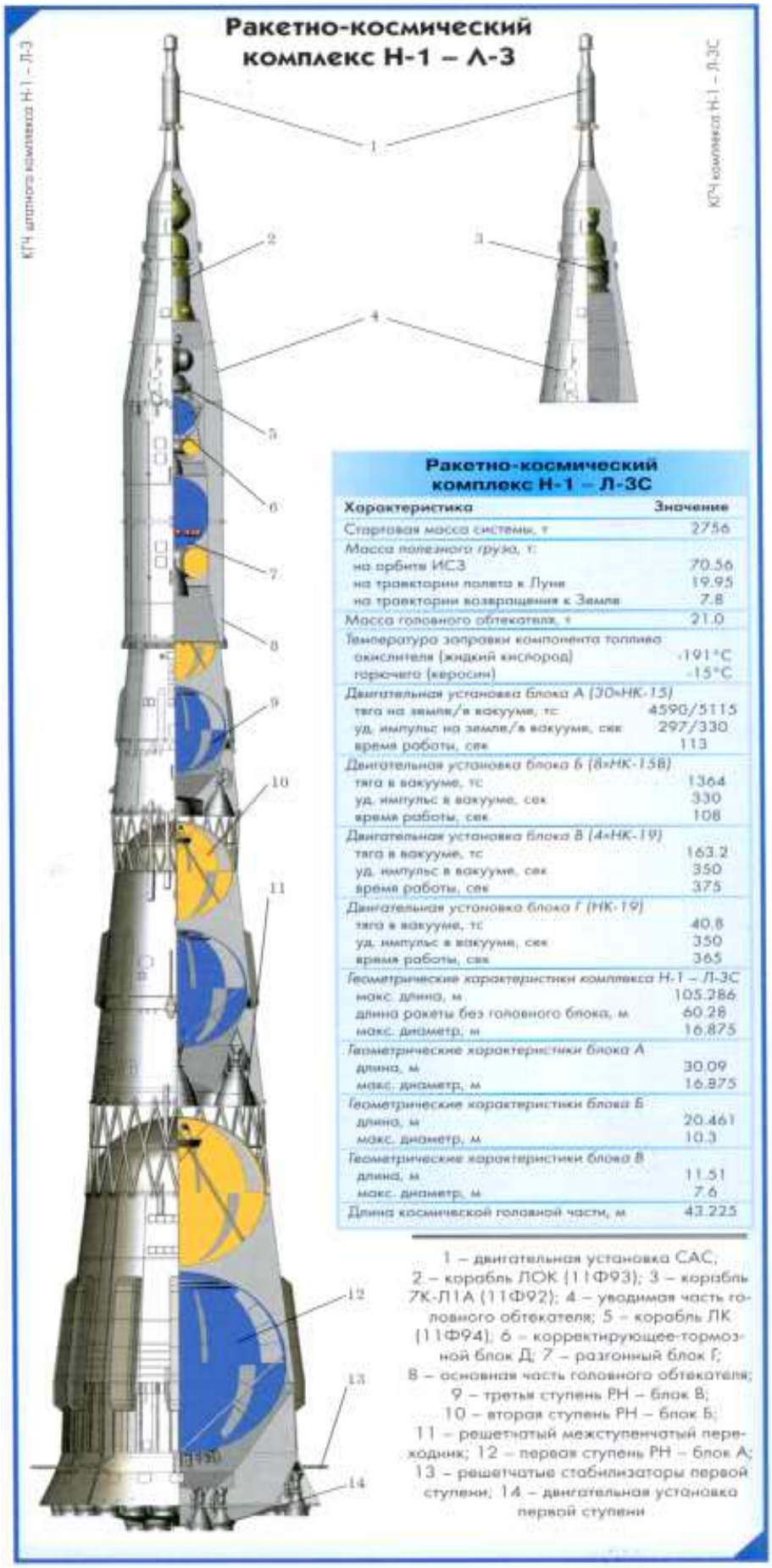


Рисунок 3 – Принципиальная схема ракеты Н-1

На переднем торцевом шпангоуте межбакового отсека 2-й ступени установлена стальная трубчато-стержневая переходная ферма, по схеме аналогичная 1 -й ступени.

Третья ступень ракеты (блок В) состоит из хвостового отсека, ДУ, силового кольца, бака окислителя, межбакового отсека и бака горючего. Хвостовые отсеки 2-й и 3-й ступени по конструктивной схеме аналогичны, хотя последний меньше по размерам. На 3-й ступени стоят четыре двигателя НК-19.

В состав блока Д входит сферически бак окислителя и топливный бак горючего в центральном проеме которого в шарнирном подвесе закрепляется марше вый двигатель. Корабль лунный орбитальный корабль (ЛОК)(масса на окололунной орбите – 9850 кг, при старте к Земле – 7 530 кг, длина – 10.06 м), созданный с учетом опыта разработки КК «Союз», практически был совершенно новым космическим аппаратом.

ЛОК состоит из спускаемого аппарата (СА), бытового отсека (БО), приборно-агрегатного отсека (ПАО), блока двигателей ориентации комплекса (ДОК), блока «И» и энергоотсека (ЭО).

Герметичный СА длиной 2.19 м, максимальным диаметром 2.2 м и массой 2.8 т имеет сегментально-коническую (фарообразную) форму. Экипаж (два человека), располагаясь в креслах «Казбек», стартует в полетных костюмах без скафандров. В СА размещаются пульт управления системами корабля, СЖО, бортовая ЦВМ «С-530» и системы автоматического управления, а также системы связи, в т.ч. с закрытыми каналами, дозиметрического контроля, телеметрии, медицинская аппаратура, ассенизационное устройство.

В верхней части СА располагается люк для перехода космонавтов в БО корабля. Корпус аппарата покрыт боковой теплозащитой и многослойной экранно-вакуумной теплоизоляцией; донная часть закрыта тепловым «щитом», который сбрасывается перед посадкой на Землю на высоте нескольких километров.

В специальных отсеках СА стоят двигатели системы управления спуском (СУС), работающие на перекиси водорода, – два для управления по рысканью, два – по тангажу (тягой по 7.5 кге) и четыре – по крену (тягой по 15 кгс).

Герметичный БО, размещенный впереди СА, предназначается для отдыха космонавтов, а также используется в качестве шлюзовой камеры для выхода в открытый космос при переходах в ЛК и обратно. Отсек длиной 2.26 м и максимальным диаметром 2.3 м состоит из двух полусфер с короткой конической вставкой между ними. Верхняя полусфера (радиус кривизны – 1.1 м) такая же, как у корабля «Союз»; нижняя имеет радиус 1.15 м, обусловленный размещением в ней выходного люка большего диаметра (80 см), чем люк на БО корабля «Союз».

В БО размещаются; стойка для хранения выходных полужестких скафандров «Орлан» (для пилота ЛОК) и «Кречет-94» (для пилота ЛК), запасы продуктов питания и воды, кино- и фотоаппаратура и другие системы.

Перед иллюминатором, установленным в выпуклом сферическом блистере, находится пульт, позволяющий пилоту ЛОКа управлять кораблем при сближении и стыковке с Л К.

Система разгерметизации и наддуве позволяет вручную регулировать давление в отсеке. Снаружи на БО стоят антенны системы сближения и стыковки «Контакт», радиосвязи, поручни для перемещения космонавта по внешней поверхности отсека.

На ПхО в четырех блоках по два в каждом размещаются восемь двигателей причаливания и ориентации (четыре ДПО-Y и четыре ДПО-Z) тягой по 20 кгс. Топливо для этих ЖРД поступает по трубопроводам из баков, расположенных в отсеке ДОК. По диаметру ПхО в основании СА располагается многовибраторная антенна командной радиолинии.

Кабина размером 2.3х3.0 м имеет сложную форму, составленную из сферических сегментов. Пилот ЛК в скафандре «Кречет-94» фиксируется стоя специальным приспособлением перед приборной доской и пультом управления. Для экономии места и массы кресло в ЛК отсутствует. Азотно-кислородная атмосфера кабины с давлением 560 мм рт.ст. позволяет космонавту открывать гермошлем для приема воды и пищи.



Рисунок 4 – Лунный орбитальный корабль 11 Ф93

Пульт управления ЛК располагается справа от космонавта. В передней части кабина имеет полусферическую вогнутость с иллюминатором широкогообзора и коллиматорным устройством. На последнее с помощью оптической системы проецируется место посадки с углом обзора всего Т. С помощью этих оптических средств космонавт наблюдает за процессом автоматической посадки ЛК и может в случае необходимости перейти на ручное управление, регулируя тягу двигателя блока Е и используя ЖРД ориентации.



Рисунок 5 – Лунный скафандр «Кречет-4»

Система управления ЛК позволяет в автоматическом режиме выполнить всю программу полета ЛК – с посадкой, взлетом и стыковкой. В состав системы включаются бортовая ЦВМ (три независимых параллельных канала) и трехосная гиростабилизированная платформа.

Реализация советской лунной программы требовала решения огромного объема задач. С точки зрения разработчиков, коренными были вопросы постройки и отработки ракеты Н-1.

Кардинальным образом на облик носителя повлияло решение собирать ракету непосредственно на полигоне, в монтажно-испытательном корпусе (МИКе). Сразу отметим, что оппоненты считают это решение чуть ли не главной ошибкой, определившей заведомо низкое качество изготовления Н-1.

Облик наземного оборудования определило решение о завершении сборки ракетно-космического комплекса в МИКе и горизонтальной транспортировке изделия на пусковое сооружение. Баки ракеты предполагалось собирать (сваривать) на стапеле МИКа космодрома из изготовленных и подогнанных на заводе панелей.

Принятая моноблочная компоновка Н-1 позволяла осуществить последовательную отработку (включая летную) ступеней РН, начиная с верхних, с максимальным использованием существующей экспериментальной базы НИИ-229 под Загорском и космодрома.

Разработку стартового комплекса Н-1 вело ГСКБ Спецмаш В.П. Бармина с участием смежных организацийТехническая позиция (ТП) на космодроме необходима для выполнения всех работ по сборке и испытаниям ракеты перед отправкой ее на стартовую позицию. Основные сооружения – два МИКа для блоков А, Б и В ракеты и для полезного груза.

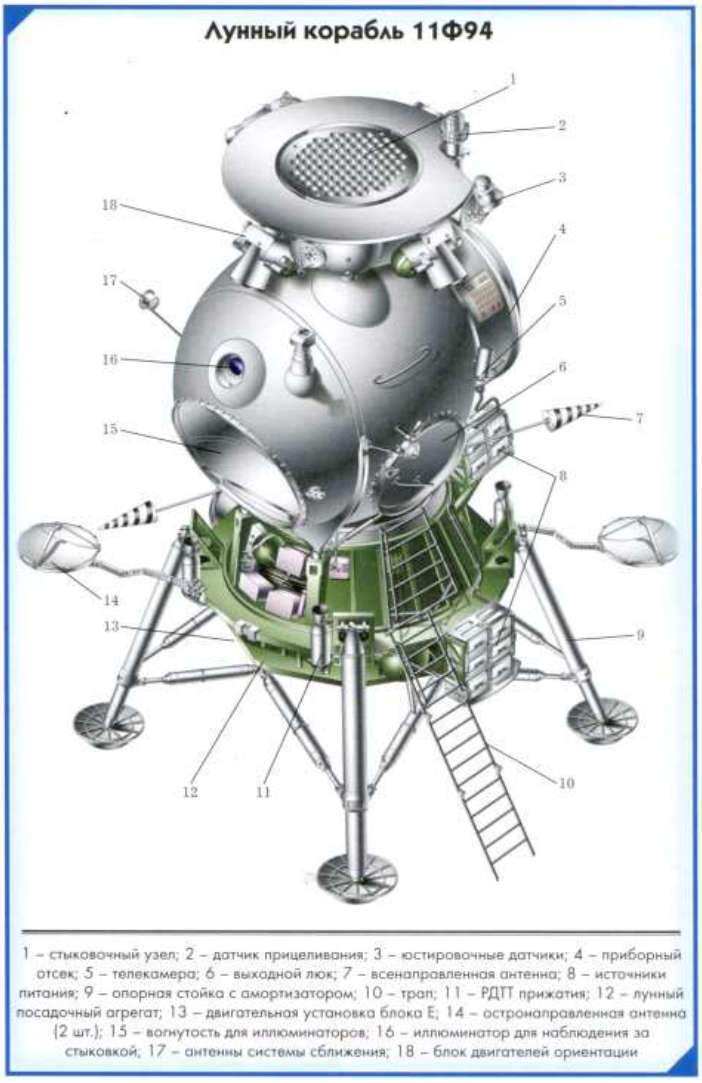


Рисунок 6 – Лунный корабль 11 Ф94

В декабре 1962 г. на Байконуре начались работы по строительству стартового комплекса, в который входили 36 основных объектов, оснащенных 19 комплектами технологического оборудования, 80 комплектами наземно-бортового и технического оборудования с собственными системами управления. В кооперации по созданию и техническому оснащению СК участвовало более 30 госкомитетов и министерств, около 120 КБ, научно-исследовательских и проектных организаций и промышленных предприятий.

Создатели комплекса Н-1 – Л-3 постарались, насколько возможно, отработать его на земле, проведя автономные стендовые испытания блоков корабля, включая динамические операции в соответствии с циклограммой функционирования, а также комплексную отработку РН и КК совместно со стартовой позицией.

На технической позиции космодрома в огромном, только что построенном МИКе проверялись системы разделения ступеней РН. Следует отметить, что на Заводе экспериментального машиностроения (ЗЭМ) ЦКБЭМ в полном объеме удалось провести отработку систем разделения и стыковки кораблей ЛК и ЛОК в штатных и аварийных ситуациях, систем отделения блока Д и разделения его элементов.

Первые использовались для защиты донных поверхностей, которые на ракете Н-1 составляли значительную величину в массе всей конструкции, вторые обеспечивали применение переохлажденных компонентов топлива.

Испытания систем управления проводились на комплексных стендах в НИИ автоматического приборостроения.

При автономной отработке системы КОРД ее датчики и приборы участвовали в 177 огневых испытаниях двигателей, в процессе которых проверялись и уточнялись алгоритмы контроля, а также работоспособность аппаратуры. Однако в ходе летных испытаний выявились слишком малый охват системой аварийных ситуаций, вследствие чего она не смогла обеспечить безопасность полета.

Особого внимания требовала отработка системы электроснабжения ракеты на основе автономного турбогенератора (АТГ), которая, в отличие от традиционных электрохимических аккумуляторов, представляла собой комплекс специализированных пневматических устройств, включая турбину, вращающую генератор, электропреобразователи, органы управления, обеспечивающие заданные характеристики различных видов электрического тока и бортовую коммутационную аппаратуру. Испытаниям были подвергнуты 38 агрегатов. 14 комплектов АТГ успешно выдержали комплексные испытания системы к лету 1969 г.

ДУ всех ступеней ракеты были построены по одному принципу, исключающему связь двигателей между собой. Это давало возможность отработки ступеней на элементе, состоящем из отдельного двигателя и штатных трубопроводов подачи окислителя и горючего.

ОКБ Н.Д. Кузнецова с 1962 г. вело экспериментальные исследования по двигателям, а в 1963 г. приступило к конструкторско-доводочным испытаниям (КДИ). На этом этапе были испытаны 394 двигателя для 1-й (НК-15) и 2-й (НК-15В) ступеней ракеты. В период с октября по декабрь 1967 г. двигатели прошли межведомственные испытания (МВИ).

Огневые испытания блоков Б и В были проведены в 1968 г. в НИИ Химмаш.

Стендовых огневых испытаний блока А программа не предусматривала.

Контроль качества товарных двигателей осуществлялся по системе контроля работоспособности двигателей (КОН-РИД), согласно которой из поставляемой партии часть двигателей-представителей подвергалась стендовым испытаниям по расширенной программе на соответствие технологическому заданию, в то время как оставшиеся двигатели той же партии не прожигались.

Однако ЛКИ показали (пуск № 2, изделие № 5Л) недостаточную отработанность ДУ 1-й ступени и неэффективность принятой системы контроля качества поставляемых двигателей.

В пуске № 3 (изделие № 6Л) был обнаружен неучтенный при расчетах газодинамический момент, позднее подтвержденный в ходе специальных экспериментов на масштабных моделях 1:150, 1:50, 1:10 в газодинамической трубе, а также на специально созданной установке БМР-3 со струйной моделью.

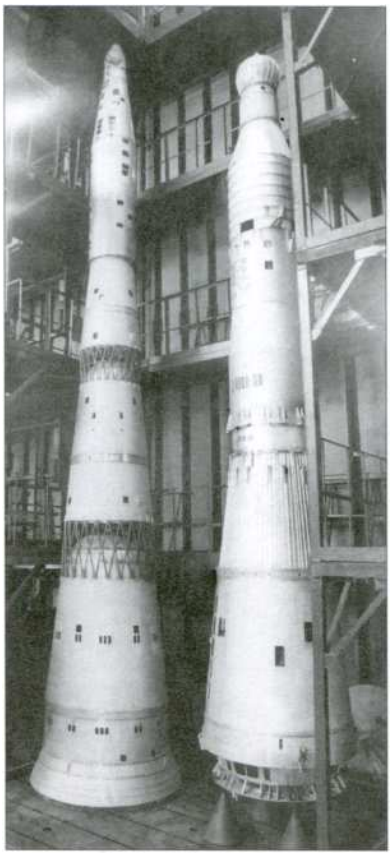


Рисунок 7 – Конструктивноподобные модели РН для испытаний Н-1 – Л3

Для обеспечения стабилизации ракеты по крену на последующих изделиях (начиная с № 7Л и далее) в качестве рулевых органов были применены двигатели 11Д121, созданные на базе основных агрегатов существовавших тогда двигателей 11Д58 и 11Д33 взамен первоначально запроектированных сопел крена блоков А и Б.

Значительный объем отработки проводился и по другим направлениям. Статическая и динамическая прочность конструкции отрабатывалась на полноразмерных отсеках ракеты Н-1 (изделие № 2И и № 2И2). К испытаниям привлекались специализированные организации. К концу 1968 г. был полностью завершен объем отработки прочности применительно к ракете № 3Л. Любое изменение конструкции воспроизводилось и испытывалось на этих изделиях.

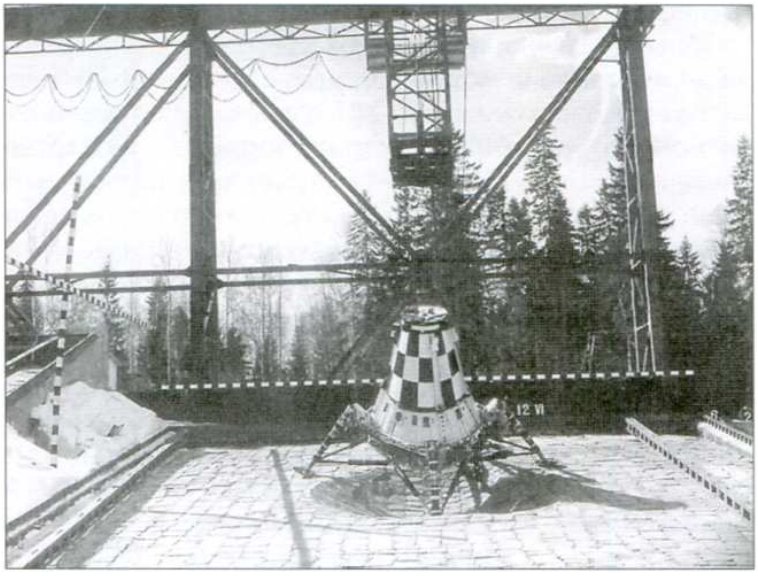


Рисунок 8 – На специальном стенде отрабатывались условия посадки

Была разработана программа полета трех изделий Т-2К, которые отличались друг от друга не по приборному составу, а режимами работы двигательной установки (ДУ). В первом пуске имитировалась штатная циклограмма работы ракетного блока, в последующих – различные аварийные режимы.

Полет ЛК по околоземной орбите не позволял провести отработку посадочных устройств, поэтому вместо них на Т-2К поставили два дополнительных навесных отсека с регистрирующей и телеметрической аппаратурой.

Особый вопрос – точность ориентации и стабилизации. Помимо штатных солнечно-звездных датчиков, аппарат укомплектовали отработанными ионными датчиками.

24 ноября 1970 г. в 08:15 ДМВ состоялся первый старт. Объект Т-2К был выведен на орбиту высотой 198х253 км под обозначением «Космос-379». Примерно через сутки был включен ЖРД блока Е. Работая на различных режимах дросселирования и имитируя зависание ЛК над лунной поверхностью, он увеличил скорость аппарата примерно на 260 м/с. Вследствие этого маневра высота апогея орбиты увеличилась до 1210 км. После проверок бортовой аппаратуры с имитацией пребывания наЛуне было произведено отделение лунного посадочного агрегата, и 27 ноября ДУ включилась во 2-й раз, в режиме максимальной тяги имитируя старт с Луны. На этот раз скорость увеличилась более чем на 1.5 км/с, а высота апогея орбиты Т-2К выросла до 14060 км. После этого аппарат некоторое время находился в режиме стабилизации, имитируя встречу и стыковку с ЛОКом.

26 февраля 1971 г. последовал второй запуск Т-2К («Космос-398»), программа орбитального полета, которого в общих чертах повторяла предыдущую. В результате двух включений двигателя блока Е корабль оказался на орбите высотой 205х10924 км.

В 3-м орбитальном полете («Космос-434», запуск 12 августа 1971 г.) ДУ проработала в дроссельном режиме наибольшее за все три пуска время, а после второго ее включения корабль перешел на орбиту высотой 186х11843 км.

В связи с пусками Т-2К интересно отметить, что в начале 1980-х гг. беспокойство западной общественности вызвало сообщение о предстоящем падении советского ИСЗ «Космос-434». Некоторые иностранные наблюдатели выдвигали версию о том, что на спутнике якобы установлен ядерный реактор. Однако, поскольку аппарат был запущен в период «лунной гонки», маневрировал на орбите и передавал телеметрические сигналы, присущие советским КК, другие западные эксперты причислили спутник к беспилотным вариантампилотируемого корабля, хотя и не могли определить при этом его тип. Между тем, постепенно тормозясь в атмосфере, 21 августа 1981 г. «Космос-434» сгорел над Австралией.

На полноразмерном макетном образце проверялось сопряжение ракеты с наземным установочным, заправочным и стартовым оборудованием, выявлялись и устранялись недоработки проекта, зачастую достаточно серьезные. В частности, по результатам прочностных испытаний пришлось заменить весь крепеж носителя. И если первую макетную ракету вывезли на старт 29 ноября 1967 г., то летную машину № 3Л – ровно через год, 30 ноября 1968 г.

На заседании Госкомиссии 9 февраля 1969 г. была названа дата начала ЛКИ – 18 февраля.

Стартовая масса – 2756 т, ПГ на околоземной орбите – 70.56 т, что на 30 % ниже минимальной расчетной массы пилотируемого комплекса Л-3. На блоке А – 30 двигателей НК-15, на Б – восемь НК-15В (пока без высотных сопел), на В – 4 НК-19; из-за неготовности БЦВМ полетом управляла аналоговая система. Расчетная орбита: наклонение 50'40', высота 287х304 км.

При первом запуске ракета должна была вывести беспилотный корабль 7К-Л1А (изделие 11Ф92, создано на базе КК для облета Луны 7К-Л1 «Зонд» и дополнено специальным блоком двигателей ориентации комплекса) с разгонно-тормозным блоком Д сначала на околоземную орбиту, затем – на траекторию к Луне.

Намеченную дату пуска перенесли сначала на 20 февраля, а затем, из-за низкой облачности, – на 21-е. Места у перископа в бункере управления заняли: начальник 6-го управления полигона полковник Е.Г. Моисеев, заместитель начальника полигона А.С. Кириллов и заместитель главного конструктора Б.А. Дорофеев. Здесь же находились министр С.А. Афанасьев и технический руководитель работ – главный конструктор ЦКБЭМ В.П. Мишин. Кнопка «Пуск» была нажата 21 февраля 1969 г.в 12:17:55 ДМВ, и через 12 секунд ракета оторвалась от земли.



Рисунок 9 – Н-1 на пусковом столе

Уже в первые секунды полета телеметрия зафиксировала выключение двух двигателей (№ 12 и 24) блока А. На 69-й секунде факел за носителем исчез: выключились все ЖРД. Через 183 сек после пуска ракета упала в 52 км от места старта.

Сначала возникло предположение, что в выключении ДУ виноваты турбогенераторы системы электропитания. Однако причина была в другом.

Как известно, один из краеугольных камней проекта Н-1 – система контроля работы двигателей КОРД. Она должна была выключать неисправные ЖРД до их разрушения, используя в качестве входных данных параметры давления в камерах сгорания, уровня пульсаций и температуры в газогенераторах, а также оборотов ТНА. По свидетельству Б.Е. Чертока, заместителя главного конструктора, основного разработчика системы управления и председателя комиссии по анализу работы системы КОРД, последняя «засбоила» сразу же: после прохождения команды «Главная» она выключила двигатель № 12 якобы из-за резкого возрастания оборотов его ТНА. Ложную команду сформировала помеха в цепях бортовой кабельной сети (БКС), возникшая при включении пироклапанов, открывающих подачу топлива в двигатель. По логике работы системы КОРД прошло отключение и противоположного ЖРД (№ 24). Далее из-за нерасчетных вибраций на 6-й секунде произошел обрыв трубки к датчику замера давления газа после ТНА двигателя № 2, а на 25-й секунде оборвалась трубка забора горючего перед газогенератором. Горячий «кислый» газ смешался с керосином; на 55-й секунде возник пожар в хвостовом отсеке блока А. Прогорела изоляция силовых кабелей электропитания, проложенных в одном жгуте с проводами системы КОРД.

В итоге на 68.7 сек – отсечка оставшихся 28 двигателей, и далее полет продолжался по инерции.

САС сработала, и спускаемый аппарат корабля 7К-Л1А приземлился в нескольких десятках километров от старта.

На следующей ракете ввели теплоизоляцию БКС в зоне двигателей, разнесли кабельные жгуты, в системе КОРД ввели схемную защиту по электропитанию, канал замера пульсаций сделали телеметрическим и приняли решение: после доработок выходить на второе ЛКИ в июне-июле 1969 г.

Второй пуск комплекса Н-1 – Л-3 (ракета 11А52 № 5Л, ПГ – упрощенный корабль 7К-Л1А, задачи аналогичны предыдущему полету) был проведен 3 июля 1969 г. и также закончился аварийно: через 0.4 секунды после команды «контакт подъема» взорвался двигатель № 8 блока А. Взрыв перебил БКС, повредил соседние ЖРД; начала разрушаться нижняя часть ступени. Возник пожар в хвостовом отсеке. Система КОРД выключила все двигатели, за исключением № 20. «Полет» продолжался 18 сек: ракета поинерции поднялась над башней обслуживания и, заваливаясь на бок. Взрыв причинил серьезные повреждения сооружениям стартового комплекса. Однозначно причину аварии установить не удалось.

Третий пуск (изделие 11А52 № 6/1, в головном блоке – макетные ЛОК и ЛК, программа полета – вывод ПГ на сильно вытянутую эллиптическую околоземную орбиту) был осуществлен с левого (неповрежденного) стартового стола 27 июня 1971 г. ДУ блока А вышла на режим и штатно работала до выключения по команде системы управления. Однако с начала полета наблюдалось «ненормальное протекание процесса стабилизации по крену»: ракета стала закручиваться вокруг продольной оси. Уже к 14.5 сек полета рассогласование по углу вращения, непрерывно увеличиваясь, достигло 145 градусов!

Практически весь активный участок траектории был неуправляем. Скорость и угол поворота постоянно нарастали. Уже на 39-й секунде гироплатформа системы управления РН стала на упоры, а на 48-й секунде из-за больших крутящих моментов и выхода на закритические углы атаки началось разрушение ракеты в районе блока Б. На 50.1 секунде полета снялась блокировка команды на аварийное выключение двигателей; ЖРД тут же отключились и ракета стала падать.

Наиболее вероятной причиной аварии специалисты ЦКБЭМ посчитали потерю управляемости по крену под действием «неучтенных ранее возмущений, превышающих располагаемые управляющие моменты органов управления».

22 ноября 1972 г.,всего за месяц до последней экспедиции на Луну по программе «Аполлон», был произведен четвертый пуск Н-1 – Л-3 (ПГ – практически «штатный» ЛОК и макетный ЛК, задача полета – как в третьем пуске). Ракета 11А52 № 7Л претерпела значительные изменения, направленные наустранение выявленных недостатков. Масса полезной нагрузки достигла 90 т. Управление полетом осуществляла БЦВМ по командам новой гироплатформы. В состав ДУ ввели рулевые двигатели, систему пожаротушения, улучшили механическую и тепловую защиту приборов и БКС и т.п. На ракете была установлена вновь созданная малогабаритная радиотелеметрическая аппаратура, собирающая данные от 13 тыс. датчиков.

Носитель пролетел без замечаний 106.93 сек, но за 7 секунд до расчетного времени разделения первой и второй ступеней произошло «практически мгновенное разрушение насоса окислителя двигателя № 4, которое привело к ликвидации ракеты». Незадолго до этого сработала САС.

По мнению ряда специалистов, необходимо было по команде с Земли срочно отделять поврежденную первую ступень (блок А) и запускать ДУ второй ступени. Ведь первая ступень «не добрала» всего 165 м/с, что вполне можно было бы компенсировать, увеличив время работы последующих ступеней, а также немного снизив высоту орбиты выведения.

Очередной пуск Н-1 новый руководитель НПО «Энергия» академик В.П. Глушко своим приказом прекратил, а все работы по комплексу Н-1 – Л-3 закрыл.

Вывод: Полные затраты на освоение Луны по программе Н-1 – Л-3 к январю 1973 г. составляли 3.6 млрд руб., из них на создание ракеты Н-1 – 2.4 млрд руб. Поэтому Постановление ЦК КПСС и Совмина СССР о прекращении работ по комплексу и списании затрат вышло только в феврале 1976 г. После этого производственный задел ракетных блоков, практически все оборудование технического и измерительного комплексов было уничтожено. При этом списаны средства в сумме 6 млрд руб., затраченные на тему.

Успешные запуски аппаратов Т-2К подтвердили надежность систем и аппаратуры ЛК и возможность его использования для полета человека на Луну. Но это время так и не пришло. Здесь нет вины разработчиков корабля – после четырех неудачных пусков ракеты Н-1 работы по проекту в целом были остановлены, а тема закрыта. Некоторым утешением для ракетно-космической индустрии СССР стала доставка лунного грунта автоматической станцией «Луна-16».

Так к сожалению закончилась советская лунная программа значительно опередившая свое время.

Список литературы:

1. Афанасьев И.Б., Батурин Ю.М., Белозерский А.Г. Мировая пилотируемая космонавтика. История. Техника. Люди. – М. : Издательство «РТСофт», 2023. – 748 с.
2. N1 (rocket) Wikipedia. – en.wikipedia.org>wiki/N1-(rocket).
3. Н-1 (Носитель -1). Picturehistory, picturehistory, livesournjl. >com 6849683.htmt.

УДК 378

МЕТОДИКА ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

♦♦♦♦♦

THE METHODOLOGY OF INTRODUCING OF THE EDUCATION TECHNOLOGIES INTO EDUCATION PROCESS

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

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

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Чёрный Р.Р.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Nefedovskii V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

Savitsky Y.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Cherniy R.R.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются общие принципы и подходы к внедрению информационных технологий в образовательный процесс вуза, различные виды обеспечения внедрения информационных технологий в образовательный процесс и особенности их реализации.

Ключевые слова: информационные технологии, образовательный процесс, организационное обеспечение, материальное обеспечение, программное обеспечение, кадровое обеспечение, методическое обеспечение.

Abstract. The article examines the general principles and approaches to the implementation of information technology in the educational process of a university, various types of support for the implementation of information technology in the educational process and the features of their implementation.

Keywords: information technology, educational process, organizational support, material support, software, personnel support, methodological support.

В настоящее время среди приоритетов, связанных с созданием необходимых условий для обеспечения высокого качества образования, на первый план выступают те, которые связаны с применением в учебном процессе новых информационных технологий. Это предъявляет определенные требования к уровню подготовки специалистов.С одной стороны, эти требования жестко связанные с профессией, а с другой – со способностью не только понимать возможности информационных технологий, но и использовать их, приспосабливая их возможности к выполнению практических задач, решению специализированных проблем. Актуальность использования информационных технологий в образовании обусловлена не только стремительным развитием самих технологий, но и необходимостью адаптации образовательного процесса к современным требованиям и ожиданиям обучающихся. Внедрение цифровых инструментов в учебный процесс способствует не только повышению эффективности обучения, но и развитию навыков, необходимых для успешной интеграции в цифровое общество. Поэтому роль информационных технологий в образовании непрерывно растет, и они становятся неотъемлемой частью современного образовательного процесса. Использование информационных технологий позволяет адаптировать образовательный процесс под индивидуальные потребности каждого обучающегося, создавая персона-

лизированные учебные материалы, задания, последовательность и темп обучения. Интерактивные учебные платформы, онлайн-игры, адаптивные курсы и другие технологические инструменты делают обучение более увлекательным и мотивирующим для обучающихся. Информационные технологии предоставляют уникальные возможности для применения современных методик обучения, таких как обучение через виртуальную реальность, мультимедийные учебные материалы, симуляторы и др. Так же информационные технологии упрощают задачи управления образовательными процессами, повышают эффективность административных процедур, улучшают мониторинг прогресса обучающихся и обеспечивают эффективную обратную связь между всеми участниками образовательного процесса. Технологии вносят значительный вклад в современное образование, обогащая его разнообразными инструментами и возможностями, улучшая процесс обучения и способствуя развитию учащихся в цифровом мире. Несмотря на всю свою перспективность, внедрение информационных технологий в образовательный процесс любого вуза сталкивается с определенными сложностями.

Во-первых, в каждом вузе имеются свои объективные особенности и условия организации образовательного процесса.

Во-вторых, каждая учебная дисциплина имеет свои особенности, связанные с технологией преподавания конкретного типа знаний, с особенностью проведения занятий по дисциплине, с особенностями проведения образовательного процесса в конкретном вузе и т.д.

В-третьих, для эффективного использования информационных технологий необходимо иметь развитое материально-техническое обеспечение – компьютеры, развитую локальную сеть (серверы, сетевое оборудование, сетевые хранилища информации и др.), аудитории с соответствующим оборудованием.

В-четвертых, профессорско-преподавательский состав должен иметь не только высокие знания и умения в области информационных технологий, но и уметь применять эти знания в образовательном процессе. Такими же высокими знаниями и умениями должен обладать и вспомогательный состав – сотрудники учебных кабинетов, лабораторий и др.

Таким образом, не может существовать единого рецепта перехода на проведение образовательного процесса с использованием информационных технологий для всех учебных дисциплин. Тем не менее, можно выделить общие тенденции, которые будут свойственны всем дисциплинам. Основным моментом является тот факт, что переход на использование информационных технологий не должен быть одномоментным. Это всегда растянутый во времени процесс, в течение которого необходимо решить достаточно большое количество вопросов.

1. Организационное обеспечение. Как уже отмечалось, осуществить одномоментный полный переход на применение информационных технологий по конкретной дисциплине практически невозможно. Поэтому целесообразно разбивать этот переход на несколько этапов. Например, на первом этапенеобходимо определить цели, которые можно достигнуть в процессе перехода на информационные технологии, способы достижения этих целей, потребное материально-техническое и программное обеспечение, возможности аудиторного фонда и преподавательского состава по достижению этих целей, определить программно-информационное обеспечение, методику проведения каждого типа занятия, организацию самостоятельной работы обучающихся, методы использования информационных ресурсов, возможность и способы использования имеющихся оценочных средств, оценить возможность появления негативных последствий перехода на использование информационных технологий и методику устранения или коррекции этих последствий, оценить полученные результаты. Целями второго этапа могут быть совершенствование программно-информационного и методического обеспечения, модернизация материального обеспечения, переработка учебных программ и тематических планов в соответствии с результатами, полученными на первом этапе перехода, адаптация фонда оценочных средств к используемым методикам, направления совершенствования педагогического мастерства и уровня владения потребными информационными технологиями профессорско-преподавательского и вспомогательного состава. На третьем этапе целесообразно оценить полученные ре-

зультаты и эффективность использования полученных методик, и используемых методов оценки знаний, соответствие фонда оценочных средств этим методам, закрепить направления дальнейшего развития программно-информационного, методического и материального обеспечения.

Кроме этого, существенной частью организационного обеспечения является планирование учебного процесса. В процессе планирования обязательно должны учитываться возможности вуза и кафедр по наличию учебных аудиторий, оборудованных в соответствии с потребностями для проведения занятий с использованием информационных технологий, наличие подготовленных преподавателей и другие факторы.

2. Материально-техническое обеспечение должно обеспечивать возможность использования необходимых информационных технологий для заданного количества обучающихся.Поэтому кроме аппаратного обеспечения необходимо наличие достаточного аудиторного фонда, позволяющего обеспечить проведение занятий с использованием информационных технологий, компьютерной сети, обеспечивающей хранение данных и работ обучающихся, информационно-методического обеспечения и другой информации. К материально-техническому обеспечению следует так же отнести организацию рабочего пространства пользователей и систему администрирования сети, позволяющихреализовать следующие требования:

– каждый пользователь должен иметь место для хранения личной и учебной информации, доступ к которому должен различаться для обучающихся и преподавателей;

– необходимо иметь отдельное место для хранения общей для всех пользователей информации. Права доступа к этой информации так же должны определяться типом пользователя (обучающийся, преподаватель или административный работник);

– настройки рабочего места пользователя не должны быть привязанными к конкретному персональному компьютеру или рабочему месту в аудитории, а определяться средствами групповых политик сервера сети.

3. Программное обеспечение в наибольшей степени зависит от специальностей подготовки обучающихся в вузе и конкретных дисциплин. В большей степени это относится к специализированным дисциплинам, которые требуют наличия лицензионного специализированного программного обеспечения. Кроме этого, скорее всего потребуется отдельное программное обеспечение, которое позволит автоматизировать проверку работ обучающихся, учет деятельности обучающихся в процессе обучения, автоматизировать загрузку упражнений для практических занятий или тестовых заданий для оценки хода обучения. Потребные характеристики такого программного обеспечения будут наиболее привязаны к особенностям дисциплин конкретного вуза, поэтому большая часть из них потребует индивидуальной разработки внутри вуза, а сложность и трудоемкость этой разработки будут достаточно высокими. Отдельным вопросом должны идти оценочные программные средства для проведения текущего и рубежного контроля. Эти средства должны обеспечить возможность проведения всех видов контроля в дистанционном режиме ихранение полученных данных для их последующего анализа.

4. Методическое обеспечение. При ориентации на информационные технологии этот аспект требует наибольшего внимания, и подготовка его занимает максимальное время. Работа с конспектом сводится к минимуму, так как ручное ведение конспекта требует большого количества времени, наличие средств вычислительной техники на рабочем месте обучающегося в учебной аудитории не оставляет места для работы с конспектом. Взаимодействие преподавателя с обучающимися ведется в параллельном режиме, когда часть информации обучающиеся получают с экрана преподавателя, а часть – с экрана своего ноутбука (планшета, компьютера). В некоторых случаях преподавателю необходимо иметь два демонстрационных экрана – когда одновременно необходимо объяснять теоретический материал и демонстрировать приемы работы в специализированных программах. Задания, которые должны выполнить обучающиеся, должны быть подготовлены заранее и загружены в рабочие каталоги обучающихся. Учебники и учебные пособия должны быть в электронной форме, а их формат должен обеспечивать возможность непосредственного взаимодействия обучающихся с ними в процессе проведения занятия (контекстный поиск информации по теме занятия, непосредственную загрузку заданий и упражнений из учебника или учебного пособия и т.д.).

5. Кадровое обеспечение. Уровень владения компьютерной техникой у современных обучающихся может существенно различаться. Многие из них имеют большой опыт в части использования различной компьютерной техники – от ноутбука до планшета или смартфона. Однако часто встречаются и те, у кого такой опыт минимальный. Поэтому преподаватель для успешной деятельности должен не только в совершенстве владеть преподаваемыми дисциплинами, но и уметь использовать компьютерную технику на уровне, не уступающем уровню обучающихся, и в процессе своей деятельности выравнивать общий уровень владения компьютерной техникой у всех обучающихся.

Внедрение информационных технологий в учебный процесс имеет значительный потенциал повышения качества образования, более глубокому пониманию материала обучающимися и активной вовлеченности их в учебный процесс. Тем не менее, нельзя не отметить тот факт, что для успешной интеграции информационных технологий в учебный процесс необходимы не только технические решения и обеспечение учебного процесса средствами вычислительной техники, но и компетентный преподавательский состав. Поэтому процесс внедрения информационных технологий должен сопровождаться постоянной профессиональной подготовкой преподавательского состава.

Список литературы:

1. Вербицкий А.А. Цифровое обучение: проблемы, риски и перспективы // Электронный научно-публицистический журнал «HomoCyberus». – 2019. – № 1(6). – URL : http://journal.homocyberus.ru/ Verbitskiy_AA_1_2019.

2. Белоусов В.А., Зайцева О.В. // Использование информационных технологий в образовании. – 2019. – № 1. – С. 18–22.

3. Спивак А.И., Шабанов Н.М. // Эффективное использование информационных технологий в образовательном процессе. – 2021. – № 1. – С. 46–52.

4. Нефедовский В.А., Букаткин Р.Н., Коссой В.А. Особенности перехода на цифровые образовательные технологии по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» // В сборнике: XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 153–159.

5. Информационно-образовательная среда кафедры / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, М.В. Степанова [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 203–207.

6. Различные аспекты поэтапного перехода на обучение с применением информационных технологий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» в рамках педагогического эксперимента / В.А. Коссой, В.А. Нефедовский, Р.Н. Букаткин // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 234-239.

7. Первые итоги перехода на обучение с применением информационных технологий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» в рамках педагогического эксперимента / В.А. Коссой, В.А. Нефедовский, Р.Н. Букаткин // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXIV всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 97–102.

УДК 378

РЕЗУЛЬТАТЫ ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ПО ДИСЦИПЛИНЕ «НАЧЕРТАТЕЛЬНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

♦♦♦♦♦

THE RESULTS OF THE INTRODUCTION OF INFORMATION TECHNOLOGIES INTO THE EDUCATION PROCESS IN THE DISCIPLINE «DESCRIPTIVE GEOMETRY AND ENGINEERING GRAPHICS»

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются достигнутые результаты перехода на использование информационных технологий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика», этапы такого внедрения, особенности реализации материально-технического, методического и программно-информационного обеспечения такого перехода.

Ключевые слова: информационные технологии, образовательный процесс, методика, расчетно-графическая работа, материальная база, информационное обеспечение, методическое обеспечение.

Nefedovskii V.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

Savitsky Y.A.
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 article examines the achieved results of the transition to the use of information technologies in the discipline «Descriptive Geometry and Engineering Graphics», the stages of such implementation, and the features of the implementation of material and technical, methodological and software and information support for such a transition.

Keywords: information technology, educational process, methodology, calculation and graphic work, material base, information support, methodological support.

Основной целью внедрения информационных технологий в образовательный процесс по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» (НГиИГ) являлось:

– разработка и апробирование методики организации и проведения занятий при использовании средств вычислительной техники;

– привитие обучающимся навыков использования современных информационных технологий для решения задач образовательной и практической деятельности;

– повышение интереса обучающихся к процессу обучения и получения новых знаний;

– расширение возможностей обучающихся для проведения научного поиска и анализа за счет использования цифровых ресурсов информационно-образовательной среды вуза и кафедры, как на самоподготовке, так и в процессе занятий.

Кроме этого, необходимость внедрения информационных технологий по дисциплине НГ и ИГ так же была обусловлена переходом на новую версию ФГОС по специ-

альности 25.05.04 «Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов» [1], предусматривающей реализацию общепрофессиональной компетенции при которой обучаемый «способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности». Реализация этой компетенции частично возлагается на дисциплину НГ и ИГ. В результате обучения курсанты должны знать основные способы получения и редактирования изображений с помощью прикладного графического пакета (компьютерных технологий) и уметь использовать персональный компьютер и прикладной графический пакет для построения различных видов чертежей, использование прикладного программного пакета компьютерного моделирования.

Внедрение информационных технологий проводилось в три этапа, каждый этап проводился в течение одного учебного года. Основным программным средством была выбрана система автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС-3D.

На первом этапе к работе с КОМПАС-3D привлекались две учебные группы, переход на использование САПР производился при изучении второго раздела дисциплины «Инженерная графика».Для проведения занятий с использованием ПК были разработаны методики их проведения, презентации, задания упражнений на занятия и варианты расчетно-графических работ (РГР). Для усвоения теоретического материала в информационно-образовательной среде (ИОС) кафедры были размещены презентации лекций и практических занятий, электронные учебники и учебные пособия в электронном виде. Контроль усвоения материала осуществлялся в виде решения задач в ручном режиме (летучки), проведения компьютерного тестирования, а также в ходе проверки качества выполнения и защиты РГР. Промежуточная аттестация (зачет с оценкой) осуществлялась с применением ПК и состояла из двух этапов – проверка теоретических знаний при выполнении компьютерного тестирования в программе «SunRavTestOffice» и проверка практических навыков при разработке 3D модели и ассоциативного чертежа детали в программе КОМПАС-3D.

По результатам выполнения первого этапа было выявлено следующее:

– выработанный подход программно-информационного обеспечения, и методика проведения практических занятий показали свою эффективность, целесообразно дальнейшее их совершенствование;

– материальная база требует совершенствования в плане развития локальной вычислительной сети кафедры, создания специализированного программного обеспечения для проверки выполненных работ, учета и контроля времени работы обучаемых на ПК.

Получаемый уровень навыков недостаточный для эффективной работы в САПР КОМПАС-3D, особенно сильно это сказывается при выполнении первых расчетно-графических работ. Поэтому начало работы с САПР необходимо сдвигать в первый раздел дисциплины «Начертательная геометрия».

Второй этап проводился с привлечением четырех учебных групп. Начало изучения САПР было сдвинуто в первый раздел дисциплины, что позволило сформировать достаточно устойчивые навыки работы с САПР к началу изучения второго раздела. Все учебно-методические материалы, необходимые для проведения практических занятий, были переработаны и размещены в ИОС кафедры. Текущий и рубежный контроль проводились так же, как и на первом этапе. По итогам выполнения второго этапа были получены следующие результаты:

– произведена частичная модернизация материальной базы, разработан тестовый вариант программы «Электронный журнал» для учета успеваемости и контроля выполнения расчетно-графических работ;

– существенно вырос уровень практических навыков работы в САПР, особенно это стало заметно при выполнении первых РГР раздела «Инженерная графика»;

– были частичнопереработаны учебная программа, тематический план изучения дисциплины и фонд оценочных средств с целью увеличения эффективности усвоения и контроля усвоения учебного материала.

Третий этап проводился с шестью учебными группами. Работа в САПР начиналась после изучения первой темы первого раздела. Была проведена дальнейшая пе-

реработка и совершенствование учебно-методического материала, упражнений для проведения практических занятий и оценочных средств для текущего и рубежного контроля. В результате проведения третьего этапа были получены следующие результаты:

– проведено дальнейшее развитие и совершенствование материальной базы и ЛВС кафедры. В результате появилась возможность одновременного проведения занятий с двумя учебными группамина базе кафедры;

– вырос уровень практических навыков и умений работы в САПР за счет совершенствования методики преподавания отдельных вопросов дисциплины;

– произведена значительная переработка фонда оценочных средств для проведения текущего и рубежного контроля, разработаны новые компьютерные тесты;

– внедрена программа «Электронный журнал» по дисциплине, показавшая высокую эффективность для учета успеваемости, проверки выполнения расчетно-графических работ и обратной связи с обучающимися.

Особенности материально-технического и программного обеспечения

Для проведения перехода на использование информационных технологий использовалось следующее материально-техническое и программное обеспечение кафедры:

– ЛВС кафедры, включающая в себя контроллер домена и два файл-сервера;

– 4 аудитории, оборудованные местами для подключения ПК к ЛВС кафедры. Количество одновременных подключений – 80 рабочих мест;

– 60 ноутбуков с установленным программным обеспечением;

– учебный комплект КОМПАС-3Dv20 с сетевой лицензией на 50 рабочих мест;

– информационные ресурсы в виде презентаций, лекций и практических занятий, электронные учебные пособия и нормативная документация в виде электронных копий ГОСТ, размещенные в сети;

– компьютерная программа «Электронный журнал»;

– программа для разработки и чтения электронных учебников Biblio и SunRuvBookOffice;

– программа для разработки и проведения тестов в ЛВС SunRuvTestOffice.

Схема взаимодействия элементов материально-технического обеспечения при организации обучения с использованием цифровых технологий показана на рисунке 1.

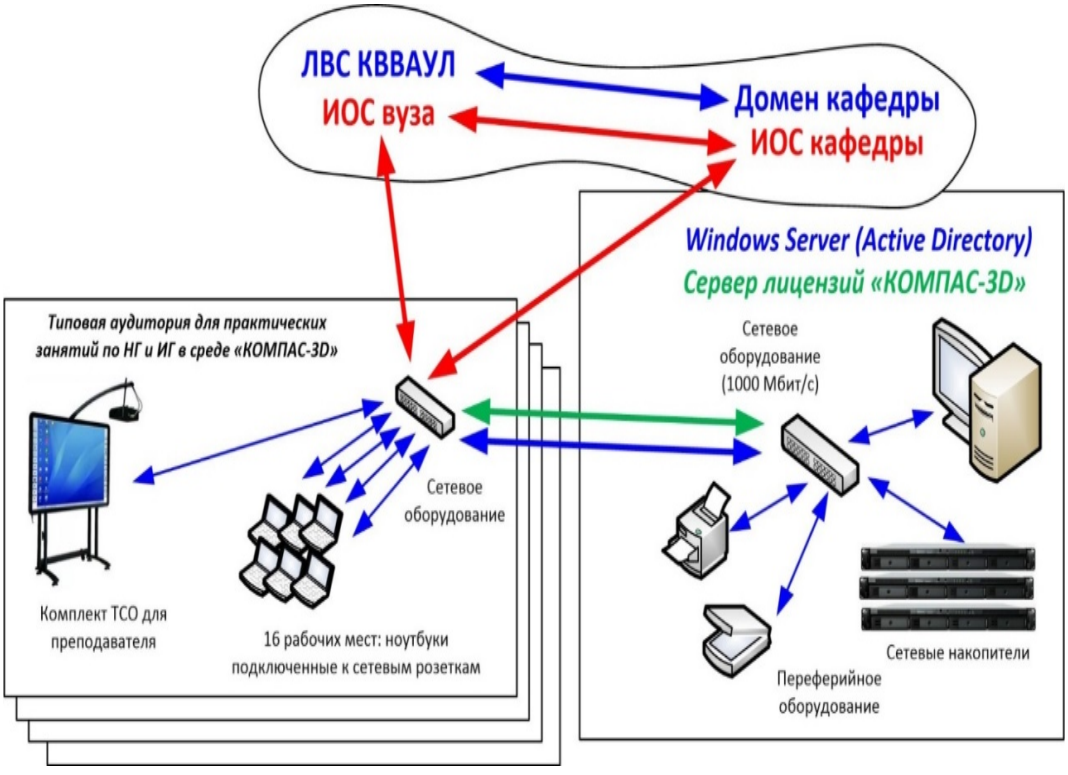


Рисунок 1 – Схема взаимодействия элементов МТО

Из представленной схемы видно, что обучающиеся на ноутбуках, подключенных к ЛВС кафедры, после авторизации в сети и запуске КОМПАС-3D получают сетевую лицензию на программу и имеют доступ к ИОС кафедры и вуза. Преподаватель осуществляет руководство, взаимодействие и контроль также используя ЛВС и ИОС кафедры. Продуманная организация рабочего пространства пользователя при работе на ПК в ЛВС явилась одним из важнейших условий успешного процесса обучения.

Реализованная модель администрирования ЛВС кафедры имела следующие особенности:

– для каждого обучаемого был создан свой сетевой профиль пользователя с заданным логином и паролем для входа в систему;

– для каждого пользователя на файл-сервере создана личная сетевая папка для хранения файлов с полными правами доступа пользователя.

На файл-сервере создана папка «Справочные материалы» с ограниченными правами доступа у пользователя (только чтение и копирование из папки).

Средствами настроек групповых политик на контроллере домена было организовано размещение нужных ярлыков на рабочем столе пользователя без привязки к конкретному ПК. Так у каждого пользователя при входе в систему на рабочем столе расположены ярлыки: «Личная папка», «Справочные материалы» и др., позволяющие осуществлять работу в выделенном сетевом пространстве с ограничениями прав доступа [4].

Особое внимание в процессе проведения педагогического эксперимента было уделено вопросам проверки работ, выполненных в электронном виде, и обратной связи с обучающимися по результатам проверки РГР.

В итоге была разработана компьютерная программа «Электронный журнал» [6], которая обеспечила:

– Агрегацию всех электронных РГР в одном месте, т.е. все работы одной учебной группы представлены вместе не зависимо от места их физического расположения на электронных носителях информации.

– Возможность фильтрации представления работ – выполненные, измененные, проверенные, требующие исправления и др. для отслеживания выполнения и коррекции РГР.

– Запуск графического редактора для проверки работ непосредственно из места их агрегации.

– Хранение данных о качестве выполнения каждой работы, оценки за ее защиту и данных о результатах проведения занятий для каждого курсанта.

На рисунке 2 показан интерфейс программы «Электронный журнал», а на рисунке 3 показан пример отображения результатов.

Все результаты проверки РГР вносятся в журнал автоматически в виде цветовых отметок. После защиты РГР и при проведении занятий в журнал ставятся отметки цифрами. Таким образом «Электронный журнал» позволяет вести текущую успеваемость и отражает ход выполнения РГР обучающимися. На завершающем этапе ПЭ в ряде групп был организован тестовый доступ к просмотру электронного журнала в режиме чтения, чтобы обучающиеся в реальном режиме времени смогли получать всю информацию о своей успеваемости.

Особенности методического обеспечения

Ведение конспектов сведено к минимуму. Курсанты обозначают в конспектах вид и тему занятия, рекомендуемую литературу и некоторые основные положения. Весь теоретический материал курсанты рассматривают совместно с преподавателем по презентации, которую они запускают на своих ПК.

Привитие первоначальных практических навыков работы в КОМПАС-3D проводится поэтапно: сначала рассказ и показ процесс построений, а уже затем самостоятельное выполнению упражнений. Это накладывает дополнительные требования к разрабатываемым презентациям: помимо теоретических сведений в них должны содержаться приемы необходимых построений в среде КОМПАС-3D.

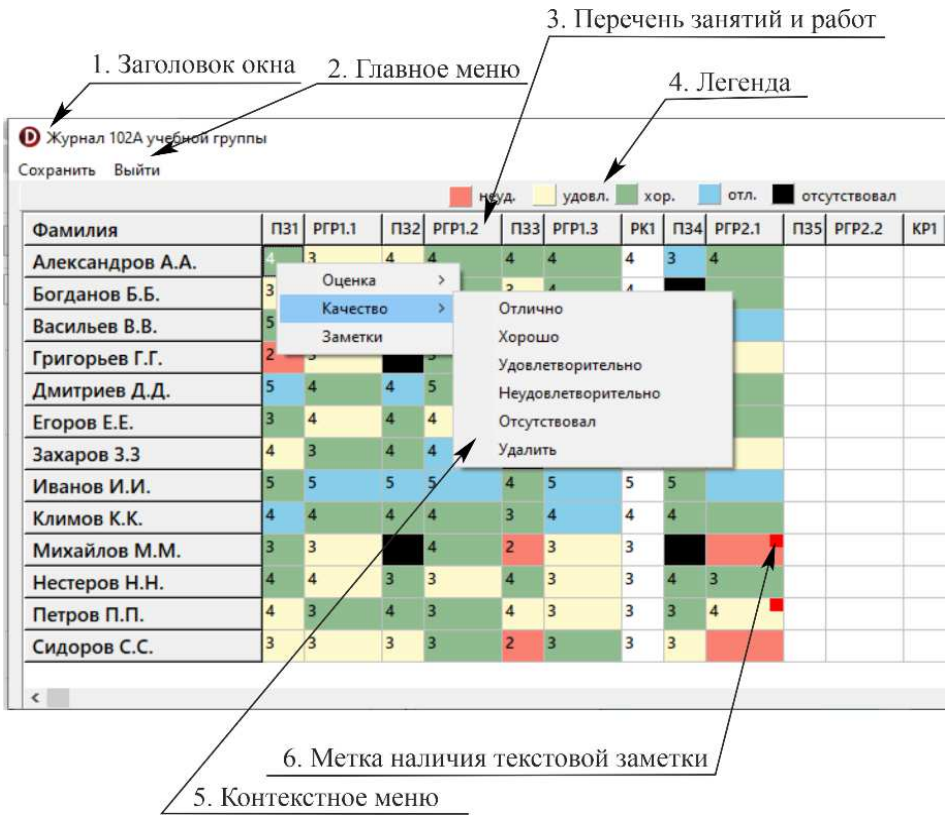


Рисунок 2 – Интерфейс программы «Электронный журнал»

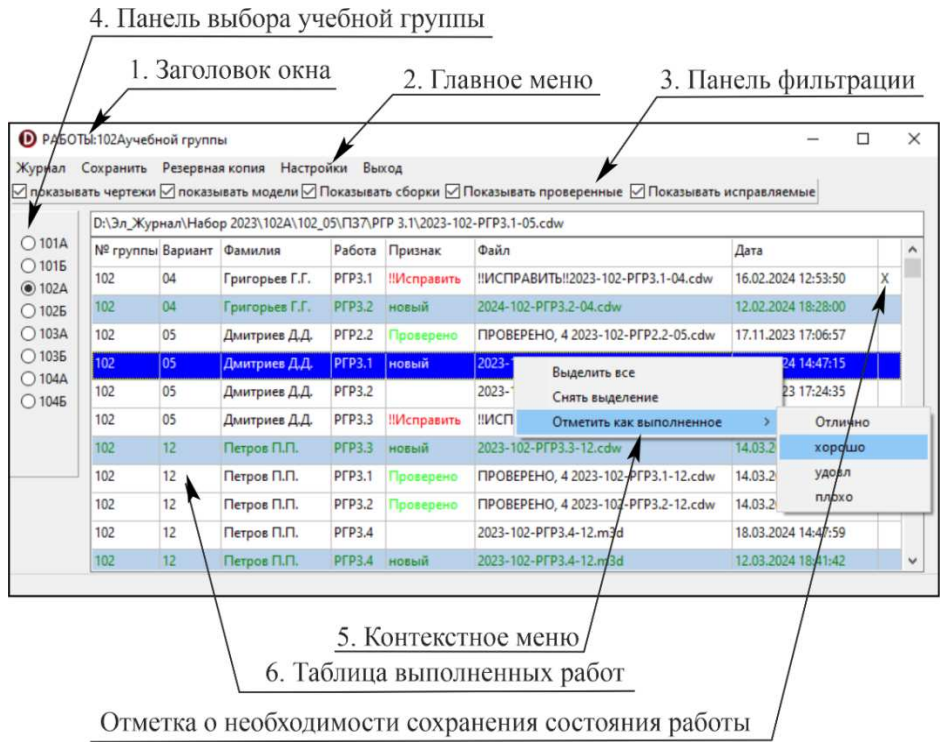


Рисунок 3 – Пример отображения результатов в программе «Электронный журнал»

Помимо презентаций, на каждое занятие готовятся шаблоны упражнений, выполненных в среде КОМПАС-3D и предоставляемых курсантам в виде готовых файлов.

Отработка практических навыков построений чертежей и 3D моделей осуществляется курсантами самостоятельно на занятии под руководством преподавателя в виде выполнения отдельных упражнений и РГР на базе предоставляемых шаблонов и вариантов заданий.

Информационное обеспечение

Накануне конкретного вида занятий, проводимого во всех группах, преподаватели согласовывают комплект необходимых материалов и размещают в папке «Справочные материалы» презентацию к занятию, варианты РГР и шаблоны заданий для выполнения упражнений и РГР. Эти материалы обучаемые используют как на занятии, так и в часы самостоятельной работы. При необходимости размещения дополнительных материалов, преподаватель размещает их в папке «Справочные материалы» под оригинальным именем для использования обучающимися в конкретной группе. Следует отметить, что презентации, выкладываемые в сеть для обучающихся, несколько отличаются от тех, которые использует преподаватель на занятии. К разработке презентаций предъявляются требования высокой наглядности за счет использования переходов и анимации для обеспечения возможности поэтапной работы с презентацией в процессе самостоятельного изучения материала. При этом описание построений в программе КОМПАС-3D должно содержать элементы интерфейса программы с интерактивными элементами, показывающими ход построения.

При проведении рубежного контроля и промежуточной аттестации широко применялось компьютерное тестирование. При подготовке тестов и проведении тестирования можно выделить следующие особенности. Разработка тестов осуществлялась в программе «TMaker» приложения «SunRavTestOfficePro», а тестирование – в программе tTester того же приложения. На сегодняшний момент это единственная из доступных в КВВАУЛ программ, позволяющих проводить полноценное сетевое тестирование. Рекомендованная к использованию программа «Biblio» данными возможностями не обладает. Тестирование предполагает ответы на определенное количество вопросов за ограниченный промежуток времени (например, 15 вопросов за 25 минут), при этом вопросы выбираются случайным образом.Результаты группового тестирования обрабатываются в программе «TAdmin» приложения «SunRavTestOfficePro» с возможностью полного анализа и вывода на печать ведомости результатов тестирования.

В заключении можно сказать, что основные цели перехода на информационные технологии с использованием САПР КОМПАС-3D при изучении дисциплины НГ и ИГ были достигнуты. Среди основных положительных результатов можно выделить следующие:

– разработанные и апробированные методики проведения занятий с использованием средств вычислительной техники подтвердили основную гипотезу о возможности одновременного изучения интерфейса и инструментария прикладного графического пакета КОМПАС-3D и дисциплины «НГ и ИГ» при достижении заданных уровней обученности без увеличения количества часов на дисциплину за счет перераспределения насыщенности занятий по мере приобретения обучающимися опыта работы с прикладным графическим пакетом;

– повысился интерес обучаемых к изучению дисциплины за счет освоения и работы в графическом пакете КОМПАС-3D;

– работа с информационными ресурсами в локальной вычислительной сети увеличила знания и навыки обучаемых в сфере современных информационных технологий;

– применение полученных навыков 3D моделирования существенно улучшили качество выполняемых научных работ в рамах военно-научных обществ.

Применение новых информационных ресурсов (электронный журнал, электронные учебные пособия, презентации и т.д.) позволило обеспечить учебный процесс новыми инструментами и улучшить его качество. Кроме этого, выполненный переход на информационные технологии позволил выявить и некоторые недостатки образовательного процесса:

– недостаточная материально-техническая база, не позволяющая проводить такой процесс со всем курсом;

– сложность обеспечения рабочих мест в часы самостоятельной работы как по количеству рабочих мест, так и по наличию преподавателей.

Список литературы:

1. ФГОС ВО – специалитет по специальности 25.05.04 «Летная эксплуатация и применение авиационных комплексов». [Электронный ресурс] – URL : https://fgos.ru/fgos/fgos-25-05-04-letnaya-ekspluataciya-i-primenenie-aviacionnyh-kompleksov-1083/

2. Нефедовский В.А., Букаткин Р.Н., Коссой В.А. Особенности перехода на цифровые образовательные технологии по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» // В сборнике: XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 153–159.

3. Информационно-образовательная среда кафедры / В.А. Нефедовский, Ю.А. Савицкий, М.В. Степанова [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 203–207.

4. Различные аспекты поэтапного перехода на обучение с применением информационных технологий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» в рамках педагогического эксперимента / В.А. Коссой, В.А. Нефедовский, Р.Н. Букаткин [и др.] // В сборнике: Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского. Сборник научных статей XIII Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 234–239.

5. Первые итоги перехода на обучение с применением информационных технологий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» в рамках педагогического эксперимента / В.А. Коссой, В.А. Нефедовский, Р.Н. Букаткин [и др.] // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXIV всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 97–102.

6. Нефедовский В.А., Букаткин Р.Н., Коссой В.А. Разработка и использование электронного журнала по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» // В сборнике: XIV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 181–187.

7. Коссой В.А., Нефедовский В.А., Букаткин Р.Н. Концепция модернизации электронного журнала по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» // В сборнике: XV Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – С. 416–421.

8. Коссой В.А., Нефедовский В.А., Ошивалов В.А. Использование параметризации САПР КОМПАС-3D при проведении занятий по дисциплине «Начертательная геометрия и инженерная графика» // В сборнике: Инновационные технологии в образовательном процессе. Сборник материалов XXIV всероссийской заочной научно-практической конференции. – Краснодар, 2023. – С. 102–109.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ВТОРОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOBILE LINKAGES OF THE SECOND SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH KIND

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

Сараев И.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

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

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

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

Аннотация. В статье рассмотрены особенности применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова для определения состава десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев второго подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев второго подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the second subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the second subfamily of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение

В работе [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ)первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы для определения состава десятизвенных ЗКЦ второго подсемейства первого семейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности второго подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ второго подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(2)} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ второго подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5 + 3p_4 + 2p_3) + 6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 3p_4 + 2p_3)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим

$$p_5 + p_4 + p_3 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_4 + p_3 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2.$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + 1n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_4, p_3 и n_i.

Для второго подсемейства: $p_5 \neq 0$, $p_4 \neq 0$, $p_3 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 13, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 6,\ p_4 = 6,\ p_3 = 1; \quad \text{(I)}$$

$$p_5 = 7,\ p_4 = 4,\ p_3 = 2; \quad \text{(II)}$$

$$p_5 = 8,\ p_4 = 2,\ p_3 = 3; \quad \text{(III)}$$

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 14$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 14, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет пять целочисленных решения:

$$p_5 = 3,\ p_4 = 10,\ p_3 = 1; \quad \text{(IV)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 8,\ p_3 = 2; \quad \text{(V)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 6,\ p_3 = 3; \quad \text{(VI)}$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 4,\ p_3 = 4; \quad \text{VII)}$$

$$p_5 = 7,\ p_4 = 2,\ p_3 = 5; \quad \text{(VIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 15$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 15, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) имеет шесть целочисленных решений:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 12,\ p_3 = 2; \quad \text{(IX)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 10,\ p_3 = 3; \quad \text{(X)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 8,\ p_3 = 4; \quad \text{(XI)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 6,\ p_3 = 5. \quad \text{(XII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 4\ p_3 = 6; \quad \text{(XIII)}$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 2,\ p_3 = 7; \quad \text{(XIV)}$$

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 15$.

Тогда система (6) примет вид (9) и имеет шесть решений: (IX), (X), (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 16$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 16, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет пять целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 10,\ p_3 = 5; \quad \text{(XV)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 8,\ p_3 = 6; \quad \text{(XVI)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 6,\ p_3 = 7; \quad \text{(XVII)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 4,\ p_3 = 8; \quad \text{(XVIII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_3 = 9. \quad \text{(XIX)}$$

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 16$.

Тогда система (6) примет вид (10) и имеет пять решения: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 16$.

Тогда система (6) примет вид (10) и имеет пять решения: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 4, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 17$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 17, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_3 = 8; \quad (XX)$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 6,\ p_3 = 9; \quad (XXI)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 4,\ p_3 = 10; \quad (XXII)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 2,\ p_3 = 11; \quad (XXIII)$$

Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII).

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 2, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII).

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII).

Задаваясь $n_2 = 5, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 18$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 18, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 6,\ p_3 = 11; \quad (XXIV)$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 4,\ p_3 = 12; \quad (XXV)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 2,\ p_3 = 13; \quad (XXVI)$$

Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет три решения: (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет три решения: (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 2, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет три решения: (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 6, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 19, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 4,\ p_3 = 14; \quad (XXVII)$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 2,\ p_3 = 15; \quad (XXVIII)$$

Задаваясь $n_2 = 4, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет два решения: (XXVII), (XXVIII).

Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет два решения: (XXVII), (XXVIII).
Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 2, n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет два решения: (XXVII), (XXVIII).
Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 1, n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет два решения: (XXVII), (XXVIII).
Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 0, n_4 = 2$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 19$.
Тогда система (6) примет вид (13) и имеет два решения: (XXVII), (XXVIII).
Задаваясь $n_2 = 7, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_3 = 20, \\ 4p_5 + 3p_4 + 2p_3 = 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет одно целочисленное решение:

$$p_5 = 1,\ p_4 = 2,\ p_3 = 17; \quad \text{(XXIX)}$$

Задаваясь $n_2 = 5, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 4, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 2, n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 1, n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 3, n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 0, n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).
Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 2, n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_3 = 20$.
Тогда система (6) примет вид (14) и имеет одно решение: (XXIX).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев второго подсемейства первого семейства пятого вида и могут быть использованы для создания электронного каталога структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. : НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.

2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов: учебное пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.

3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов // Машиностроение. – Новокузнецк, 2011. – № 21. – С. 4–37.

4. Grubler M. Allgemeine Eigenschaften der zwang laufigenebenen kinematischen Ketten // Civilingenieur. Leipzig. – 1883. – № 29. – P. 167–200.

5. Дворников Л.Т., Жуковский Н.С. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften der zwang laüfigenebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпциге в 1883 г. // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 355

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РУССКОЙ ШКОЛЫ

♦♦♦♦♦

THEORETICAL MECHANICS: THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN SCHOOL

Савицкий Ю.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Нефедовский В.А.
доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Шахрай Е.А.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшеевоенное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Давыдова П.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена анализу вклада русских учёных в развитие теоретической механики, подчёркивая их приоритет в ключевых областях мировой науки. Автор рассматривает исторический контекст, начиная с основания Российской академии наук в 1725 году по указу Петра I, и фокусируется на эволюции механики в России от XVIII века до XX века.Основное внимание уделено выдающимся деятелям: М.В. Ломоносову, заложившему основы материалистического мировоззрения и закону сохранения вещества; Л. Эйлеру, разработавшему аналитические методы в механике; М.В. Остроградскому, обобщившему принципы аналитической механики; П.Л. Чебышеву, основавшему школу теории механизмов; А.М. Ляпунову, внёсшему вклад в теорию устойчивости; С.В. Ковалевской, решившей задачу движения твёрдого тела вокруг неподвижной точки; И.В. Мещерскому, создавшему механику тела переменной массы; Н.Е. Жуковскому, основоположнику аэродинамики; и С.А. Чаплыгину, развившему газовую динамику.
Результаты показывают, что русские учёные не только опережали зарубежных коллег в решении сложных задач (например, в теории гироскопов, баллистике и авиации), но и способствовали интеграции теории с практикой, что привело к созданию ЦАГИ и развитию современной техники. Выводы подчёркивают богатое наследие русской науки, её роль в глобальном прогрессе и необходимость дальнейших исследований в этих областях.

Savitsky Y.A.
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Nefedovsky V.A.
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

Davidova P.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is dedicated to analyzing the contribution of Russian scientists to the development of theoretical mechanics, emphasizing their priority in key areas of world science. The author examines the historical context, starting from the founding of the Russian Academy of Sciences in 1725 by decree of Peter I, and focuses on the evolution of mechanics in Russia from the 18th century to the 20th century.The main attention is given to outstanding figures: M.V. Lomonosov, who laid the foundations of a materialistic worldview and the law of conservation of matter; L. Euler, who developed analytical methods in mechanics; M.V. Ostrogradsky, who generalized the principles of analytical mechanics; P.L. Chebyshev, who founded the school of mechanism theory; A.M. Lyapunov, who contributed to the theory of stability; S.V. Kovalevskaya, who solved the problem of the motion of a rigid body around a fixed point; I.V. Meshchersky, who created the mechanics of bodies of variable mass; N.E. Zhukovsky, the founder of aerodynamics; and S.A. Chaplygin, who developed gas dynamics.
The results show that Russian scientists not only outpaced their foreign colleagues in solving complex problems (for example, in gyroscope theory, ballistics, and aviation), but also contributed to the integration of theory with practice, which led to the creation of TsAGI and the development of modern technology. The conclusions emphasize the rich heritage of Russian science, its role in global progress, and the need for further research in these areas.

Ключевые слова: русские учёные, теоретическая механика, история науки, М.В. Ломоносов, Л. Эйлер, аналитическая механика, М.В. Остроградский, П.Л. Чебышев, А.М. Ляпунов, С.В. Ковалевская, И.В. Мещерский, Н.Е. Жуковский, С.А. Чаплыгин, аэродинамика, газовая динамика, механика тела переменной массы, теория устойчивости, приоритет русской науки, Российская академия наук.

Keywords: Theoretical mechanics, history of the Russian school of mechanics, Russian scientists, contribution to mechanics, M.V. Lomonosov, L. Euler, analytical mechanics, M.V. Ostrogradsky, P.L. Chebyshev, A.M. Lyapunov, S.V. Kovalevskaya, I.V. Meshchersky, N.E. Zhukovsky, S.A. Chaplygin, aerodynamics, gas dynamics, mechanics of bodies of variable mass, theory of stability, priority of Russian science, Russian Academy of Sciences, development of technology, world science.

Русским учёным принадлежат крупнейшие открытия и приоритет во многих областях мировой науки и, в частности,области теоретической механики.

Мы по праву можем гордиться тем богатым научным наследием, которое оставили нам наши знаменитые ученые, и теми блестящими успехами Российской науки, которые мы видим в настоящее время. Поэтому остановимся теперь хотя бы в кратких чертах на истории развитии механики у нас, в России, и на роли русских ученых в этом развитии.

В 1725 г. по указу Петра I, который придавал развитию наук в России и в особенности техническому образованию государственное значение, открывается в Петербурге Российская академия наук.

Первым русским академиком был гениальный М.В. Ломоносов (1711–1765) основатель Московского университета. В своей исключительно широкой и разносторонней научной деятельности Ломоносов занимался физикой и химией, русской историей и литературой, горным делом и металлургией, геологией и географией. Его научная деятельность имели огромное влияние на развитие всей русской науки и, в частности, на развитие механики.

По своему мировоззрению Ломоносов являлся убежденным материалистом. Он требовал исследования природы не только математическими методами, но и путем постановки точных опытов, неразрывно связывая при этом теорию с опытом. «Из наблюдений установить теорию, через теорию направлять наблюдения есть лучшие всех способ изыскания правды», пишет Ломоносов. Он считал,что все в природе находится в состоянии непрерывного измененияч то материя и ее движение не могут ни исчезнуть, ни возникнуть из ничего.

Исходя из этих взглядов, Ломоносов впервые экспериментально установил закон сохранения вещества и высказал идею о законе сохранения движения.

В одной из своих работ он говорит: «Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупляется к другому. Так, если где убудет несколько материи, то умножится в другом месте… Сей всеобщий естественный закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своей силой другое, столько же оные у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает». Ясно сознавая ту важную роль, какую играет механическое движение во всех явлениях природы, Ломоносов придавал большое значение изучению механики при исследовании физических и химических явлений; так, он пишет: «…если кто хочет глубже проникнуть в исследование химических истин, то должен необходимо изучать механику», Для Ломоносова основной целью всех его научных изысканий являются благо и польза отечеству.

Одновременно с М.В. Ломоносовым членом Петербургской академии наук в течение 35 лет состоял величайший математик и механик Леонард Эйлер (1707–1783), который был приглашен в Россию вместе с Д. Бернулли. В то время как Ньютон в своих «Началах» пользовался почти исключительно геометрическим методом, Эйлер создал аналитические методы решения задач механики.

В своей работе «Механика» (1736) он развивает, применяя аналитический метод, полную теорию свободного и несвободного движения материальной точки и впервые дает уравнения движения материальной точки в так называемой естественной форме.

Работа Эйлера «Теория движения твердых тел» (1765) относится к динамике твердого тела. Здесь он дает в общем виде дифференциальные уравнения вращательного движения твердого тела, носящие его имя. Сюда относятся его работы по астрономии, по теории морских приливов, теории движения снаряда, по гидромеханике и многие другое, в гидродинамике ему принадлежит вывод дифференциальных уравнений движения идеальной жидкости.

Для XIX в. характерно быстрое развитие техники, внедрение в промышленность паровых машин, строительство железных дорог, развитие военной промышленности; все это содействует успешному развитию механики в России и кладет отпечаток на содержание работ русских учёных.

Выдающимся русским математиком и механиком XIX в. является академик М.В. Остроградский (1801–1862) – крупнейший представитель аналитического направления в механике и родоначальник русской школы аналитиков-механиков. Его главнейшие работы относятся к аналитической механике и ее основным принципам. Так, принцип возможных перемещений Остроградский обобщил на случай так как называемых неудерживающих связей, т.е. связей, выражающихся математически неравенствами, и впервые применил этот принцип в общей теории удара.

М.В. Остроградский установил один из основных принципов механики – принцип наименьшего действия. Ряд важных исследований Остроградского относится к гидромеханике, теории упругости и баллистике. Помимо обширной и разносторонней научной деятельности, Остроградский вел также большую педагогическую работу, читая свои блестящие лекции во многих высших учебных заведениях. Он поднял преподавание механики и математики в России на высокий по тому времени уровень.

Другим выдающимся русским математиком и механиком XIX в. является акад. П.Л. Чебышев (1821–1894), работы которого оказали огромное влияние на развитие математики и механики как в России, так и за границей. Его труды по математике создали новые направления в теории функций, теории чисел и в теории вероятности. В области механики Чебышев является основоположником русской школы теории механизмов и машин, придавая огромное значение сближению теории с практикой и роли математики и теоретической механики в развитии техники. Этот взгляд на связь теории с практикой являлся для Чебышева руководящим во всей его научной деятельности. Применяя в теории механизмов новые созданные им методы математического исследования, Чебышев разработал теоретически и построил свыше 40 новых механизмов; в том числе он дал новую теорию и новые конструкции механизмов, преобразующих вращательное движение в прямолинейно-поступательное, а также механизмов с остановками, которые находят широкое применение в современнойавтоматике.

Одним из наиболее талантливых учеников П.Л. Чебышева является гениальный русский математик А. М. Ляпунов (1857–1918).

Почти все работы А.М. Ляпунова относятся к двум труднейшим задачам механики:

1) к задаче об отыскании тех форм, какие может принимать однородная жидкость, равномерно вращающаяся вокруг некоторой постоянной оси, если частицы этой жидкости притягиваютсяпо закону Ньютона;

2) к задаче об устойчивости движения механических систем.

Первая из этих задач, поставленная еще Ньютоном, имеет весьма важное значение в астрономии, так как с решением задачи об устойчивых формах вращающейся жидкости связаны вопросы о форме звезд и планет, о происхождении солнечной системы. Мысль заняться этой проблемой была дана Ляпунову его учителем П.Л. Чебышевым. Вторая задача, т.е. задача об устойчивости движения механической системы, играет первостепенную роль в современной технике, например, при расчете самолета на устойчивость вовремяполёта.

Обеими указанными задачами занимались многие крупнейшие западноевропейские ученые. Однако результаты, полученные А.М. Ляпуновым, далеко опередили работы зарубежных учёных. Идеи Ляпунова, создавшего новое направление и новые методы исследования в теории устойчивости движения, успешно разрабатываются в настоящее время многими русскими учёными.

Помимо проблемы устойчивости движения, одной из классическихзадач теоретической механики является задача о движении твёрдого тела вокруг неподвижной точки, т.е. тела, закрепленного при помощи сферического шарнира. Этой задачей занимались самые выдающиеся учёные-механики: Эйлер, Лагранж, Пуансо, Эйлер дал решение этой задачи в простейшем случае, а именно в случае движения тела вокруг неподвижной точки по инерции. Пуансо для этого же случая движения твёрдого тела вокруг неподвижной точки дал наглядную геометрическую картину этого движения. Лагранж решил эту задачу в том случае, когда твердое тело имеет ось динамической симметрии, проходящую через неподвижную точку. Задача о движении твердого тела вокруг неподвижной точки имеет первостепенное значение для теории гироскопов, которая находит широкое применение в различных областях современной техники. После Эйлера и Лагранжа многие ученые безуспешно пытались найти новые случаи решения этой задачи. В 1888 г. Парижская академия наук объявила конкурс на лучшее теоретическое исследование движения твердого тела вокруг неподвижной точки. Премию в этом конкурсе получила первая русская женщина-математик Софья Васильевна Ковалевская (1860–1891). В своей работе «Задача о движении твёрдого тела вокруг неподвижной точки» она дала полное решение этой задачи в новом случае, значительно более сложном по сравнению со случаями Эйлера и Лагранжа. Эта работа доставила С.В. Ковалевской мировую известность и, по выражению Н.Е. Жуковского, «немало способствовала прославлению русского имени».

После Ковалевской задачей о движении твердого тела вокруг неподвижной точки занимались многие русские учёные: Н.Е. Жуковский, Д.Н. Горячев, С.А. Чаплыгин, В.А. Стеклов и др., которые получили в своих исследованиях много новых и интересных результатов.

В настоящее время в работах русскихучёных эта область динамики твердого тела разрабатывается в направлении развития теории гироскопов и ее технических применений.

В конце XIX в. в России получил свое начало новый раздел теоретической механики – механика тела переменной массы. Профессор Ленинградского университета и Ленинградского политехнического института, автор известного сборника задач по теоретической механике И.В. Мещерский (1869–1935) всвоей диссертации «Динамика точки переменной массы» (1897) впервые поставил в общем виде задачу о движении материальной точки, масса которой изменяется с течением времени, и вывел основное дифференциальное уравнение движения такой точки. Кроме того, в этой работе он рассмотрел решение ряда частных задач о движении тела переменной массы.

Уравнение движения материальной точки переменной массы было вновь получено значительно позже (в 1928 г.) итальянским учёным Леви-Чивита, причём уравнение Леви-Чивита является только частным случаем уравнения Мещерского.

Таким образом, приоритет в этой важной новой области теоретической механики принадлежит русской науке.

Работы И.В. Мещерского по механике тел переменной массы, нашли широкое применениев технике много лет спустя после их опубликования. В настоящее время механика тела переменной массы является основой теории реактивных двигателей и динамики ракет.

Русской науке принадлежит приоритет в развитии еще и другой важнейшей области теоретической механики -- аэродинамики, которая служит теоретической базой современной авиации. Основоположником которой стал великий русский учёный Николай Егорович Жуковский (1847–1921), профессор Московского университета и Московского высшего технического училища. Он является основоположником современной теоретической и экспериментальной аэродинамики. Ему принадлежит огромное число работ, имеющих первостепенное значение во всех областях теоретической механики и главным образом в области аэродинамики и гидромеханики. Из его работ по, гидромеханике наиболее крупными являютсяследующие:

1. «Кинематика жидкого тела» (1876).

Эта работа посвящена изучению распределения скоростей и ускорений в движущейся жидкости.

2. «О твёрдого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью» (1885). За эту работу, имеющую весьма важное значение не только в теоретической механике, но и в астрономии, Н.Е. Жуковский получил от Московского университета премию имени проф. Брашмана (основателя Московского математического общества).

3. «Видоизменение метода Кирхгофа» (1890). В этой работе Н.Е. Жуковский дал новый метод исследования струйного течения капельной жидкости и применил этот метод к решению многих новых задач.

Весьма важное практическое значение имела работа Н.Е. Жуковского «О гидравлическом ударе», которая была написана им в результате экспериментальных исследований гидравлического удара в трубах московского водопровода.

Но все же наиболее, важные егооткрытия относятся к области аэродинамики. Его глубокие идеи в этой области являются до сих пор руководящими. Знаменитаятеорема Жуковского о подъемной силе служит основой современной теории крыла самолёта.

Н.Е. Жуковский является. также автором вихревой теории гребного винта, на основании которой проектируются и строятся пропеллеры большей части современных самолётов.

Работы Жуковского дали возможность при конструировании новых типов самолетов применять строгий математический расчет. Н.Е. Жуковский был не только крупнейшим теоретиком, но и создателем экспериментальной аэродинамики. Он является основателем крупнейшего научно-исследовательского института ЦАГИ (Центральный аэрогидродинамический институт).

Жуковский создал многочисленную и блестящую школу русских гидро- и аэромехаников. Одним из крупнейших представителей этой школы является Сергей Алексеевич Чаплыгин (1869–1942).

Главные работы Чаплыгина относятся к динамике твёрдого тела и к гидро- и аэродинамике. По динамике твердого тела им написан ряд работ, относящихся к задаче о катании твердого тела по Шероховатой плоскости, а также к задаче о движении твёрдого, тела вокруг неподвижной точки, которой, как указывалось выше, занимались послеКовалевской многие русские учёные.

Первой работой С.А. Чаплыгина по гидродинамике является его исследование «О движении твёрдого тела в жидкости» (1893). Эта работа получила высокую оценку Н.Е. Жуковского, который особенно отметил найденную Чаплыгиным наглядную геометрическую интерпретацию движения твёрдого тела в жидкости.

Целый ряд важнейших работ Чаплыгина относится к теориисамолёта («О давлении плоскопараллельного потока на преграждающие тела», «К общей теории крыла монопланa», «Теория решетчатого крыла», «О влиянии плоскопараллельного потока воздуха на движущееся в нем цилиндрическое крыло» и др.).

В этих работах С.А. Чаплыгин даёт общие формулы для определения сил давления воздуха на крыло самолета, применяя эти общие формулы к определению подъемной силы различного вида крыльев; устанавливает основы теории составного крыла самолёта, выясняя при этом преимущества таких составных крыльев; исследует вопрос об устойчивости самолета. В последней из указанных работ, опубликованной в 1926 г., С.А. Чаплыгин впервые создаёт общий метод для нахождения сил давления воздуха на крыло самолёта при каком угодно его движении.

Необходимо особо отметить работу С.А. Чаплыгина «О газовых струях» (1903), в которой он дал метод решения задач, относящихся к струйному течению газа. В этой работе учитывается влияние сжимаемости газа на силу его давления на обтекаемое тело, а потому эта работа, получившая достойную оценку и всеобщее признание только через 30 лет после ее опубликования, имеет выдающееся значение для современной скоростной авиации, так как при тех больших скоростях, которых достигают современные самолёты, необходимо учитывать сжимаемость воздуха. Таким образом, С.А. Чаплыгин является основоположником новой науки – газовой динамики или аэродинамики больших скоростей.

Вместе со своим учителем Н.Е. Жуковским С.А. Чаплыгин сыграл выдающуюся роль в развитии русской авиации не только своими теоретическими исследованиями, но и своей организаторской и руководящей работой в ЦАГИ.

Идеи Жуковского и Чаплыгина, оказавшие огромное влияниена развитие гидро- и аэромеханики не только в России, но и во всем мире, успешно разрабатываются и в настоящее время в трудах многих российскихучёных.

Мы здесь упомянули только о некоторых наиболее выдаю представителях русской науки в области механики, научные труды которых признаны во всём мире и являются теперь классическими.

Список литературы:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика (Курс теоретической физики, Том 1). – М. : Наука, 1976.
2. Тарг С.М. Курс теоретической механики. – М. : Наука, 1975.
3. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. – М. : Наука, 1962.
4. Новожилов В.В. Основы теоретической механики. – М. : Наука, 1987.
5. Никифоров А.В., Суслова Ю.П. Теоретическая механика: динамика, статика, кинематика. – М. : Лань, 2004.
6. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. – Нью-Йорк : Интерсайенс, 1963.
7. Голдстейн Г. Классическая механика. – 2-е изд. – Ридинг, Массачусетс : Аддисон-Уесли, 1980.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПЯТОГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOBILE LINKAGES OF THE FIFTH SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH KIND

Вовкотруб В.В.
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 десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев пятого подсемейства первого семейства пятого вида. Найден полный состав решений, описывающий организацию замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев пятого подсемейства первого семейства при сложности базисного звена цепи равной пяти, подвижности цепи равной шести и общем числе звеньев цепи равном десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

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

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the fifth subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the fifth subfamily of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

Введение

В работе автора [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства для определения состава десятизвенных ЗКЦ пятого подсемейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности пятого подсе-

мейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ пятого подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(2)} = 5n_ц - 4p_5 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ пятого подсемейства первого семейства пятого вида для заданных значений $n_ц$.

Из третьего уравнения системы (2) выразим $n_ц$:

$$n_ц = \frac{(4p_5+2p_3+p_2)+6}{5}. \quad (3)$$

Работоспособные структуры десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 2p_3 + p_2)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим

$$p_5 + p_3 + p_2 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_3 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

Решение системы (6) сводится к отысканию параметров p_5, p_3, p_2 и n_i.

Для пятого подсемейства: $p_5 \neq 0$, $p_3 \neq 0$, $p_2 \neq 0$.

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 8$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 13, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) имеет единственное целочисленное решение:

$$p_5 = 10,\ p_3 = 1,\ p_2 = 2; \quad (I)$$

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 14$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 14, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет единственное целочисленное решение:

$$p_5 = 9,\ p_3 = 3,\ p_2 = 2; \quad (II)$$

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 15$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 15, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 9,\ p_3 = 2,\ p_2 = 4; \quad \text{(III)}$$

$$p_5 = 8,\ p_3 = 5,\ p_2 = 2; \quad \text{(IV)}$$

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 15$.
Тогда система (6) примет вид (9) и имеет два решения: (III) и (IV).
Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 16, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 9,\ p_3 = 1,\ p_2 = 6; \quad \text{(V)}$$

$$p_5 = 8,\ p_3 = 4,\ p_2 = 4; \quad \text{(VI)}$$

$$p_5 = 7,\ p_3 = 7,\ p_2 = 2; \quad \text{(VII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид (10) и имеет три решения: (V),(VI),(VII).
Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 16$.
Тогда система (6) примет вид (10) и имеет три решения: (V),(VI),(VII).
Задаваясь $n_2 = 4, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 17, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 8,\ p_3 = 3,\ p_2 = 6; \quad \text{(VIII)}$$

$$p_5 = 7,\ p_3 = 6,\ p_2 = 4; \quad \text{(IX)}$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 9,\ p_2 = 2; \quad \text{(X)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (VIII), (IX), (X).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (VIII), (IX), (X).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 17$.
Тогда система (6) примет вид (11) и имеет три решения: (VIII), (IX), (X).
Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 18$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 18, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 8,\ p_3 = 2,\ p_2 = 8; \quad \text{(XI)}$$

$$p_5 = 7,\ p_3 = 5,\ p_2 = 6; \quad \text{(XII)}$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 8,\ p_2 = 4; \quad \text{(XIII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 11,\ p_2 = 2; \quad \text{(XIV)}$$

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 6$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 19, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) имеет пять целочисленных решений:

$$p_5 = 8,\ p_3 = 1,\ p_2 = 10; \quad (XV)$$

$$p_5 = 7,\ p_3 = 4,\ p_2 = 8; \quad (XVI)$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 7,\ p_2 = 6; \quad (XVII)$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 10,\ p_2 = 4; \quad (XVIII)$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 13,\ p_2 = 2; \quad (XIX)$$

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет пять решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет пять решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет пять решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 1$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет пять решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет пять решений: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII), (XIX).

Задаваясь $n_2 = 7$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 20, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет пять целочисленных решений:

$$p_5 = 7,\ p_3 = 3,\ p_2 = 10; \quad (XX)$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 6,\ p_2 = 8; \quad (XXI)$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 9,\ p_2 = 6; \quad (XXII)$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 12,\ p_2 = 4; \quad (XXIII)$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 15,\ p_2 = 2; \quad (XXIV)$$

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 20.$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет пять решений: (XX), (XXI), (XXII), (XXIII), (XXIV).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21.$

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 21, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (15)$$

Система (15) имеетшестьцелочисленных решений:

$$p_5 = 7,\ p_3 = 2,\ p_2 = 12; \quad (XXV)$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 5,\ p_2 = 10; \quad (XXVI)$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 8,\ p_2 = 8; \quad (XXVII)$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 11,\ p_2 = 6; \quad (XXVIII)$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 14,\ p_2 = 4; \quad (XXIX)$$

$$p_5 = 2,\ p_3 = 17,\ p_2 = 2; \quad (XXX)$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21.$

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21.$

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21.$

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21.$

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI),(XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет шесть решений: (XXV), (XXVI), (XXVII), (XXVIII), (XXIX), (XXX).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 22, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (16)$$

Система (16) имеет семь целочисленных решений:

$$p_5 = 7,\ p_3 = 1,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXI)}$$

$$p_5 = 6,\ p_3 = 4,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 7,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXIII)}$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 10,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXIV)}$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 13,\ p_2 = 6; \quad \text{(XXXV)}$$

$$p_5 = 2,\ p_3 = 16,\ p_2 = 4; \quad \text{(XXXVI)}$$

$$p_5 = 1,\ p_3 = 19,\ p_2 = 2; \quad \text{(XXXVII)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII),(XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет семь решений: (XXXI), (XXXII), (XXXIII), (XXXIV), (XXXV), (XXXVI), (XXXVII).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 23, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет шесть целочисленных решений:

$$p_5 = 6,\ p_3 = 3,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXVIII)}$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 6,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXIX)}$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 9,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXX)}$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 12,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXXI)}$$

$$p_5 = 2,\ p_3 = 15,\ p_2 = 6; \quad \text{(XXXXII)}$$

$$p_5 = 1,\ p_3 = 18,\ p_2 = 4; \quad \text{(XXXXIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 5,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 23$.

Тогда система (6) примет вид (17) и имеет шесть решений: (XXXVIII), (XXXIX), (XXXX), (XXXXI), (XXXXII), (XXXXIII).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 5,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 24, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет шесть целочисленных решений:

$$p_5 = 6,\ p_3 = 2,\ p_2 = 16; \quad \text{(XXXXIV)}$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 5,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXXV)}$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 8,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXXVI)}$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 11,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXXVII)}$$

$$p_5 = 2,\ p_3 = 14,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXXVIII)}$$

$$p_5 = 1,\ p_3 = 17,\ p_2 = 6; \quad \text{(XXXXIX)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI), (XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет шесть решений: (XXXXIV), (XXXXV), (XXXXVI),(XXXXVII), (XXXXVIII), (XXXXIX).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_3 + p_2 = 25, \\ 4p_5 + 2p_3 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет шесть целочисленных решений:

$$p_5 = 6,\ p_3 = 1,\ p_2 = 18; \quad \text{(XXXXX)}$$

$$p_5 = 5,\ p_3 = 4,\ p_2 = 16; \quad \text{(XXXXXI)}$$

$$p_5 = 4,\ p_3 = 7,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXXXII)}$$

$$p_5 = 3,\ p_3 = 10,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXXXIII)}$$

$$p_5 = 2,\ p_3 = 13,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXXXIV)}$$

$$p_5 = 1,\ p_3 = 16,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXXXXV)}$$

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 4$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 2$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 5$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 0$, $n_4 = 3$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 3$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 1$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 4$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 3$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 6$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_3 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет шесть решений: (XXXXX), (XXXXXI), (XXXXXII), (XXXXXIII), (XXXXXIV), (XXXXXV).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев пятого подсемейства первого семейства пятого вида и могут быть использованы для создания электронного каталога структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб.: НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.

2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов: учебное пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.

3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов // Машиностроение, – Новокузнецк, 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., Жуковский Н.С. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften derzwanglaüfigenebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпцигев 1883 г. // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 004.43

ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ ЯЗЫКА PYTHON
♦♦♦♦♦
PROBLEMS OF LEARNING PYTHON

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Илюшенко Н.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена проблемам и решениям задач, с которыми сталкиваются студенты в процессе обучения языку программирования Python. С развитием компьютерных технологий существует недостаток квалифицированных специалистов. Язык программирования Python является востребованным в различных сегментах ИТ-отрасли. В статье анализируются ситуации использования информационных технологий в образовании, и предлагаются пути решения этих проблем.

Ключевые слова: нейронные сети, библиотека, разработка, информатика, программирование, алгоритм, информационная культура, образовательный процесс, язык программирования, Python.

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Ilyushenko N.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is devoted to the problems and solutions to problems that students encounter in the process of learning the Python programming language. With the development of computer technology, there is a shortage of qualified specialists.The Python programming language is in demand in various segments of the IT industry. The article analyzes situations of using information technology in education andsuggests ways to solve these problems.

Keywords: neural networks, library, development, computer science, programming, algorithm, information culture, educational process, programming language, Python.

Появление компьютеров актуализировало проблему программирования так же, как и книгопечатание актуализировало проблему грамотности [1, с. 22]. Программирование на языке Python является одним из важных навыков в современном мире, особенно в области искусственного интеллекта. Python широко используется для разработки веб-приложений, анализа данных, научных исследований, искусственного-интеллекта и многих других областей. Обучение программированию на Python для студентов стало неотъемлемой частью современного образования, однако оно также сталкивается с рядом проблем. В статье приведены основные проблемы и возможные решения при обучении студентов программированию на Python.

Рассмотрим проблемы, которые возникают у студентов при изучении языка программирования Python.

Проблема 1. Сложность изучения синтаксиса Python. Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются студенты при изучении программирования на Python, является сложность его синтаксиса. Для многих студентов, особенно для тех, кто только начинает свой путь в программировании, синтаксис языка Python может показаться непонятным и запутанным.

Корректное использование отступов, двоеточий, скобок и других элементов синтаксиса может вызвать трудности у студентов, особенно у тех, кто не имеет опыта в программировании на других языках.

Решение. Постепенное введение в синтаксис Python. Один из возможных подходов к решению этой проблемы – постепенное введение студентовв синтаксис Python.

Начинать обучение следует с простых концепций, таких как переменные, операторы, условные операторы и циклы, и постепенно переходить к более сложным темам, таким как функции, классы и модули. Важно также акцентировать внимание на правилах отступов, объяснять их значимость и практиковать их использование на практических занятиях. Дополнительно, можно предложить студентам различные упражнения и задачи, которые помогут им закрепить синтаксис Python на практике.

Проблема 2. Отсутствие мотивации. Проблема, с которой сталкиваются студенты при обучении программированию на Python, является отсутствие мотивации. Для многих студентов Python может показаться сложным или неинтересным языком, и они могут быстро потерять интерес к изучению. Отсутствие мотивации может привести к нежеланию учиться, отсутствию творческого подхода к решению задач и, в конечном счете, к снижению успехов в обучении программированию на Python.

Решение. Практическая направленность и создание интересных проектов. Способ решения этой проблемы – необходимо уделять особое внимание практической направленности обучения. Студенты быстрее осваивают материал, когда видят его применение на практике и понимают, как они могут использовать полученные знания в реальной жизни. Поэтому, вместо того, чтобы фокусироваться только на теоретических аспектах программирования на Python, стоит акцентировать внимание на создании интересных проектов, которые могут мотивировать студентов.

Проекты могут быть разнообразными – от создания простых программ и игр до более сложных проектов, таких как веб-приложения, робототехника, анализ данных и т.д. Важно, чтобы студенты видели цель и результат своей работы, что будет стимулировать их интерес и мотивацию [4, с. 27]. Также можно предлагать студентам работу над реальными проектами из реального мира, что даст им возможность видеть применение программирования в реальной практике и повысит их мотивацию.

Проблема 3. Недостаток практического опыта и навыков. Еще одной проблемой, с которой сталкиваются студенты при обучении программированию на Python, является недостаток практического опыта и навыков. Теоретические знания могут быть важны, но практические навыки разрабатываются только путем регулярной практики и применения знаний на практике. Отсутствие практического опыта может препятствовать студентам в освоении программирования на Python и ограничивать их возможности для самостоятельной разработки программ и проектов.

Решение. Практика, практика и еще раз практика. Наиболее эффективным решением этой проблемы является увеличение количества практики в обучении программированию на языке Python. Вместо того чтобы ограничиваться только лекциями и теоретическими материалами, стоит активно проводить практические занятия, лабораторные работы, проектные задания, где студенты могут непосредственно применять свои знания на практике.

Сегодня в IT-компаниях требуются квалифицированные и опытные специалисты, а молодежь без опыта неохотно берут и только практика вучебных заведениях может способствовать трудоустройству выпускников университетов [5, с. 189]. Преподаватели могут предлагать реальные проблемы, которые требуют решения с использованием языка Python, и организовывать практические занятия, включающие работу с кодом, отладку, тестирование и оптимизацию. Также стоит стимулировать студентов к самостоятельной разработке проектов, чтобы они могли применять свои знания на практике и развивать свои навыки программирования.

Дополнительным решением может быть использование онлайн-ресурсов и платформ, предлагающих интерактивные задачи, практические упражнения и проекты, где студенты могут практиковаться в программировании на Python в своем темпе и в реальных условиях. Такие ресурсы могут предложить разнообразные уровни сложности задач, что позволит студентам выбрать задания, соответствующие их уровню подготовки, и постепенно улучшать свои навыки.

Проблема 4. Недостаток понятных и доступных материалов. У данной проблемы, с которой сталкиваются студенты, является недостаток понятных и доступных материалов для изучения программирования на Python. Множество учебников, книг и онлайн-ресурсов могут быть запутанными, сложными для понимания или устаревшими, что может затруднять процесс обучения, особенно для начинающих студентов.

Решение. Современные и доступные образовательные ресурсы. Решением этой проблемы является использование современных и доступных образовательных ресурсов для изучения программирования на Python. Существует множество онлайн-платформ, курсов, видео-уроков и учебников, которые предлагают понятные и структурированные материалы, разработанные специально для обучения программированию на Python.

Преподаватели могут подобрать качественные учебные материалы, которые легко доступны студентам и предлагают пошаговое объяснение основных концепций и принципов программирования на Python. Онлайн-платформы также могут предлагать интерактивные задачи, которые позволяют студентам непосредственно применять свои знания на практике и закреплять их.

Также решением может быть использование OpenSource проектов на Python, которые предоставляют открытый доступ к исходному коду и документации. Это позволяет студентам изучать реальные проекты, разбираться в их структуре и логике работы, а также вносить свои изменения и вести собственные проекты на основе существующего кода.

Проблема 5. Отсутствие понимания основных концепций программирования. Проблема, с которой студенты могут столкнуться при изучении программирования на Python, является недостаточное понимание основных концепций программирования, таких как алгоритмы, структуры данных, операторы, циклы, функции и т.д. Это может затруднить их способность эффективно писать код на Python и решать сложные задачи.

Решение. Фундаментальные принципы и практические примеры. Для решения этой проблемы, важно уделять должное внимание фундаментальным принципам программирования при обучении Python. Преподаватели могут объяснять основные концепции программирования и давать практические примеры и задачи, которые позволяют студентам применять эти знания на практике. Так же не стоит забывать про методы наглядности, когда результаты усвоения материала резко улучшаются (но это только сначала улучшаются, достигают некоторого максимума, а затем начинают убывать,так что преподавателю стоит дозировать данный принцип) [6, с. 97].

Также важно обучать студентов методам решения проблем и анализу задач, чтобы они могли самостоятельно разрабатывать алгоритмы и структуры данных на Python. Преподаватели могут использовать методы активного обучения, такие как групповые проекты, обратная связь и практические занятия, чтобы стимулировать у студентов аналитическое мышлениеи развивать их навыки решения проблем.

Проблема 6. Проблема поиска оптимального количества времени для программирования для студентов. Программирование требует времени и усилий, чтобы освоить его навыки. Однако многие студенты сталкиваются с проблемой недостатка времени из-за многочисленных учебных заданий, лекций, работы и других внешних обязательств. Это может приводить к снижению эффективности обучения программированию и ограничивать возможности студента для достижения успеха в этой области. Неправильное планирование времени также может вызвать проблемы, такие как прокрастинация, усталость и низкая мотивация, что в свою очередь может затруднить процесс обучения и повлиять на качество выполнения программных задач.

Решение. Одним из возможных решений этой проблемы является осознанное и эффективное планирование времени для программирования. Рекомендации, которые могут помочь студентам найти оптимальное количество времени для программирования:

1. Оценка своих обязательств. Студентам следует оценить свои текущие обязательства и регулярно пересматривать свое расписание. Уделите внимание учебным заданиям, лекциям и другим активностям, чтобы определить, сколько времени вы можете уделять программированию. Необходимо помнить, что баланс между учебными и другими обязательствами является ключевым фактором в определении оптимального количества времени для программирования.

2. Создание плана. Создание плана на неделю или месяц – это важный шаг для эффективного планирования времени для программирования. Определить конкретные дни и часы, которые требуется выделять для программирования, и придержи-

вайтесь этого плана. Установить конкретныецели и задачи, которые вы хотите достичь в течение этого времени, чтобы оставаться мотивированными и организованными.

3. Быть гибкими. Необходимо учесть, что ваше расписание может изменяться из-за внешних обстоятельств, таких как экзамены, проекты или другие неожиданные события. Будьте готовы адаптироваться и вносить изменения в свое расписание, чтобы оставаться гибкими и эффективными в использовании времени для программирования.

4. Избегайте многозадачности. Многозадачность может снижать вашу производительность и качество работы. Постарайтесь избегать одновременного выполнения нескольких задач, особенно во время программирования. Сосредоточьтесь на одной задаче в заданное время, чтобы дать свое лучшее представление и достичь лучших результатов.

5. Отдыхайте и заботьтесь о своем здоровье. Здоровье и отдых также важны для эффективного программирования. Уделите время для отдыха, физической активности и сна, чтобы поддерживать свою энергию иконцентрацию на оптимальном уровне. Заботьтесь о своем физическом и психическом здоровье, чтобы быть более продуктивным и успешным в своем обучении программированию.

Определение оптимального количества времени для программирования является важным аспектом успешного обучения и освоения навыков программирования.

Проблема 7. Эмоциональное выгорание. Одной из основных причин эмоционального выгорания в процессе обучения программированию на Python является сложность самого предмета. Программирование требует абстрактного мышления, логического анализа, решения сложных задач и постоянного обучения новым понятиям и технологиям. Для многих студентов это может стать настоящим вызовом, особенно если у них отсутствует опыт в программировании или они не имеют технического образования. В результате студенты могут чувствовать себя некомпетентными, что приводит к снижению самооценки и мотивации [8, с. 188].

Решение. Создание поддерживающей и вдохновляющей обучающей среды. Преподаватели могут использовать разнообразные методы, такие как мотивационные речи, похвалы, поддержка и конструктивная обратная связь, чтобы поддерживать студентов в процессе обучения. Также важно создать позитивную атмосферу сотрудничества и содействовать формированию сообщества студентов, где они могут поддерживать друг друга и обмениваться опытом.

Другим решением проблемы эмоционального выгорания является структурирование обучения и разбиение сложных задач на более мелкие и выполнимые этапы. Преподаватели могут предоставлять студентам ясные и подробные инструкции, предлагать возможность практического применения изучаемых концепций на практике через задачи и проекты. Это позволит студентам постепенно осваивать материал, чувствовать прогресс и увереннее справляться с более сложными заданиями.

Также важно внимательно следить за нагрузкой студентов и предотвращать их перегрузку. Программирование может быть интенсивным процессом, требующим длительных периодов концентрации и усилий. Перегрузка работой или избыточное количество домашних заданий могут вызвать у студентов стресс и эмоциональное истощение. Поэтому важно балансировать объем материала и задач, давать студентам возможность отдыхать и восстанавливаться, а также осознавать их индивидуальные возможности и потребности.

Таким образом, при обучении программированию на языке Python можно столкнуться с различными проблемами, но для каждой проблемы существуют решения, которые могут помочь преодолеть эти трудности. Важно учитывать особенности каждого студента, такие как их уровень подготовки, предпочтения в обучении и индивидуальные особенности, и предоставлять разнообразные методы обучения, практические задания, поддержку и доступ к ресурсам. Создание поддерживающей обучающей среды, где студенты могут обмениваться опытом и получать поддержку от преподавателей и коллег, также может значительно способствовать успешному изучению программирования на Python.

Список литературы:

1. Васильев Д.А. Тенденции к обучению программированию на языке Python в высших учебных заведениях // Актуальные исследования в области математики, информатики, физики и методики их изучения в современном образовательном пространстве. – Курск : КГУ, 2023. – С. 20–23.

2. Голубкина М.В. Программирование на языке Python в высшем учебном заведении / М.В. Голубкина, Н.В. Илюшенко // Инновационные технологии в образовательном процессе : Сборник материалов XXV Всероссийской заочной научно-практической конференции, Краснодар, 01–02 июня 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2024. – С. 32–35.

3. Дейкун Д.Г. Возможности использования языка Python для подготовки к олимпиадам по программированию / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин, Р.С. Курбонов // Инновационные технологии в образовательном процессе : Сборник материалов XXV Всероссийской заочной научно-практической конференции, Краснодар, 01–02 июня 2024 года. – Краснодар : Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков им. А.К. Серова, 2024. – С. 36–41.

4. Зуфарова А.С. Методика обучения программированию учащихся: проблемы и решения // Управление образованием: теория и практика. – 2024. – № 4. – С. 25–31.

5. Полякова Т.А. Лабораторные работы как средство мотивации и активизации учебной деятельности учащихся // Омский научный вестник. – 2025. – № 4. – С. 188–190.

6. Сузи Р.А. Язык программирования Python. – М. : Бином, 2024. – 206 с.

7. 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. : Общество с ограниченной ответственностью «1С-Паблишинг», 2022. – С. 333–336.

8. Фокин Р.Р. Основные проблемы изучения программирования в современной высшей школе // Современные наукоемкие технологии. – 2023. – № 10. – С. 186–190.

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 : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 178–182.

УДК 330.47

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА MD5 ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМЫ

♦♦♦♦♦

USING THE MD5 ALGORITHM TO CONTROL THE INTEGRITY OF THE FILE SYSTEM

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Давыдов Я.Д.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
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

Davidov Ya.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена возможность применения технических средств защиты информации. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача – способы контроля целостности файловой системы. На основе проведенного анализа авторами исследован алгоритм MD5 для защиты и сохранения информации в первозданном виде.

Ключевые слова: защита данных, информационные ресурсы, передача данных, целостность информации, угрозы нарушения целостности, компьютерные сети, доступность информации, информационная система, хеш-код.

Abstract. This article discusses the possibility of using technical means to protect information. The main unsolved problem has been identified and justified – ways to control the integrity of the file system. Based on the analysis, the authors investigated the MD5 algorithm for protecting and preserving information in its original form.

Keywords: data protection, information resources, data transfer, information integrity, threats of integrity violations, computer networks, information availability, information system, hash code.

Проблема защиты данных с каждым годом становится все более актуальной в связи с увеличением объемов хранимой информации.

Атаки, осуществляемы на информационные ресурсы предприятия можно классифицировать следующим образом:

Угрозы нарушения конфиденциальности направлены на получение (хищение) конфиденциальной информации. Реализуя данные угрозы, злоумышленники получают несанкционированный доступ к информации, хранящейся в информационной системе или передаваемой по каналам (сетям) связи,что является нарушением её конфиденциальности.

Угрозы нарушения целостности информации, хранящейся в информационной системе или передаваемой посредствомсети передачи данных, направлены на изменение или искажение данных, приводящее к нарушению качества или полному уничтожению информации. Целостность данных может быть нарушена намеренно злоумышленником или же в результате объективных воздействий со стороны среды, окружающей систему (помехи). Данная угроза особенно актуальна для систем передачи информации – компьютерных сетей и систем телекоммуникаций. Умышленные нарушения целостности информации не следует путать с ее санкционированным изменением, которое выполняется авторизованными пользователями с обоснованной целью.

Угрозы нарушения доступности системы (отказ в обслуживании) направлены на создание таких ситуаций, когда определённые действия либо снижают работоспособность информационной системы, либо блокируют доступ к некоторым её ресурсам.

В данной статье рассмотрим варианты противодействия атакам, направленным на искажение целостности информации. Так как данный тип атак бывает, как умышленным, так и не преднамеренным, то наиболее эффективным методом противодействия является непрерывный контроль и слежение за производимыми изменениями информации. Администраторы информационной системы или служба безопасности являются заинтересованными в централизованном сборе информации и её последующем анализе.

На данный момент идеология современной многозадачной операционной системы (ОС) является завершенной концепцией. Анализируя ядра самых распространенных ОС, таких как ядра ОС WindowsNT / 2000 / XP, Linux и UNIX систем, можно утверждать, что, несмотря па некоторые внешние отличия, все они используют одинаковые парадигмы.

В мире ОС имеется две категории сущностей: субъекты – изолированные процессы, запущенные от имени пользователя и объекты – файлы, принадлежащие структурированной файловой системе (ФС) и обладающие рядом атрибутов. Эта схема не меняется уже десятки лет, что учитывая изменчивый мир информационных технологий позволяет сделать вывод о сформированной концепции ОС. Файловая система – это некая база данных особого рода. Исторически, в идеологии файловой системы заложен минимум требований к ресурсам при приемлемом удобстве доступа. В то же время с ростом мощности компьютерных систем становятся очевидными недостатки такой модели: и в смысле удобства работы пользователя, и в смысле вопросов защиты информации. В качестве доказательства можно отметить тот факт, что, несмотря на незыблемость технических идей при реализации файловой системы, имеется тенденция сближения концепций БД и файловой системы.

Файловая система является хранилищем информации, поэтому одним из базовых и актуальных вопросов является задача поддержания целостности информации. Действительно, нарушение целостности данных это фактически несанкционированная (или аварийная) модификация данных, причиной которой может быть целый класс угроз: умышленные и случайные деструктивные воздействия, ошибки администрировании и т.д.

В настоящее время существует множество решений для задачи поддержания целостности данных в файловой системе: от расширенного протоколирования до ведения баз данных контрольных кодов, однако все они обладают рядом недостатков.

В качестве примера рассмотрим существующие программные средства для контроля целостности системы. Наиболее известными являются следующие программы: fsck и CHKDSK для операционных систем Linux и Windows соответственно.

Fsck и CHKDSK проверяют только физическую целостность файловой системы, не умеют создавать «снимки системы», и отслеживать изменения в данных. Как правило применяются для восстановления файловой системы в результате некорректного выключения операционной системы.

Таким образом является актуальным создание программы, контролирующей не только целостность файловой системы, но и умеющей создавать контрольные снимки, и отображать изменения, произошедшие в системе после начала наблюдения за ней. Используя такое программное обеспечение даёт возможность контролировать и противостоять как атаке, направленной на уничтожение данных, так и атаке, направленной на их искажение.

Рассмотрим разработанную модель программного комплекса контроля целостности файловой системы, с помощью которого возможно решение описанных проблем.

При разработке системы предполагается, что производится резервное копирование контролируемых систем, и необходимо контролировать только изменения, происходящие в объектах, и не допустить нарушения целостности.

Краткое описание основных элементов разработанной модели программного комплекса:

Агент – внешний наблюдатель, заинтересованный в получении уведомлений о изменениях в целостности данных, происходящих в контролируемых объектах.

ППАО (промежуточное программно-аппаратное обеспечение) – программно-аппаратный модуль, располагающийся в каждой подсети, осуществляющий основную

часть работы: поддержание связи с сервером и наблюдаемыми объектами, создание и исполнение расписания для проверки целостности данных.

Сервис – программный модуль, установленный на контролируемом объекте, вычисляющий хеш-значения от запрошенных монитором объектов.

Сервер – программный модуль, обеспечивающий доступ к базе данных для ППАО, осуществляющий отправку уведомлений агентам о произошедших событиях.

Для контроля целостности используются вычисленные хеш-коды наиболее значимых объектов файловой системы. Таким образом существенно сокращается объём информации, подлежащий хранению.

Наиболее эффективным на сегодня с точки зрения программной реализации и условий применения оказывается хеш-функции, построенные «с нуля». В качестве хеш-функции для вычисления хеш-кода используется алгоритм MD5. Алгоритм выбран по следующим причинам: высокая скорость работы; достаточно большой набор библиотек для использования в различных языках программирования, позволяющий увеличить скорость разработки программного обеспечения.

Во время добавления нового контролируемого устройства программное обеспечение создает список файлов, каталогов и системных разделов диска, являющихся критически важными, а так же вычисляет степень важности файлов на основании разработанных правил, и, вычисляет хеш-коды наблюдаемых объектов. В зависимости от изменения хеш-суммы и другой служебной информации, такой, как размер и время последнего редактирования, можно судить о целостности системы и наличии изменений. Список наблюдаемых объектов и хеш-значения хранятся в базе данных. Структура базы данных отображена на рисунке 1.

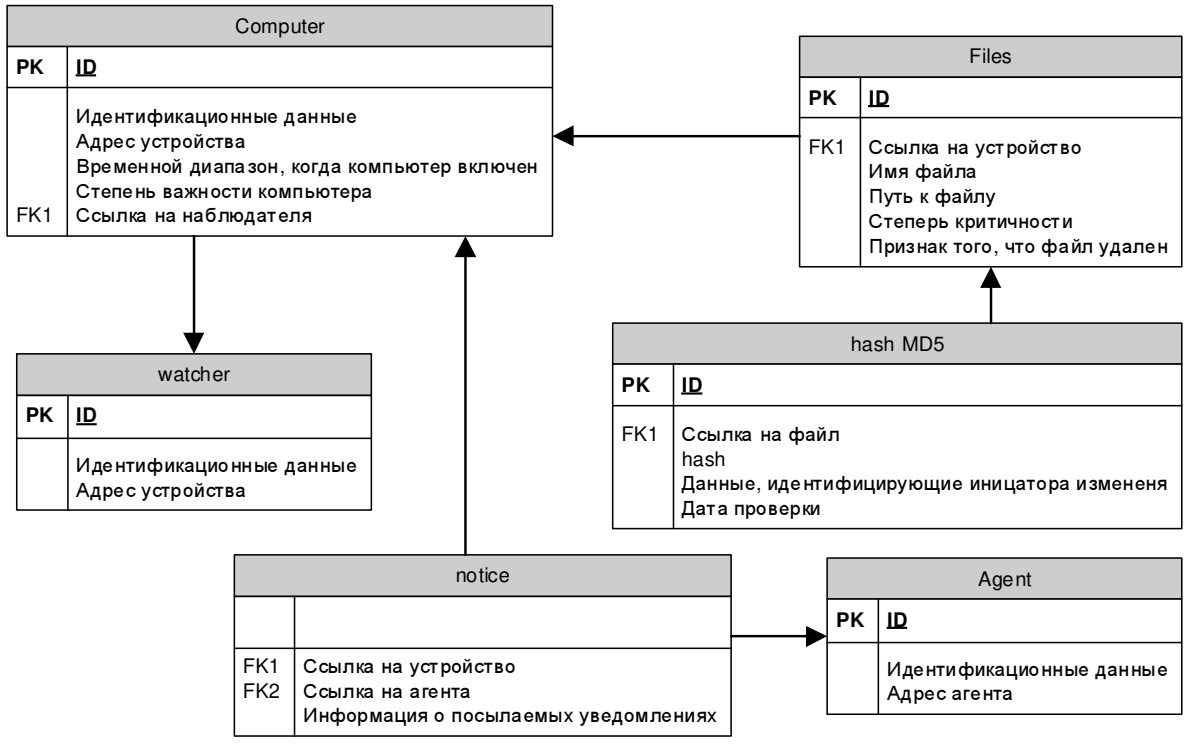


Рисунок 1 – Структура базы данных

Используется реляционная база данных, так как данный вид организации базы данных получил широкое распространение и обладает целым рядом достоинств: смесь простоты, устойчивости, гибкости, производительности, масштабируемости и совместимости в сфере управлении данными.

Данная структура позволяет хранить информацию о объектах комплекса контроля целостности данных, и настраивать степень детализации агентов об обнаруженных нарушениях целостности контролируемых объектов. Схема подключения разработанной модели программного комплекса изображена на рисунке 2.

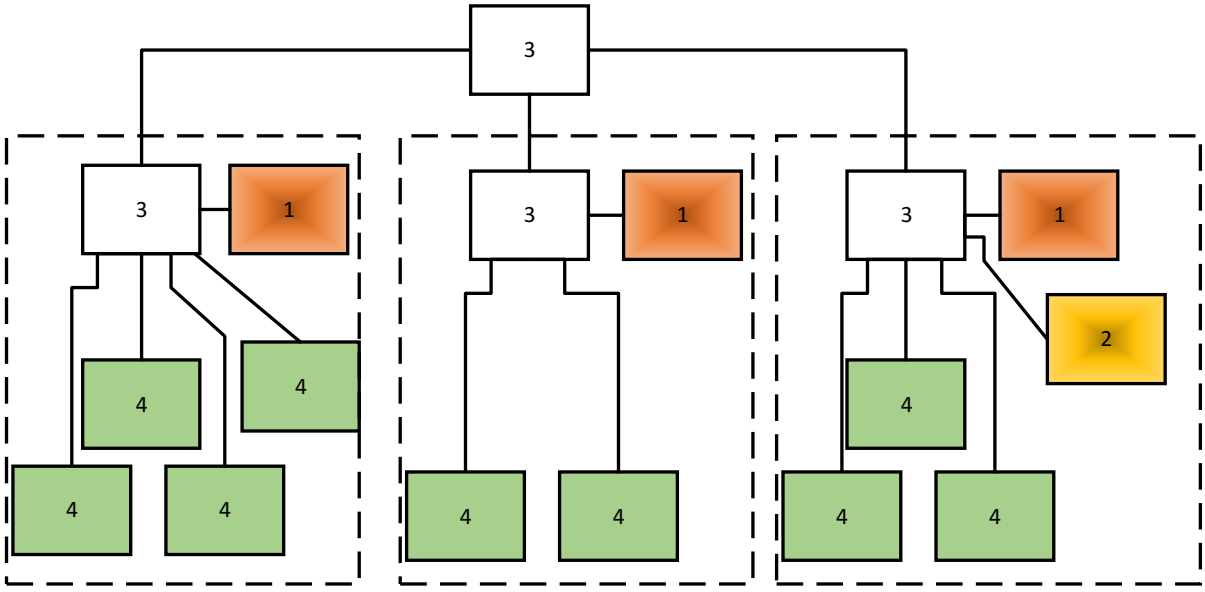


Рисунок 2 – Схема подключения разработанной модели программного комплекса.

Цифрами обозначены следующие объекты комплекса:

1. ППАО.
2. Сервер.
3. Коммутаторы, соединяющие подсети (Пунктирной линией сгруппированы объекты по своей принадлежности к одной подсети).
4. Контролируемые объекты.

В каждой подсети расположен ППАО, поддерживающий связь с контролируемыми объектами, расположенной в одной с ним подсети, и с сервером.

Таким образом архитектура модели контроля целостности файловой системы является трехуровневой:

Первый уровень «Сервис» – программная часть, установлена на контролируемые объекты, выполняет минимально возможный набор функций. Кроссплатформенная, так как затраты на разработку для каждой операционной системы несущественные.

Второй уровень «ППАО» – программно-аппаратная часть, реализует основную часть логики работы комплекса. В случае существенного увеличения нагрузки (количества контролируемых объектов) легко распараллеливается.

Третий уровень «Сервер» – программная часть, обеспечивающая хранение данных, и централизованное уведомление агентов о событиях в контролируемых объектах.

Такая схема имеет целый ряд преимуществ:

– уменьшается нагрузка на контролируемые объекты;
– снижается объем трафика, передаваемый в сети, за счет сжатия данных на ППАО;
– нет возможности прямого доступа к данным с контролируемых объектов;
– достигается кроссплатформенность, так как на контролируемых объектах необходимо реализовать только минимальный набор функций.

Базовые аспекты работы программного комплекса.

С некоторой периодичностью ППАО запрашивает у сервера список устройств, которые он контролирует, и формирует расписание для опроса контролируемых устройств. Периодичность контроля целостности для каждого файла вычисляется по формуле: $\Delta t = \frac{T_{basic}}{C_c \cdot C_f}$, где T_{basic} – базовый промежуток времени между проверками, C_c и C_f – критичность контролируемого устройства и файла соответственно.

С рассчитанной периодичностью ППАО запрашивает значение у сервиса на контролируемом устройстве. Сервис по запросу вычисляет хеш значение и сообщает его ППАО. ППАО сверяет полученные данные со значениями, хранимыми в памяти. В случае, если значения совпадают, отправляет на сервер сообщение, что данные не изме-

нились. Тем самым достигается минимизация объёма передаваемых данных. Сервер сохраняет сообщение о проверке в БД.

В случае, если вычисленные хеш значения не совпадают с предыдущими, устройство среднего слоя дополнительно запрашивает у контролируемого устройства информацию о времени последнего изменения и инициаторе изменений. После чего сохраняет новое хеш значение в памяти, и отправляет сообщение серверу об изменении контрольной суммы контролируемой области файловой системы, содержащее новое значение хеш суммы, дату и время, а так же информацию о инициаторе последних зафиксированных изменений.

Сервер так же сохраняет новые данные, и в зависимости от критичности затронутых данных, отправляет сообщение о зафиксированных изменениях заинтересованным агентам.

Разработанный кроссплатформенный программный продукт контроля целостности файловой системы поможет осуществлять мониторинг изменений, производимых над контролируемыми объектами, и оперативно уведомлять агентов для принятия решений по предотвращению атак, направленных на искажение или уничтожение данных.

В силу использования быстрого алгоритма хеширования MD5, работа программы не требует больших вычислительных мощностей, а объём базы данных, содержащей хеш-коды вместо контролируемых объектов, будет небольшой.

Повышение способности системы противостоять атакам злоумышленника на комплекс контроля целостности за счет хранения данных на сервере, снижение нагрузки на контролируемые операционные системы, гибкость системы, возможность ее работы при любой структуре сети организации достигается использованием трехуровневой архитектуры программного обеспечения.

Список литературы:

1. Семисошенко М.А. Основные понятия в области информационной безопасности. – СПб. : ВАС, 2023. – С. 164–174.

2. Гимбицкий В.А., Гимбицкая Л.А. Как защитить информацию в беспроводных сетях // Сборник материалов международной научно-практической конференции Achievements in science – 2020. – Кемерово, 2020. – С. 34–39.

3. Гимбицкая Л.А., Гимбицкий В.А. К вопросу о необходимости повышения помехозащищённости бортовой связной радиостанции // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 10: Проблемные вопросы радиоэлектронных средств и систем. – Тверь : ВА ВКО, 2022. – 551 с.

УДК 330.47

КЛЕПТОГРАФИЯ – ТРОЯНСКИЙ КОНЬ ВНУТРИ КРИПТОСИСТЕМЫ

♦♦♦♦♦

KLEPTOGRAPHY IS A TROJAN HORSE INSIDE THE CRYPTOSYSTEM

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Еремичев Д.Д.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена ставшая популярной криптосистема. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача – устранить дополнительные угрозы безопасности. На основе проведенного анализа авторами исследованы пути устранения существующих недостатков и определены те направления, по которым ведется поиск мер по повышению защищённости компьютерных систем.

Ключевые слова: криптосистема, закладка, аудит, сгенерированные ключи, канал передачи информации, секретный ключ, клептографическая атака, зашифрование, открытая экспонента, сгенерированные подписи.

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
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

Yeremichev D.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines a cryptosystem that has become popular. The main unsolved problem has been identified and justified – to eliminate additional security threats. Based on the analysis, the authors investigated ways to eliminate existing shortcomings and identified the areas in which measures are being sought to improve the security of computer systems.

Keywords: cryptosystem, bookmark, audit, generated keys, information transmission channel, secret key, kleptographic attack, encryption, open exponent, generated signatures.

В настоящее время большое количество систем защиты информации использует криптографические системы. Однако использование криптографических систем не всегда является достаточной мерой защиты, а кроме того, может создавать дополнительные угрозы безопасности.

При использовании криптосистемы значительная часть информации может передаваться в служебной части пакетов или же быть спрятана среди криптографических значений (таких, как например, открытый ключ или цифровая подпись) хитрым алгоритмом.

Раздел криптографии, изучающий подобные возможности криптосистем, называется «клептография». Термин «клептография» был впервые предложен криптографами А. Янгом и М. Юнгом в 1996 г. для определения направления, связанного с использованием криптографии против криптографии [1].

Клептографическая атака – это создание «закладки», внедряемой в разрабатываемую криптосистему, которая может быть реализована в виде устройства или программы. При этом не должно существовать возможности выявить наличие закладки по внешним признакам то есть, если рассматривать криптографическую систему как «черный ящик» невозможно будет определить, осуществил ли разработчик клептографическую атаку на разрабатываемую систему и присутствует ли в ней закладка, позволяющая узнать информацию, или передать информацию внутрь криптосистемы [1].

В случае получения пользователем подробной информации о криптосистеме и осуществлении аудита, возможно только обнаружить скрытый канал передачи информации, но воспользоваться или узнать передаваемую информацию не представляется

возможным. Поэтому такой класс атак на криптографические системы так же носит название «SETUP» (Secretly Embedded Trapdoor with Embedded Protection) и делится на следующие виды [2]:

Weak или «слабый» SETUP когда узнать сгенерированные ключи может не только атакующий, но и владелец девайса, на котором установлено скомпрометированное ПО.

Strong или «сильный» SETUP – в этом случае узнать ключи может только атакующий.

При оценке клептографической атаки (модификации) используется характеристика Leakageband width – пропускная способность, утечка. Эта характеристика показывает сколько секретных данных «утекает» при повторяющемся процессе шифрования или подписи. Обозначается (m, n), что означает утечку m секретных сообщений или ключей за n передаваемых.

При анализе работы клептографических систем существует три участника:

1. Разработчик обладает информацией о модификации алгоритма, владеет секретным ключом скрытого канала передачи информации, не владеет секретным ключом пользователя.
2. Пользователь владеет секретным ключом пользователя, в случае успешного реверс-инжиниринга обладает информацией о модификации криптосистемы, но не владеет секретным ключом скрытого канала.
3. Злоумышленник в случае успешного реверс-инжиниринга обладает информаций о модификации алгоритма, но не владеет секретным ключом скрытого канала передачи информации и секретным ключом пользователя.

Как правило, клептографические атаки существуют практически для всех систем с открытым ключом.

Например, клептографической атака может быть совершена на алгоритм выработки общего секретного ключа Диффи-Хеллмана.

Алгоритм Диффи-Хеллмана опубликован разработчиками в 1976 году [2]. Он позволяет двум сторонам получить общий секретный ключ, используя незащищенный от прослушивания, но защищённый от подмены, канал связи. Этот ключ может быть использован для последующего шифрования данных с помощью симметричного криптоалгоритма. Криптосхема проектируется таким образом, что после первого разделения секретного ключа между абонентами A и B, доступ к секрету получит разработчик [3].

Так же данный вид атак можно применить к криптографической системе с открытым ключом RSA, в основу которого положена вычислительно неразрешимая задача разложения больших чисел на простые сомножители.

Как и в любой другой асимметричной криптосистеме, в криптосистеме RSA каждый участник информационного взаимодействия обладает открытым и закрытым ключами, которые формируются каждым из участников. Открытый ключ используется для зашифрования информации и является общедоступным, закрытый ключ используется для расшифрования информации и держится в секрете. Открытый и закрытый ключи образуют неразрывную пару, определяя взаимно обратные преобразования.

Алгоритм RSA подвергся многим проверкам, и считается надежным, так как большинство найденных уязвимостей и предложенных атак не являются критическими. Предложенные атаки показывают опасность неправильного использования или реализации алгоритма RSA.

В случае осуществления над RSA клептографической атаки, уязвимость невозможно обнаружить, если криптосистема является «черным ящиком». Однако в случае, если реализация RSA открыта, нет гарантии, что «закладка» действительно отсутствует. Возможна закладка очень хорошо замаскирована, и только высококвалифицированные специалисты смогут ее обнаружить.

В результате осуществления атаки на этапе реализации, разработчик по выходной информации может восстановить секретный ключ пользователя. При этом скорость работы криптосистемы практически не отличается от эталонной. Сгенерированная выходная информация так же выглядит случайной.

RSA-ключи генерируются следующим образом [2]:

Выбираются два различных случайных простых числа p и q заданного размера (например, 1024 бита каждое).

Вычисляется их произведение $n = p \cdot q$, которое называется модулем.

Вычисляется значение функции Эйлера от числа n: $\varphi(n) = (p-1) \cdot (q-1)$.

Выбирается целое число $e\,(1 < e < \varphi(n))$, взаимно простое со значением функции $\varphi(n)$. Обычно в качестве *e* берут простые числа, содержащие небольшое количество единичных бит в двоичной записи, например, простые числа Ферма 17, 257 или 65537. Число e называется открытой экспонентой (англ. publicexponent)

Вычисляется число *d*, мультипликативно обратное к числу *e* по модулю $\varphi(n)$, то есть число, удовлетворяющее сравнению: $d \cdot e \equiv 1\,(mod\,\varphi(n))$.

Пара $\{e, n\}$ публикуется в качестве открытого ключа RSA (англ. RSA public key).

Пара $\{d, n\}$ играет роль закрытого ключа RSA (англ. RSA private key) и держится в секрете.

Существует следующая классификация модификаций алгоритма RSA[3]:

RSA–HWPF(e) (Hidden Whole Prime Factor – сокрытие всего простого множителя в открытой экспоненте).В этом алгоритме в качестве случайно выбранной открытой экспоненты e, которая является взаимно простой с $\varphi(n) = (p-1)(q-1)$, используется зашифрованный с помощью ассиметричного алгоритма один из простых множителей модуля *n*. Простой множитель *p* зашифрован открытым ключом разработчика (E, N), и может быть расшифрован только секретным ключом разработчика *D*. Полученная таким образом открытая экспонента *e* будет выглядеть случайно выбранной, и никто кроме разработчика, не обнаружит в ней скрытую информацию. Разработчик получит доступ к секретной информации пользователей, раскладывая на множители p и q модуль n, за счет простого вычисления одного из множителей $p: = e^D\ mod\ N$, где D – секретный ключ разработчика. Этот алгоритм имеет ряд недостатков, например, открытая экспонента получается довольно большого размера, а во многих криптосистемах, например PGP, используется небольшая шифрующая экспонента *e*;

RSA–HSD (Hidden Small D – сокрытие слабых значений секретного ключа). Он основывается на атаке Винера, который доказал, что если секретная экспонента меньше некоторого значения, зависящего от модуля n, то можно вычислить секретный ключ из открытого ключа;

RSA–HSPE (Hidden Prime Small E – сокрытие малых значений простой открытой экспоненты); RSA–HSE (Hidden Small E – сокрытие малых значений открытой экспоненты). Две схемы основываются на результатах Бонеха, Дерфи и Франкеля, которые доказали, что можно вычислить секретную экспоненту, если известен открытый ключ (n, e) и некоторые биты в секретном ключе d, и если открытая экспонента не превышает некоторого значения, зависящего от модуля n;

RSA–HWPF1(n) (Hidden Whole Prime Factor (n) – сокрытие всего простого множителя в модуле). Суть данного алгоритма в том, что в начале генерируется простой множитель p, который затем дважды шифруется с использованием секретного ключа разработчика K и один раз с использованием открытого ключа разработчика (E, N). В качестве модуля n берется число, старшие k бит которого совпадают с зашифрованным множителем p. Далее вычисляется значение простого множителя q так, чтобы при умножении на p получался бы модуль n. Для того чтобы восстановить простой множитель p из модуля n, сначала извлекаются зафиксированные в модуле k бит, которые затем дважды расшифровываются с помощью секретного ключа разработчика K и единожды с помощью его закрытого ключа D;

RSA–HPF (Hidden Prime Factor – сокрытие простого множителя). Алгоритм основывается на атаке Копперсмита, с помощью которой можно разложить на множители модуль n, если известна небольшая часть битов одного из множителей.

В совеременности перспективным направление в криптографии является ECDSA (Elliptic Curve Digital Signature Algorithm) – алгоритм с открытым ключом для создания цифровой подписи, аналогичный по своему строению DSA, но определённый, в отличие от него, не над полем целых чисел, а в группе точек эллиптической кривой.

Схема генерации цифровой подписи по алгоритму ECDSA [3].

Выбирается закрытый ключ d – число и открытый ключ Q – точка эллиптической кривой, равная $d \cdot G$, где G – базовая точка кривой.

Для подписи выбирается случайное число $k \in [1, n-1]$.

Вычисляется точка кривой $(x_1, y_1) = k \cdot G$

Вычисляется $r = x_1 \, mod \, N$, где N – порядок кривой.

Вычисляется $s = k^{-1}(H(m) + r \cdot d) \, mod \, N$, где $H(m)$ – хэш подписываемого сообщения.

Подписью для сообщения является пара целых чисел (r, s) [1].

Для того чтобы вычислить секретный ключ злоумышленнику достаточно знать число k, сформированное при генерации ЭЦП. Простейшим способом доступа к числу k является замена генератора случайных чисел на генератор псевдослучайных чисел (ГПСЧ). Но такой способ атаки можно обнаружить, проанализировав большое количество сгенерированных подписей.

Другой способ атаки заключается в сокрытии в передаваемой подписей некоторой части ключа. В результате перехвата нескольких подряд идущих сообщений можно узнать секретный ключ пользователя [2].

При этом передаваемую по скрытому каналу информацию можно дополнительно шифровать на открытом ключе разработчика.

Подводя итог, отметим, что может помочь в защите от реализации не декларированных возможностей криптосистемы.

1. Перед использованием криптографического примитива, его структура должна быть тщательно изучена и оценена. Нельзя безоговорочно доверять аппаратным компонентам с заданной спецификацией (необходима проверка реализации на соответствие спецификации, а также изучение самой спецификации).
2. Прохождение тестов по формальным критериям не гарантирует отсутствия скрытых лазеек в исследуемой криптосистеме. Таким образом, для анализа криптосистемы недостаточно формальной проверки, а необходимо проведение комплексного анализа ее структуры с привлечением специалистов в области криптографии.
3. Хорошую защиту от наличия скрытых лазеек в криптоалгоритмах дает композиция (каскадирование) криптопреобразований, имеющих происхождение из различных источников.
4. Важен контроль за случайностью. Необходимо, чтобы алгоритмы выработки случайных величин, используемых в криптографических примитивах, были открыты для пользователя. Это позволит сравнить имеющуюся реализацию с заявленной. В случае смарт-карт хорошим выходом будет возможность использовать посторонний источник случайных чисел.
5. Лучше, если источник случайности, генератор ключей и алгоритм, использующий их – три раздельных компоненты. При этом используется надежная система их аутентификации, исключена возможность ее обхода и каналы, связывающие их, не допускают утечку информации.

Список литературы:

1. Гарифуллина З.Р., Иванов М.А. Стенографические технологии – новое направление защиты информации // Вестник Концерна ВКО «Алмаз-Антей». – Красноярск, 2020.
2. Клептографические атаки на криптосистемы с открытым ключом / З.Р. Гарифуллина, М.А. Иванов, А.В. Ковалев [и др.] // Вестник НИЯУ МИФИ. – 2023. – Т. 1. – № 2.
3. Гимбицкий В.А., Сныткин И.И. Задачи боевого управления единой системы воздушной радиосвязи в комплексе пунктов управления авиационной группировки региона // Сборник научно-методических материалов кафедры № 100 ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского «Вопросы тактики и оперативного искусства»: Статья. – М. : ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2005.

УДК 621.01

СОСТАВ ДЕСЯТИЗВЕННЫХ ЗАМКНУТЫХ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ ТРЕТЬЕГО ПОДСЕМЕЙСТВА ПЕРВОГО СЕМЕЙСТВА ПЯТОГО ВИДА

♦♦♦♦♦

COMPOSITION OF TEN-LINK CLOSED KINEMATIC CHAINS OF MOBILE LINKAGES OF THE THIRD SUBFAMILY OF THE FIRST FAMILY OF THE FIFTH KIND

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

Романенко Т.М.
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 десятизвенных 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 десяти.

Ключевые слова: универсальная структурная система, замкнутая кинематическая цепь подвижных звеньев, структурная схема, подвижность, базисное звено цепи, кинематическая пара.

Vovkotrub V.V.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military 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

Romanenko T.M.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses the application of Professor L.T. Dvornikov's universal structural system to determine the composition of ten-link closed kinematic chains of mobile links of the third subfamily of the first family of the fifth type. A complete set of solutions has been found that describes the organization of closed kinematic chains of mobile links of the third subfamily of the first family with a complexity of the basic link of the chain equal to five, a mobility of the chain equal to six, and a total number of chain links equal to ten.

Keywords: universal structural system, closed kinematic chain of moving links, structural diagram, mobility, basic chain link, kinematic pair.

В работе [1] рассмотрена возможность применения универсальной структурной системы профессора Л.Т. Дворникова [2, 3] для развития метода М. Грюблера [4, 5] на замкнутые кинематические цепи подвижных звеньев (далее – ЗКЦ) первого семейства. Приведена универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства.

В настоящей статье, рассмотрим особенности применения универсальной структурной системы ЗКЦ первого семейства для определения состава десятизвенных ЗКЦ третьего подсемейства, при сложности базисного звена цепи равной пяти и подвижности цепи равной шести.

Основная часть

Универсальная структурная система ЗКЦ первого семейства, при числе звеньев, не добавляющих в цепь кинематических пар $n_0 = 1$, имеет вид [1]:

$$\begin{cases} p = \tau + (\tau - 1)n_{(\tau-1)} + ... + in_i + ... + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_{\tau-1} + ... + n_i + ... + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - 2p_3 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (1)$$

где $W_{Ц1}$ – подвижность ЗКЦ первого семейства; $n_ц$ – общее число звеньев цепи; τ – число геометрических элементов наиболее сложного звена кинематической цепи; n_i – число звеньев, добавляющих в цепь i кинематических пар; p – общее число кинематических пар цепи; p_5, p_4, p_3, p_2 – число кинематических пар пятого, четвертого, третьего и второго класса.

Заменяя в системе уравнений (1) структурную формулу подвижности ЗКЦ первого семейства (третье уравнение системы) на формулу подвижности третьего подсемейства данного семейства [1], при $\tau = 5$, получим исходную систему уравнений для ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства пятого вида:

$$\begin{cases} p = 5 + 4n_4 + 3n_3 + 2n_2 + n_1, \\ n_ц = 2 + n_4 + n_3 + n_2 + n_1, \\ W_{Ц1(2)} = 5n_ц - 4p_5 - 3p_4 - p_2 = 6, \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) позволяет находить все возможные структуры ЗКЦ третьего подсемейства первого семейства пятого 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 десятизвенных ЗКЦ возможны, если скобка $(4p_5 + 3p_4 + p_2)$ согласно (3), при $n_ц = 10$ будет принимать значения 44.

Выразим из второго уравнения системы (2) n_1:

$$n_1 = n_ц - n_4 - n_3 - n_2 - 2, \quad (4)$$

и подставив его в первое уравнение системы (2), получим

$$p_5 + p_4 + p_2 = 3 + n_ц + 3n_4 + 2n_3 + n_2. \quad (5)$$

При $n_ц = 10$ по (4) $n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2$, а согласно (5):

$$p_5 + p_4 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2$$

Тогда для случая $n_ц = 10$ система уравнений (2) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 13 + 3n_4 + 2n_3 + n_2, \\ n_1 = 8 - n_4 - n_3 - n_2, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44, \end{cases} \quad (6)$$

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 $n_1 = 8$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 13$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 13, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (7)$$

Система (7) имеет два целочисленных решения:

$$p_5 = 9,\ p_4 = 2,\ p_2 = 2; \quad (I)$$

$$p_5 = 7,\ p_4 = 5,\ p_2 = 1; \quad (II)$$

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 14.$

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 14, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 8,\ p_4 = 3,\ p_2 = 3; \quad (III)$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 6,\ p_2 = 2; \quad (IV)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 9,\ p_2 = 1; \quad (V)$$

Задаваясь $n_2 = 2, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 15.$

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 15, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (9)$$

Система (9) имеет пять целочисленных решений:

$$p_5 = 9,\ p_4 = 1,\ p_2 = 5; \quad (VI)$$

$$p_5 = 7,\ p_4 = 4,\ p_2 = 4; \quad (VII)$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 7,\ p_2 = 3; \quad (VIII)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 10,\ p_2 = 2; \quad (IX)$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 13,\ p_2 = 1; \quad (X)$$

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 15.$

Тогда система (6) примет вид (9) и имеет пять решений: (VI), (VII), (VIII), (IX), (X).

Задаваясь $n_2 = 3, n_3 = 0, n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16.$

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 16, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (10)$$

Система (10) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 8,\ p_4 = 2,\ p_2 = 6; \quad (XI)$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 5,\ p_2 = 5; \quad (XII)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 8,\ p_2 = 4; \quad (XIII)$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 11,\ p_2 = 3; \quad (XIV)$$

Задаваясь $n_2 = 1, n_3 = 1, n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16.$

Тогда система (6) примет вид (10) и имеет четыре решения: (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 0, n_3 = 0, n_4 = 1$ получим $n_1 = 7$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 16.$

Тогда система (6) примет вид (10) и имеет четыре решения: (XI), (XII), (XIII), (XIV).

Задаваясь $n_2 = 4$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 17, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 7,\ p_4 = 3,\ p_2 = 7; \quad (XV)$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 6,\ p_2 = 6; \quad (XVI)$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 9,\ p_2 = 5; \quad (XVII)$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 12,\ p_2 = 4; \quad (XVIII)$$

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 17$.

Тогда система (6) примет вид (11) и имеет четыре решения: (XV), (XVI), (XVII), (XVIII).

Задаваясь $n_2 = 5$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 18, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (12)$$

Система (12) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 8,\ p_4 = 1,\ p_2 = 9; \quad (XIX)$$

$$p_5 = 6,\ p_4 = 4,\ p_2 = 8; \quad (XX)$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 7,\ p_2 = 7; \quad (XXI)$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 10,\ p_2 = 6; \quad (XXII)$$

Задаваясь $n_2 = 3$, $n_3 = 1$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XIX), (XX), (XXI), (XXII).

Задаваясь $n_2 = 2$, $n_3 = 0$, $n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XIX), (XX), (XXI), (XXII).

Задаваясь $n_2 = 1$, $n_3 = 2$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 18$.

Тогда система (6) примет вид (12) и имеет четыре решения: (XIX), (XX), (XXI), (XXII).

Задаваясь $n_2 = 6$, $n_3 = 0$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 19, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (13)$$

Система (13) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 7,\ p_4 = 2,\ p_2 = 10; \quad (XXIII)$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 5,\ p_2 = 9; \quad \text{(XXIV)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 8,\ p_2 = 8; \quad \text{(XXV)}$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 11,\ p_2 = 7; \quad \text{(XXVI)}$$

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет четыре решения: (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет четыре решения: (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет четыре решения: (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет четыре решения: (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 6$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 19$.

Тогда система (6) примет вид (13) и имеет четыре решения: (XXIII), (XXIV), (XXV), (XXVI).

Задаваясь $n_2 = 7,\ n_3 = 0,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 20, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (14)$$

Система (14) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 6,\ p_4 = 3,\ p_2 = 11; \quad \text{(XXVII)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 6,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXVIII)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 9,\ p_2 = 9; \quad \text{(XXIX)}$$

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 20$.

Тогда система (6) примет вид (14) и имеет три решения: (XXVII), (XXVIII), (XXIX).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 21, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (15)$$

Система (15) имеет четыре целочисленных решения:

$$p_5 = 7,\ p_4 = 1,\ p_2 = 13; \quad \text{(XXX)}$$

$$p_5 = 5,\ p_4 = 4,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXI)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 7,\ p_2 = 11; \quad \text{(XXXII)}$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 10,\ p_2 = 10; \quad \text{(XXXIII)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 1,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 21$.

Тогда система (6) примет вид (15) и имеет четыре решения: (XXX), (XXXI), (XXXII), (XXXIII).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 22, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (16)$$

Система (16) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 6,\ p_4 = 2,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXIV)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 5,\ p_2 = 13; \quad \text{(XXXV)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 8,\ p_2 = 12; \quad \text{(XXXVI)}$$

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.

Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 2,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).
Задаваясь $n_2 = 6,\ n_3 = 0,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 5$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 22$.
Тогда система (6) примет вид (16) и имеет три решения: (XXXIV), (XXXV), (XXXVI).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 23, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (17)$$

Система (17) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 5,\ p_4 = 3,\ p_2 = 15; \quad \text{(XXXVII)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 6,\ p_2 = 14; \quad \text{(XXXVIII)}$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 9,\ p_2 = 13; \quad \text{(XXXIX)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 3,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 1,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 5,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 2,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 23$.
Тогда система (6) примет вид (17) и имеет три решения: (XXXVII), (XXXVIII), (XXXIX).
Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 5,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.
Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 24, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (18)$$

Система (18) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 6,\ p_4 = 1,\ p_2 = 17; \quad \text{(XXXX)}$$

$$p_5 = 4,\ p_4 = 4,\ p_2 = 16; \quad \text{(XXXXI)}$$

$$p_5 = 2,\ p_4 = 7,\ p_2 = 15; \quad \text{(XXXXII)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 2,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 4,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 2,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 5,\ n_3 = 0,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 1,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 0,\ n_3 = 4,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 24$.

Тогда система (6) примет вид (18) и имеет три решения: (XXXX), (XXXXI), (XXXXII).

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 1,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид:

$$\begin{cases} p_5 + p_4 + p_2 = 25, \\ 4p_5 + 3p_4 + p_2 = 44. \end{cases} \quad (19)$$

Система (19) имеет три целочисленных решения:

$$p_5 = 5,\ p_4 = 2,\ p_2 = 18; \quad \text{(XXXXIII)}$$

$$p_5 = 3,\ p_4 = 5,\ p_2 = 17; \quad \text{(XXXXIV)}$$

$$p_5 = 1,\ p_4 = 8,\ p_2 = 16; \quad \text{(XXXXV)}$$

Задаваясь $n_2 = 1,\ n_3 = 4,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 2,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 2,\ n_3 = 5,\ n_4 = 0$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 0,\ n_4 = 3$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 3,\ n_3 = 3,\ n_4 = 1$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 4,\ n_3 = 1,\ n_4 = 2$ получим $n_1 = 1$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 0$, $n_4 = 4$ получим $n_1 = 4$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 3$, $n_4 = 2$ получим $n_1 = 3$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Задаваясь $n_2 = 0$, $n_3 = 6$, $n_4 = 0$ получим $n_1 = 2$, а $p_5 + p_4 + p_2 = 25$.

Тогда система (6) примет вид (19) и имеет три решения: (XXXXIII), (XXXXIV), (XXXXV).

Заключение

Полученные в результате проведенных исследований решения являются основой для построения структурных схем десятизвенных замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев третьего подсемейства первого семейства пятого вида и могут быть использованы для создания электронного каталога структурных схем данных цепей.

Список литературы:

1. Вовкотруб В.В. Развитие методов структурного синтеза механизмов первого семейства из замкнутых кинематических цепей подвижных звеньев // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – СПб. : НИЦ МС, 2023. – № 18. – С. 27–35.

2. Дворников Л.Т. Начала теории структуры механизмов: учебное пособие. – Новокузнецк : СибГГМА, 1994. – 102 с.

3. Дворников Л.Т. Универсальная структурная классификация механизмов // Машиностроение. – Новокузнецк, 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., Жуковский Н.С. Адаптированный перевод с немецкого языка статьи: Martin Grübler «Allgemeine Eigenschaften der zwanglaüfigen ebenen kinematischen Ketten», изданной в Лейпциге в 1883 г. // Материалы девятнадцатой научно-практической конференции по проблемам механики и машиностроения. – Новокузнецк, 2009. – С. 73–95.

УДК 517.912

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ПРИВОДЯЩИЕСЯ К РАСПАДАЮЩИМСЯ, И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

♦♦♦♦♦

DIFFERENTIAL EQUATIONS THAT LEAD TO DECAYING EQUATIONS AND THEIR METHODS FOR SOLVING

Жучков И.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Турчин В.А.
кандидат педагогических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Дейкун Д.Г.
кандидат педагогических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Моделирование механических и физических процессов, нередко выполняется с помощью дифференциальных уравнений. В статье рассматриваются способы решения однородных дифференциальных уравнений, которые после ряда преобразований приводятся к распадающимся. На практических примерах показаны математические методы сведения дифференциальных уравнений к распадающимся. Описано электронное учебное пособие, разработанное авторами в помощь обучающимся изучающим дифференциальные уравнения и методы их решения.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, распадающиеся уравнения, способы решения, метод разделения переменных, математическое моделирование.

Zhuchkov I.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Turchin V.A.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Deykun D.G.
PhD in Pedagogical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. Modeling of mechanical and physical processes is often performed using differential equations. The article discusses methods for solving homogeneous differential equations, which, after a series of transformations, are reduced to decaying equations. Practical examples demonstrate the mathematical methods for reducing differential equations to decaying equations. The article describes an electronic textbook developed by the authors to help students learn differential equations and methods for solving them.

Keywords: differential equations, decaying equations, solution methods, the method of separating variables, mathematical modeling.

Описание процессов и явлений при выполнении математического моделирования во многих областях науки и техники, например, в механики, физики, биологии, экономики выполняется с помощью дифференциальных уравнений [1, с. 4–6]. Известно, что только небольшое число обыкновенных дифференциальных уравнений решается в квадратурах [2, с. 9]. Рассмотрим несколько типов дифференциальных уравнений, которые после преобразований различной сложности сводятся к распадающимся.

Общеизвестно, что распадающееся уравнение – это уравнение вида,

$$Q(x) \cdot P(x) \cdot N(x) = 0,$$

где $Q(x)$, $P(x)$ и $N(x)$ функции, зависящие от x.

Распадающееся дифференциальное уравнение – это уравнение вида

$$y' = f(x) \cdot g(y),$$

которое путем преобразований можно привести к виду, где функции, зависящие от переменнойy, будут сгруппированы слева, а функции, зависящие от xс права. Такое уравнение может быть решено методом разделения переменных [3, с.116]. Полученное

распадающиеся дифференциальное уравнение уже может быть разрешено известными методами [4, с. 17].

При этом, в каждом конкретном случае для трансформации исходного уравнения требуется индивидуальный подход и преобразования различной сложности.

Начнем рассматривать самые простые примеры, где исходные уравнения приводятся к распадающимся элементарной группировкой, входящих в уравнение членов.

Решим дифференциальное уравнение вида:

$$x^2(y')^2 + 4xyy' - 5y^2 = 0.$$

Это квадратное уравнение относительно производной искомой функции.

Преобразуем данное уравнение и получим распадающиеся дифференциальное уравнение:

$$x^2(y')^2 + 5xyy' - xyy' - 5y^2 = 0,$$
$$xy'(xy' + 5y) - y(xy + 5y) = 0,$$

тогда

$$(xy' - y)(xy' + 5y) = 0.$$

Таким образом, мы получили два уравнения 1-го порядка, решая которые получим:

$$y = c_1x \text{ и } y = c_2x^{-5}.$$

Данное уравнение можно рассматривать как квадратное уравнение относительно производной. Решая это уравнение получим те же выражения для искомой функции.

Аналогичным способом решается и следующее дифференциальное уравнение:

$$y(y')^2 - (y - x)y' - x = 0.$$

Решим это квадратное уравнение относительно производной и получим:

$$y' = \frac{(y-x)\pm\sqrt{(y-x)^2+4xy}}{2y} = \frac{(y-x)\pm(y+x)}{2y}.$$

Мы получили распадающиеся уравнение вида: $(y' - 1)(yy' + x) = 0$.

В качестве решения получим:

$$x^2 + y^2 = c^2 \text{ и } y = x + c.$$

А теперь рассмотрим дифференциальные уравнения, которые могут быть сведены к распадающимся, используя замену переменных [5, с. 224].

Например: $xy^2(y')^2 - 2y^3y' + 2xy^2 - x^3 = 0$.

Для решения введем новую переменную $p = y^2$, тогда $p' = 2yy'$.

С учетом этих преобразований исходное уравнение примет вид:

$$\frac{1}{4}x(p')^2 - pp' + 2xp - x^3 = 0.$$

Добавим и отнимем $2p'x^2$ и получим:

$$x(p')^2 - 4pp' + 2p'^{x^2} - 2p'^{x^2} + 8xp - 4x^3 = 0,$$
$$p'(xp' - 4p + 2x^2) - 2x(xp' - 4p + 2x^2) = 0,$$
$$(p' - 2x)(xp' - 4p + 2x^2) = 0.$$

Решая первое дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными получим: $p = x^2 + c$, значит $y^2 = x^2 + c$.

А второе уравнение – линейное неоднородное уравнение, решением которого является функция:

$$p = x^4(x^{-2} + c) = y^2;$$
$$y^2 = x^2 + c \cdot x^4.$$

Рассмотрим еще одно дифференциальное уравнение, при решении которого используется замена переменных:

$$x^2(y')^2 + (x^2y - 2xy + x^3)y' + (y^2 - x^2y)(1 - x) = 0.$$

Введем новую переменную $u(x) = \frac{y}{x}$ тогда $y' = u'x + u$ и исходное уравнение

$$x^2(u'x+u)^2 + (u'x+u)(x^3u - 2ux^2 + x^3) + x^2u(u-x)(1-x) = 0,$$

$$(u'x+u)[(u'x+u+xu-2u+x) + u^2 - xu^2 - xu + x^2u] = 0.$$

Приведя все подобные получим:

$x^2[(u')^2 + uu' + u' + u] = 0$ представим это уравнение в виде:

$x^2[(u'+u)(u'+1)] = 0$ распадающегося уравнения.

Решая первое из двух дифференциальных уравнений получим

$$u = e^{-x} \cdot c \text{ или } \frac{y}{x} = e^{-x} \cdot c, y = xe^{-x} \cdot c.$$

А решением второго является функция $y = -x^2 + cx$;

В заключении рассмотрим еще один способ приведения дифференциального уравнения к распадающимся.

Пусть дано дифференциальное уравнение:$x(y') - 2yy' + 2y + x = 0$.

Продифференцируем это уравнение по переменной “x” и получим дифференциальное уравнение второго порядка:

$$(y')^2 + 2y'y''x - 2yy'' - 2y'y' + 2y' + 1 = 0.$$

Умножим полученное уравнение на “x” и вычтем исходное уравнение:

В результате этих действий получим распадающиеся уравнение:

$$2y'y''x^2 - 2(y')^2x - 2xyy'' + 2xy' + 2yy' - 2y = 0,$$

$$2[xy'(y''x - y' + 1) - y(xy'' - y' + 1)] = 0,$$

$$(y''x - y' + 1)(xy' - y) = 0.$$

Порядок первого уравнения понизим введя новую переменную $y' = p$, тогда $p - 1 = cx$ или $y = \frac{1}{2}cx^2 + x + c_1$.

А решением второго уравнения является линейная функция $y = x + c$.

Рассмотренные дифференциальные уравнения и способы их решения характеризуют многообразие подходов к отысканию решений дифференциальных уравнений.

Традиционно считается, что учебные темы, связанные с дифференциальными уравнениями, являются сложными для изучения, поскольку требует глубоких знаний в области математического анализа, хороших навыков в области дифференциального и интегрального исчисления [6. с. 321]. Кроме того, для усвоения знаний и получения навыков решения дифференциальных уравнений, обучающиеся должны быть хорошо мотивированы много и упорно заниматься, как на аудиторных занятиях, так и на занятиях по самоподготовке [7. с. 205].

Для повышения эффективности учебного процесса по теме «Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений» изучаемой в дисциплине «Математика» нами было разработано в приложении Beditor СПО «Редактор ЭУ/ЭОК» электронное учебное пособие «Математика. Обыкновенные дифференциальные уравнения», далее ЭУП [8, 9].

Структура ЭУП представлена на рисунке 1 и включает 4 раздела:

– теоретический, наполнен лекционным материалом по 7 учебным темам, практическими примерами, а также заданиями для самостоятельного решения;
– мультимедиа – включает презентации и учебные видеоуроки;
– тестовый, наполнен тестами для текущего и рубежного контроля;
– справочный – объединяет глоссарий, литературу и инструкцию по работе с ЭУП.

ЭУП размещен в электронной информационно-образовательной среде КВВАУЛ, для работы с ним не требуется предустановка на стационарные АРМ или ноутбуки обучающихся и преподавателей специального программного обеспечения, просмотр содержимого ЭУП осуществляется в браузере, например, в Firefox, Opera или Яндекс Браузер (см. рис. 2.)

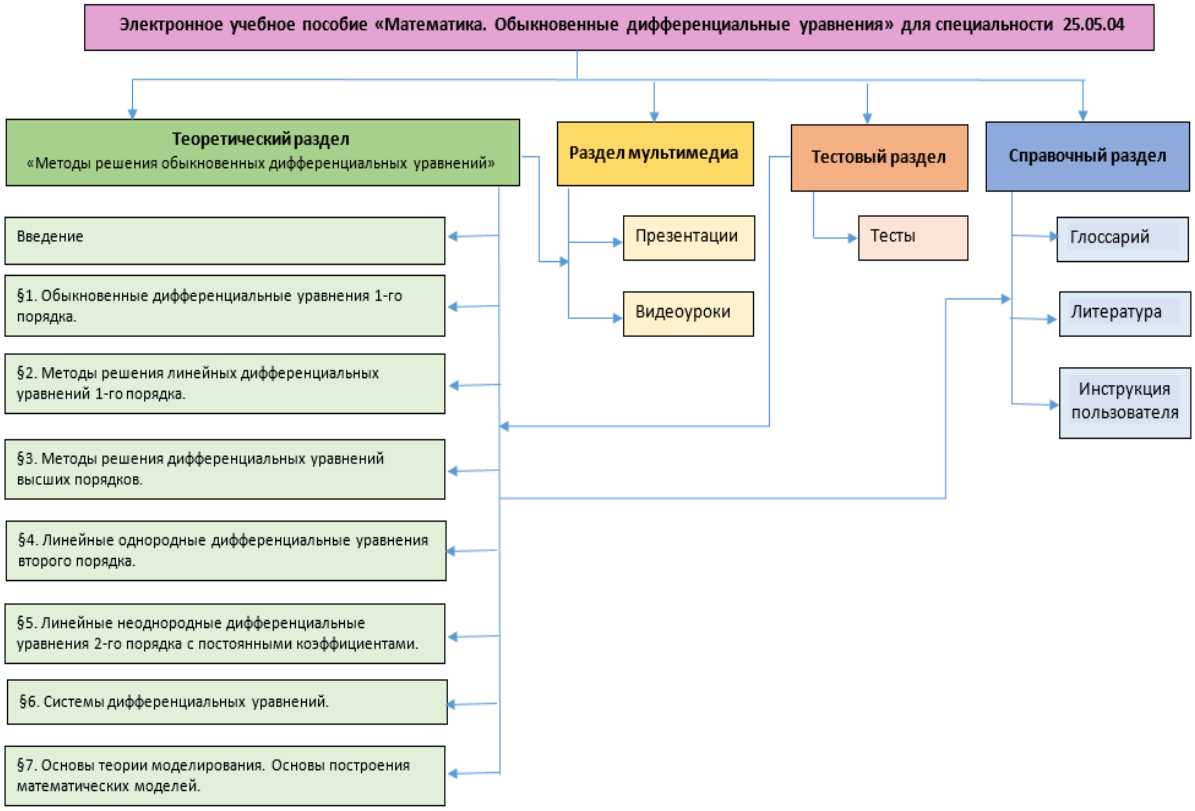


Рисунок 1 – Структура ЭУП «Математика. Обыкновенные дифференциальные уравнения»

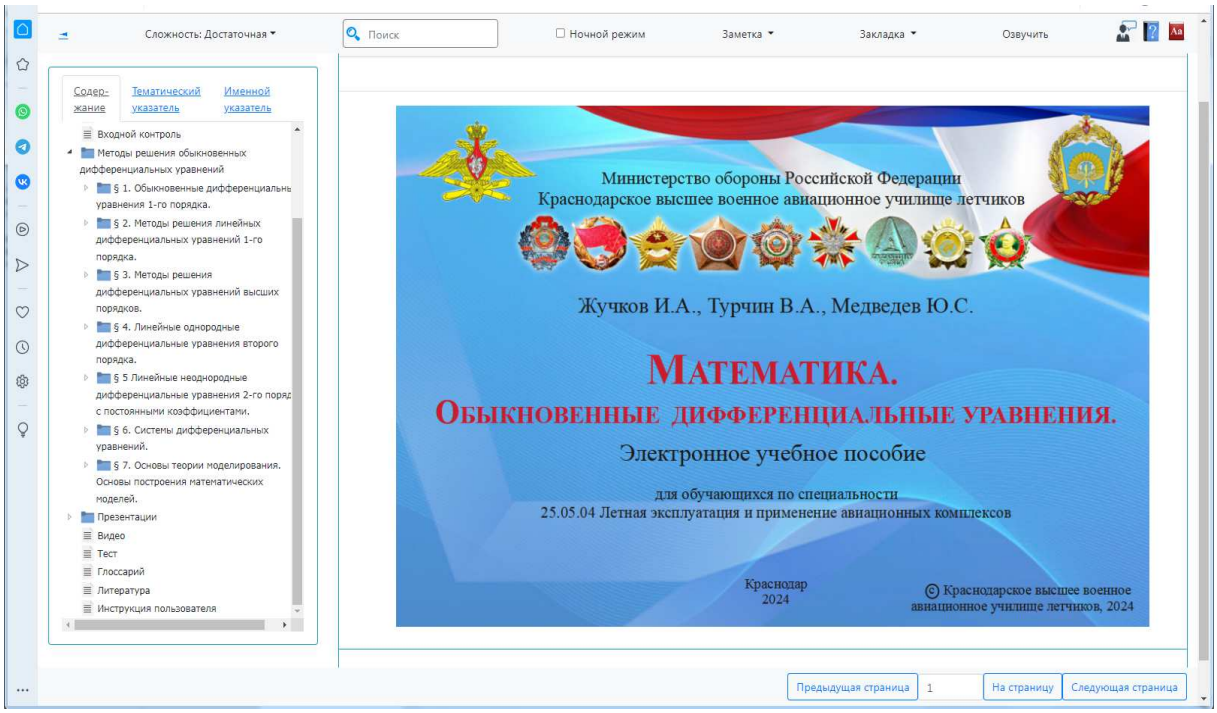


Рисунок 2 – Отображение ЭУП в браузере

Учебный материал ЭУП хорошо структурирован, переход из раздела в раздел осуществляется по гиперссылкам, также для этого можно использовать и стандартные навигационные возможности браузера. Следует отметить, что в ЭУП даны не только примеры детализированных решений дифференциальных уравнений различного вида, но и приведены практические примеры применения дифференциальных уравнений в математическом моделировании (см. рис. 3.)

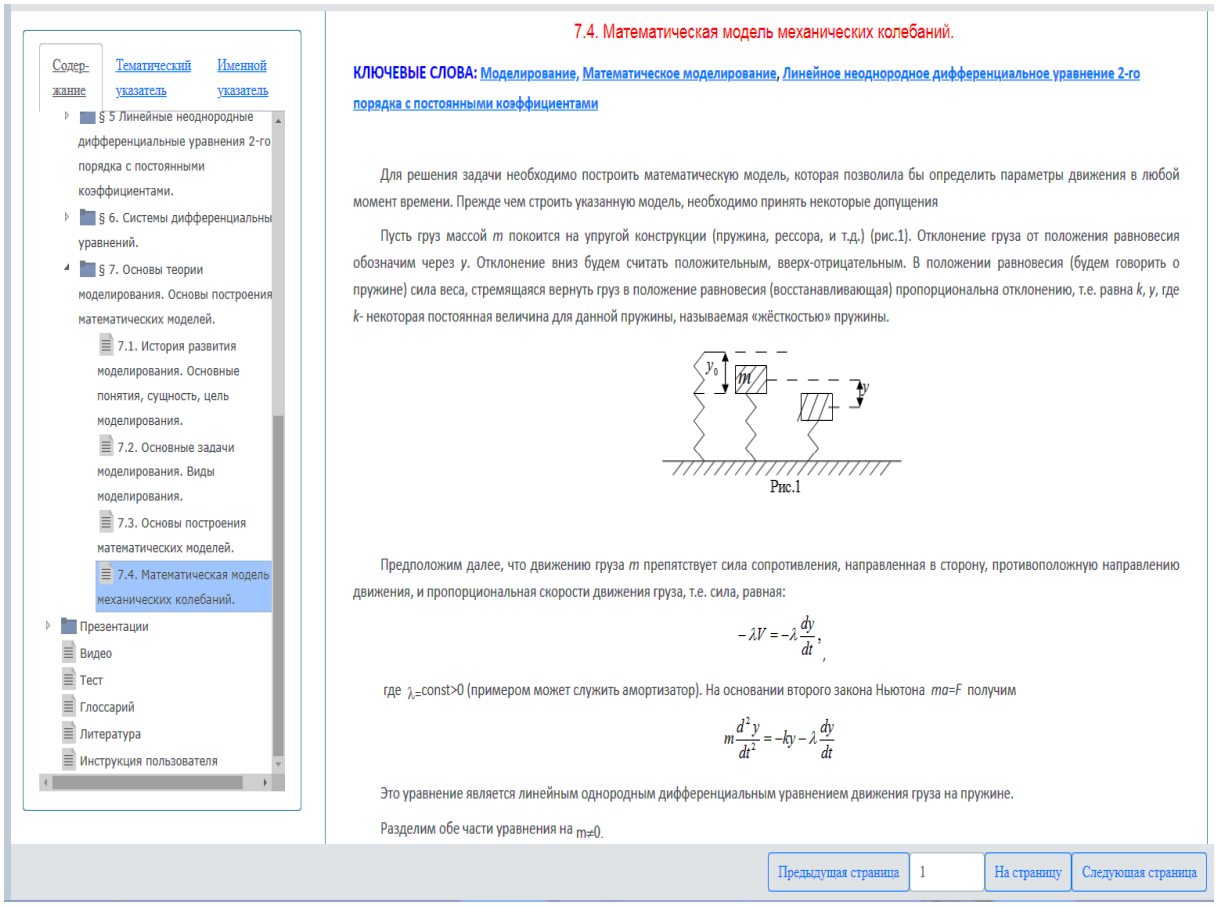


Рисунок 3 – Представление учебного материала в ЭУП

Для контроля преподавателем процесса усвоения знаний и оценки сформированных навыков решения дифференциальных уравнений обучающимися, а также самоконтроля самих обучающихся в ЭУП на базе приложения TMaker, разработаны интерактивные тесты открытого и закрытого вида с простым и множественным выбором (см. рис. 4).

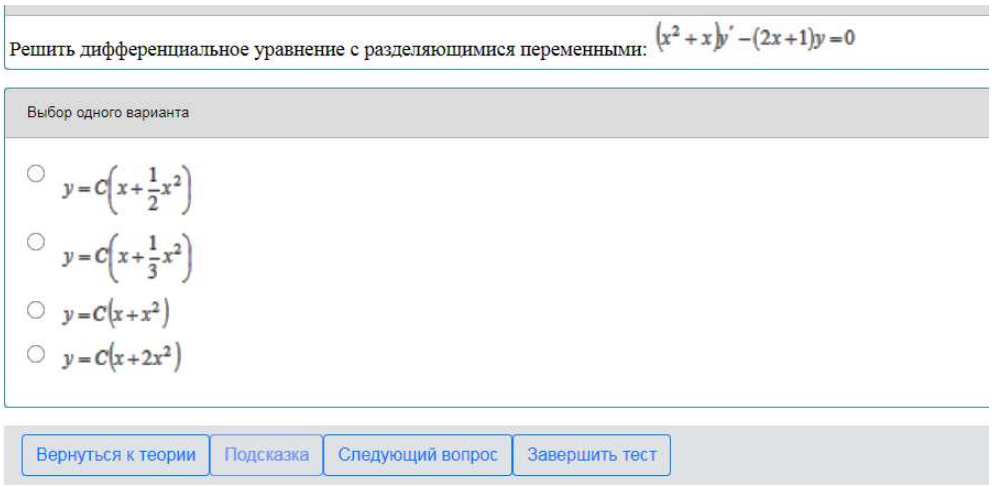


Рисунок 4 – Тест «Обыкновенные дифференциальные уравнения» в ЭУП

Рассмотренные примеры демонстрируют способы решения распадающихся дифференциальных уравнений, часто применяемых при математическом моделировании различных процессов и явлений в природе.Полагаем, что разработанное нами ЭУП «Математика. Обыкновенные дифференциальные уравнения», позволит повысить эффективность учебного процесса по дисциплине «Математика».

Список литературы:

1. Петунина И.А. Дифференциальные уравнения: учебник / И.А. Петунина, Н.В. Третьякова, Е.В. Белокур. – Краснодар : Типография КубГАУ, 2021. – 174 с.

2. Зенков А.В. Дифференциальные уравнения, несобственные интегралы и интегралы, зависящие от параметра: учебник для студентов физических специальностей. – Екатеринбург : ГОУ ВПО УГТУ–УПИ, 2010. – 92 с.

3. Жучков И.А. Дифференциальные уравнения – неотъемлемая часть заданий математических олимпиад / И.А. Жучков, К.В. Прасолов, В.В. Жучкова // Современные направления развития управления, экономики и образования: сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Пенза, 28 февраля – 02 2020 года / Под редакцией Б.Н. Герасимова. – Пенза : АННМО «Приволжский Дом знаний», 2020. – С. 115–119.

4. Романко В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления: учеб. пособие для студентов физ.-мат. специальностей вузов. – М.; СПб. : Физматлит: Лаб. базовых знаний, 2000. – 342 с.

5. Катышев П.Д. Решение некоторых типов дифференциальных уравнений с помощью замены переменных / П.Д. Катышев, И.А. Жучков // Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского: сборник научных статей IX Международной научно-практической конференции, Краснодар, 19–20 декабря 2018 года / КВВАУЛ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 223–226.

6. Вербицкая Ю.М. Метод конструктивного мышления в преподавании высшей математики // XV международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 64-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: Сборник научных статей конф., Краснодар, 15–16 апреля 2025 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2025. – С. 320–323.

7. Турчин В.А. К вопросу о побуждении курсантов военного авиационного вуза к углубленному изучению математики / В.А. Турчин, Д.Г. Дейкун, И.А. Жучков // Математика и математическое образование в эпоху цифровизации: материалы XIII Всероссийской с международным участием научно-методической конференции, Красноярск, 14–15 ноября 2024 года. – Красноярск : КГПУ им. В.П. Астафьева, 2024. – С. 205–211.

8. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623603 Российская Федерация. «Математика. Обыкновенные дифференциальные уравнения (для специальности 25.05.04)»: заявл. 26.08.2025: опубл. 03.09.2025 / В.А. Турчин, И.А. Жучков, Ю.С. Медведев [и др.]; заявитель ФГКВОУ ВО «КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова» МО РФ.

9. Программные средства для создания электронных учебников информационной образовательной среды вуза / Д.Г. Дейкун, В.А. Турчин, Г.И. Дейкун [и др.] // Научный потенциал вуза – производству и образованию, Армавир, 10–11 февраля 2023 года. – Армавир : ООО «Редакция газеты «Армавирский собеседник», 2023. – С. 164–168.

УДК 355.4

АВТОЖИР – ГИБРИД САМОЛЕТА И ВЕРТОЛЕТА

♦♦♦♦♦

AUTOGYRO – A HYBRID OF AN AIRPLANE AND A HELICOPTER

Коханый А.Ф.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Вовкотруб В.В.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

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

Аннотация. В статье авторы проводят исследование и исторические этапы развития уникальных летательных аппаратов-автожиров, являющихся самолетом и вертолетом одновременно от появления идеи до её практического применения.

Ключевые слова: гидроплан, винтокрыл, несущий винт, авторотация, тянущий или толкающий винт, скорость, дальность полета, тяга двигателя, вертикальный старт.

Kokhany A.F.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

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

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

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

Abstract. In this article, the authors explore the historical stages of development of unique autogyro aircraft, which are both an airplane and a helicopter, from the concept's inception to its practical application.

Keywords: gyroplane, rotorcraft, rotor, autorotation, tractor or pusher propeller, speed, flight range, engine thrust, vertical take off.

Автожи́р – винтокрылый летательный аппарат, похожий на вертолёт, использующий для создания подъёмной силы свободновращающийся в режиме авторотации несущий винт. Слово «автожир» имеет греческое происхождение и примерно переводится как самостоятельный винтокрылый. Жирос (гирос) означает круг, а вовсе не жир.

Данный летательный аппарат внешне очень похож на вертолёт, однако его главная «фишка» заключается в том, что подъёмная сила у автожира, как и у вертолёта, создаётся несущим винтом, винт (ротор) аппарата работает за счёт режима авторотации. У вертолётов винт приводит в движение двигатель, связанный с ним приводом. Авторотация – движение винта без участия двигателя за счёт набегающих на него воздушных потоков, под действием аэродинамических сил. Необходимая для этого поступательная тяга, придающая автожиру горизонтальную скорость, обеспечивается отдельным тянущим (расположен в передней части фюзеляжа) или толкающим (расположен в задней части фюзеляжа) пропеллером (винтом).

Свободный несущий винт автожира возможен упрощённой схемы, без изменения общего шага. Он создаёт только подъёмную силу и в полёте наклонён назад против потока, подобно фиксированному крылу с положительным углом атаки (у вертолёта, наоборот, винт (вместе с корпусом) наклоняется в сторону движения [1], создавая приводным несущим винтом подъёмную и пропульсивную [2] силы одновременно). Промежуточное положение между автожиром и вертолётом занимает винтокрыл, который имеет подключаемый привод несущего винта от двигателя и отличается от автожира тем, что может использовать не только режим авторотации, но и режим вертолёт-

ного полёта. На больших скоростях роторная система винтокрыла действует сходным с автожиром образом (в режиме авторотации), обеспечивая только подъёмную силу, но не тягу. Можно сказать, что винтокрыл сочетает в себе качества автожира и вертолёта. Первые автожиры с ротором без автомата перекоса управлялись с помощью аэродинамических рулей, поэтому вертикальная посадка получалась неуправляемой и обычно считалась чрезвычайным режимом. Современные системы управления наклоном плоскости несущего винта (втулка обладает двумя степенями свободы) позволяют производить посадку без пробега, так как управляемость аппарата не зависит от его воздушной скорости. Для реализации вертикального старта (подскоком) возможна предварительная раскрутка несущего винта с нулевым шагом на земле (от двигателя), с последующим отключением его привода и установкой рабочего шага винта.

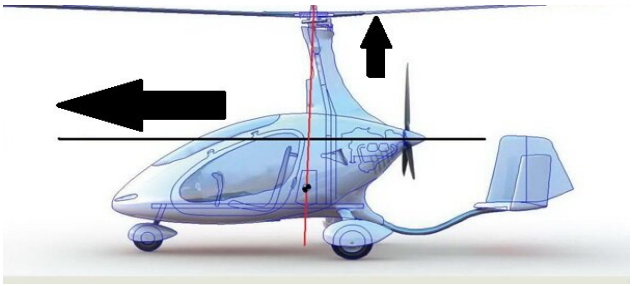


Рисунок 1 – Принципиальная схема автожира

Автожиры изобрел испанский инженер Хуан де ла Сиерва в 1919 году, его автожир С-4 совершил первый полет 31 января 1923 года. Основное развитие теория автожиров получила в 1930-е годы. С изобретением и массовым строительством вертолётов интерес к практическому применению автожиров упал настолько, что разработки новых моделей были прекращены. Новый этап интереса к автожирам начался в конце 1950-х – начале 1960-х годов. В это время в США активно пропагандировал аппараты собственной конструкции – лёгкие одноместные простейшие автожиры, которые продавались в виде наборов для самостоятельной сборки. Кроме того, на рубеже 1960-х годов в США и Канаде были разработаны и получили сертификаты типа три модели двухместных автожиров с прыжковым взлётом. Из этих трёх моделей первые две выпускались серийно. Несколько аппаратов этих моделей летают до сих пор. Avian 2/180 был построен в количестве нескольких прототипов разной конфигурации, но серийно не выпускался. Единственный сохранившийся (нелетающий) аппарат этой модели сейчас находится в частном владении в Калифорнии, причём владелец изменил его название на Pegasus. Большинство автожиров одно- и двухместные. Существуют и трёхместные модели – российский автожир «Охотник-3», выпускающийся научно-производственным центром Аэро-Астра-Автожир [4], и автожир А002, серийно выпускающийся ИАПО «Иркут» [3]. При скорости ветра более 8 м/с взлетает с места, в штиль нужен разбег до 15 м. Начиная с 2003 года выпуск этих аппаратов быстро увеличивался и сейчас составляет более 300 машин в год [3].

По расположению маршевого винта автожиры делятся на 2 типа: с тянущим винтом (исторически первые аппараты) и с толкающим винтом (наиболее распространённые в настоящее время). Преимущества схемы с тянущим винтом: лучшее охлаждение двигателя за счёт обдува винтом и несколько большая безопасность при аварии с ударом носовой частью (в схеме с толкающим винтом при такой аварии двигатель, расположенный за кабиной, может завалиться вперёд и травмировать пилота). В то же время, в схеме с толкающим винтом лучше обзор из кабины. У обеих схем есть и другие присущие им преимущества и недостатки. Некоторые автожиры способны к прыжковому взлёту. При этом лопасти несущего винта ставятся горизонтально (в малый общий шаг), винт раскручивается до оборотов, превышающих номинальные полётные, затем его лопасти поворачиваются в полётный шаг. Взлёт происходит по вертикали за счёт накопленной энергии винта. Осуществление такой схемы требует значительного усложнения конструкции втулки ротора и утяжеления лопастей, поэтому автожиры с прыжковым взлётом мало распространены.



Рисунок 2 – Автожир Avro Rota Mk 1 (Cierva Autogiro C30 A) – классический автожир с тянущим винтом, 1930-е

Разрабатываемый американским энтузиастом Джеем Картером шестиместный автожир CarterCopter с прыжковым взлётом обладает уникальной возможностью замедлять вращение несущего винта на больших скоростях, при этом несущая сила обеспечивается крылом небольшого размаха, разница в подъёмной силе идущих вперёд и назад лопастей становится неактуальна. За счёт этого возможен разгон до уникальных для винтокрылой техники скоростей за 600 км/ч. Первый полёт 24.09.1998 года, крушение 17.06.2005 года. Проект переименован в Carter Personal Air Vehicle. Первый советский автожир КаСкр-1 «Красный инженер» разработки Н.И. Камова и Н.К. Скржинского поднялся в воздух 25 сентября1929 года. Пилотировал автожир И.В. Михеев, а в задней кабине находился его создатель Н.И. Камов. После этого в ОКБ Камова был создан ещё ряд моделей. Автожир А-7 проходил лётные испытания по применению на авиахимработах, в том числе на опылении в предгорьях Памира. В 1936 году на заседании специальной комиссии при Политбюро ЦК ВКП(б), курировавшей создание первой дрейфующей станции в Северном Ледовитом океане, обсуждались варианты доставки полярников на льдину, предлагалось изготовить автожиры и подвесить их под крылья тяжёлого транспортного самолёта.

Николай Ильич Камов в то время – основной разработчик автожиров в стране, позже стал разрабатывать вертолёты. В годы Зимней и Великой Отечественной войн (под Ельней) Советский союз использовал автожиры Камова – боевые А-7 для корректировки артиллерийского огня и боевых вылетов. Вооружение А-7 состояло из трёх 7,62 мм пулемётов, а также нескольких ФАБ-100 (фугасные авиабомбы, 100 кг) и НУРСов РС-82 (неуправляемые ракетные снаряды).

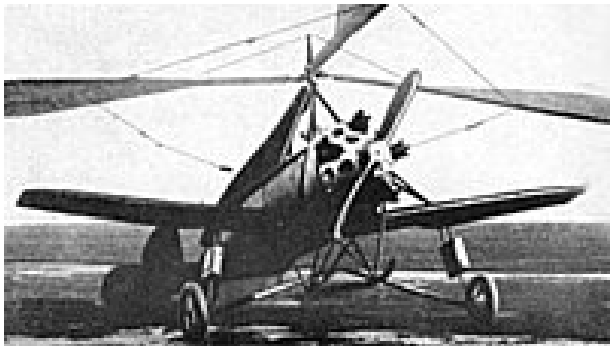


Рисунок 3 – Автожир КаСкр-1 «Красный инженер»

На сегодняшний день разработкой устройств в России занимаются сразу несколько компаний, выпускающих собственные модели с различными модификациями – Gyro-GT, «Твист», «Охотник» и т.д. Интерес к гибридным машинам не ослабевает – аппараты успешно используются как для наработки пилотной практики, так и при проведении патрульных и поисковых операций. Отличительная особенность современных гирокоптеров –

компактные габариты и обтекаемая форма. Кабина на одно или два места располагается в носовой части, функциональные механизмы начиная с тягового двигателя и топливного бака и заканчивая системой осевой регулировки, – сзади. Подобная конструкция обеспечивает необходимый баланс, который улучшает летные характеристики.

Использование мощных ДВС обусловливает необходимость установки роторного привода. При этом воздушные винты не обязательно работают согласованно – и этот фактор объясняет, в чем разница между автожиром и вертолетом. Стартовая раскрутка лопастей несущего элемента сводит к минимуму требования, предъявляемые к дистанции разбега, а если погодные условия характеризуются наличием сильного ветра – стартовать можно и вовсе с места. Конфигурация отдельных моделей предусматривает раскручивание ротора, соединенного с горизонтально расположенными лопастями, до значения, при котором формирование подъемной силы обеспечивается переводом на оптимальный угол атаки. Машины с меньшей мощностью все же нуждаются в дополнительном разгоне по взлетно-посадочной полосе. В этом случае настройки предусматривают отклонение оси назад, а также корректировку винтового положения при помощи шарнирного соединения с осевой втулкой. Необходимое расстояние укладывается в 20–30 метров, так что найти подходящую площадку для взлета не составляет особого труда.

Для улучшения аэродинамики допускается установка крыльев и заднего оперения, а также смена конфигурации кабины с последовательным или рядным размещением пилота и пассажира. Большое внимание уделяется комфорту эксплуатации – как правило, управлять автожиром с закрытым боксом, осветительными элементами для посадки и цифровой системой, отслеживающей основные показатели, оказывается гораздо проще даже для начинающих. Электронные датчики непрерывно регистрируют летные параметры, уведомляя о существенных изменениях в режиме реального времени.



Рисунок 4 – Современный лёгкий автожир с закрытой кабиной

Средним значением скорости для аппаратов считается разгон до 120км/ч, рекорд – 207 км/ч. Учитывая расход топлива в диапазоне 12–17 литров на 100 километров, современные гирокоптеры вполне можно сравнить по эффективности с легковым автотранспортом. Для успешного пилотирования достаточно уделить время изучению теоретических аспектов, а также провести несколько практических тренировок. При этом уровень безопасности полетов в полной мере отвечает стандартам, принятым в других транспортных сферах.

К достоинствам летательного аппарата можно отнести:

1. Аппарат в среднем гораздо дешевле лёгких самолётов и вертолётов.
2. Управлять автожиром проще, чем самолётом и вертолётом;
3. Один из самых безопасных летательных аппаратов, что обусловливают следующие его особенности:

а. не подвержен штопору;

б. способен совершать мягкую посадку с неработающим двигателем

в. незначительные требования к площадке для посадки;

г. гораздо менее чувствителен к термическим потокам (по сравнению с дельтапланом и парапланом)

д. менее чувствителен к турбулентности (по сравнению с самолётом)

К недостаткам: среди недостатков автожира (сравнительно с лёгким самолётом при равной мощности двигателя) можно назвать значительно больший расход топлива из-за большого сопротивления несущего винта, а также ряд присущих этому аппарату опасных режимов: потеря управления по тангажу (кувырок), что привело к ряду катастроф автожиров в 1970–2000 годы. Также ещё одним минусом автожиров является более низкий КПД использования силовой установки, из-за чего при равном полётном весе и скорости автожиру требуется более мощный двигатель, чем самолёту или дельталёту.

У автожира с двухлопастным несущим ротором есть несколько специфичных опасных режимов полёта (разгрузка ротора, кувырок, мёртвая зона авторотации и пр.), которые нельзя допускать при полёте во избежание падения. Кувырок характерен в основном для аппаратов с неправильно расположенными относительно друг друга центром тяжести и вектором тяги маршевого винта, а также с недостаточно развитым хвостовым оперением. Полёты на автожире в условиях обледенения представляют большую опасность, поскольку при обледенении ротора он быстро выходит из режима авторотации, что приводит к падению.

Список литературы:

1. Братухин И.П. Автожиры. Теория и расчёт. – Госмашметиздат, 1934. – 110 с.
2. Жабров А.А. Автожир и геликоптер. – 2-е изд. – ЦС ОСОАВИАХИМа СССР, 1939.
3. Rotorcraft Flying Handbook, FAA Manual H-8083-21, Chapters 15–22. – Washington, DC: Flight Standards Service, Federal Aviation Administration, U.S. Dept. of Transportation, 2001. – ISBN 1-56027-404-2.
4. Andreas G. Stuetz.Weltflug: The Gyroplane Dream (англ.). – Createspace Independent Pub, 2013. – ISBN 978-1-4937-6094-7.

УДК 37.013.75

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

♦♦♦♦♦

FEATURES OF THE USE AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HIGHER EDUCATION

Козак Л.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Голубкина М.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения искусственного интеллекта (ИИ) в сфере образования, его влияние на персонализацию обучения, автоматизацию административных задач, инклюзивное образование и прогнозирование успеваемости учащихся. Приведены примеры использования ИИ для создания индивидуальных траекторий обучения, виртуальных помощников и чат-ботов, а также систем автоматической оценки знаний. Особое внимание уделяется вопросам этики, защиты данных и необходимости прозрачности алгоритмов ИИ. Выявленные преимущества и проблемы показывают, что ИИ может значительно повысить доступность и эффективность обучения, создавая предпосылки для инклюзивного и гибкого образовательного процесса будущего.

Ключевые слова: искусственный интеллект, образование, этика, персонализация обучения, защита данных, алгоритмическая предвзятость, роль преподавателя, доступность технологий, рекомендации.

Kozak L.G.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Golubkina M.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article examines the prospects for the use of artificial intelligence (AI) in the field of education, its impact on the personalization of learning, automation of administrative tasks, inclusive education and forecasting student academic performance. Examples of using AI to create individual learning trajectories, virtual assistants and chat-bots, as well as automatic know ledge assessment systems are given. Special attention is paid to issues of ethics, data protection and the need for transparency of AI algorithms. The identified advantages and challenges show that AI can significantly increase the accessibility and effectiveness of learning, creating prerequisites for an inclusive and flexible educational process of the future.

Keywords: artificial intelligence; education; ethics; personalization of learning; data protection; algorithmic bias; the role of teachers; accessibility of technology; recommendations.

Искусственный интеллект (ИИ) стремительно преобразует мир, особенно в сфере образования. Внедрение ИИ в учебный процесс открывает новые возможности как для студентов, так и для преподавателей и образовательных учреждений, делая обучение более доступным, персонализированным и эффективным. Технологии ИИ находят применение на различных уровнях образования, что позволяет адаптировать учебный процесс к индивидуальным потребностям учащихся, автоматизировать административные функции, развивать дистанционное обучение и расширять доступ к образовательным ресурсам. В дальнейшем рассмотрим, каким образом ИИ способен преобразовать обучение, какие перспективы и вызовы он предлагает, а также приведем примеры его реализации в образовательной практике.

Индивидуализированный подход к каждому студенту является одной из ключевых задач образовательного процесса. Однако традиционно осуществить персонализацию бывает сложно, поскольку преподаватели не всегда имеют возможность уделить каждому ученику необходимое внимание. Искусственный интеллект предлагает эффективное решение этой проблемы, анализируя успеваемость, учебные стили и предпочтения студентов, а также создавая индивидуальные образовательные траектории. С помощью систем ИИ, таких как адаптивные обучающие платформы, программы могут оценивать ответы учащихся и корректировать сложность задач в зависимостиот их уровня знаний. Платформы, такие как Dream Box, Smart Sparrow и Knewton, предлагают персонализированный контент и рекомендации. Такой подход способствует повы-

шению мотивации, поскольку учащиеся работают с материалами, соответствующими их уровню и интересам [1, с. 84].

Искусственный интеллект предоставляет возможность внедрения виртуальных ассистентов и чат-ботов, которые поддерживают взаимодействие со студентами и оперативно отвечают на их вопросы. Это создает условия для получения обратной связи в любое время, что особенно актуально для дистанционного обучения. Чат-боты, такие как Jill Watson, разработанный на платформе IBM Watson, применяются в образовательных курсах для ответа на часто задаваемые вопросы, тем самым освобождая преподавателей от рутинных обязанностей. Эти виртуальные помощники функционируют круглосуточно, предоставляя информацию по учебным заданиям, напоминая о сроках выполнения и содействуя в навигации по образовательной платформе. Таким образом, студенты получают необходимую поддержку и доступ к информации независимо от времени и географического положения [7, с. 472].

Искусственный интеллект способен проводить оценку знаний с большей объективностью и скоростью. Используя системы на базе ИИ, можно автоматизировать процесс проверки тестов, анализа эссе и других письменных работ. Эти системы применяют обработку естественного языка для анализа текстовых ответов и их оценки по заранее установленным критериям. Автоматизация тестирования позволяет преподавателям экономить время и улучшает объективность оценивания. Например, такие системы, как Grade Scope, упрощают проверку тестов и анализ текстовых ответов, снижая нагрузку на преподавателей и уменьшая влияние человеческого фактора. Тем не менее, оценка творческих и сложных заданий требует учета их уникальности, что представляет трудность для современных алгоритмов ИИ. Таким образом, в этой области ИИ выполняет роль вспомогательного инструмента, а не полной замены [5, с. 280].

Эффективное освоение навыков работы с информацией требует применения различных методов и стратегий. Некоторые из них включают:

1. Проектная деятельность. Одним из наиболее действенных подходов является проектная деятельность, в ходе которой дети самостоятельно исследуют темы, анализируют собранные данные и представляют результаты в форме презентаций или исследований. Этот подход развивает умения анализировать, синтезировать и представлять информацию.

2. Использование цифровых ресурсов. В современных образовательных программам ключевую роль играет интеграция цифровых ресурсов. Сюда относятся обучающие платформы, электронные библиотеки и онлайн-курсы. Дети учатся безопасному и эффективному использованию интернета, осваивают принципы цифровой безопасности, что является основой их информационной грамотности [3, с. 85].

Технологии искусственного интеллекта открывают новые горизонты для поддержки учащихся с ограниченными возможностями, предлагая специализированные программы и приложения. Например, ИИ может адаптировать учебные материалы для студентов с нарушениями зрения или слуха, а также оказывать помощь учащимся с дислексией, аутизмом и другими особенностями развития. Программы, такие как Voice Dream Reader и Speechify, преобразуют текст в речь, что особенно полезно для слабовидящих учеников. Искусственный интеллект также способен модифицировать контент, изменяя формат и структуру уроков в зависимости от индивидуальных потребностей учащегося, что способствует доступности и эффективности обучения для всех категорий студентов. Кроме того, ИИ может анализировать большие объемы данных, включая успеваемость, посещаемость и активность на занятиях, что позволяет предсказывать учебные результаты. Эти прогнозы помогают преподавателям своевременно выявлять проблемы и предоставлять необходимую поддержку учащимся, нуждающимся в помощи [6, с. 202].

Платформы, такие как Bright Bytes, а также другие системы образовательной аналитики, осуществляют сбор и анализ данных, связанных с учебной деятельностью. На основании этой информации преподаватели имеют возможность выявлять учащихся, испытывающих трудности, и своевременно корректировать образовательные стратегии, что способствует предотвращению академической неуспеваемости. Современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) не только преобразуют процесс обучения, но и изменяют

его содержание. Важным становится не только знание конкретных фактов, но и способность работать с данными, критически мыслить и анализировать информацию. ИИ предоставляет возможность моделирования ситуаций и создания учебных симуляций, которые помогают учащимся развивать практические навыки и учиться на основе опыта. Применение ИИ в разработке учебных симуляций позволяет воспроизводить реальные сценарии, например, в таких областях, как медицина, инженерия или бизнес. Например, программы, основанные на ИИ, могут обучать врачей, создавая симуляции клинических случаев и предлагая пациентам виртуальных «диагностов». Вместе с внедрением ИИ в образовательный процесс возникают не только преимущества, но и этические и технические вызовы. Одной из актуальных проблем является защита данных учащихся и обеспечение конфиденциальности информации. Также возникает вопрос о степени объективности: использование ИИ для оценки требует прозрачности алгоритмов, чтобы избежать предвзятости и дискриминации [3, с. 85].

Таким образом, для преподавателя искусственный интеллект может стать отличным помощником, закрывая и облегчая некоторые аспекты его работы, такие как проверка и оценка работ студентов, составление расписаний занятий, управление данными студентов и многое другое. Использование ИИ для этих целей позволит чувствительно снизить нагрузку на преподавателей и поможет освободить ресурс для других задач, например, разработка учебных материалов и более индивидуальное взаимодействие со студентами.

Также, для улучшения образовательного процесса, алгоритмы машинного обучения могут проанализировать данные и выявить слабые места у студентов. Эти знания позволят преподавателю составить рекомендации для изучения учебного материала, понять потребности своих студентов и улучшить методы подачи материала соответствующим образом.

Искусственный интеллект может также помочь подойти персонально к обучению каждого студента. С помощью данных о процессах обучения, а также интересов студента, его актуальных значениях, ИИ может составить индивидуальные рекомендации по обучению, которые позволят эффективно освоить материал и улучшат качество образования.

Преподаватель может использовать ИИ в качестве ассистента: он может давать мгновенную обратную связь студентам, провести тестирование знаний, на основе этого подобрать учебный материал и даже адаптировать этот материал в реальном времени, чтобы студенты могли лучше понимать и вникать в сложные концепции.

В качестве индивидуального помощника ИИ может выступать и для студентов. Так, он подберет рекомендации по изучению курсов, поможет в исследовательских проектах, даст план для карьерного роста. Все это способствует учащимся принять решение о своем образовательном и профессиональном пути. ИИ не только облегчает процесс принятия решений, но и позволяет развивать критическое мышление, аналитические навыки, повышает интерес у студентов к продвинутым технологиям в процессе обучения.

Искусственный интеллект обладает значительным потенциалом для улучшения образовательного процесса. Он способствует доступности обучения, учитывает индивидуальные характеристики каждого ученика, упрощает труд преподавателей и содействует развитию навыков, актуальных в современном обществе. Однако для успешной интеграции ИИ в образовательную сферу необходимы детальные разработки и меры, направленные на обеспечение этичности и безопасности применения технологий. Перспективы использования ИИ в образовании открывают перед нами картину будущего, в котором образование станет максимально гибким, инклюзивным и доступным для всех, независимо от места проживания и социального статуса.

Список литературы:

1. Амиров Р.А. Перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в сфере высшего образования / Р.А. Амиров, У.М. Билалова // Управленческое консультирование. – 2024. – № 3. – С. 80–88.

2. 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 : Издательский Дом – Юг, 2023. – С. 178–182.

3. Коровникова Н.А. Искусственный интеллект в современном образовательном пространстве: проблемы и перспективы // Социальные новации и социальные науки. – 2024. – № 2. – С. 81–87.

4. Лучшева Л.В. Социальные проблемы использования искусственного интеллекта в высшем образовании: задачи и перспективы // Научный Татарстан. – 2025. – № 4. – С. 84–89.

5. Романова И.Н. Искусственный интеллект в системе отправления правосудия / И.Н. Романова, Е.А. Степаненкова // Устойчивое развитие: исследования, инновации, трансформация: материалы XVIII Международного конгресса с элементами научной школы для молодых ученых: в 2 т. / отв. ред. выпуска: А.В. Семёнов, П.Н. Кравченко. – М., 2023. – С. 469–478.

6. Садыкова А.Р. Искусственный интеллект как компонент инновационного содержания общего образования: анализ мирового опыта и отечественные перспективы / А.Р. Садыкова, И.В. Левченко // Вестник РУДН. Серия: Информатизация образования. – 2025. – Т. 17. – № 3. – С. 201–209.

7. Уваров А.Ю. Трудности и перспективы цифровой трансформации образования / А.Ю. Уваров, Э. Гейбл, И.В. Дворецкая. – М. : Высшей школы экономики, 2023. – 343 с.

8. Дейкун Д.Г. Использование возможностей искусственного интеллекта при обучении программированию / Д.Г. Дейкун, Г.И. Дейкун, В.А. Турчин // Современная педагогика и научные исследования в образовательной организации высшего образования : материалы Всероссийской научно-методической конференции, Кострома, 17 февраля 2024 года. – Кострома : Федеральное государственное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия радиационной, химической и биологической защиты имени Маршала Советского Союза С.К. Тимошенко Министерства обороны Российской Федерации», 2024. – С. 105–113.

9. Дейкун Д.Г. Достоинства и недостатки использования искусственного интеллекта // IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 58-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос : сборник научных статей, Краснодар, 12–13 апреля 2019 года. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2019. – С. 249–253.

УДК 69.05

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БПЛА: РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ПОЛЕ И ДРОНЫ-ПЕРЕХВАТЧИКИ

♦♦♦♦♦

INTEGRATED UAV COUNTERACTION SYSTEM: RADAR FIELD AND INTERCEPTOR DRONES

Баштовая А.В.
студентка,
Северо-Кавказский федеральный университет
annabashtovaya3@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые компоненты многослойной противодронной обороны: концепция радиолокационного поля обнаружения низколетящих БПЛА и применение специализированных дронов-перехватчиков. Описываются принципы работы таких систем и задачи, которые они решают, с учётом технических деталей (например, привязки радиолокационных сетей к единой информационной системе и использованию ИИ в навигации перехватчиков). Рассматриваются отечественные подходы – российские разработки систем контроля воздушного пространства (СКВП) с объединением многопозиционных РЛС и канальная боевая эффективность «антикамикадзе» (дронов-перехватчиков). Для сравнения обсуждаются зарубежные практики: в США – многослойные архитектуры с радарно-оптическими датчиками, РЭБ и автономными перехватчиками (Coyote), в Китае – самоходный комплекс FK-3000 с пушкой и ракетами, в Европе – скорострельные пушки с ВВМ, лазерные и СВЧ-системы. Приводится анализ основных проблем (малая ЭПР цели, быстрое эволюционирование БПЛА, затраты) и перспектив развития – интеграции ИИ, направленной энергии и многоуровневых алгоритмов защиты.

Ключевые слова: БПЛА, радиолокационное поле, система контроля воздушного пространства (СКВП), дрон-перехватчик, противодействие дронам (C-UAS), лазерное оружие, многоуровневая ПВО.

Bashtovaya A.V.
Student,
North Caucasus Federal University
annabashtovaya3@gmail.com

Abstract. The article examines the key elements of a multi-layered counter-unmanned aerial system (C-UAS) defense. In particular, it explores the concept of a radar surveillance field for detecting low-altitude UAVs and the deployment of specialized interceptor drones (for example, the Raytheon Coyote). It describes the operating principles of such systems and the tasks they perform, with attention to technical details – for example, integrating radar networks into a unified command-and-control system and employing artificial intelligence (AI) in the navigational guidance of the interceptors.

Domestic (Russian) approaches are examined – specifically, Russian developments of Airspace Control Systems (СКВП, or Airspace Control System, ACS) that integrate multi-static radar stations, and analyses of the per-engagement effectiveness (often called “single-shot kill probability”) of so-called “anti-kamikaze” interceptor drones. For comparison, international practices are discussed: in the United States – layered architectures combining radar and electro-optical sensors, electronic warfare (EW) measures, and autonomous interceptors (such as the Coyote UAS); in China – the FK-3000 self-propelled short-range air-defense system equipped with a 30 mm autocannon and multiple guided missiles; and in Europe – high-rate-of-fire cannons using high-velocity projectiles, as well as directed-energy systems such as lasers and high-power microwave (HPM) weapons.

Finally, an analysis of major challenges is presented (including the small radar cross-section of UAV targets, the rapid evolution of drone threats, and cost constraints) and prospects for future development – notably the integration of AI, directed-energy weapons, and multi-layer defense algorithms. This comprehensive assessment aligns with current NATO and DoD terminology for counter-UAS defense – describing layered sensing and engagement, networked C2, electronic warfare and kinetic/non-kinetic effectors, and the role of advanced technologies in future systems

Keywords: UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), Radar detection field, Airspace Control System (ACS), Interceptor drone (UAV interceptor), Counter-UAS (C-UAS), Laser weapon (directed-energy weapon), Multi-layered air defense.

Концепция радиолокационного поля противодействия БПЛА

Современная угроза со стороны малых дронов требует создания непрерывного *радиолокационного поля* контроля маловысотного воздушного пространства. Традиционные РЛС ПВО затрудняются обнаруживать микро-БПЛА с малыми эффективными площадями рассеивания, поскольку они летят низко, малозаметны и маневрируют среди рельефа. Поэтому главной задачей становится построение сети специализированных РЛС, способных совместно охватывать «слепые зоны» при помощи многопозиционного наблюдения. В России реализована система контроля воздушного пространства (СКВП), объединяющая до 24 неподвижных РЛС, ориентированных на обнаружение малых целей. Эти станции связаны в единую информационную сеть: алгоритмы могут автоматически классифицировать тип летательного аппарата и передавать данные на единый сервер ситуационной осведомлённости. По заявлению разработчиков, СКВП адаптирована для поиска БПЛА «с крайне малой ЭПР» и собирает информацию со всех направлений «радиолокационного поля» над ключевыми районами (например, вокруг крупных городов или стратегических объектов).

Принцип формирования радиолокационного поля состоит в создании мультистанционной системы датчиков, которая обеспечивает целостную картину маловысотной обстановки. Российские компании, в частности «Алмаз-Антей» и ЦКБ «Арматура», разрабатывают интегрированные комплексы: по словам представителя концерна, они уже создали «многопозиционную систему наблюдения за дронами», объединяющую несколько радаров и единый сервер обработки. Получаемое таким образом «информационное пространство» позволяет отслеживать все БПЛА, вертолёты или легкие самолёты в заданной зоне и своевременно передавать координаты средствам ПВО. Ряд источников указывает на увеличивающийся объём производства СКВП: в ответ на массовое появление дронов выпуск таких систем планируется увеличить в несколько раз. Таким образом, отечественный подход к радиолокационному полю представляет собой распределённую сеть РЛС малого и среднего радиуса действия, направленных под углом к горизонту (или VHF-поля), с объединённой системой слежения.

Международный опыт подтверждает необходимость многоуровневого обнаружения. Известно, что армии ведущих стран стремятся сочетать радарные станции, оптические камеры, акустические и радиопеленгаторы, связывая их в «систему в системе». Например, американская архитектура FS-LIDS объединяет РЛС раннего предупреждения, дальнодействующие «просветительные» датчики (радиолокационные и оптические), радиоподавители и малые управляемые ракеты-перехватчики для «плотного» прикрытия прицельной зоны. В Европе уже практикуется установка дополнительных антенн на существующих станциях (чтобы прикрыть низкий эшелон) и применение стационарных микроволновых локаторов. Однако ни одно техническое решение не гарантирует точного и безошибочного обнаружения маломасштабных БПЛА: «ни одно средство не способно победить все угрозы дронов». Это диктует эволюцию радиолокационных полей в сторону максимальной интеграции с другими системами (например, passiveradar, lidar и т.д.), а также постоянного совершенствования алгоритмов фильтрации ложных целей.

Дроны-перехватчики: принципы работы и задачи

Дроны-перехватчики – это специально разработанные БПЛА, оснащённые вооружением или специализированными средствами поражения (сетками, лазерными модулями и т.п.), задачей которых является обнаружение и уничтожение вражеских беспилотников. Обычно перехватчики действуют автономно или полуавтономно, в составе интегрированной системы обнаружения целей: например, они могут получать целеуказание от наземной РЛС и наводиться по лазерному лучу подсветки. Зачастую это одноразовые «камикадзе», которые сближаются с целью и подрываются рядом с ней или сталкиваются с целью, создавая мощную ударную волну.

Российский опыт показывает, что современные перехватчики обладают высокой скоростью и автономностью. Так, разработанный в Туле дрон-перехватчик разгоняется до ~240 км/ч (65–68 м/с) и действует на дальность ~5–8 км, специализирован на уничтожении быстрыхударных БПЛАи тяжёлых квадрокоптеров-бомбардировщиков. В Липецке создан высокоскоростной дрон-перехватчик с вертикальным взлетом типа VTOL, который создан для разгрузки систем ПВО в условияхатак беспилотников самолетного типа: по данным ТАСС, он несёт боеприпас, активируемый автоматически, и может работать при массированной атаке. VTOL (Vertical Take-Offand Landing)- технология, поз-

воляющая беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) взлетать и садиться вертикально, как вертолёты, без необходимости в длинной взлётно-посадочной полосе.

Аппараты типа «Воган-9СП» развивают скорость до 200–250 км/ч и оснащены комбинированным наведением: наземная РЛС обнаруживает цель, лазерная подсветка обеспечивает точность захвата, а оператор даёт команду на запуск. После старта под углом 45° перехватчик автоматически «догоняет» цель и подрывается рядом с ней. По заявлению разработчиков, ключевая задача этих дронов-перехватчиков – уничтожение однодневных «дронов-камикадзе» противника, которые требуют применения дорогостоящих средств ПВО.

Важной особенностью таких систем является использование современных вычислительных технологий.Сегодня ИИ-алгоритмы и машинное зрение всё активнее интегрируются в навигацию дронов-перехватчиков: бортовой компьютер помогает распознавать и захватывать цель, преследовать её и корректировать траекторию на подлёте. Благодаря искусственному интеллекту системы самообучаемы и постоянно совершенствуются. Важным фактором является минимизация вмешательства человека: оператор в таких системах лишь подтверждает финальное пусковое решение или оценивает целевую обстановку по видеопотоку с дрона, тогда как основные вычисления выполняет ИИ. Таким образом, принцип работы дронов-перехватчиков состоит в сочетании *наведения по целеуказанию* и *автономного управления* по заранее загруженной траектории или по визуальному захвату цели.

Российские разработки и практики

В России создаётся комплексная структура противодронной обороны, включающая и упомянутые радиолокационные сети, и средства активного перехвата. Кроме СКВП (объединённой сети РЛС), ведутся работы над автономными дронами-перехватчиками различных классов. Например, «Воган-9СП» прошёл испытания в 2024 г.: этот ударный БПЛА-камикадзе весит несколько килограммов, разгоняется до 200–250 км/ч и целится по лазерной подсветке. Его основная нагрузка – осколочно-фугасная боевая часть, подрываемая при сближении с целью (преимущественно – другими дронами-камикадзе). Другой проект – лёгкий квадрокоптер «Аллигатор» от КБ «Вектор»: он развивает скорость до 270 км/ч и несёт 250-граммовый выстрел ВОГ-25 (осколочно-фугасную гранату).



Рисунок 1 – Дрон проекта «Аллигатор»

«Аллигатор» уже применялся на поле боя, сбивая тяжелые украинские «Баба-Яга». Характерно, что его полётное время около 15 минут, дальность – до 8 км, а поражение достигается либо от дистанционного подрыва гранаты, либо при прямом столкновении.

Эти примеры иллюстрируют отечественный подход: массовое применение сравнительно дешёвых БПЛА-перехватчиков в непосредственной близости к защищаемым объектам, чтобы разгрузить основные системы ПВО. Отмечается, что дроны-перехватчики не могут полностью заменить зенитные установки или комплексы РЭБ, но создают дополнительный буфер – «уплотняют» рубежи обороны. При этом в РФ



Рисунок 2 – Тяжелый ударный БПЛА, известный в полевых сводках как «Баба-Яга» (иногда Vampire)

учитываются реальные боевые требования: рассчитывается, что такие перехватчики должны эффективно работать в среде помех и массированных ударов, поэтому упор делаются на минимизацию поражающего фактора, например, использование маломощных боевых частей и на удалённое боевое управление.

Зарубежный опыт (США, Китай, Европа)

В мире наблюдается активное развитие технологий противодействия беспилотным летательным аппаратам, как в Европе, так и в США и других странах. Основной целью такой техники является отслеживание, обнаружениеи нейтрализация враждебных дронов.В ответ на угрозу Пентагон планирует закупить тысячи дронов-перехватчиков «Coyote», размещаемых на мобильных пусковых установках.



Рисунок 3 – Запуск «Coyote block 2»

Дроны CoyoteBlock 2 нацелены на уничтожение стационарных разведывательных и ударных БПЛА противникана расстоянии до 15 км. Одним из ключевых направлений является применение комплексных C-UAS-систем, сочетающих электронную борьбу, радиолокацию и кинетические средства поражения. Так, армия США в августе 2025 года провела успешные боевые испытания системы BLADE, интегрированной на бронемашине Stryker: комплекс продемонстрировал способность обнаруживать, отслеживать и уничтожать несколько дронов на дальности до 800 м в условиях учений, что отражает приверженность США подходу многоуровневой защиты против UAV-угрозы на тактическом уровне. Министерство сухопутных войск США подчёркивает: беспилотники – угроза «масштаба всего человечества», требующая «многослойной обороны» (multi-layereddefence). В частности, американские военные вновь заинтересованы в сеткомётах и спецсредствах, поскольку некоторые автономные БПЛА (например, с волоконно-оптической связью) невозможно подавить радиопомехами. США также развивают лазерные и микроволновые системы поражения; создаются новые модификации зенитных орудий с интеллектуальной системой наведения для стрельбы по малым целям.

В Европе и НАТО акцент делается на защите границ. В ряде стран развёрнуты Doppler-РЛС и РЛС стохастического обзора (например, датские решения Weibel), инте-

грированные с ИК-камерами и РЭБ-устройствами для круглосуточного мониторинга приоритетных объектов (аэропортов, портов). После инцидентов с полётом неидентифицированных БПЛА над европейским воздушным пространством в 2025 г. лидеры ЕС договорились о создании так называемой «стены от дронов» вдоль восточных границ. На восточном фланге помимо создания линии сдерживания путем объединения наземной ПВО и авиации, используется компактная американская система Merops: она автоматически обнаруживает цель и запускает дрон-перехватчик с ИИ-наведением. Короткодействующие C-UAS-системы работают на перехват первых волн атак дронов, а более дорогие комплексы резервируются для серьёзных угроз.

Китай следует концепции всеобъемлющего, интегрированного противодронового щита. Народно-освободительная армия активно инвестирует в передовые РЛС и сетевые системы слежения для БПЛА, которые объединяются в единую сеть с оптическими сенсорами и РЭБ-модулями, управляемую AI для своевременной идентификации вражеских дронов. Пример такого комплекса – разработанная CETC система «Небесный Купол» (Tianqiong), где в одном автоматизированном сетевом комплексе сочетаются РЛС, радиоэлектронные глушилки и ударные модули (микроволновые или лазерные). Из неконтактных средств поражения Китай делает ставку на микроволновое излучение и лазеры: система NORINCO «Hurricane-3000» способна за короткое время поражать электронику дронов в радиусе ~3000 м пучком энергии, а лазер Silent Hunter (30 кВт) уничтожает низколетящие БПЛА на дистанции до ~4 км. Китай, как и Россия, делает ставку на многокомпонентную систему противодействия.

Основные вызовы, ограничения и перспективы

Борьба с БПЛА представляет собой «гонку вооружений» со стремительным темпом. Одной из главных проблем остаётся обнаружение и идентификация малогабаритных и оптоволоконных дронов. У многих коммерческих квадрокоптеров эффективная площадь рассеивания едва ли достигает сотых долей квадратного метра, что затрудняет радиолокацию на дальних подступах. Повышенная маневренность и новые коммуникационные схемы (например, оптоволоконная связь FPV) делают их нечувствительными к классическим РЭБ. Поэтому создаются новые типы сенсоров: детекторы дронов, сети акустиков и радиопеленгаторов, нейросетевые разведывательные системы. Тем не менее, как подчёркивают специалисты, «даже все эти средства не решают главной проблемы – дроны эволюционируют быстрее». После очередной инновации оперативно появляется контрмера (например, после отказа от GPS в дронах вводятся лазерные целеуказатели или «терминальный манёвр»).

Ещё один вызов – соотношение затрат. Уничтожить дешёвый коммерческий квадрокоптер дорогой ракетой экономически нецелесообразно. Поэтому растёт интерес к «низко затратным» средствам: высокоскоростным осколочным снарядам, перехватчикам-камикадзе, энергетическому оружию с малой стоимостью луча. Однако все они имеют ограничения: кинетические решения (ракеты, автоматы) требуют визуального подтверждения цели и безопасного сектора стрельбы, РЭБ неэффективна против полностью автономных БПЛА, а лазеры – плохо действуют при сильных осадках. Ни один метод нельзя считать универсальным. Каждое звено (кинетика, ИИ, РЭБ и т.д.) должно дополнять другие, формируя многоуровневую многофункциональную систему.

Министр обороны Андрей Белоусов поручил систематизировать полученный на специальной военной операции опыт применения военных дронов, чтобы они могли использовать искусственный интеллект для более эффективного управления. Перспективы развития связаны с интеграцией новых технологий и сетевых концепций. ИИ будет всё шире использоваться не только в навигации перехватчиков, но и в задачах обнаружения: к системам видеонаблюдения и радарам прилагаются обучающие алгоритмы, способные классифицировать малые цели по характерным признакам. Разрабатываются тактики группового применения дронов (рои перехватчиков) и организации автоматизированных «командных» узлов («ведомых» и «ведущих» БПЛА), способных самостоятельно распределять цели и обстреливать сразу несколько вражеских дронов. «Обладатель «роя» получит очень весомые преимущества как в обороне, так и в наступлении. Буквально за несколько минут один эшелон дронов перегружает и уничтожает средства противодействия, а второй — добивает противника», – считает Дмитрий Дацыков, генеральный директор «RuDrones».

С большой вероятностью внедрение направленной энергии (лазеры и СВЧ) продолжится – после успешного боевого применения и испытаний ожидается снижение цен на оборудование и появление доступных мобильных версий этого оружия.

Подводя итоги, следует отметить: системы противодействия БПЛА находятся в интенсивной разработке как в России, так и за рубежом. Российские приоритеты – повышение точности обнаружения БПЛА на низких высотах (СКВП). Основной потенциал совершенствования сводится к применению искусственного интеллекта, роевого управления, автоматизации обслуживания дронов. Основной вызов для всех стран – резко возросший темп инноваций в области БПЛА, требующий гибкости при создании оборонительных систем. Окончательного решения пока нет, но трендом остаётся синергия: «система в системе» – радиолокационное раннее предупреждение, камеры для отслеживания, глушители для подавления управляющих сигналов и малые ракеты-перехватчики для физического уничтожения дронов, все работает совместно.

Список литературы:

1. Официальные сообщения и публикации (РИА «Новости», ТАСС, «Российская газета», Лента.ру).

2. Материалы аналитических центров и военных порталов, современные обзоры средств C-UAS в мире (2023–2025).

3. Цитаты из открытых русскоязычных источников приведены по их текстам: lenta.ru, ria.rutass.ru, rg.rurg.ru, mashnews.ru, sputnik.by.

ГУМАНИТАРНЫЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

HUMANITIES AND SOCIO-ECONOMIC SCIENCES

УДК 159.9

МИРОВОЗЗРЕНИЕ КУРСАНТА КАК ИНТЕГРАТИВНАЯ КАТЕГОРИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ПРОФЕССИЕЙ ВОЕННОГО ЛЕТЧИКА

♦♦♦♦♦

THE CADET'S WORLDVIEW AS AN INTEGRATIVE CATEGORY IN THE PROCESS OF MASTERING THE PROFESSION OF A MILITARY PILOT

Ветвицкая С.М.
доктор психологических наук, профессор,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
vetvickaya.svetlana@mail.ru

Мальчинский Ф.В.
кандидат психологических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
nil.hfl@yandex.ru

Аннотация. В статье рассматривается понятие «профессиональное мировоззрение», его онтологические основы, соотношение общего и профессионального мировоззрения в жизнедеятельности человека. Проведенный сравнительный анализ философских и психологических определений понятия «мировоззрение» показывает, что мировоззрение человека связано с «картиной мира» и представляет собой сложную динамическую систему. Мировоззрение человека влияет на его решения, выбор действий и поступки. В статье рассматривается мировоззрение курсанта как интегративная категория в процессе освоения профессией военного летчика. Рассматривается влияние специфики военной летной деятельности на становление профессионального мировоззрения и подчеркивается необходимость развития профессионального мировоззрения будущего летчика в процессе обучения. В заключении подчеркивается, что профессиональное мировоззрение военного летчика следует рассматривать как интегративную систему профессиональных качеств миропонимания и мировосприятия, формируемых под влиянием знаний и опыта в сфере его профессиональной деятельности. Именно система взглядов на окружающий мир сквозь призму своей профессиональной принадлежности и составляет суть мировоззрения профессионала-летчика.

Ключевые слова: мировоззрение, профессиональное мировоззрение, курсант, военный летчик, военное авиационное училище, образовательный процесс.

Vetvitskaya S.M.
Doctor in Psychology, Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
vetvitckaya.svetlana@mail.ru

Malchinsky F.V.
PhD in Psychological Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
nil.hfl@yandex.ru

Abstract. The article discusses the concept of «professional worldview», its ontological foundations, and the relationship between general and professional worldviews in human life. A comparative analysis of philosophical and psychological definitions of the concept of «worldview» shows that a person's worldview is related to their «worldview» and is a complex dynamic system. A person's worldview influences their decisions, choices, and actions. This article examines the worldview of a cadet as an integrative category in the process of mastering the profession of a military pilot. The article examines the influence of the specifics of military flight activity on the formation of a professional worldview and emphasizes the need to develop a professional worldview in the process of training future pilots. In conclusion, it is emphasized that a military pilot's professional worldview should be considered as an integrative system of professional qualities of worldview and perception, which are formed under the influence of knowledge and experience in the field of their professional activity. It is the system of views on the world around us through the prism of our professional affiliation that forms the essence of a professional pilot's worldview.

Keywords: worldview, professional worldview, the cadet, military pilot, military aviation school, the educational process.

Какова роль мировоззрения курсанта в процессе его профессионального становления? Имеется ли взаимосвязь общего мировоззрения с профессиональным мировоззрением? Влияет ли мировоззрение курсанта на его поведение и на качество обучения?

Исследование данных вопросов актуально и является значимым как в процессе профессионального становления военного летчика, так и в период СВО.

Благодаря мировоззрению создается набор ценностей и жизненных принципов. От того, что человек выделяет главным в мире, зависит деятельность, лексикон, манеры общения и поведения, окружение. Именно понимание и восприятие мира определяет жизненный путь человека.

Что же такое «мировоззрение»? Это скорей всего философское понятие или психологическое?

Обратимся к определению понятия «мировоззрение».

В работе И. Фихте «Опыт критики всякого откровения» дано такое определение: – «Образ мира, возникающий как в результате пассивного созерцания, так и призма, через которую происходит процесс осознания. Картина мира, позволяющая реализовывать интерпретацию наблюдаемого» [1].

Определение понятия «мировоззрения» в работе Э.Д. Шлейермахера «Речи о религии»: – «Система человеческих установок, через которые реализуется интерпретация наблюдаемого мира на уровне сознания. Система ограничений» [2].

Последователи позитивной науки О. Конт, Г. Спенсер и т.д. объясняют мировоззрение как «систематизированное представление о мире, основанное на научных знаниях. Система научных знаний о мире» [3].

Последователи субъективного идеализма Ф. Ницше, У. Дильтей, А. Бергсон и другие дают такое объяснение мировоззрению: – «Система отношения Я и внешнего мира. Модель взаимосвязи индивида и внешнего мира».

Отечественные ученые-философы С.Л. Франк, В.С. Соловьев, Н.А. Бердяев и т.д. в «Русском мировоззрении» дают определение: – «Мировоззрение – это система отношения Я и внешнего мира с учетом «русской души» в отношении Я. Модель взаимосвязи русского индивида и внешнего мира. В данном случае, менталитет обуславливает картину мира, а не составляет ее» [5].

Черноволенко В.Ф., Спиркин А.Г., Овчинников В.С. и другие ученые рассматривают мировоззрение как «систему взглядов на объективный мир и место человека в нем, на отношение человека к окружающей его действительности и самому себе, а также обусловленные этими взглядами основные жизненные позиции людей, их убеждения, идеалы, принципы познания и деятельности, ценностные ориентации. Модель взаимосвязи индивида и внешнего мира, основанная на объективных знаниях» [6, 7].

По мнению Е.В. Бондарчук, мировоззрение включает: а) эмоционально-психологическую сторону (на уровне настроений, чувств, эмоций) – мироощущение; б) наглядно-образную сторону (опыт формирования познавательных образов мира с использованием наглядных представлений) – мировосприятие; в) познавательно-интеллектуальную сторону (совокупность знаний о мире) – миропонимание [8].

Миропонимание достаточно устойчиво, т.к. включает в себя систему точных знаний о мире: законы, теории, принципы, регулятивы. Мироощущение является первоначальным элементом, соединяющим субъект (человека) иобъекта (мир). Мироощущение свидетельствует о непосредственно чувственном контакте человека и мира. Оно представляет собой как бы превращение энергии внешнего раздражителя в факт сознания. Это тот мостик, благодаря которому данности окружающего мира проникают в человеческую субъективность. Мироощущение достаточно динамично, представлено многообразием чувств и настроений. Мировосприятие предполагает целостное отражение ситуации, событий в виде наглядных образов и представлений. Оно обеспечивает чувственную ориентировку человека в окружающем мире и зависимо от мотивационной сферы. Мировосприятие может наполнять себя из разных источников: это впечатления от природы, сферы общения, непосредственной жизнедеятельности. Мировосприятие имеет аффективную эмоциональную окраску и может быть в той или иной степени пристрастным. В отличие от миропонимания мироощущение и мировосприятие, по мнению Е.В. Бондарчук, достаточно подвижные образования. Чувства тревоги, неуверенности и подавленности при достижении поставленной цели могут достаточно быстро перейти в ощущение радостного и оптимистичного настроя. Многочисленные вариации в мироощущении и мировосприятии возможны вследствие того, что в этих структурах отражается качественное многообразие мира, помноженное на своеобразие и уникальность субъекта восприятия. Результативной составляющей мировоззрения является комплекс убеждений, а затем поступков и действий субъекта. В итоге мировоззрение оказывается фоном и основой жизнедеятельности человека.

В Психологическом словаре Р.С. Немова (2007 г.) дано такое определение мировоззрению: – «это устойчивая система взглядов и отношений человека к тому, что происходит в окружающем его мире. Мировоззрение включает цели и ценности жизни, социальные установки и убеждения человека. Мировоззрение делится на виды в зависи-

мости от того, какую систему взглядов человека оно в действительности представляет, оно может быть научным, житейским, философским, экономическим, правовым, религиозным и т.д. Мировоззрение образует для данного человека общую картину окружающего его мира, которой он руководствуется, принимая те или иные жизненно важные решения и совершая те или иные социально значимые поступки [9].

Философские идеи мыслителей различных взглядов воплотились в мировоззренческом образе личности, которая реализует свое миро отношение посредством, прежде всего углубленного нравственного познания самой себя. Она не только способна быть обращенной к собственному внутреннему миру, но и совершенствовать его. Несмотря на то, что история исследования содержания категории «мировоззрение» уже насчитывает не одну сотню лет, до сих пор учеными по этому вопросу ведется оживленная дискуссия в поисках ответов на смысложизненные искания человечества.

В настоящее время мировоззрение определено как система взглядов человека на мир и свое место в нем, на отношение человека к миру и самому себе, а также путей и способов решения возникающих при этом противоречий [10, с. 134].

Таким образом, проведенный сравнительный анализ философских и психологическихопределений понятия «мировоззрение» показывает, что мировоззрение человека связано с «картиной мира» и представляет собой сложную динамическую систему описательного характера, где каждый структурный элемент, характеризующий мир человека, находится в прочной связи со всеми остальными.

Проблему формирования профессионального мировоззрения исследовали ряд ученых: Р.М. Абдулгалимов, Л.И. Божович, Е.В. Дмитриева, Б.И. Додонов, Т.Я. Железнова, А.Л. Жохов, В.Н. Жукова, Р.М. Залесский, В.В. Коновалова, А.Я. Лопушенко, С.В. Манецкая, Н.А. Менчинский, А.А. Когут, А.Г. Ковалев, И.М. Краснобаев, Т.К. Мухина, С.Ю. Рыбин, Т.С. Тамбовцева, Б.М. Теплов, Т.С. Туркина, Т.И. Ойзерман и многиедругие. Рассматривался вопросформирования профессионального мировоззрения как фундаментальной основы выбора позиции и взглядов человека при вхождении во взрослую жизнь, изучались особенности психологии профессионального образования и мотивации в деятельности. В работах Залесского Г.Е. раскрыта сущность ценностно-деятельностного подхода к формированию мировоззрения и убеждений. Содержание личностно-ориентированного образования раскрыто в работах Н.М. Борытко, Е.В. Бондаревской, К.Н. Вентцеля, Л.М. Кларина, В.А. Петровского, К. Роджерса, Н.С. Моровой, О.Л. Шабалиной, В.В. Серикова, И.С. Якиманской. В исследованиях Туркиной Т.С. уточнена структура профессионального мировоззрения, включающая гносеологический (познавательный), аксиологический (ценностный), конгруэнтный (принципы, убеждения, направленность), праксиологический (практический) компоненты, наличие которых обусловлено субъект-объектными характеристиками профессиональной деятельности.

Сравним несколько определений понятия «профессиональное мировоззрение».

Ойзерман Т.И. рассматривает профессиональное мировоззрение как атрибут мировоззрения в целом, которое «…представляет собой сложную динамическую систему, имеющую взаимосвязь с профессиональной деятельностью» [11].

Туркина Т.С. – «Профессиональное мировоззрение – совокупность специальных знаний, ценностных ориентаций, принципов, оценок и убеждений, влияющих на профессиональное становление индивида, способствующих формированию готовности индивида к обучению через всю жизнь, вырабатывающих способность индивида к самоорганизации и конкурентоспособности на рынке труда» [12].

Лопушенко А.Я. – «Профессиональное мировоззрение – система взглядов на мир, в которой главную роль выполняют социальные ценности конкретной профессии» [13].

В исследованиях профессионального мировоззрения одной из его составляющих рассматривают профессиональную Я-концепцию, представляющую собой совокупность представлений субъекта деятельности о себе в профессиональной деятельности. В состав профессиональной Я-концепции входят характеристики человека, которые определяют успешность его деятельности (профессионально важные качества (ПВК) и свойства личности), а именно индивидуально-психологические свойства (сенсорные, перцептивные, аттенционные, мнемические и т.д.) и отношения личности к профессии, к себе в профессии, к профессиональному окружению, к организации и условиям труда.

Рассматривая мировоззрение курсанта как интегративную категорию, следует отметить тонкое различие между понятиями «профессиональное мировоззрение» и «мировоззрение профессионала». В первом случае мир выступает в качестве внешнего фона, а во втором случае внешний фон замещается профессиональной спецификой [14, с. 182].

Учитывая спецификувоенной летной деятельности,профессиональное мировоззрение военного летчика следует рассматривать как интегративную систему профессиональных качеств миропонимания и мировосприятия, формируемых под влиянием знаний и опыта в сфере его профессиональной деятельности. Именно система взглядов на окружающий мир сквозь призму своей профессиональной принадлежности и составляет суть мировоззрения профессионала-летчика.

Военная летная деятельность представляет собой такой род человеческой деятельности, целью которой выступает защита Родины.Профессия летчика относится к категории опасных профессий, в которой существуют реальная витальная угроза для человека, постоянное воздействие неблагоприятных факторов летного труда и факторов риска оказывают свое влияние на формирование мировоззрения профессионала.

Профессионал-летчик, часто работая в зоне повышенной опасности, используя свое право на осознанный риск, нагляднее видит результаты своего труда, более остро чувствует свою ответственность и свое предназначение в мире бытия, в чем проявляется его жизненная позиция. Жизненная позиция проявляется в убеждениях, ценностных ориентациях, установках и мотивах деятельности личности. Сама военная профессия летчика, связанная, в том числе, и с уничтожением живой силы противника, имеет ряд моральных сторон. [15] Направленность летчика, в свою очередь, в иерархическом порядке объединяет несколько форм: влечение, желание, стремление, интерес, любознательность, склонность, идеал, мировоззрение, убеждения, особенности характера и самооценка.Гдеубеждения можно рассматривать как высшую форму направленности, в структуру которой входят ее низшие формы и в которой мировоззрение связано со стремлением к достижению идеалов. Иначе можно сказать, что направленность летчика – это совокупность устойчивых мотивов.Личностные качества определяют его мотивацию, целенаправленность и устойчивый интерес к летной работе, социальный тип поведения и приспособления к специфическим условиям военной летной деятельности и воинской службе.

Любое мировоззрение как система взглядов, представлений о мире и его закономерностях, об окружающих человека явлениях природы и общества формируется, с одной стороны, бессознательно (не требует от человека волевых усилий), а с другой стороны, осознанно на основе опыта и знаний и требует значительных волевых усилий.

Развитие профессионального мировоззрения будущего военного летчика является одной из главных задач военного летного училища, которая обусловлена растущим накалом противоречий, характерных для современного этапа развития человечества, неустойчивостью и сложностью технологических, политических, культурных, экономических и социальных процессов. В этих условиях возрастает роль мировоззрения в развитии личности курсанта и, следовательно, возникает необходимость в развитии профессионального мировоззрения будущего летчика в процессе обучения. Особое значение при этом приобретают процесс ценностного самоопределения, развитие системы ценностных ориентаций, имеющих гуманистическую направленность, необходимые для развития профессионального мировоззрения будущего специалиста в военной авиации.

Необходимо отметить, что на формирование мировоззрения курсантов влияют разные факторы, отметим некоторые из них:

– Профессиональные знания, умения и навыки. Курсанты понимают необходимость профессиональных знаний для летной деятельностии овладевают навыками их практического применения.

– Морально-нравственные и этические принципы. Курсанты усваивают убеждения в необходимости соблюдения принципов справедливости, беспристрастности и профессиональной этики.

– Патриотизм и преданность Родине. Курсанты готовы отстаивать интересы Родины, защищать её граждан, понимать важность стабильности и безопасности России.

– Морально-психологическая устойчивость. Курсанты учатся переносить психологические, психофизиологические и физические нагрузки, сохранять спокойствие и уверенность в экстремальных ситуациях, сохранять чувство чести и достоинства.

– Социокультурная среда. Она влияет на становление убеждений, ценностных ориентаций и накопление личного опыта у курсантов.

– Изучение истории. Курсанты получают знания о героических поступках и подвигах своих соотечественников, героев-летчиков, что способствует формированию гордости за свою страну и народ.

– Соблюдение ритуалов. Ежедневные построения, поднятие флага, ношение формы и т.п. вызывают положительные эмоции и формируют чувство принадлежности к Отчизне, развивают патриотизм.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что мировоззрение курсанта – это важнейшая интегративная категория, выражающаяся в системе внутренних детерминант в процессе овладения летной профессией.На основании содержащихся в мировоззрении ценностных ориентаций курсант получает возможность определять истинные ценности в жизни и учебно-профессиональной деятельности, отличать действительно важное в достижении им поставленных целей от ложного и иллюзорного, не имеющих реального значения.

Формирование профессионального мировоззрения курсанта должно являться одной из главных задач в учебно-профессиональной деятельности и рассматриваться как совокупность специальных знаний, ценностных ориентаций, принципов, оценок и убеждений, влияющей на профессиональное становление летного состава, формирование готовности к обучению через всю жизнь, способности к самоорганизации и самосовершенствованию.

Список литературы:

1. Фихте И.Г. Опыт критики всякого откровения // Сочинения. Работы. – 1792. – Т. 1801. – С. 77–98.

2. Колесников М.А. Философское понятие «Мировоззрение»: исторический анализ эволюции // Преподаватель XXI век. – 2010. – № 4. – С. 222–227.

3. Конт О. Курс положительной философии. – Санкт-Петербург, 1899. – Т. 1.

4. Ницше Ф. Письма. – М. : Культурная революция, 2007. – 400 с.

5. Бердяев Н.А. Философия свободы. Смысл творчества // Вопросы философии. – М. : Правда, 1989. – 607 с.

6. Черноволенко В.Ф. Мировоззрение и научное познание. – Киев : Кпвстар, 2000 . – 173 с.

7. Спиркин А.Г. Мировоззрение, его структура, жизненный смысл и пути его формирования. – М. : Наука, 1999. – 153 с.

8. Бондарчук Е.В. Формирование мировоззрения личности специалиста в техническом вузе : автореф. дисс. … канд. пед. наук. – Рост. гос. ун-т им. И. Канта, 2006. – 23 с.

9. Немов Р.С. Психологический словарь. – М. : Гуманитар. изд. Центр ВЛАДОС, 2007. – 560 с.

10. Бобков А.Н. Современные подходы к пониманию мировоззрения // Философские науки. – 2005. – № 3. – С. 133–147.

11. Ойзерман Т.И. Научно-философское мировоззрение марксизма. Наука. Мировоззрение. Жизнь. – М. : Наука, 1989. – 640 с.

12. Туркина Т.С. Профессиональное мировоззрение: сущностная характеристика // Экономические и гуманитарные исследования регионов. – 2010. – № 3. – С. 66–74.

13. Лопушенко А.Я. Сущность, содержание и структура профессионального мировоззрения обучающегося // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2009. – № 4 (44): – С. 186–191.

14. Гончаров В.Н. Социально-философский анализ политической системы общества // Система ценностей современного общества. – 2016. – № 44. – С. 182–186.

15. Шидов А.З. Условия формирования духовно-нравственных качеств у военнослужащих контрактной службы воздушно-космических сил России : дисс. … канд. пед. наук. – ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», 2022. – 190 с.

УДК 327.323

ПРОКСИ ВОЙНА ЗАПАДА ПРОТИВ РОССИИ: КОГНИТИВНАЯ СФЕРА

♦♦♦♦♦

THE WEST'S PROXY WAR AGAINST RUSSIA: THE COGNITIVE SPHERE

Стрелецкий Я.И.
кандидат философских наук, профессор,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Мотренко Д.В.
кандидат технических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mail.ru

Аннотация. Определяется понятие прокси войны и её основные дискурсы, раскрывается русофобская сущность содержания когнитивной сферы этой войны Запада против России в политическом, философском и правовом аспектах. Предлагается методология патриотического воспитания нашей молодёжи, наступательной стратегии в борьбе с враждебной пропагандой.

Ключевые слова: прокси война, когнитивная сфера, русофобия, приёмы информационной войны, политика, философия, право, идеология.

Streletskiy Y.I.
PhD in Philosophy Sciences, Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Motrenko D.V.
PhD in Technical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The concept of proxy war and its main discourses are defined, the Russophobic essence of the content of the cognitive sphere of this war of the West against Russia is revealed in political, philosophical and legal aspects. A methodology for patriotic education of our youth, an offensive strategy in the fight against hostile propaganda is proposed.

Keywords: proxy war, cognitive sphere, Russophobia, methods of information warfare, politics, philosophy, law, ideology.

Взята установка на уничтожение русскости, и она неуклонно проводится в жизнь

Зиновьев А.А.

Научный анализ, как учил Сократ, предполагает определение понятийного аппарата как основы теоретического познания. Последуем наставлению античного мудреца.

Итак, категория «прокси война» (ПВ) отражает специфическую войну, акторами которой выступают три стороны конфликта: государство-заказчик, прокси (посредник, прокладка) – агент и государство – мишень, то есть объект этой войны. [1] Эти три элемента прокси войны в русле озаглавленной проблематики приобретают конкретное, адресное содержание при котором государство-заказчик – это США «со товарищи» по НАТО; государство-прокладка – это «независимая» Украина, а государство-мишень – это Россия.

Дело в том, что наша страна исстари была объектом, которым Запад пытался овладеть. Но тщетно. В наше время эта цель только нагляднее проявилась в силу причин онтологических. Однако ныне «решить русский вопрос окончательно» кинетической войной невозможно, ибо Российская Федерация во многом – первая ядерная держава. Поэтому «яйцеголовые» Пентагона сделали ставку на войну когнитивную (от лат.cognitio) – знание, познание).

Ее суть в том, чтобы безопаснее и дешевле разрушить современную Россию по образцу развала СССР коварной методологией – переформированием содержания общественного сознания россиян в духе «неолиберальных ценностей». Отсюда цель данной публикации состоит в том, чтобы проанализировать содержание и приёмы ПВ современного Запада против нашей страны, которое представлено в следующих аспектах: политическом, философском и правовом.

Политический аспект ПВ в его классическом варианте отражает стремление власть имущих ведущих стран Запада реализовать свою вековую мечту – овладеть богатствами России. При этом, начиная с Нового времени, вооружённому вторжению в нашу стану обычно предшествовала попытка обработки общественного сознания в духе традиционной русофобии. Карл XII, например, засылал своих агентов в Запорожскую Сечь, чтобы склонить казацкую верхушку на свою сторону, активно использовал националистически настроенное окружение будущего предателя И. Мазепы, а с другой стороны, искал сообщников по всей Европе, особенно в Турции. К счастью, не помогло.

Наполеон Бонапарт, как того требовал век Просвещения, попытался подвести «научную почву» под предстоящее вторжение в нашу страну. Так, по его заказу накануне похода на Москву в Париже была издана брошюра П. Пезюра, «Завещание Петра Великого» в котором он якобы наставлял потомков «завоевать всю Европу» [2]. В действительности первый российский император никакого завещания не оставил. Как известно, он скончался неожиданно и скоропостижно. Но главное в том, что, проживи Петр1 сотню лет, он не видел необходимости её завоёвывать:своих богатств достаточно. Кроме этого он у Европы многому учился. Все эти и другие аргументы дали достаточно оснований к тому, чтобы наш известный историк С.Н. Шубинский (1834–1913) в своём исследовании «Мнимое завещание Петра Великого» сделал следующий вывод: сочинение П. Пезюра – фальшивка. Но нипозорное бегство Наполеона из России, ни его поражение и заточение ничему не научили его приемников: Наполеон 3 в 1854г. перед вторжением французского экспедиционного корпуса в Севастополь вторично издал «Завещание»-пасквиль. Видимо, понимал, что боевой дух его воинства ниже ему необходимого и его надо поднять. Но дурной пример, как известно, заразителен. Свидетельство этому – политическая спекуляция вокруг этого фейка – «Завещания» руководства Третьего рейха. Так, накануне вероломного нападения последнего на Советский Союз министр пропаганды германского правительства И. Геббельс запугивал вояк вермахта «восточной угрозой»: «Мы имеем прямые доказательства, что большевики являются лишь душеприказчиками Петра Великого. Азиатское учение большевизма, исполняя замыслы прежних русских цезарей, теперь вынашивают мечты о поглощении всего цивилизованного мира [3]. В качестве комментария по этому определению отметим следующее. Его автор – доктор философии, который не знает, что учение коммунистов-большевиков не азиатского, а европейского происхождения, а точнее – германского. И второе,что документально подтверждено: посол Германии в СССР Шуленберг телеграфировал в Берлин 24.05.1941 г.: Кремль «старается разрядить отношения» с Германией, а не нападать на неё.

Русофобская политика была подхвачена и англосаксами даже во время Второй мировой войны, хотя мы были союзниками. Наглядный пример этому – операция США и Англии «Оверлорд» в июне-августе 1944 г., презентуемая послевоенной западной историографией как «переломной, главной битвы Второй мировой войны», имела, своего рода, геополитический тайник с двойным дном. С одной стороны, борьба с Третьим рейхом с целью установления в Европе своего диктата, а с другой, как определяют отечественные источники, «была для англосаксов средством противоборства с главным противником – нашей страной, их главным замыслом – остановить Советский Союз, предотвратить рост его влияния в Европе и мире» [4].

Эта же цель преследовала спланированная Вашингтоном и Лондоном в первые послевоенные годы операция «Дробшот», но уже без маскировки – массированные удары по промышленной и военной инфраструктуре СССР ядерным оружием. Эти зловещие замыслы не были реализованы. Уж очень высок был авторитет Москвы в общественном сознании даже стран Запада, а впоследствии монополия США на атомное оружие было ликвидировано.

Но не русофобия. Ведь уже в марте 1946 г. У. Черчилль, выступая в городе Фултоне, пугал американцев и Европу новой волной «русской угрозы», что стало одной из политических предпосылок образования в 1949 г. НАТО. В период «холодной войны» мнимая советская угроза стала политическим фундаментом внешнеполитической стратегии Вашингтона и его союзников, а с распадом Советского Союза, особенно после «мюнхенской» речи нашего президента 10.02.2007 г., приобрела определение «угроза

путинского режима», который, дескать, является противником западной демократии. Как отмечает известный немецкий политолог Александр Рар, «тезис «Россия – главный враг» стал ключевым для многих европейских политиков, лег в основу их новой идентичности, потеснив ценности правчеловека, свободы слова и т.п.» [5]. Последним возмутился даже вице-президент США Д. Вэнс, который обвинил лидеров Евросоюза в покушение на демократию, приведя конкретные факты по выборной кампании в Румынии и Молдове.

Более того, некоторые чиновники ЕС в своей русофобской истерии не только игнорируют безопасность своих стран, но и рискуют втянуть нашу планету в глобальную ядерную войну с известными губительными последствиями. Как здесь не вспомнить воинственные витии главного дипломата ЕС Борреля о том, что Западу необходимо в украинском конфликте «добиться победы над Россией на поле боя»? Ведь наша страна обладает достаточным ядерным потенциалом, чтобы не допустить этого, что не является тайной для руководства ЕС.

В начале 2025 г. хозяином Овального кабинета Белого дома стал Д. Трамп. Прежний президент Дж. Байден развязал и активно вёл ПВ против России на Украине при поддержке своих европейских союзников. Новый президент США внёс определённые коррективы в эту войну, но стратегия осталась прежней – максимально выжать, выдавить из своих союзников выгодное для Вашингтона, с одной стороны, и максимально ослабить Россию с тем, чтобы она согласилась на выгодные для США условия мира. Вся эта военно-политическая стратегия имеет своей теоретической основой определённую философию.

Философский аспект ПВ Запада против нашей страны проанализируем в следующих дискурсах.

*Во-первых, в онтологическом,*раскрывающем содержание нашего исследования на методологии извечной проблемы «быть или не быть», а если «быть», то за счет кого. Для руководства ведущих западных стран эта дилемма решалась всегда однозначно: Западу не только «быть», но и расширяться и обогащаться за счёт России, в ущерб ей. Этой эгоистической парадигме следовали икарлы, и наполеоны, и гитлеры.

Последние, как известно, взяли за основу своей деятельности геополитическую теорию Ф. Ратцеля и философию Ф. Ницше. С содержанием их антигуманных учений читатель знаком. А вот о теоретических заокеанских изысканиях в лице американских «исследователей» известно не каждому. Восполним этот пробел, ознакомив читателя с концепцией «Петля анаконды», которая была разработана в 1890 г. контр-адмиралом ВМС США Альфредом Мэхеном.

Суть ее в том, чтобы посредством системы мер военного, инфраструктурного и когнитивного характера окружить Россию своеобразной петлёй, которая будет стягиваться и удавит ее. Правда, не удалось. Помешали войны, революции, трансформации глобального масштаба.

*Во-вторых, в гносеологическом.*Содержание этого дискурса раскрывает квинтэссенцию теории познания – сущность истины, которую представим здесь концепцией прагматизма (от греч. – дело, действие). Она, по определению американского философа Ч. Пирса (1859–1914), является не отражением объективной действительности сознанием человека, а выступает орудием реализации определённых программ: «истина состоит в будущей полезности для наших целей» [6].

Отсюда следует вывод: истина – всё то, что приносит субъекту пользу, прибыль, выгоду. Стало быть, внешнеполитический курс Вашингтона, традиционно основанный на этой философии, является отражением истины. Именно на эту методологию опиралось руководство США во все времена, особенно последовательно – в войнах. Причём, не только прошлых, но и настоящих, в том числе и в ПВ на Украине. И в самом деле, вне зависимости от того, кто хозяин в Белом доме его цели остаются прежними: ослабить ЕС, ослабить Россию, ослабить Украину, представив двух последних «как «варварских» субъектов международных отношений конфликт между которыми разруливает мнимо верховный американский шериф» [7].

Другой формат ненаучной концепции истины – конвенционализм (от лат. convention – соглашение), который трактует истину как общую, устраивающую определённый

круг лиц точку зрения при обсуждении конкретной проблемы. «Говорящий» пример такой философии – мнение западных политических лидеров в оценке нашей СВО, определивших ее как агрессию «путинского режима» против Украины, даже против ЕС и НАТО.

В действительности, как неоднократно подчеркивалось Президентом В. В. Путиным, войну на Украине начала не Россия, а киевские власти, которые после учиненного ими там госпереворота в феврале 2014 г. на предложения руководства ДНР и ЛНР решить проблему мирным путём, ответили ударами военной авиации, РСЗО и артобстрелами. Последствия – более 15 тысяч жизней гражданского населения. К тому же Москва в декабре 2021 г. представила Киеву мирные инициативы по урегулированию обострившегося кризиса. Но всё было отвергнуто. Поэтому Кремль был вынужден начать СВО.

Содержание философского аспекта ПВ Запада против России представим, *в–третьих,в его цивилизационном дискурсе*. Он отражает стремление русофобских «учёных» доказать на теоретическом уровне, что западная цивилизация – это, дескать, единственно возможный вектор прогрессивного развития человечества, а все остальные – тупиковые или вовсе варварские, представляющие угрозу для лидера глобального социального процесса – Запада.

В наше время западная цивилизация представлена концепцией модернизма. Ее суть в том, что «передовой» западной цивилизации противостоят устаревшие модели – азиатские, среди которых самые опасные ее представители – русские. Хотя они и белые, но, как отмечает известный отечественный учёный Вардан Багдасарян, белая кожа там определяется «как оболочка за которой скрывалось азиатское содержание. Вэтой псевдозападности и виделась основная опасность русских. Из определения русских как иных «неправильных» белых была производной и западная русофобия» [8].

Последнюю достаточно обоснованно, убедительно и системно разоблачил наш философ-славянофил Н.Я. Данилевский (1822–1885) в трактате «Россия и Европа». Многие стороны его содержания весьма актуальны и востребованы сегодня, как, впрочем, и идеи далёкого от симпатий к славянофильству немецкого мыслителя Освальда Шпенглера (1880–1936), который в работе «Закат Европы», образно говоря, заглянул в современное духовно-нравственное состояние Старого Света и сделал вывод о его неминуемой гибели, если его методологией останется иррационализм. Именно им руководствуются лидеры ЕС, призывающие к войне с Россией с тем, чтобы нанести ей военно-стратегическое поражение.

Правовой аспект ПВ Запада против Российской Федерации основан на методологии правового нигилизма (от лат.nihil – ничто, ничего), который игнорирует, отрицает исторически сложившиеся и одобренные на уровне ООН принципы международного права, определяемого как классическое. Его в наше время западная неолиберальная правовая парадигма определила как устаревшее и предложила модернистское право, которое представим следующими концепциями.

Во-первых, концепцией ситуативного права немецкого социолога Карла Шмидта. Он утверждает, что «старые добрые» времена периода «холодной войны», когда правовые основы ООН базировались на «балансе сил» между СССР и США, стали достоянием истории. Нынче, дескать, настала эра однополярного мира под управлением Вашингтона и,стало быть, возвращается «на круги своя» право сильного, который, трактует справедливость на основе философии прагматизма, исходя из своих интересов и конкретной ситуации. «Такие правила пишутся или корректируются каждый раз заново, – отметил Президент В.В. Путин, – под каждую ситуацию в интересах тех, кто считает себя исключительным и присвоил себе право диктовать свою волю другим» [9].

Во-вторых, концепцией интуитивного права австрийского психолога Фридриха Хайека (1899–1992), толковавшего право как способность человека «интуитивно отличать случаи соблюдения правил, от случаев их нарушения» (10). В качестве комментария этого определения ограничимся констатацией научного тезиса о том, что интуиция – категория субъективного порядка, а значит не имеющая ничего общего с научной теорией права. Значит эта концепция призвана подвести «научную» основу под политику, направленную на ведение несправедливых войн, в том числе и ПВ на Украине.

*В-третьих,*концепцией двойных стандартов, которой руководствуются политики ведущих государств Запада, что подтверждается практикой:

– с одной стороны, НАТО «имеет право» на своё расширение, хотя известно о договорённости, достигнутой 6 марта 1991 г. в Бонне советской и американской сторонами «не двигать блок на Восток», а Россия, следуя принципам ООН о равной безопасности, «не имеет права» на пресечение этой экзистенциальной для себя угрозы;

– с одной стороны, западные политико-правовые и медийные институты не обнаружили нарушений прав человека в Латвии, например, где по закону о натурализации 800 тысяч ее жителей обрели статус «неграждан», а об этноциде русских в Донбассе и на Украине – ни слова. Зато запрет в Росси пропаганды и функционирования ЛГБТ сообщества подается как акт беззакония и атаку на свободу личности;

– с одной стороны, «самый справедливый суд – европейский» не дал правовую оценку учинённому необандеровцам и геноциду в ДНР и ЛНР с февраля 2014 г., в одесском Доме профсоюзов 2 мая 2014 г., в «Крокус-сити» 22.03.2024 г., серии террористических актов в адрес патриотов Украины и России, а с другой стороны, требование ЕС ужесточить санкции против Кремля, увеличить поставки оружия ВСУ в ответ на удары нашей армии по военной инфраструктуре «незалежной».

Боевики последней отличились не только жестокостью по отношению к нашим пленным, но даже к мирным жителям, особенно на захваченной части Курской области. После её освобождения были обнаружены и юридически оформлены факты садистских пыток и убийств российских граждан. Но кара за преступления неминуемо настигнет неонацистов. «Совершённые ими злодеяния, – поставил задачу Генпрокуратуре страны Президент В.В. Путин, – должны быть выявлены, зафиксированы, тщательно расследованы. Все эти преступники, каратели, те, кто отдавал преступные приказы, издевались над мирными гражданами, должны быть установлены и в дальнейшем должны получить справедливое наказание» [11]. Оно настигнет и тех, кто планировал, готовил и кто осуществлял подрыв мостов в Белгородской и Курской областях в мае и июне 2025 г. в результате которых погибли и получили ранения пассажиры поезда в том числе и дети.

Когнитивная война Запада против нашей страны не ограничивается представленными здесь аспектами, но они отражают основное содержание его информационной войны с целью формирования у российских граждан неолиберального – читай русофобского – мировоззрения. Эта диверсионная акция осуществляется в плановом, системном, рассчитанном на историческую перспективу порядке, с учётом специфики различных социальных групп населения, с особым акцентом на молодёжь, которая, не имея жизненного опыта, нередко становится жертвой – увлекается очередными новомодными морально-нравственными «ценностями». Поэтому воспитание подрастающего поколения россиян становится актуальнейшей проблемой – задачей, от решения которой зависит будущее России как государства, как цивилизации, этническим корнем которого является Русский Мир. Его защита – цели нашей СВО.

Следует признать, что русофобская пропаганда большое внимание уделяет разработке приёмов и методов информационной войны, среди которых весьма активно применяются следующие:

– «хайли-лайкли», например, сфабрикованное дело предателя Скрипаля и его дочери, якобы отравленных «агентами» Кремля;

– клевета на внешнеполитическую стратегию Российской Федерации, которая, дескать, «после разборок» с Украиной, захватит Молдову, Грузию, Армению, а затем и всю Европу;

– фейкизация, то есть сочинение и внедрение в общественное сознание мифов о «русских зверствах» в зоне СВО. Наглядный пример этому – поднятая в русофобских СМИ буча вокруг городка Буча, оставленного нашими воинами 31.03.2022 г. без никаких претензий местного руководства в их адрес. А спустя две недели «вдруг» вспомнили о жестокой расправе «оккупантов» над мирным населением. Значит это время было использовано для подготовки такой инсценировки.

В информационной русофобской войне Запад активно опирается на «нашу» пятую колонну, которая ещё в «лихие 90-е», зажирев на сорросских грантах, окопавшись в

высоких роскошных, нередко властных кабинетах, захватив ряд сцен государственных театров, овладев телевизионными каналами и микрофонами шоу-бизнеса, вещала зрителю и слушателю «прелести» чуждому нашему народу западного образа жизни.

С началом СВО многие её противники уехали из страны, понося её из-за «бугра». Оставшиеся притихли, выжидают, надеясь на «цветную революцию» в России, тайно её готовя. Признаемся, что борьба с внутренним врагом, тем более в условиях фактической войны, у нас ведётся не системно, не повсеместно, явно недостаточно.

Информационная война Запада против России будет только нарастать и углубляться,что закономерно. С одной стороны, русофобы никуда не делись, а их планы не изменились. С другой стороны, кинетической войной Россию не победить. Значит выход один: усиливать, наращивать, когнитивную войну. Её острие по-прежнему будет направлено против нашей молодёжи, в том числе и армейской. В этих условиях целесообразно скорректировать статью 13 Конституции страны и взять на вооружение Государственную идеологию о необходимости которой давно твердит наше патриотическое научное сообщество. Более того, явно назрела потребность в морально-нравственной цензуре информационного пространства страны. Ведь ряд телеканалов, включая и «первую кнопку», продолжают нести в эфир откровенно вредную и опасную продукцию, которая настраивает наше подрастающее поколение на потребительство, безответственность, гедонизм… Пора пресечь эту вредную тенденцию.

Список литературы:

1. Бартош А.А. Модели эскалации современных военных конфликтов // Военная мысль. – 2024. – № 1. – С. 31.

2. Меттан Ги Запад-Россия: тысячелетняя война. История русофобии от Карла Великого до украинского кризиса. Почему мы так любим ненавидить Россию? – М. : изд-во «Пулсен», 2016. – С. 35.

3. Армейский сборник. – 2018. – № 3. – С. 3.

4. Пивоваров Ю.Ф. Парадная ипостась звалась «Оверлордом» // Военно-исторический журнал. – 2025. – № 4. – С. 5.

5. Цепляев Виталий. Переполох в еврокурятнике // Аргументы и факты. – 2025. – № 11. – С. 3.

6. Peirce, Values in a universe of chance. – N.V., 1958. – P. 381.

7. Коровин Валерий. После «Украины». – М. : Издательство АСТ: Издательский дом «Ленинград», 2024. – С. 250.

8. Багдасарян Вардан. Россия – государство-цивилизация // Завтра. – 2025. – № 16. – С. 5.

9. Путин В.В. Речь на 10 парламентском форуме БРИКС в Петербурге, 11.07.2024. – URL : http//krcmlin.ru/exents/presitent/news/74528 (дата обращения: 24.06.25).

10. Хайек Ф.А. Право,законодательство, свобода. – М. : Навигатор, 2006. – С. 38.

11. Путин В.В. Речь на расширенном заседании Генеральной прокуратуры, 19. 03.2025. – URL : http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/76484 (Дата обращения: 27.06.2025).

УДК 629

ВОЕННО-ПОЛИТИЧЕСКИЕ ОРГАНЫ В СОВЕТСКИЙ ПЕРИОД ИСТОРИИ

♦♦♦♦♦

MILITARY-POLITICAL BODIES IN THE SOVIET PERIOD OF HISTORY

Ахмедбеков А.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
orls.kvvaul@mail.ru

Коряковцева С.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
orls.kvvaul@mail.ru

Аннотация. В статье изложены результаты анализа предпосылок формирования и становления военно-политической работы в Вооруженных Силах Российской Федерации. Автором предпринята попытка наметить контуры ее эволюции. На основе анализа событий и фактов дается характеристика предпосылок, становления и развития военно-политической работы как нового военно-социального института в Вооруженных Силах. Отмечены закономерности и показаны направления развития военно-политической работы в советский период истории.

Ключевые слова: Вооруженные Силы, военнослужащие, офицеры, личный состав, воспитательная работа, политическая пропаганда, агитация, информация, военно-политическая работа.

Akhmedbekov A.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
orls.kvvaul@mail.ru

Koryakovtseva S.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
orls.kvvaul@mail.ru

Abstract. This article presents the results of an analysis of the prerequisites for the formation and development of military-political work in the Armed Forces of the Russian Federation. The author attempts to outline the contours of its evolution. Based on an analysis of events and facts, the author characterizes the prerequisites, formation, and development of military-political work as a new military-social institution in the Armed Forces. Patterns are identified and trends in the development of military-political work during the Soviet period are shown.

Keywords: armed Forces, military personnel, officers, personnel, educational work, political propaganda, agitation, information, military-political work.

Вопрос о военно-политических органах является одним из ключевых для понимания самой природы и механизмов функционирования Вооруженных Сил СССР.

Военно-политические органы были не просто административной структурой. Они представляли собой уникальный, не имевший аналогов в мире институт, являвшийся стержнем партийно-государственного контроля над армией и флотом. Их эволюция напрямую отражала политические и идеологические трансформации советского государства, выполняя триединую задачу: идеологическое воспитание, партийный контроль и обеспечение морально-политического состояния личного состава.

Историю их развития в Советском Союзе можно разделить на несколько ключевых этапов, каждый из которых отражает изменения в политической и военной структуре страны:

Этап I: Рождение и становление в годы Гражданской войны (1918–1924 гг.)

В первые годы после Октябрьской революции 1917 года возникла необходимость в создании органов, которые бы обеспечивали политическую лояльность армии и борьбу с внутренними врагами.

Создание института военных комиссаров было прямой реакцией на реалии Гражданской войны.

Первый юридический акт – Декрет Совета народных комиссаров РСФСР от 6 апреля 1918 г. «Об учреждении военных комиссаров и военного контроля», который ввел должности военных комиссаров при командующих фронтами и армиями.

Ключевой документ – Постановление ВЦИК от 22 апреля 1918 г. «Об обязательном обучении военному искусству», которое закрепило институт военных комиссаров по всей армии.

Целями работы на начальном этапе являлись:

1. Контроль над военными специалистами – старыми царскими офицерами, чья лояльность большевикам была под вопросом. Комиссар был «оком партии» при командире.

2. Идеологическое сплочение – пропаганда среди красноармейцев, разъяснение целей советской власти.

3. Создание партийных ячеек – организация и руководство работой ротных и полковых партийных организаций (РКП(б).

Таким образом, комиссар был носителем не столько военной, сколько политической власти в войсках. Они проводили идеологическую и воспитательную работу с личным составом, разъясняли им политические цели.

Этап II: Межвоенный период (1924–1941 гг.)

С формированием Красной армии и окончанием Гражданской войны и укреплением командного состава из «красных» командиров вопрос о необходимости комиссаров встал остро.

В 1924 году было принято решение о создании политотделов в армии, которые отвечали за идеологическую работу, воспитание красноармейцев и контроль над политической лояльностью командного состава. Военно-политические органы стали более структурированными.

Военная реформа 1924–1925 гг. под руководством М.В. Фрунзе ввела принцип единоначалия. Командиры, являвшиеся членами ВКП(б), получали всю полноту власти, включая политическую. Институт комиссаров был упразднен, а вместо них введены помощники командира по политической части (замполиты). Их роль сводилась к помощи командиру в политической работе, но без права контроля над его оперативными решениями.

Однако в периоды кризисов (например, во время конфликтов на Китайско-Восточной железной дороге в 1929 году) институт комиссаров временно возрождался.

В 1930-е года усиливается роль политических органов, особенно в контексте сталинских репрессий. Политотделы играли важную роль в борьбе с «врагами народа» внутри армии, что привело к массовым чисткам среди командования. В 1937 г., на пике «Большого террора», в армии была восстановлена система военных комиссаров.

В августе 1940 г. комиссары вновь были упразднены, восстановлен институт замполитов, но этот период продолжался недолго.

Этап III: Великая Отечественная война – апогей влияния и трансформации (1941–1945 гг.)

Начало войны и катастрофические поражения Красной Армии заставили руководство вновь кардинально изменить систему.

16 июля 1941 г. был издан Указ Президиума ВС СССР о реорганизации органов политической пропаганды и введении института военных комиссаров. Это был ответ на панику, неразбериху, случаи дезертирства и паникерства. Комиссар снова стал вторым руководителем в части, без его подписи приказы командира не имели силы.

9 октября 1942 г. – судьбоносный Указ «Об установлении полного единоначалия и упразднении института военных комиссаров в Красной Армии». Этот шаг был продиктован возросшим профессионализмом командного состава, необходимостью упростить и ускорить принятие решений, а также укреплением доверия к офицерскому корпусу после Сталинградской битвы. Должности комиссаров вновь были заменены на заместителей командира по политической части (замполиты).

Во время войны военно-политические органы приобрели особое значение, политотделы и политработники активно участвовали в моральном и идеологическом воспитании солдат, организовывали пропаганду и агитацию. Это способствовало повышению боевого духа и сплоченности войск. Роль замполитов в войну была колоссальна:

– идеологическаяи патриотическая работа (лозунги «За Родину! За Сталина!»);
– воспитание ненависти к врагу;
– работа по укреплению воинской дисциплины;
– руководство партийными и комсомольскими организациями, которые были становым хребтом армии;
– личноеучастие в боях (потери среди политработников были одними из самых высоких).

Этап IV: Послевоенный период и поздний СССР (1945–1991 гг.)

После войны военно-политические органы продолжали свою деятельность, но с изменением акцентов. Основное внимание уделялось восстановлению армии и укреплению ее идеологической основы. Система Главного политического управления (ГлавПУР) сложилась в окончательном виде.Она стала гигантской, разветвленной вертикалью, пронизывающей все виды и рода войск.

Основной фокус сместился с «контроля над командирами» на систематическую идеологическую обработку в условиях Холодной войны.

Политорганы курировали не только политическую учебу, но и культурно-массовую работу, военную печать, взаимодействовали с местными партийными органами. Политические отделы сохраняли влияние на формирование идеологии в армии, но акцент сместился на профессионализацию и техническое оснащение вооруженных сил.

Система существовала в неизменном виде до начала Перестройки. С началом перестройки и изменениями в политической жизни страны произошло дальнейшее снижение влияния военно-политических органов. В 19990-х годах с распадом Советского Союза эти структуры окончательно утратили свою значимость.

Структура военно-политических органов (на примере периода 1960–1980-х гг.)

Структура была строго иерархичной и копировала партийную и военную организацию.

Центральный орган – главное политическое управление Советской Армии и Военно-Морского Флота (ГлавПУР). Фактически являлось отделом ЦК КПСС, обладая двойным подчинением – Министру обороны (номинально) и Секретариату ЦК КПСС (фактически). Начальник ГлавПУРа был, как правило, членом Центрального комитета. Это был мозговой центр всей военно-политической работы.

В видах Вооруженных Сил и военных округах – политические управления (например, Политуправление Ракетных войск стратегического назначения, Политуправление Прибалтийского военного округа). Возглавлялись начальниками – членами Военных советов соответствующих объединений.

В армиях, флотилиях, корпусах – политические отделы.

В дивизиях, бригадах – политические отделы во главе с заместителем командира по политической части (обычно в звании полковника).

В полках – заместитель командира полка по политической части (обычно подполковник). Ему подчинялся партийный аппарат полка.

В батальонах и ротах (дивизионах и батареях) – заместители командира по политической части (в батальоне – майор/подполковник) и помощники командира по комсомольской работе.

Партийные и комсомольские бюро – низовые органы, объединявшие всех коммунистов и комсомольцев подразделения. Их секретари были ключевыми фигурами в повседневной политработе.

Подводя итоги, можно утверждать, что военно-политические органы в ВС СССР были:

1. Уникальным феноменом, порожденным спецификой однопартийного тоталитарного государства.
2. Важнейшим инструментом обеспечения лояльности армии правящему режиму.
3. Гибкой системой, эволюционировавшей от карательно-контрольной функции (комиссары) к функции системного идеологического воспитания (замполиты).
4. Мощным организационным каркасом, который через сеть партийных и комсомольских ячеек позволял мобилизовать личный состав и поддерживать высокий моральный дух, особенно в периоды войн и кризисов.

История военно-политических органов – это неотъемлемая и крайне противоречивая часть истории всей Советской Армии, без изучения которой понимание ее сущности и боевого пути невозможно.

Таким образом, военно-политические органы в советский период прошли через значительные изменения, отражая как внутренние, так и внешние вызовы времени. Их развитие было связано с необходимостью поддержания идеологической лояльности и контроля над вооруженными силами в условиях различных политических реалий.

Список литературы:

1. Медведев В.И. «Зарождение Воздушного Флота России накануне Первой мировой войны // Россия в Первой мировой войне: итоги и уроки: сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. – Краснодар: КВВАУЛ, 2024. – С. 5–8.

2. Послание Президента РФ Федеральному собранию // Российская газета. – 2024. – № 46.

УДК 629.7

ДИНАМИКА СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ АДАПТАЦИИ ИНОСТРАННЫХ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ (КУРСАНТОВ-ЛЁТЧИКОВ ИВС) В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ЛЁТНОМ ВУЗЕ

♦♦♦♦♦

DYNAMICS OF SOCIO-CULTURAL ADAPTATION OF FOREIGN MILITARY SERVICEMEN (FLIGHT CAMPUS STUDENTS) IN THE PROCESS OF STUDYING AT A FLIGHT UNIVERSITY

Медведев В.И.
доктор исторических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Савеленко В.М.
доктор социологических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье затронута проблема адаптации иностранных военнослужащих в военном вузе через призму влияния на данный процесс различных факторов. Выявлены различные теоретические обоснования структурных элементов процесса социокультурной адаптации личности, предложенных отечественными учеными. Рассмотрены различные обоснования и взгляды на содержание, и систематизацию факторов, активизирующих и развивающих процесс социокультурной адаптации личности и влияющих на него на субъективном и объективном уровнях.
Сделаны выводы о дальнейших перспективах и направлениях научного исследованиях вопроса, связанного с процессом социокультурной адаптации личности.

Ключевые слова: адаптация, социокультурная адаптация личности, факторы социокультурной адаптации.

Medvedev V.I.
Doctor in Historical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Savelenko V.M.
Doctor in Sociological Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article discusses a problem of foreign service-men's adaptation in military higher schools from the perspective of some factors innuencing this process. The work identify various theoretical justiflcation of the structural components of the process of socio-cultural adaptation of a personality, proposed by Russian scientists. The work reviews various studies and views on the contents and systematization of factors that activate and develop the process of sociocultural adaptation of personality and factors innuencingon the subjective and objective levels. Conclusions are made about the future prospects and directions of research associated with the process of socio-cultural adaptation of a personality.

Keywords: adaptation, sociocultural adaptation, sociocultural adaptation factors.

Обучение иностранных граждан занимает важное место в деятельности российских гражданских и военных вузов, так как несёт экономические выгоды и способствует решению геополитических интересов РоссийскойФедерации. [1]

В процессе подготовки иностранных граждан в российских вузах были выявлены определённые сложности, вызванные необходимостью обучаться с представителями граждан других стран, религий, культуры и необходимостью войти в новое социокультурное пространство. Для этого иностранным студентам (курсантам-лётчикам ИВС) необходимоадаптироваться к новым условиям жизни и учёбы. В адаптационные период им необходимо преодолеть ряд факторов и решить возникающие проблемы.

Проблемами адаптации иностранцев к новой социокультурной среде занимались И.А. Милославова, П.С. Кузнецова, А.А. Реан, Е.Н. Шустова, М.В. Ромм и другие исследователи. И.А. Милославова отождествляла адаптацию с социализацией, определяя её, как постоянно происходящий процесс. Д.А. Андреева считала, что этот процесс возникает при определённых условиях и длится определённое время. Было установлено, что результатом адаптации является установление взаимоотношений между личностью и окружающей социальной средой и вхождения в новую для неё культуру. В проводимых исследованиях было выяснено, что социокультурная адаптация проявляется на субъективном и объективном уровнях. Объективный уровень выражается через

способность личности формировать социально-приемлемую систему взаимодействия с окружающим людьми и средой в целом. Это взаимодействие курсанты-лётчики (иностранные военные специалисты) выстраивают в соответствии с ролевыми ожиданиями профессорско-преподавательского состава, курсовых офицеров-преподавателей, других военнослужащих и гражданского персонала училища. Субъективный уровень социально-культурной адаптации проявляется через личностное восприятие внешнего мира и собственного «Я». Он выражается в способности курсантов-лётчиков (иностранных военных специалистов) к различным видам деятельности.

Для обеспечения успешной положительной динамики социально-культурной адаптации курсовому офицеру-преподавателю необходимо учитывать ряд условий и параметров, средств и возможностей, которые курсанты-лётчики (иностранные военные специалисты) используют для приспособления к новым условиям обучения и жизни в военном училище. В адаптационный период задействуется вся структура личности курсанта-лётчика (иностранного военного специалиста), так как она целостна и не может участвовать в приспособлении только одной какой-то своей частью.

Для решения этой проблемы курсовой офицер-преподаватель должен представлять весь процесс социокультурной адаптации. То есть он должен знать основные этапы, структуру и факторы социокультурной адаптации, чтобы воздействовать на личность курсанта-лётчика (иностранного военного специалиста) и этим обеспечить положительную динамику социокультурной адаптации.

Некоторые исследователи считают, что существует определённый потенциал личности, так называемый адаптивный потенциал. Зарубежные и отечественные психологи к адаптивному потенциалу относят свойства темперамента и индивидуальные особенности эмоциональной сферы личности. (Strelau, 1995; Derec, 1995; Данилова, 1992; Кочергина, 2000; Вяткин, 1981) Адаптивный потенциал курсанта-лётчика (иностранного военного специалиста) включает врожденные и приобретенные качества, прошлый опыт, приобретённый в семье, школе и жизни в своей стране.

Для создания положительной динамики социокультурной адаптации необходимо представлять основные этапы и понимать, что происходит на каждом. Богатырева О.В., Уотсон Дж., Т. Шибутани [1–4] предлагают следующие этапы социокультурной адаптации:

– целенаправленный конформизм характеризуется внутренней психофизиологической перестройкой личности. Личность осознает изменения, знает, как действовать, но внутренне не принимает новую систему ценностей окружающей среды;

– обоюдная терпимость выражается в проявлении толерантности и со стороны личности и со стороны новой социальной среды или группы на уровне ценностей и поведения;

– взаимные уступки возникают как часть терпимого отношения, и выражается в готовности с обеих сторон к компромиссному поведению; – полное приспособление выражается через отказ личности от своих прежних взглядов и ценностей и принятии новых ценностей.

Проведенные исследования показали, что социокультурная адаптация имеет сложную структуру. Знание которой, даёт возможность умело создавать условия для положительной динамики вхождения курсантов-лётчиков (иностранных военных специалистов) в новую культуру и среду. Л.Л. Шпак считает, что структурирование определяет связь субъекта с особенностями условий социокультурной среды. С.А. Шапкин, А.Г. Дикая ввели для адаптации такое понятие как «ресурсы». Их работы продолжил П.С. Кузнецов и применил понятие «комплексная адаптация». По его мнению, комплексная адаптация это актуализированная часть общей адаптации, а в структуру адаптации вводятся потребности личности и других людей. Проведенный нами анализ научной литературы показал, что большое влияние на положительную динамику оказывают факторы адаптации, то есть условия, которые влияют на значение показателей социокультурной адаптации. На рисунке 1, показаны основные подходы изучения факторов влияния.

Курсанты-лётчики, (иностранные военные специалисты) поступив в лётное училище, попадают в новую необычную среду, поэтому мы считаем, что данный фактор необходимо учитывать в первую очередь. Существуют внешние (условия окружающие личность) и внутренние (индивидуально-личностные свойства и их возможности) фак-

торы социокультурной адаптации личности, которые объясняют процесс активизирующий формирование внутренних устойчивых предпосылок к ответным действиям на раздражители. Задача курсового офицера-преподавателя выявить основные интересы вновь прибывших курсантов-лётчиков (иностранных военных специалистов), так как одним из факторов активизирующим личность в психологии является интерес. В этом подходе важную роль играет время воздействия определённых условий на личность. Необходимо уметь создавать эти условия, с учётом интересов курсантов-лётчиков (иностранных военных специалистов).



Рисунок 1 – Основные подходы изучения факторов влияния социокультурной адаптации

Анализ факторов, влияющих на динамику социокультурной адаптации показал, что необходимо различать ведущие и временные факторы. Ведущие факторы влияют на процесс адаптации в течение всего периода социокультурной адаптации. Временные способствуют получению более устойчивого результата. Существуют различные подходы и классификация факторов социокультурной адаптации. Мы считаем, что наиболее полную классификацию факторов создал П.С. Кузнецов.

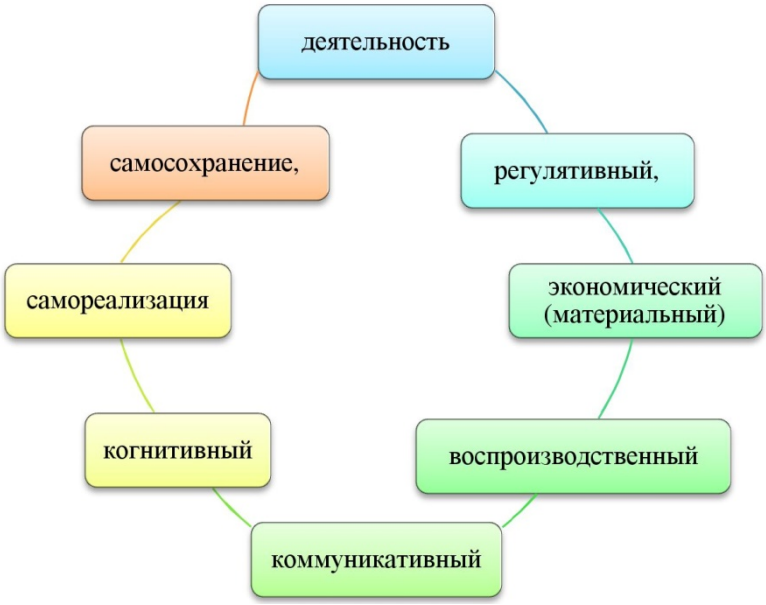


Рисунок 2 – Комплексные факторы, определяющие становление личности в процессе социокультурной адаптации

Предложенные П.С. Кузнецовым комплексные факторы практически не зависят друг от друга, но каждый включает группу частных условий, которые обеспечивают эффективное удовлетворение той или иной потребности. Коммуникативный фактор реализует потребность курсанта-лётчика (иностранного военного специалиста) в общении. Он отра-

жает статус и круг общения личности. Когнитивный фактор обеспечивает познавательные способности, развитие интеллекта, кругозора, получение образования и профессии. Материальный фактор представлен в денежном эквиваленте. Источник денег не имеет значение, если не учитывать нравственную компоненту. Нравственная компонента оказывает влияние на регулятивную группу факторов и самосохранение. Самосохранение включает безопасность личности на социальном и биологическом уровнях. Кроме этого регулятивные факторы отражают психофизиологические аспекты жизнедеятельности организма.В основе воспроизводственного фактора лежит инстинкт продолжения рода и связанные с ним сексуальные потребности, которые реализуются через интимные отношения, создание семьи, рождение детей и т.д. Факторы самореализации наиболее сложная группа, которая может включать в себя любой из перечисленных выше комплексов, при одном условии – потребность превращается в ценность. Комплекс факторов самореализации определяется через понятие «творение», «достижение», «мастерство», «власть», «авторитет», «престиж». Подход П.С. Кузнецова к классификации факторов адаптации, с нашей точки зрения, показывает адаптивный процесс как целостный, поскольку предпринята попытка рассмотрения адаптации как системного процесса, т. е. условия изучаются во взаимосвязи с другими структурами личности, в частности с точки зрения потребностной сферы индивида.

М.С. Бережная предложила так называемые «факторы воздействия»:

– особенности самоопределения на различных возрастных этапах развития личности;
– окружение (друзья, семья, учителя и т.п.);
– жизненные события и обстоятельства;
– мотивация и поставленные жизненные цели (или их размытость);
– особенности жизненного выбора;
– присутствие положительного или отрицательного примера;
– особенности прохождения жизненных кризисов;
– жизненные ценности личности;
– уровень сформированности «Я-концепции» личности.

Проведенный нами анализ научной литературы показал, что единой теории структуры адаптации личности не существует. Адаптационный процесс рассматривается только с позиций конкретных условий и не учитывает возможное воздействие других факторов. Исследователи выделяют следующие виды социокультурной адаптации:

1. Конструктивная и деструктивная (изменения в структуре личности).
2. Принудительная и добровольная в зависимости от характера осуществления адаптации.
3. По деятельностной среде (бытовая, экономическая и т.п.).
4. Внешняя и внутренняя (направление воздействия).
5. В зависимости от структуры адаптивной среды: предметно-деятельностная, личностная.
6. По новизне предпринимаемых усилий (первичная и вторичная).

Основные исследования социокультурной адаптации проводились в гражданских вузах, поэтому необходимо учитывать особенности военного образования при организации и проведении адаптационных мероприятий. Иностранные граждане, обучающиеся в военных вуза РФ, не могут самостоятельно выбрать военный вуз, они могут обучаться только в тех вузах, которые определены государственными договорами. Курсанты-лётчики (иностранные военные специалисты) связаны определённым обязательствами и не могут самостоятельно перейти на обучение в другой военный вуз РФ. Они вынуждены принимать те условия обучения и социокультурное пространство, которое существует в данном военном вузе. и вынуждены строить служебные отношения с теми, кто уже обучается и служит в данном вузе. Им приходится преодолевать ряд проблем для того, чтобы успешно войти в это новое социокультурное пространство, то есть адаптироваться к новым условиям жизни и учёбы.

Военный авиационный вуз – это учебное заведение, которое существенно отличается от других военных вузов. На рисунке 3, представлены ряд отличий, которые необходимо учитывать в процессе социокультурной адаптации курсантов-лётчиков ИВС (иностранных военных специалистов) в процессе обучения.



Рисунок 3 – Требования, предъявляемые к курсантам-лётчикам

Мы считаем, что для понимания процесса социокультурной адаптации личности курсовой офицер-преподаватель должен знать весь механизм воздействия на него со стороны групп факторов субъективного и объективного уровней и учитывать все структурные компоненты этого процесса, их направленность и обусловленность.

Результаты проведённых исследований дают возможность использовать полученную теоретико-методологическую базу в процессе совершенствования динамики социокультурной адаптации курсантов-лётчиков (иностранных военных специалистов) в военных авиационных вузах.

Список литературы:

1. Арефьев А.Ф. Российские вузы на международном рынке образовательных услуг / А.Л. Арефьев; Центр социологических исследований. – М. : Центр социального прогнозирования, 2007. – 700 с.
2. Басова Н.В. Педагогика и практическая психология. – Ростов н/Д. : «Феникс», 2000. – 416 с.
3. Богатырева О.В. Проблемы межкультурной коммуникации народов Северного Кавказа // Современные проблемы науки и образования. – 2014.
4. Шибутани Т. Социальная психология. – Ростов н/Д. : Феникс, 2002.
5. Бережная М.С. Влияние кино и телевидения на социокультурную адаптацию личности // Педагогика искусства. – 2015.
6. Бучнева О.А. Особенности социокультурной адаптации иностранных курсантов-первокурсников к образовательной среде военного вуза // Инновационная наука. – 2015. – № 12-2. – С. 205–208.

УДК 159.9

ОСОБЕННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ ВОЕННОГО ЛЕТЧИКА

♦♦♦♦♦

FEATURES OF THEPROFESSIONAL THINKING OF A MILITARY PILOT

Лукинова М.Г.
Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию профессионального мышления специалиста летной профессии. Раскрываются ключевые характеристики профессионального мышления, формируемые под влиянием специфики летного труда. Рассматриваются такие компоненты как оперативность, системность, пространственность, вероятностное прогнозирование и эмоциональная регуляция. Делается вывод о необходимости целенаправленного развития данных качеств в процессе профессиональной подготовки. Определены направления развития профессионального мышления у обучающихся летной профессии.

Ключевые слова: военный летчик, летная профессия, профессионально важные качества, профессионализм, профессиональное мышление, экстремальные ситуации.

Lukinova M.G.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the professional thinking of a specialist in the flight profession. The key characteristics of professional thinking, formed under the influence of the specifics of flight work, are revealed. Such components as efficiency, consistency, spatiality, probabilistic forecasting and emotional regulation are considered. The conclusion is made about the need for targeted development of these qualities in the process of professional training. The directions of the development of professional thinking among students of the flight profession are determined.

Keywords: military pilot, flying profession, professionally important qualities, professionalism, professional thinking, extreme situations.

Мысль опережает действие.
Сначала мысль – потом манёвр

Савицкий Е.Я.

Авиационная отрасль в последние десятилетия переживает значительные трансформации, обусловленные не только техническим прогрессом, но и изменениями в организационных и операционных процессах. Современные полеты сопряжены с возрастающей сложностью задач: внезапностью возникновения экстремальных ситуаций, увеличением объёма оперативной информации, жестким лимитом времени на принятие решения; быстрое развитие технологий требуют от специалиста летной профессии не только высокого уровня профессиональных навыков, но и развитого профессионального мышления.

Профессиональное мышление не является врожденной характеристикой человека, а формируется в процессе его профессионального становления.

Под профессиональным мышлением принято понимать преобладающее использование принятых именно в данной профессиональной области приемов решения проблемных задач, способов анализа профессиональных ситуаций, принятия профессиональных решений и способов содержания предметов труда [8].

Для профессионального мышления как одной из форм мышления характерны такие отличительные особенности и свойства как: активность, специфичность, индивидуализированность, действенность и др.

Теоретический анализ литературных источников показывает, что различные виды мышления могут включаться в профессиональную деятельность человека: теоретическое мышление, наглядно-образное мышление, словесно-логическое мышление, продуктивное, творческое мышление, репродуктивное мышление, наглядно-действенное мышление, аналитическое, логическое мышление, практическое мышление, интуитивное мышление. В процессе профессионализации, разновидности мышления, интегрируясь, исходя из определенного предмета, условий, средств и результата труда образуют новые виды

профессионального мышления, соответствующие специфике выполняемой деятельности (педагогическое, техническое, операторское, юридическое, клиническое, экономическое, художественное, научное и др.).

Таким образом, профессиональное мышление специалиста формируется исходя из специфики выполняемой им деятельности и опыта, а также обусловлено его личностными особенностями. К качествам личности, которые в большей степени оказывают влияние на становление и развитие профессионального мышления специалиста можно отнести:

– адекватную самооценку и готовность дифференциально оценивать уровень своего профессионализма;
– развитый внутренний локус контроля;
– ответственность;
– смыслотворчество (как способность к поиску новых позитивных смыслов, как в своей жизни, так и на работе);
– рефлексию;
– самостоятельность;
– оперативность и поведенческую гибкость;
– конкурентно способность и помехоустойчивость [8].

Становление специалиста в своей профессиональной деятельности может сопровождаться появлением новых качеств, необходимых для профессии или видоизменением уже имеющихся. Тем самым, профессиональное мышление – это не просто набор знаний, а активный, динамический процесс, способствующий адаптации к постоянно меняющейся профессиональной среде.

Формирование и развитие у человека профессионального мышления является одной из важных составляющих процесса его профессионализации и то же время выступает предпосылкой успешности овладения его профессиональной деятельности.

Динамический характер процесса развития профессионального мышления обусловлен изменениями отношения человека в процессе жизненного пути к своей профессиональной деятельности, требований к профессии со стороны рынка труда, соотношении с другими профессиями; различными ее трансформациями, в том числе с внедрением инновационных технологий.

Профессиональное мышление, выступает как индивидуальная характеристика личности, которая осуществляет свой профессиональный выбор, по-разному адаптируется к профессии, выражает себя в ней, проявляет творчество и мастерство, стремление к совершенствованию в ней.

В данной работе рассмотрим особенности профессионального мышления военного летчика. Отметим, что подготовка высококвалифицированных специалистов военного вуза в интересах государства осуществляется посредством реализации основных профессиональных программ высшего образования и предполагает их освоение через формирование у выпускников универсальных, обще профессиональных и профессиональных компетенций [5]. Одним из направлений, в подготовке будущих специалистов реализуемых в ходе получения профессионального образования в вузе, выступает формирование у обучающихся профессионального мышления.

Исследованию профессионального мышления летчиков посвящены работы таких ученых В.А. Бодрова, Д.В. Гандера, Д.Н. Завалишиной, Б.Ф. Ломова, В.А. Пономаренко, Ю.К. Стрелкова и др.

В.А. Пономаренко отмечал, что авиация является особым миром, где человеческая психика сталкивается с необычными для себя условиями существования. В ходе многочисленных исследований ученый пришел к выводу, что профессиональное мышление летчика представляет собой особую форму мышления, формирующуюся в результате длительной профессиональной практики и характеризующуюся высокой оперативностью восприятия, обработки и интеграции информации, а также способностью эффективно сочетать теоретические знания с практическим опытом для принятия решений в условиях нестандартных и критических ситуаций. Эта форма мышления предполагает выработку устойчивых когнитивных схем и стратегий, позволяющих автоматизировать действия, не теряя при этом гибкости и творческого подхода к решению новых профессиональных задач [7].

Согласно В.А. Бодрову профессиональное мышление летчика определяется не только как совокупность знаний и навыков, но и как особый интегративный процесс. Он включает формирование устойчивых когнитивных схем, которые позволяют быстро распознавать изменение ситуации и принимать правильные решения даже в условиях дефицита времени и интенсивной информационной нагрузки. Важным аспектом является то, что данный вид мышления развивается благодаря систематической подготовке, отработке навыков на тренажёрах и в процессе выполнения реальных полётов, что способствует обеспечению автоматизации ряда управленческих процессов. Такой подход позволяет летчикам максимально эффективно реагировать на нестандартные и экстремальные ситуации [1].

Как отмечает Иванов И.И. профессиональное мышление летчика это интеграция аналитических способностей, интуитивных прогнозов и эмоциональной регуляции, данный вид мышления является ключевым фактором в обеспечении безопасности и эффективности выполнения профессиональной деятельности. Именно сочетание рационального анализа, оперативного реагирования и личностного опыта позволяет летчикам успешно управлять летательными аппаратами в условиях, когда каждая секунда может иметь решающее значение [4] .

Также интегративный характер профессионального мышления подчеркивается в работах Горлова М.С. и Бодяевой И.Д., данное понятие трактуется каксложная интегративная система, в которой отражаются аналитические и интуитивно-рефлексивные процессы. Профессиональное мышление, по мнению исследователей, характеризуется способностью быстро воспринимать, анализировать и синтезировать поступающую информацию, предвидеть динамику развития ситуации и оперативно вырабатывать оптимальные решения в критических и нестандартных условиях, что обеспечивает безопасность полётов [3].

Понятие профессионального мышления летчика включает в себя комплекс когнитивных и эмоциональных процессов, которые способствуют быстрому распознаванию кризисных ситуаций и принятию оперативных решений. В работах Сидорова П.П. показано, что профессиональное мышление летчика определяется специфическим сочетанием когнитивных и эмоциональных процессов, позволяющих принимать обоснованные решения в условиях высокой неопределенности [9].

С теоретической точки зрения, профессиональное мышление летчика правомерно рассматривать как частный случай оперативного мышления (Д.В. Гандер, Д.Н. Завалишина, Б.Ф. Ломов, Ю.К. Стрелков), которое определяется как процесс решения практических задач в условиях жесткого лимита времени и динамически меняющейся обстановки. Однако специфика летного труда вносит в эту общую категорию свои существенные особенности, формируя своего рода психологический синтез.

Особенность формирования профессионального мышления летчика определяется характером решаемых профессиональных задач. Отличительной особенностью таких задач выступает оперативность, с сопровождающими ее характеристиками, такими как:

– неожиданность возникновения;
– неопределенность возникшей задачи;
– необходимость актуализации способа действия по преодолению проблемной ситуации, требующей незамедлительной реализации;
– наличие фактора дефицита времени;
– необходимость принятия решения на основании вероятностного прогнозирования вследствие неопределенности поступающей информации, в условиях дефицита времени;
– отсутствие в ряде случаев уверенности в правильности принятого решения, что сопряжено зачастую с риском его выполнения.

Для профессионального мышления летчика также характерны системность и тактическое видение. Современный летчик управляет не просто летательным аппаратом, а сложным авиационным комплексом, в котором все интегрировано в единую систему управления силами. От специалиста требуется понимание взаимосвязей между всеми элементами полета: техническое состояние машины, навигация, метеорология,

указания с командного пункта и т.д. Летчик должен уметь мысленно строить и обновлять «тактическую картину», видеть не только свой летательный аппарат, но и свою роль в группе, в выполнении задания в целом. Такие возможности обеспечиваются за счет широты поля внимания, способности к анализу и синтезу большого объема разнородной информации, стратегического планирования.

Одной из специфических характеристик профессионального мышления летчика является пространственное мышление – когнитивное моделирование 3 Dпространства. Отметим, что понятие пространственного мышления специалиста летной профессии как профессионально важное качество выходит за рамки обыденного понимания. В авиационной психологии оно интерпретируется как способность летчика к мысленному вращению, трансформации и прогнозированию перемещений летательного аппарата в трехмерном пространстве относительно земли и других объектов. На основании пространственного мышления осуществляется построение образа полета [2].

Мышление летчика всегда функционирует на опережение событий, он постоянно прогнозирует их, готовя несколько вариантов действий. Способность предвидеть возможное развитие ситуации и собственных действий на основе анализа текущих данных и прошлого опыта получило такое название в авиационной сфере как антиципация (Б.Ф. Ломов). Умение летчика мысленно проигрывать сценарии предстоящих событий, позволяет сократить время реакции до минимума, в случае, наступления события в реальном времени.

Функционирование профессионального мышления летчика сопровождается эмоционально-волевой регуляцией. Интеллектуальные способности неотделимы от эмоционально-волевой сферы. Стресс, вызванный дефицитом времени, риском и ответственностью, может приводить к когнитивным искажениям, таким как сужение внимания, сверх концентрацию на второстепенных деталях и даже панику. Эффективность мышления специалиста летной профессии определяется высоким уровнем самоконтроля, эмоциональной стабильностью, внутренним локусом контроля – убежденности в том, что исход событий зависит от его действий и др. Профессионал использует в своей деятельности такие копинг-стратегии, которые направлены на решение возникшей проблемной ситуации, что позволяет сохранять ясность мышления под воздействием сложившихся обстоятельств.

Исследования показывают, что развитый интеллект и профессиональное мышление значительно расширяют возможности летчика по решению учебно-боевых задач. В связи с этим одной из основных задач при подготовке специалистов летной профессии является формирование профессионального мышления летчика, базирующегося на его интеллекте.

Одним из направлений в формировании и развитии профессионального мышления обучающихся летной профессии является тренажная подготовка, в ходе которой осуществляется выработка практических умений и навыков через моделирования проблемных ситуаций в безопасных для жизни условиях. В исследованиях Гандера Д.В., Кушнир О.А., Пономаренко В.А., Шишкина В.Г. показаны преимущества использования специализированных тренажеров:

– сокращение времени для принятия решения за счет более быстрого распознания аварийной ситуации в результате многократных тренировок;

– восприятие отказов, как привычных явлений и снижение количества допускаемых ошибок;

– активизация интеллектуальных процессов, как составляющих основу профессионального мышления летчика и т.д. [6].

Особую роль в развитии профессионального мышления обучающегося, безусловно, играет личность летчика-инструктора. Благодаря эффективному подбору и применению методов и приемов обучения, инструктор формирует у обучающегося особый склад ума, при котором технические навыки становятся основой для стратегического анализа и управления возможными рисками; целенаправленно развивает у будущего летчика ситуационную осведомленность, умение прогнозировать события и принимать взвешенные решения в условиях стресса и неопределенности.

Развитие когнитивных навыков – важное направление для формирования профессионального мышления обучающихся. Для реализации данного направления в хо-

де профессионального психологического сопровождения разрабатываются и внедряются практикумы, учебные пособия, тренинговые и компьютерные программы (в т.ч. для развития пространственного мышления и зрительной памяти)с возможностью проведения обучающимися как самостоятельных тренировок, так и в составе группы.

Для отработки стереотипа действий в особых случаях полета и формирования эмоционального поведения в аварийных ситуациях применяется идеомоторная тренировка. Она проводится путем проигрывания обучающимися определенного полетного задания в состоянии аутогенного расслабления. В задание в ходе тренировки на определенном этапе мысленного полета можно включать разные особые случаи. К тому же в процессе идеомоторной тренировки представляемые действия могут сопровождаться (либо не сопровождаться) определенными движениями с воображаемыми или реальными органами управления и оборудованием кабины самолета.

Отметим, что для поддержания высокого уровня профессионального мышления летчика необходимо непрерывное обучение.

В заключение можно сказать, что профессиональное мышление специалиста летной профессии представляет собой не просто совокупность знаний и навыков, а сложное системное психологическое образование, интегрирующее когнитивные, операциональные и личностные компоненты, позволяющие ему мгновенно анализировать поступающую информацию, распознавать потенциальные кризисные ситуации и принимать обоснованные решения в условиях повышенной неопределенности. Проведенный автором теоретический анализ фундаментальных работ Бодрова В.А., Пономаренко В.А., Гандера Д.В. и др. позволяет выделить его основные структурные элементы: оперативность, системность, пространственность, антиципацию и высокий уровень саморегуляции.

Профессиональное мышление летчика формируется в процессе многолетнего обучения и практики, его успешность зависит от целенаправленного создания в образовательном пространстве условий, моделирующих ключевые аспекты будущей профессиональной деятельности. К таким условиям относятся: проблематизация содержания учебной деятельности, активизации рефлексивной деятельности обучающихся, интеграция теоретического обучения с практикой и др.

Список литературы:

1. Бодров В.А. Психология летной деятельности: особенности формирования профессионального мышления летчика. – М. : Издательство авиационной литературы, 2001.

2. Ветвицкая С.М. Психофизиологические основы пространственной ориентировки в авиационном полете // Вестник Ессентукского института управления, бизнеса и права. – Ессентуки : ЕИУБиП, 2024. – № 21. – С. 63–71.

3. Горлов М.С., Бодяева И.Д. Профессионально важные качества пилотов и способы их определения // Молодой учёный. – 2022. – URL : http://moluch.ru/archive/434/95187 (дата обращения 18.07.2025).

4. Иванов И.И. Авиабезопасность в современных условиях. – 2021.

5. Лукинова М.Г., Лукинов А.Н. Влияние исследовательской деятельности на развитие профессионально важных качеств обучающихся летной профессии // Опыт, инновации и перспективы формирования современных психологических и педагогических компетенций в организации исследовательской и проектной деятельности обучающихся: материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции (Краснодар-Сочи, 20–22 октября 2024 г.). – Краснодар : ФГБОУВО «Кубанский государственный университет». – Краснодар, 2024. – С. 22–27.

6. Лукинова М.Г., Щербакова Е.А. Особенности развития профессионально важных качеств курсантов во время тренажной подготовки // Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции «Личность курсанта: психологические особенности бытия». – Краснодар, 2016. – С. 84–88.

7. Пономаренко В.А. Психология духовности профессионала. – М., 2004. – С. 221.

8. Профессиональное мышление как важнейший компонент операциональной сферы профессионального сознания. – URL : https://psyvision.ru/uchebnye-materialy/39-psymotiv/419-psyob2?ysclid = mgs2ofcjnf496165691 (дата обращения: 25.09.2025).

9. Сидоров П.П. Когнитивная психология в авиации. – 2019.

УДК 347.8

СОЦИАЛЬНЫЕ ГАРАНТИИ УЧАСТНИКАМ СВО И ЧЛЕНАМ ИХ СЕМЕЙ: АНАЛИЗ ПРАВОВЫХ ОСНОВ И ПРАКТИКИ РЕАЛИЗАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

♦♦♦♦♦

SOCIAL GUARANTEES FOR PARTICIPANTS IN SPECIAL MILITARY OPERATIONS AND THEIR FAMILY MEMBERS: ANALYSIS OF LEGAL FOUNDATIONS AND PRACTICE OF IMPLEMENTATION AT THE PRESENT STAGE

Опошнянский А.В.
кандидат философских наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
AlekseyVO9@yandex.ru

Худяков О.К.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище лётчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. Современная система поддержки участников специальной военной операции (СВО) включает разнообразные гарантии и выплаты. В статье дается всесторонний обзор нормативно-правовой базы и практики социальной поддержки участников специальной военной операции и членов их семей в период 2022–2025 гг. Анализируются законодательные инициативы по денежным выплатам. Рассматриваются региональные инициативы. Уделяется внимание проблемам реализации действующих социальных гарантий. Предлагаются меры совершенствования.

Ключевые слова: специальная военная операция (СВО), социальные гарантии, законодательные основы, правовые основы, государственное страхование, нормативные акты, выплаты, социальная защита.

Oposhnyansky A.V.
PhD in Philosophy, Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
AlekseyVO9@yandex.ru

Khudyakov O.K.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The modern support system for participants in a special military operation (SVO) includes a variety of guarantee esand payments. The article provides a comprehend sive overview of the regulatory frame work and practice of social support for participants in a special military operation and their family members in the period 2022–2025. Legislative initiative soncash payments are analyzed. Region alinitiatives are being considered. Attention is paid to the problems of implement ingexisting social guarantees. Improvement measures are proposed.

Keywords: special military operation (SVO), social guarantees, legislative framework, legal framework, statein surance, regulations, payments, social protection.

Это наш, реально, золотой фонд …
Вот элита – те, кто Родину защищают.
Вот это люди. Вот это будущее за ними.
За ними будущее страны. Им не страшно
в руки страну передать.

В.В. Путин [1]

В сложных нынешних геополитических условиях Российская Федерация борется одна со всем коллективным Западом в лице ВСУ и режима Зеленского. Борясь с нацизмом и фашизмом, Россия отстаивает свои права на международной арене, национальные интересы, свое право на существование. На острие этой борьбы находятся защитники России – кадровые военнослужащие, мобилизованные, добровольцы, смело, храбро, с честью выполняющие свой воинский долг.Государство проявляет всестороннее заботу о своих защитниках, обеспечивает их и членов их семей всем необходимым. Вопросы социального обеспечения военнослужащих гарантируются Президентом РФ, исполняются Правительством РФ и являются наиболее актуальными в настоящее время, этим проблемам и посвящена наша работа.

Цель нашего исследования – попытка разобраться в множестве социальных гарантий, выплат, компенсаций, которые положении положены военнослужащим и членам их семей.

Для достижения целей работы нам необходимо решить определенные задачи: провести анализ нормативно-правовой базы и практики социальной поддержки участников специальной военной операции и членов их семей в период 2022–2025 гг.; проанализировать законодательные инициативы по денежным выплатам; рассмотреть некоторые региональные инициативы; уделить внимание проблемам реализации действующих социальных гарантий: предложить меры совершенствования социальных гарантий. Исследование проведено среди военнослужащих Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков

Поддержка участников СВО и их семей – одна из ключевых задач государства. В условиях современного этапа СВО необходимо не только сохранять, но и развивать комплекс социальных гарантий, отвечающих новым вызовам. С 2022 по 2025 гг. система поддержки претерпела существенное развитие: от первоначальных экстренных мер до формирования многоуровневой системы гарантий в разных сферах. При этом актуальность проблемы определяется необходимостью выполнения государством конституционных и моральных обязательств перед гражданами, участвующими в СВО, участниками такими мероприятиями в будущем станут курсанты военных учебных заведений. Все военнослужащие в силу специфики военной службы обязаны проходить правовое обучение [2, с. 218] для развития в Вооруженных Силах системы нравственно-правовых ценностей и принципов, передачи, усвоения и накопления теоретического материала правовой направленности, формировании у личного состава Вооруженных Сил правосознания, способствующего умению использовать свои права, соблюдать запреты и исполнять обязанности, укреплять законность и правопорядок в Вооруженных Силах. Правовое обучение участвует в формировании военной социализации военнослужащих, в том числе и будущих офицеров [3].

Нормативно-правовые основы социальных гарантий участников СВО. Федеральное законодательство. Ксентябрю 2025 г. сформирована достаточно устойчивая федеральная законодательная база в области социальной поддержки участников СВО. Главными документами остаются Федеральный закон «О ветеранах» от12.01.1995 № 5-ФЗ [4] (с учетом изменений до 01.07.2025), в который введён статус участника боевых действий для участников СВО. Указ Президента РФ «О дополнительных мерах поддержки семей военнослужащих и сотрудников федеральных органов» от 09.05.2022 № 268 [5] закрепил ряд выплат и льгот для раненых и инвалидов среди участников СВО. Правительство РФ утвердило правила предоставления субсидий на приобретение жилья участникам СВО (Постановление Правительства РФ от 15.12.2024 № 2150) [6]. Важное место занимают нормативы об обязательном государственном страховании жизни и здоровья военных (Федеральный закон от 28.03.1998 № 52-ФЗ, ред. от 24.04.2025), которые регулируют выплаты при ранениях и инвалидности [7].

Региональное законодательство. На региональном уровне государства приняты множество правовых актов, дополняющих федеральные гарантии. В крупных городах и ресурсно-обеспеченных регионах разработаны свои меры поддержки, в некоторых введены ежемесячные выплаты участникам СВО и их семьям, установлены льготы при поступлении в детские сады и школы, а также выплаты малоимущим семьям. Во многих субъектах функционируют региональные фонды поддержки участников СВО, которые оказывают адресную финансовую, юридическую и психологическую помощь. В ряде слабо обеспеченных регионов меры поддержки носят символический характер (освобождение от некоторых местных налогов, единовременные выплаты небольших сумм) из-за ограниченности бюджетных ресурсов. Такая дифференциация создаёт ситуацию неравного отношения к участникам СВО: несмотря на то, что экономические возможности регионов неодинаковы и размеры помощи разнятся по субъектам, поддержку и заботу должны получать все участники СВО и члены их семей.

Классификация и характеристика основных видов социальных гарантий. Общий характер социальных гарантий военнослужащим и членам их семей определены *Федеральным законом от 27 мая 1998 года № 76-ФЗ «О статусе военнослужащих»* [8].

Денежные выплаты и компенсации. Система денежных выплат участникам СВО включает несколько основных элементов:

– Единовременные выплаты. К ним относятся, например, гарантированные выплаты гражданам, заключившим контракт на службу (до1 500 000 руб. по инициативам регионов и 400 000 руб. федерально); выплаты участникам СВО при получении ранения или гибели; а также пособия семьям погибших, умерших участников (суммар-

но до 5 000 000 руб.). Данные выплаты определяются указами Президента и федеральными законами, а их размеры индексируются [9].

– Ежемесячные денежные выплаты (ЕДВ). Включают надбавки к пенсиям и другим регулярным выплатам: они устанавливаются в зависимости от статуса (участник боевых действий, инвалидность) и ежегодно индексируются.

– Страховые выплаты. По федеральному закону № 52-ФЗ предусмотрены страховые суммы при ранениях и инвалидности. Так, размер страхового возмещения (единоразовой выплаты страховщиком) в 2024 году составляет: за тяжёлое ранение – 327 265,23 руб.; за лёгкое ранение – 81 816,44 руб. Инвалидам, получившим увечья в СВО, выплачиваются единовременные суммы в зависимости от группы инвалидности: инвалидам I группы – 2 454 493,05 руб.; II группы – 1 636 328,70 руб.; III группы – 818 164,36 руб. (данные приведены по редакции 2025 года). Президентским указом № 268 от 09.05.2022 установлены максимальные выплаты: до 500 000 руб. за лёгкое ранение, до 3 000 000 руб. за тяжёлое, и до 2 454 432 руб. (для I группы инвалидности).

– Компенсации. Государство выплачивает компенсации, например, на реабилитацию, санаторно-курортное лечение или проезд к месту лечения. Размеры таких выплат варьируются и определяются региональными программами.

– Налоговые выплаты. Особым видом поддержки служит освобождение от НДФЛ: все единовременные и страховые выплаты участникам СВО и членам их семей освобождены от подоходного налога.

Натуральные социальные гарантии. Натуральные социальные гарантии реализуются в виде услуг и материальной поддержки:

– Медицинское обеспечение. Участникам СВО и членам их семей предоставляются бесплатная медицинская помощь (в том числе квалифицированное лечение при ранениях и психосоциальная реабилитация) и право на льготную госпитализацию. Государство гарантирует санаторно-курортное лечение раненных и инвалидов СВО в специализированных учреждениях за счёт бюджетов (федерального и региональных).

– Обеспечение жильём. Законом гарантируется преимущественное предоставление жилого помещения (по договорам найма, социальный наём) участникам СВО и их семьям, утратившим жильё. Это могут быть служебные квартиры или социальное жильё в федеральном или региональном жилых фондах.

– Транспортные социальные гарантии. Раненым участникам СВО (а при необходимости – и их сопровождающим) предоставляются бесплатные проездные билеты на лечение по всей стране. Органы власти компенсируют расходы на проезд к месту реабилитации.

– Пенсионное и иное обеспечение. Военнослужащим, получившим инвалидность в СВО, полагаются пенсии по инвалидности по военнослужащим (85 % денежного довольствия I–II группы, 50 % – III группы). Также предусмотрены надбавки к окладу военнослужащего при инвалидности (ежемесячная денежная компенсация) [10].

Социальные гарантии. В группу прочих социальных гарантий включены:

– Образование. Гражданам, служащим в СВО, предоставлено право вне конкурса поступать без вступительных испытаний в вузы и кадетские корпуса, а их детям гарантируется преимущественный приём в детские сады и школы (бесплатное питание и приоритет в очередности).

– Трудоустройство. Региональные и федеральные программы предусматривают квоту рабочих мест и льготное трудоустройство участников СВО, а также обучение и переквалификацию (высшее образование без вступительных экзаменов, профессиональная переподготовка).

– Жилищно-коммунальные услуги (ЖКХ). Для участников СВО действуют льготы по оплате услуг ЖКХ (снижение платы, компенсации квартплаты) и субсидии на капитальный ремонт жилья.

– Налоговые льготы. Все денежные выплаты и компенсации участникам СВО освобождены от налога на доходы физических лиц, а организации, принявшие на работу инвалидов и членов семей погибших, могут рассчитывать на налоговые послабления.

Проблемы реализации социальных гарантий и пути их решения. Анализ типичных проблем

Несмотря на богатый перечень гарантий, на практике встречаются следующие системные проблемы:

– Бюрократизация и волокита. Для получения выплат и льгот требуется оформление большого количества документов, что затрудняет доступ мало информированных граждан. Местные органы соцзащиты часто не обладают полной информацией об услугах, оказываемых разными ведомствами, что замедляет согласование выплат [11, с. 24].

– Низкая информированность. Многие участники СВО и их семьи просто не знают о полагающихся им правах. Недостаточное освещение мер поддержки приводит ктому, что льготы остаются невостребованными. Для устранения данной проблемы создаются центры правовой помощи и консультационные пункты при МФЦ и ветеранских организациях.

– Региональная дифференциация. В зависимости от экономических возможностей субъектов РФ объём поддержки существенно различается. В некоторых регионах гарантия имеет формальный характер (например, освобождение от мелких местных платежей), что создаёт социальное неравенство.

– Долгосрочная реабилитация. Существуют пробелы в организации долгосрочной психологической и социальной реабилитации ветеранов СВО. В частности, не хватает программ по трудовой адаптации инвалидов и оказанию помощи их семьям.

Роль общественных организаций и волонтерских движений. Некоммерческий сектор играет ключевую роль в заполнении пробелов государственной системы. Волонтёрские и благотворительные фонды («Защитники Отечества», «Ангелы», «Поиск. Прорыв» и др.) оказывают адресную помощь, юридическое сопровождение, психологическую поддержку, действуя оперативнее госструктур. Они организуют сбор средств на лечение и восстановление, проводят информационные кампании и помогают в оформлении документов. Развитие партнёрства государства с волонтёрами повышает доступность гарантированных мер и снижает нагрузку на бюрократические механизмы [12].

Направления совершенствования системы. Основные предложения по улучшению действующей системы поддержки следующие:

– Цифровизация процессов. Создание единой информационной системы (социального навигатора) для участников СВО, объединяющей все виды социальных выплат и льгот. Это позволит заявителям отслеживать статус своих обращений и автоматически направлять документы между ведомствами.

– Унификация стандартов. Разработка единых стандартов социального обслуживания участников СВО по всей стране. Например, введение «социального паспорта» участника СВО, который определяет набор гарантий вне зависимости от региона.

– Развитие института персональных кураторов. Закрепление за каждой семьёй участника СВО социального специалиста или бойца (наставника), который сопровождает их во взаимодействии с органами власти и фондами, помогает оформлять пособия и организовывать помощь.

– Стимулирование работодателей. Расширение налоговых льгот и субсидий для предприятий, принявших на работу инвалидов и членов семей погибших участников СВО. Повышение мотивации бизнеса к трудоустройству этой категории граждан ускорит их социальную адаптацию.

– Укрепление регионального взаимодействия. Расширение практики межрегионального обмена опытом и финансовой поддержки дефицитных регионов, чтобы минимизировать различия в гарантиях. Совместные федерально-областные программы могли бы выравнивать уровень поддержки [13].

На встрече с губернатором Астраханской области, председателем комиссии Госсовета по поддержке ветеранов боевых действий – участников СВО и членов их семей Игорем Бабушкиным обсуждались 19 мер социальной поддержки, которые затрагивают образование, социальную защиту, трудовую занятость, здравоохранение, культуру, отношения в сфере налогового законодательства и оказание бесплатной квалифицированной юридической помощи. Безусловно, особое внимание предлагаем уделить родным, близким героев, которые погибли [14].

Таким образом, можно подвести итог исследования, что к настоящему моменту выстроена масштабная разветвлённая система государственных социальных гарантий для участников СВО и их семей, а также большая помощь общественных организаций, политических партий, волонтеров. Законодательство продолжает активно развиваться, включая новые меры поддержки участников боевых действий. Вместе с тем сохраняются системные проблемы: сложность бюрократических процедур, значительная реги-

ональная дифференциация объёма поддержки, низкая информированность самих участников СВО и их семей о доступных гарантиях. Для повышения эффективности предлагается дальнейшая цифровизация и упрощение процессов оформления помощи, а также усиление роли социальных работников и волонтёров. Исследование путей совершенствования системы особенно актуально ввиду длительности СВО и необходимости длительной реабилитации ветеранов.

Список литературы:

1. Путин назвал бойцов СВО элитой и золотым фондом России. [Электронный ресурс] (Москва, 21 апреля 2025 г.) // Риа. Новости. – URL : https://ria.ru/20250421/putin-2012598736.htmlpplarein (дата обращения: 03.11.2025).

2. Опошнянский А.В. Правовая работа – важнейший элемент военно-политической работы // В сборнике Межвузовский сборник научных трудов. Сборник статей. – Краснодар, 2024. – С. 217–223.

3. Опошнянский А.В. Социально-философские основания профессиональной социализации : дис. … канд. филос. наук / Краснодарский государственный университет культуры и искусств. – Краснодар, 2007. – С. 113.

4. Федеральный закон «О ветеранах»: [федер. закон: принят Гос. Думой 12.01.1995 № 5-ФЗ, вред. от01.07.2025.]. – М. : Проспект, 2025. – 44 с.

5. «О дополнительных мерах поддержки семей военнослужащих и сотрудников некоторых федеральных органов». [Электронный ресурс] / Указ Президента РФ от 09.05.2022 № 268 (в ред. на 2025 год). – URL : https://base.garant.ru /404583716/?ysclid = mi1gl8s59z314212220/ (дата обращения: 02.11.2025).

6. Установлен порядок выплат на покупку жилья для молодых семей участников СВО. [Электронный ресурс] // Парламентская газета. Издание Федерального Собрания РФ. 11.11.2025. – URL : https://www.pnp.ru/social/ustanovlen-poryadok-vyplat-na-pokupku-zhilya-dlya-molodykh-semey-uchastnikov-svo.html (дата обращения: 03.11.2025).

7. Федеральный закон «Об обязательном государственном страховании жизни и здоровья военнослужащих, граждан, призванных на военные сборы, лиц рядового и начальствующего состава органов внутренних дел Российской Федерации, Государственной противопожарной службы, сотрудников учреждений и органов уголовно-исполнительной системы, сотрудников войск национальной гвардии Российской Федерации, сотрудников органов принудительного исполнения Российской Федерации»: [федер. закон: принят Гос. Думой 28.03.1998 № 52-ФЗ] [Электронный ресурс]. – URL : https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_18259/ (дата обращения: 02.11.2025).

8. Федеральный закон «О статусе военнослужащих»: [федер. закон: принят Гос. Думой 27 мая 1998 года № 76-ФЗ]. – М. : Омега-Л, 2025. – 80 с.

9. Абрамов В.К. Правовой статус участников боевых действий в современной России: монография. – М. : Норма, 2024. – 288 с.

10. Перечень социальных гарантий для военнослужащих / Бюллетень. Информационно-аналитических материалов. Военно-политическая работа. – 2024. – № 1. – С. 82–87.

11. Давыдова Е.С. Социальные гарантии семьям военнослужащих: новые реалии // Социальное и пенсионное право. – 2025. – № 2. – С. 23–30.

12. Григорьев А. «Zакрой душой»: волонтёрское движение объединяет страну. [Электронный ресурс] // Еженедельник Звезда. 16 ноября 2024. – URL : https://zvezdaweekly.ru/news/20241301022-lhsFa.html (дата обращения: 01.11.2025).

13. Аналитический обзор Центра анализа социальных программ «Инфраструктура поддержки участников СВО в регионах РФ: сравнительный анализ» (июль 2025). [Электронный ресурс]. – URL : https://soc-research.center/analytics/ (дата обращения: 01.11.2025).

14. Встреча с губернатором Астраханской области, председателем комиссии Госсовета по поддержке ветеранов боевых действий – участников СВО и членов их семей Игорем Бабушкиным [Электронный ресурс] // Москва. Кремль. 13.11.2025. – URL : http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/78454 (дата обращения: 14.11.2025).

УДК 629.73

РОССИЯ – РОДИНА АВИАЦИИ
♦♦♦♦♦
RUSSIA IS A MOTHERHOOD OF AVIATION

Ясиновский А.В.
кандидат философских наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье исследуются предпосылки зарождения авиации в России, вклад русских ученых в становление отечественной авиации, научным трудам которых не было равных не только в то время, но и много лет спустя. Проводится хронология научных достижений русских изобретателей и ученых, благодаря которым Россия справедливо называется родиной авиации.

Ключевые слова: авиационная наука и техника, летательные аппараты, развитие, русские ученые и изобретатели, авиация.

Yasinovsky A.V.
PhD in Philosophical Sciences,
Assistant Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article investigates premises to the formation of Russian aviation, the contribution of Russian inventors to development of national aviation, whose scientific advancements were unmatched not only in their time, but many years after.
It presents the chronological analysis of scientific achievements of Russian designers and inventors, who made Russia to be righteously called «The motherland of aviation».

Keywords: aviation science and technology, aircraft, development, Russian designers and inventors, aviation.

«В истории развития авиации новое идет на смену старому, вытесняет старое, обеспечивает поступательный процесс развития от низшего к высшему. При этом зарождение нового происходит в недрах старого, а новое это всегда шаг вперед.

Новое рождается только при наличии определенных условий. Только в соответствующих условиях возможность нового переходит в действительность. Средством этого выступает практическая деятельность людей» [1, с. 109–114].

История отечественной авиации берет свое начало с построения первого в мире самолета талантливым изобретателем Александром Федоровичем Можайским в 1882 году. Тогда же были начаты его испытания в воздухе.

Созданию летательного аппарата тяжелее воздуха А.Ф. Можайский посвятил более четверти века. Опираясь на опыты и исследования других русских ученых и изобретателей, он смог первым в мире решить проблему создания летательного аппарата тяжелее воздуха.

Одним из первых ученых, который практически доказал возможность постройки такого летательного аппарата тяжелее воздуха, как вертолет, был основоположник отечественной науки Михаил Васильевич Ломоносов (1711–1765 гг.). В частности, им было установлено, что нагретый воздух обладает свойством подниматься вверх и смог объяснить причину возникновения различных по своему характеру потоков воздуха в атмосфере. Благодаря этому, он развил учение о строении воздуха. В начале 1754 года ученый впервые сделал сообщение о принципе своего летательного аппарата на заседании Российской академии наук. После этого была построена действующая модель такого аппарата в мастерских Академии наук.

В протоколе конференции Российской академии наук от 1 июля 1754 года записано: «Высокопочтенный советник Ломоносов показал изобретенную им машину, называемую им аэродромической [воздухобежной], которая должна употребляться для того, чтобы с помощью крыльев, движимых горизонтально в различных направлениях силой пружины, какой обычно снабжаются часы, нажимать воздух [отбрасывать его вниз], отчего машина будет подниматься в верхние слои воздуха, с той целью, чтобы можно было обследовать условия [состояние] верхнего воздуха посредством метеорологических машин [приборов], присоединенных к этой аэродромической машине. Машина

подвешивалась на шнуре, протянутом по двум блокам, и удерживалась в равновесии грузиками, подвешеннымис противоположного конца. Как только пружина заводилась, [машина] поднималась на высоту и потому обещала достижение желаемого действия. Но это действие по суждению изобретателя, ещё более увеличится, если будет увеличена сила пружины и если увеличить расстояние между той и другой парой крыльев, а коробка, в которой заложена пружина, будет сделана для уменьшения веса из дерева. Об этом он [изобретатель] обещал позаботиться…» [2, с. 271].

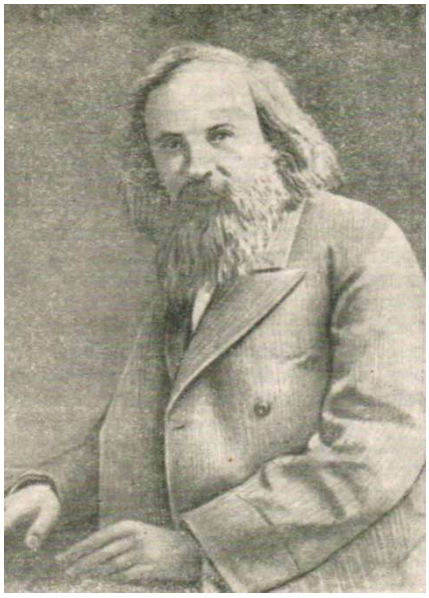
Опыты с моделью полностью подтвердили правильность расчетов русского ученого. В своем аппарате М.В. Ломоносов применил компенсирование реактивного момента несущего винта. Для этого использовалась схема аппарата с двумя соосными несущими винтами (имеющими общую ось вращения), которые вращались в противоположных направлениях.

Исследования воздушной среды, проведенные М.В. Ломоносовым, были продолжены многими русскими учеными. 30 июня 1804 года академик Я.Д. Захаров (1765–1836) в научно-исследовательских целях совершил полет на воздушном шаре. В результате, поднявшись на высоту более 2000 метров, были взяты пробы воздуха на разных высотах, проведены наблюдения над явлениями звука, магнетизма и электричества.

Занимался проблемами воздухоплаванием и великий русский ученый Дмитрий Иванович Менделеев (1834–1907). В своей диссертации «Об идеальных объемах» Д.И. Менделеев доказал, что физические свойства газа изменяются в зависимости от температуры и давления. Выводы, сделанные Д.И. Менделеевым, решали важный вопрос дальнейших исследований атмосферы. Им же были спроектированы во всех деталях аэростат и герметическая кабина, но из-за отсутствия средств построить их не удалось.

Н.Е. Жуковский, оценивая книгу Д.И. Менделеева «О сопротивлении жидкостей и воздухоплавании», назвал её важным руководством для кораблестроителей и деятелей авиации. Именно Д.И. Менделеев утверждал, что будущее в покорении воздушной стихии принадлежит аппаратам тяжелее воздуха. «Воздухоплавание, – говорил учёный, – бывает и будет двух родов: одно в аэростатах, другое в аэродинамах… Но этот род воздухоплавания (аэродинам) обещает наибольшую будущность… и …указывается самой природой, потому что птица тяжелее воздуха и есть аэродинам» [3, л. 2].

В этом научном труде он собрал самое важное по воздухоплаванию и авиации, что во многом обеспечило исследования в этой области, а сам труд стал основным руководством для многих исследователей и изобретателей,работавших в сфере воздухоплавания и авиации. Д.И. Менделеев активно помогал многим из них, всегда поддерживал их творческие начинания. Среди них А.Ф. Можайский, К.Э. Циолковский и многие другие. Одним из них был изобретатель летательных аппаратов тяжелее воздуха В.В. Котов. Во время испытаний своих моделей летательных аппаратов, Д.И. Менделеев помогал изобретателю в разработке методики испытаний, в решении ряда теоретических и конструктивных вопросов, связанных с постройкой этого летательного аппарата.



Научный авторитет Д.И. Менделеева способствовал росту интереса к разработке и решению проблем авиации среди технической интеллигенции и передовых русских учёных того времени.

Среди отечественных учёных, которые способствовали развитию авиации, следует назвать академика Михаила Александровича Рыкачева (1840–1919 гг.). «При всем этом развитие все же неотрывно от движения, изменения. Но это комплекс, множество систем изменений. А поскольку изменение несет системный характер, изменениям подвергается и качество. Качественные изменения несет не единственный, не разовый характер, а комплексный, взаимосвязанный. Для такой взаимосвязи характерна необратимость» [4, с. 435–438].

Именно он создал новую отрасль метеорологии – аэрологию, то есть учения о методах исследования свободной атмосферы и о необходимых для этого приборах. Первоначально под аэрологией понималось учение о свойствах высоких слоев атмосферы и происходящих в них процессах. Изучение атмосферы, указывалось, представляет большой интерес для науки. При этом необходимо исследовать различные слои атмосферы до возможно большей высоты.

Исследования и научные труды М.А. Рыкачева по изучению атмосферы и организации аэродинамических опытов высоко оценивали многие передовые представители отечественной научно-технической мысли. Рассматривая работы ученого по исследованию возникновения и величины подъемной силы винта, собрание членов Русского технического общества отмечало, что М.А. Рыкачев с помощью опытов доказал, что с помощью винта даже при существующей тяжести паровых машин подъем в воздух не невозможен. В 1868 и 1873 гг. для более глубокого изучения строения атмосферы он совершал свободные полёты на воздушных шарах.

Ещё до создания в нашей стране первого в мире самолёта многие русские исследователи разрабатывали оригинальные проекты различных летательных аппаратов и двигателей для них. Появлению весьма интересных проектов способствовали серьёзные изменения, которые происходили в политической, экономической, социальной сферах во второй половине XIX века.

Прежде всего это обусловлено отменой в 1861 году крепостного права, благодаря чему в России довольно быстро стал развиваться промышленный капитализм. В промышленности, оснащенной преимущественно паровыми силовыми установками, стал активно применяться новый вид энергии – электрическая энергия.

В это же время появляется конкурент паровой машины – двигатель внутреннего сгорания. Эти достижения подтверждают тезис о взаимосвязи всех сфер жизни общества, их влияние на научное и духовное развитие, обусловленности научно-технического прогресса. Проявлялось это буквально во всех областях науки и техники. В 1869 году великий русский учёный открыл периодический закон химических элементов, что оказало решающее влияние на развитие химии и физики.

Активно шла работа над созданием дирижаблей. «Когда первый российский дирижабль «Кречет» прошел испытание и был принят на вооружение армии, его сдали в 9-ю воздухоплавательную роту, дислоцированную в Риге, снабдив ее более обширным штатным расписанием. Почти одновременно с «Кречетом» появились другие отечественные и построенные за границей дирижабли: «Учебный», «Лебедь», «Беркут», «Голубь», «Кобчак», «Сокол», «Гриф», «Альбатрос» [5. с. 5–8].

О доминировании отечественной науки и успехов русских учёных в создании летательных аппаратов тяжелее воздуха свидетельствуют многие факты. Вот лишь некоторые из них. В 1843 году англичанин Хенсон предложил проект летательного аппарата с паровым двигателем.Этот проект очень широко рекламировался в печати. Правильность своих расчетов Хенсон решил проверить на моделях. Однако, ни одна из них не смогла подняться в воздух. После этого англичанин забросил идею о постройке такого аппарата. Соотечественник Хенсона – Стрингфелло в течение длительного времени занимался испытанием моделей летательных аппаратов с паровой машиной, но также не смог добиться положительных результатов.

Француз Мишель Лу в 1852 году разработал проект летательного аппарата, который напоминал птицу. Но и он не смог даже построить удачную модель. Разочаровавшись в своей идее, он прекратил опыты. Братья Тампль из Франции в те же годы испытывали модели летательных аппаратов с механической тягой. Безуспешные попытки построить двигатель для своего будущего аппарата принудили их отказаться от дальнейшей работы.

В 1873 году голландец Груф после долгих поисков построил аппарат с машущими крыльями. Первый опыт был проведен в 1877 году. Аппарат Груфа был подвешен на тросе под аэростатом. Груф пытался работать крыльями, не отделяясь от аэростата. Трос, который поддерживал его аппарат под аэростатом оборвался. Вместе со своим аппаратом Груф упал и разбился.

Исследователи многих стран долгие годы изучали секрет полёта птиц. Однако ответить на вопрос, почему же птицы летают, так и не смогли.

Исследования парящего полета птиц долгое время изучал изобретатель и строитель первого в мире самолёта Александр Фёдорович Можайский (1825-1890).



Мысль о постройке самолёта возникла у него ещё в 1856 году. Изучая полет птиц, он по сути занимался аэродинамическими исследованиями.

В итоге многолетних исследований А.Ф. Можайский подошёл к решению вопроса о необходимости соотношении между весом, площадью крыльев и скоростью летательного аппарата. «Для возможности парения в воздухе, – утверждал он, – существует некоторое соотношение между тяжестью, скоростью и величиной площади и плоскости, и несомненно то, что чем больше скорость движения, тем большую тяжесть может нести та же площадь» [6, лл. 173–174]. Для проверки найденных в ходе экспериментов исходных данных, изобретатель построил несколько моделей самолетов. Необходимо отметить, что модели самолетов А.Ф. Можайского хорошо летали.

Тщательно проверив все расчёты, А.Ф. Можайский представил проект своего летательного аппарата на рассмотрение правительственной комиссии, которая была образована в феврале 1877 года распоряжением военного министра графа Милютина, из специалистов и ученых. В состав этой комиссии входили знаменитый русский ученый Д.И. Менделеев, член Инженерного комитета генерал-лейтенант К.Я. Зверев, профессор Военной инженерной академии полковник Н.П. Петров, член Технического комитета морского министерства полковник П.А. Богословский и военный инженер полковник Струве.

Обсудив проект А.Ф. Можайского комиссия в своём заключении указала, что изобретатель «в основание своего проекта принял положения, признаваемые ныне за наиболее верные и способные привести к благоприятным конечным результатам» [7, лл. 4–7].

В соответствии с решением комиссии А.Ф. Можайский разработал подробную программу опытов над моделями своего летательного аппарата и в середине февраля 1877 г. представил её на утверждение в Главное инженерное управление.

Большинство опытов с моделями, которые были предусмотрены программой, успешно были завершены в начале 1878 года. 23 марта 1878 года А.Ф. Можайский представил докладную записку о результатах опыта над моделями летательного аппарата и смету расходов по его постройке. В этой записке в комиссию он указывал: «… аппарат мой, имеющий вид птицы с распростертыми неподвижными крыльями и хвостом, при устройстве своем может сохранить условия, потребные для парения в воздухе как в отношении величины площади к тяжести, так и получения достаточной скорости ... Скорость же его движения, как это показало действие винта над моделькаами, может получиться громадная. Постройка аппарата с технической стороны не представляет ни затруднений, ни невозможностей» [8, лл. 173–174].

В течение трех лет А.Ф. Можайский был занят изготовлением своего самолета. 20 июля 1881 года в своей докладной записке изобретатель указывал, что ему «… остается только собрать аппарат и сделать окончательные пробы» [9, л. 40].

Летом 1882 г. самолет был построен и начались его испытания, во время которых самолет поднялся в воздух.

Выдающимся работам и опытам А.Ф. Можайского не было равных не только в то время, но даже и много лет спустя. Научный подвиг А.Ф. Можайского, разрешившего задачу, над которой безуспешно работали исследователи и изобретатели многих стран, высоко поднимает научный и технический престиж нашей страны как родины самолета, родины авиации.

«История развития ВВС представляет собой процесс развития авиационной техники, вооружения, военной науки, личного состава, управления и системы взаимосвязей между ними. Это говорит о том, что ВВС существуют не только в форме определенного вида Вооруженных Сил, но и как историческая реальность, суммирующая в себе все достижения общественного развития. Весь цикл развития ВВС как общественного института состоит из определенных стадий: возникновения, становления, зрелости и преобразования» [10, с. 38].

Президент России В.В. Путин, выступая с Посланием Федеральному Собранию РФ 29 февраля 2024 года, подчеркнул: «И сегодня, когда наша Родина отстаивает свой суверенитет и безопасность, предстоит обновить и воздушный парк наших авиакомпаний за счет собственных, отечественных самолетов. Они должны отвечать всем современным требованиям по качеству, удобству и безопасности – это сложная задача» [11, с. 1].

Конец XIX и начало XX вв. вошли в историю человечества как период зарождения авиации. Появление нового вида техники – авиационной техники, вызвало необходимость разработки основ науки, объединяющей законы полета. Творческими усилиями выдающихся русских ученых Н.Е. Жуковского, С.А. Чаплыгина, К.Э. Циолковского и других были созданы основы новой науки – аэродинамики.

По пути, пройденному русскими изобретателями и учеными, стала развиваться авиация во всех странах мира. Вот почему Россия законно называется родиной авиации.

Список литературы:

1. Ясиновский А.В. Социально-философские аспекты развития военной авиации России в Первой мировой войне // Россия в Первой мировой войне: итоги и уроки: сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. – Краснодар, 2024. – С. 109–114.
2. Билярский А. Материалы для биографии Ломоносова. – СПб., 1865. – С. 271.
3. ЦГВИА. – Ф. 740. – Д. 753. – Л. 2.
4. Ясиновский А.В. Развитие советской авиации в послевоенные годы – предвестник отечественной космонавтики // 19 Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 63-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. 10–11 апреля 2024 года. Сборник научных статей. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2024. – С. 435–438.
5. Медведев В.И. Зарождение Воздушного Флота России накануне Первой мировой войны // Россия в Первой мировой войне: итоги и уроки: сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. – Краснодар : КВВАУЛ, 2024. – С. 5–8.
6. ЦГВИА. – Ф. 740. – Д. 749. – Лл. 173–174.
7. ЦГВИА. – Ф. 740. – Оп. 2. – Д. 749. – Лл. 4–7.
8. ЦГВИА. – Ф. 740. – Д. 749. – Лл. 173–174.
9. ЦГВИА. – Ф. 740 (Л). – Д. 698. – Л. 40.
10. Ясиновский А.В. Противоречия развития Военно-воздушных сил Российской Федерации в современных условиях (социально-философский анализ) : дис. … канд. филос. наук. – М. : Военный университет МО РФ, 2004. – 178 с.
11. Послание Президента РФ Федеральному собранию // Российская газета. – 2024. – № 46.

УДК 517.9:519.64

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ПО ЯЗЫКУ СПЕЦИАЛЬНОСТИ (РЭО) У ИНОСТРАННЫХ КУРСАНТОВ В ВОЕННОМ АВИАЦИОННОМ ВУЗЕ

♦♦♦♦♦

FORMATION OF TERMINOLOGICAL COMPETENCE IN THE SPECIALTY LANGUAGE (REO) FOR FOREIGN CADETS AT A MILITARY AVIATION UNIVERSITY

Шипалова Н.А.
кандидат филологических наук,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
shipalova2013@mail.ru

Новицкая О.С.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье представлен анализ авиационной терминологии РЭО в технических текстах для ИВС, а также предложены задания для работы в иностранной аудитории по языку специальности на основных курсах. В исследовании рассматриваются современные методические подходы к формированию терминологической компетенции у иностранных военнослужащих в контексте цифровизации авиационных систем и возрастающей сложности бортового оборудования.

Ключевые слова: язык специальности, инофоны, технический текст, авиационные термины РЭО, терминологическая компетенция, методика обучения, военный авиационный вуз.

Shipalova N.A.
PhD in Philological Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
shipalova2013@mail.ru

Novitskaya O.S.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. The article presents an analysis of aviation terminology in technical texts for military personnel, as well as tasks for working in a foreign audience in the language of the specialty in the main courses. The article discusses modern methodological approaches to the formation of terminological competence among foreign military personnel in the context of the digitalization of aviation systems and the increasing complexity of onboard equipment.

Keywords: specialty language, foreign languages, technical text, aviation terms, terminology competence, teaching methods, military aviation university.

Постоянное обновление учебных материалов с учетом развития авиационной техники и методик преподавания РКИ является важным условием успешной подготовки высококвалифицированных иностранных специалистов. Современные тенденции в авиации, такие как интеграция спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС/GPS), внедрение сетевых технологий обмена данными (типа Link-16), развитие систем РЭБ нового поколения, постоянно обогащают терминосистему РЭО. Успешное освоение иностранными военнослужащими образовательных программ в военном вузе напрямую зависит от уровня их владения русским языком, особенно в области профессиональной терминологии.

Специальная лексика радиоэлектронного оборудования (РЭО) представляет собой сложную терминосистему, характеризующуюся обширным объемом, наличием большого количества аббревиатур, тесной взаимосвязью с другими смежными областями знаний. Недостаточный уровень владения этой терминологией может существенно затруднить понимание учебных материалов, участие в практических занятиях и, в конечном итоге, успешное выполнение профессиональных обязанностей.

В рамках темы РЭО на основных курсах военного авиационного вуза изучаются спецтексты: «Общая характеристика РЭО», «Радиопередающие и радиоприемные устройства», «Радиосвязное оборудование», «Радионавигационное оборудование», «Радиолокационное оборудование», «Радиоэлектронная борьба» [1]. Каждая тема включает в себя теоретическую часть, практические задания и контрольные тесты. Все виды речевой деятельности (аудирование, говорение, чтение, письмо) интегрированы в

учебный процесс, что способствует более глубокому и устойчивому усвоению терминологии РЭО. Например, текст «Из истории развития авиационной радионавигации» рекомендуется использовать для аудирования в предтекстовой работе практического занятия перед изучением радионавигационного оборудования. Преподаватель готовит раздаточный материал, дает установку на одновременное прослушивание текста с выбором необходимой информации и запись в указанных предложениях пропущенных слов или словосочетаний. При этом обращается внимание обучающихся на несколько измененную форму подачи информации в раздаточном материале по сравнению с аудиотекстом. При необходимости преподаватель может интонационно выделять ключевые слова и словосочетания (в тексте курсив). Далее следует прочитать восстановленные предложения.

Для усиления практической направленности в задания часто включаются описания конкретных образцов техники (например, РЛС «Н-019» на МиГ-29, система РЭБ «Хибины» на Су-34), их тактико-технических характеристик (дальность обнаружения, помехозащищенность, рабочий диапазон частот). Для введения актуальной дополнительной информации об использовании современных комплексов РЭБ можно использовать текст для аудирования на послетекстовом этапе занятия. Преподаватель ориентирует иностранных курсантов на полное понимание текста и ответы на основные вопросы (*Для чего предназначен комплекс «Хибины»? Где устанавливались первые контейнеры РЭБ? Какие новые контейнеры РЭБ появились в 2015 г.*?).

Терминосистема РЭО распределяется по тематическим группам, на практических занятиях по языку специальности даются задания на определение понятий (*антенно-фидерная система, радиолокационная станция, модуляция, генерация, Герц, Ватт, навигация, авиационная радионавигация, помехозащитность, радиомаяк, курсовой угол радиостанции, Дальняя и Ближняя приводные радиостанции*). В тематической группе «РЭО» выделяются подгруппы: «радиолокационное оборудование», «радиосвязное оборудование», «радионавигационное оборудование», а также специальная лексика по группам: 1) составные части РЭО и радиоволн; 2) характеристики РЭО и радиоволн; 3) функции РЭО. Дополнительно формируются группы по принципу «функция-устройство»: обнаружение цели – РЛС, наведение ракеты – система наведения, постановка помех – станция активных помех.

Особое внимание уделяется правильному ударению в терминах (*радиолокАция, модулЯция, антЕнна*), произношению аббревиатур (*РЛС [эр-лэ-эс], БРЭО [брэо]*) и грамматическому роду сложносокращенных слов (*РЛС – жен.р.*).

В предтекстовой работе иностранные военнослужащие должны научиться определелять состав сложных слов (*радиоволны, радиосвязь, радиоэлектроника, радиолокация, радионавигация, радиотелеметрия*) и отработать навык употребления единиц терминологических словосочетаний в правильной грамматической форме: *навигационный (параметры, оборудование, устройство, системы); заданный (маршрут, время, траектории);электромагнитный (излучение, колебания, прибор); диапазон (действие, частоты, волны).* Практикуются упражнения на словообразование: образование прилагательных от существительных (*навигация – навигационный),* существительных от глаголов *(модулировать – модуляция), а также анализ структуры сложных терминов (радио+связь, радио+навигаци(я)+онный).*

Иностранным курсантам необходимо выработать умения устанавливать системные отношения лексических единиц, например, находить в тексте термины-антонимы (*дестабилизирующие факторы, усиление воздействия помех, приём радиосигналов, отправить сообщение, высокочастотные колебания, повышенная влажность, ослабление сигнала*) или заменять понятия близкими по значению словами. Также активно используется прием нахождения лексико-семантических отношений (*РЭО – БРЭО – РЛС – импульсная РЛС*), что способствует формированию целостной терминологической картины поля.

Как известно, специфической чертой подъязыка авиации является его стремление к аббревиации, что обусловлено необходимостью оперативной передачи данных. В связи с этим на занятии по языку специальности рассматриваются специальные аббревиатуры в профессиональной письменной и устной речи (*БРЭО, СПУ, РЛС, РЭБ*).

Иностранным военнослужащим необходимо уметь устанавливать главное слово в производящем словосочетании, путём дополнения предложенной расшифровки аббревиатур: *ДЦВ* – … волны). Особое внимание уделяется аббревиатурам, имеющим одинаковое написание, но разное значение в гражданском и военном контекстах (например, *АСУ*), а также международным аббревиатурам *(GPS, VHF, UHF)*, требующим сопоставления с русскими эквивалентами *(СНС, УКВ, ДЦВ)*.

Для развития устной профессиональной коммуникации инофоны могут составить рассказ по таблице о частях РСО(радиосвязном оборудовании), о видах модуляции (*АМ, ЧМ, ФМ*) в зависимости от параметров и т.п. Дополнительно используются интерактивные электронные схемы бортового оборудования [2], где курсанты должны назвать компоненты и описать их взаимодействие, используя изученную терминологию и речевые конструкции. Так, текст «Функции и цели БРЭО в полете» предназначен для детального изучения структурно-смысловых компонентов текста. При подготовке к работе обучающиеся чертят в тетради таблицу, получают установку: во время прослушивания текста заполнить таблицу краткой информацией о функциях и целях использования бортового радиоэлектронного оборудования в полёте. Альтернативно чтению основного текста практического занятия можно предложить аудирование текста «Радиопередающие и радиоприёмные устройства». Установка на прослушивание и выполнение заданий даётся в начале каждого этапа. На первом этапе, работая с первым абзацем, преподаватель ориентирует обучающихся на полное понимание текста и ответы на вопросы (*Что обеспечивают радиопередающие и радиоприемные устройства? РПДУ – это радиопередающие или радиоприёмные устройства? Согласны ли вы с тем, что радиоприёмные устройства создают радиосигналы, несущие информацию?*), а также записывает аббревиатуры данных устройств на доске. При работе со вторым абзацем дается установка на выборочное восприятие текста и определение критерия указанной классификации: *Авиационные радиопередающие и радиоприёмные устройства классифицируются по месту установки (стационарные и подвижные), назначению, диапазону рабочих частот, виду применяемой модуляции, мощности излучения. (Например, по назначению: связные, навигационные, радиолокационные; по диапазону: КВ, УКВ, ДМВ, СМВ).*Перед аудированием третьего и четвертого абзацев необходимо вспомнить и записать на доске аббревиатуры обозначения радиоволн различных диапазонов, а затем нацелить иностранных курсантов на выборочное понимание текста для создания схемы классификации РПДУ и РПУ с использованием записанных аббревиатур. На этом этапе часто используются визуальные опоры – диаграммы диапазонов радиоволн с указанием типичного применения *(связь, навигация, локация* [3]).

Таким образом, изучение терминосистемы РЭО на основном курсе военного авиационного вуза имеет системный характер, направленный на развитие профессиональной компетенции курсантов-техников в современных условиях [3]. Системный подход включает в себя не только усвоение лексических единиц и грамматических конструкций, но и формирование навыков быстрой дешифровки аббревиатур, понимания логики классификаций, умения интерпретировать технические описания и инструкции, а также эффективно использовать авиационную терминологию в профессиональном обсуждении.

Список литературы:

1. Асейкина Л.С., Кашина Л.Г., Курячая О.Г. Язык специальности: учебное пособие для иностранных военнослужащих технических специальностей. Часть II. – Краснодар : КВВАУЛ, 2019.

2. Современные системы бортового радиоэлектронного оборудования военных самолетов / Под ред. В.А. Семина. – М. : Радиотехника, 2021. – 456 с.

3. Асейкина Л.С., Верегитина И.В., Кашина Л.Г. Язык специальности. Сборник текстов для аудирования: учебно-методическое пособие для обучения иностранных военнослужащих технических специальностей. – Краснодар : КВВАУЛ, 2018.

УДК621

«БРАЗИЛЬСКАЯ САМБА В НЕБЕ ЕВРОПЫ» (АВИАЦИЯ БРАЗИЛИИ ВО ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЕ)

♦♦♦♦♦

«BRAZILIAN SAMBA IN THE EUROPE SKY» (BRAZIL AVIATION IN THE WORLD WAR II)

Анцупов И.С.
кандидат педагогических наук,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассказывается о летчиках бразильского экспедиционного корпуса, их участии в боевых действиях на западном фронте.

Ключевые слова: эскадрилья, «Тандерболт», боевой, вылет, штурмовка, разведка, истребитель, бомбардировщик, корректировщик, авиабомба, летчик.

Antsypov I.S.
PhD in Pedagogical Sciences,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. In the article describe about pilots of Brazilian expedition corpus, they participate in the combat missions on the West front.

Keywords: Squadron, «Thunderbolt», combat, take off, storm, reconnaissance, fighter, bomber, corrector, air bomb, pilot.

8 мая 2025 г. на Красной площади в городе-герое Москве присутствовал президент Федеративной Республики Бразилия Луис Инасу Лула да Силва.

Высокий гость прибыл в столицу России, чтобы поздравить народы нашей страны и лично Президента Владимира Владимировича Путина с Днем победы в Великой Отечественной войне, с ее 80-й годовщиной и принять участие в праздничных мероприятиях.

Бразилия стала единственной латиноамериканской страной, выделившей воинский контингент для участия в боях второй мировой войны на европейском ТВД. Основу этих сил составила 1-я экспедиционная пехотная дивизия, но в их состав вошли и авиационные подразделения – 1-я группа истребительной авиации и 1-я эскадрилья связи и наблюдения.

Первую группу истребительной авиации сформировали 18 декабря 1943 г., укомплектовав летчиками-добровольцами, причем не только истребителями. Например, среди них был тениенте Альберто М. Торрес, ранее летавший на «Каталине» и принявший участие в потоплении германской подлодки U-199. Всего в группе насчитывалось 350 человек, в т.ч. 43 пилота. Возглавлял ее подп-к Неро Моура. Интересно отметить, что в состав вспомогательного персонала был зачислен тениенте медицинской службы Лютеро Варгас – сын президента Бразилии Жетулио Варгаса.

Сначала 1-я группа была направлена для тренировок в зону Панамского канала на авиабазу Агуадульче, где летчики освоили истребители Р-40. Здесь часть понесла первую потерю – во время тренировочного полета разбился тениенте Данте Изидоро Гастальдони. 22 июня 1944 г. группу передислоцировали в США для переучивания на Р-47 «Тандерболт», на которых и предстояло воевать в Европе. За свои внушительные габариты и относительно низкую маневренность Р-47 получил у бразильцев прозвище «Летающий трактор».

Завершив переучивание, личный состав 1-й группа 19 сентября погрузился на американский военный транспорт и отправился в Европу. Вынужденное бездействие во время морского перехода побудило авиаторов заняться геральдикой и создать эмблему части. Она представляла собой овал, в котором красовался весьма свирепый страус в форменной фуражке летчика, державший винтовку и синий щит с изображением созвездия Южного Креста – символа Вооруженных сил страны. Позднее на эмблемах воевавших самолетов дорисовали разрыв зенитного снаряда. В качестве девиза был выбран охотничий клич Senta a Pua! (приблизительный перевод – ату!). В 1945 г. у группы появился еще один символпесня «Венецианский карнавал», сочиненная после бомбежек Венеции. После войны она стала гимном бразильской истребительной авиации.



Рисунок 1 – Вероятные противники бразильских летчиков

Естественно бразильские летчики усиленно изучали театр предстоящих боевых действий. Технические характеристики немецких и итальянских самолетов. Тактические и боевые приемы летчиков люфтваффе. Листами подшивки американских газет, где описывались воздушные бои в небе Кубани и успехи советских летчиков на истребителе Р-39 «Аэрокобра».

8 октября 1-я группа высадилась в итальянском порту Ливорно. Она вошла в состав 350-й истребительной авиагруппы 22-го тактического авиационного командования США. В Европе наименование 1-я группа истребительной авиации использовалось сравнительно редко, чаще применялось 1-я бразильская истребительная эскадрилья. Авиачасть состояла из четырех звеньев – «красного», «желтого», «синего» и «зеленого», пилоты которых носили шарфы соответствующего цвета.

В Италии бразильцы получили 68 «Тандерболтов», из которых 37 перевели в резерв и отправили в неаполитанский Центр хранения. В ходе боевых действий для восполнения потерь оттуда поступили 17 машин. Таким образом, за время пребывания в Европе бразильцы эксплуатировали 48 самолетов Р-47.

Сначала 1-я группа базировалась в Таркуинии (севернее Рима), а 4 декабря 1944 г. передислоцировалась в Пизу. Подготовка к полетам продолжалась довольно долго – первые вылеты в Италии бразильцы совершили лишь 31 октября. Затем почти две недели они осваивали район боевых действий, летая в составе американских звеньев. В это время 1-я группа понесла первые потери на фронте. 6 ноября был сбит огнем с земли самолет тениенте Джона Ричардсона Кордейро да Сильвы. Пилот погиб. Утром следующего дня во время тренировочного полета разбился тениенте Ольдегард Ольсен. При отработке противозенитного маневра его «Тандерболт» потерял управление, летчик покинул самолет, но парашют не раскрылся.

В ноябре 1-я группа приступила к самостоятельным полетам. Бразильцы готовились, прежде всего, для борьбы с воздушным противником, но такового повстречать в Италии оказалось сложно, и латиноамериканским летчикам пришлось, в основном, работать по наземным целям. Изредка их привлекали к сопровождению бомбардировщиков и разведывательным полетам. Полеты на сопровождение бомбардировщиков осуществлялись, главным образом, к перевалу Бреннер, через который проходил главный путь снабжения германских войск в Италии. В таких операциях «Тандерболты» оснащались противотанковыми авиабомбами.

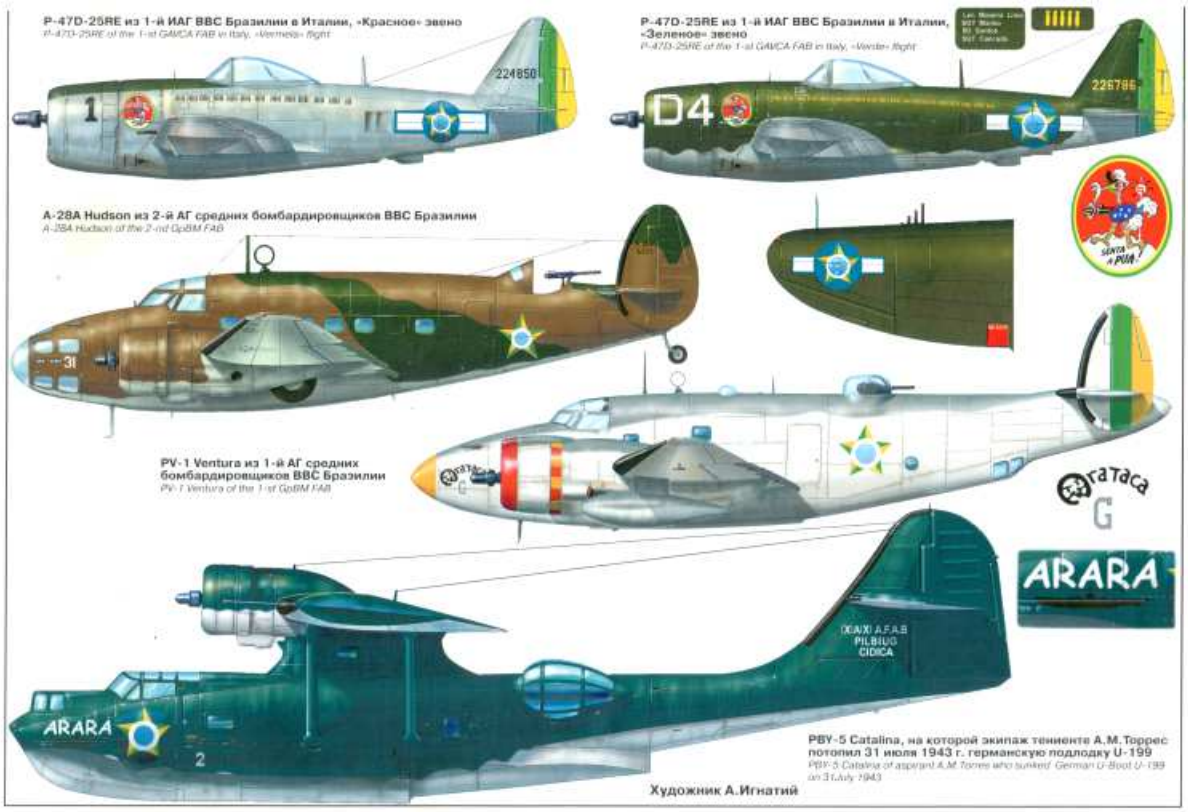


Рисунок 2 – Самолеты, на которых воевали бразильские летчики во Второй Мировой войне

Во время штурмовок бразильцы использовали довольно широкий ассортимент средств поражения: авиабомбы, изредка применяли противотанковые НАР М8А2, запускаемые из трехзарядных пусковых установок.

Пик боевой активности бразильских истребителей пришелся на последние недели войны, когда они приняли участие в поддержке 5-й американской армии, наступавшей в долине реки По. К тому времени 1-я группа понесла ощутимые потери, и в ее составе осталось лишь 25 пилотов. «Желтое» звено пришлось расформировать, а его летчиков распределить среди трех оставшихся.

22 апреля 1945 г. все три звена атаковали цели в районе Сан-Бенедетто, где американцы собирались создать плацдарм. Под огонь бразильцев попали мосты, баржи и автомобили. Через полтора часа одно звено совершило вылет на вооруженную разведку в район Мантуи, уничтожив около 80 транспортных средств. К исходу дня бразильцы выполнили 44 боевых вылета – больше, чем в любой другой день. Два самолета получили повреждения, один был сбит, а его пилот тениенте Армандо де Сан-Коэльо попал в плен. После войны 22 апреля был провозглашен днем бразильской истребительной авиации, который отмечается до сих пор.

Подводя итоги боевой деятельности 1-й группа, следует отметить, что за 184 дня итальянской кампании ее пилоты приняли участие в 445 операциях, выполнив 2550 самолето-вылетов с общим налетом 5 465 ч. Характерно, что 2 546 вылетов носили наступательный характер (штурмовка, разведка, сопровождение бомбардировщиков и т.д.) и лишь в 4 велось патрулирование над территорией, занятой своими войсками. Бразильские летчики имели довольно высокий (по американским меркам) индивидуальный налет. Многие из них записали на свой счет 80 и более боевых вылетов, а рекордсменами стали тениенте Альберто МартинсТоррес (99 вылетов) и Жозе Меира Ребелло (95 вылетов). Действия 1-й группа отличались весьма высокой результативностью. Но за успехи пришлось заплатить дорогой ценой: из 48 пилотов, служивших в бразильской эскадрилье (43 – начальный состав и 5 – пополнение), 4 погибли в бою, 4 – в катастрофах, 5 попали в плен, еще 3 сбитых над вражеской территорией были спасены итальянскими партизанами. Кроме того, 7 пилотов пришлось списать по болезни. В боях и летных происшествиях были потеряны 22 самолета, еще один потерпел аварию в первые послевоенные дни.

Вклад 1-й группа в победу был отмечен Благодарностью президента США (среди неамериканских частей ВВС подобной награды удостоены лишь две австралийские эскадрильи). Церемония награждения состоялась 22 апреля 1986 г. на авиабазе Санта-Круз в Рио-де-Жанейро, где эта часть дислоцируется и сейчас (вооружена истребителями «Нортроп» F-5E/F).

Другим авиаподразделением Бразильских экспедиционных сил в Италии была 1-я эскадрилья связи и наблюдения, сформированная 4 июля 1944 г. Командиром подразделения стал капитан Жоао Аффонсо Фабрицио Беллок. Личный состав эскадрильи насчитывал 12 офицеров (11 летчиков), 10 сержантов и 8 рядовых, кроме которых боевую работу вели прикомандированные воздушные наблюдатели-артиллеристы. По американским стандартам, состав этой части соответствовал звену, и в документах союзного командования она именовалась 1-м бразильским звеном наблюдения и связи. В задачи подразделения входили корректировка артогня, разведка и связь в интересах, прежде всего, бразильской пехотной дивизии.

В Италии 1-я эскадрилья использовала восемь «Пайперов» L-4H (одна из модификаций знаменитого «Каба»). Первоначально они несли опознавательные знаки армейской авиации США, и лишь позже получили желто-зеленые звезды бразильских ВВС. Каждый самолет имел собственное название: «ГрупоЭскола», «Бразил», «Бандеиранте», «Санта Терезинья», «Тимбирас», «Сеара», «Диого Жуниор» и «Люли». Девизом эскадрильи стала фраза OlhoNKle! (приблизительный перевод – «Смотри на него!»).

1-я эскадрилья связи и наблюдения прибыла в Неаполь 6 октября 1944 г. вместе с другими частями 2-го эшелона Бразильских экспедиционных сил. После трех недель подготовки в Ливорно, 28 октября бразильцы приступили к выполнению боевых заданий, действуя с полевого аэродрома РойялФилдз в местечке Сан-Россоре около Пизы.

Типичный боевой вылет продолжался около двух часов. Находясь непосредственно над линией фронта, авиаторы вели разведку, выявляя вражеские колонны, склады, скопления войск, и передавали их координаты на КП артиллерии. Некоторые отчаянные пилоты этим не ограничивались. Их поступки заставляют вспомнить зарю военной авиации: на противника они сбрасывали ручные гранаты и даже... камни!

Зимой 1944–1945 гг. бразильцы столкнулись с абсолютно невиданным на родине явлением – морозами. В нескольких полетах у «Пайперов» замерзали карбюраторы, что вызывало остановки двигателей. В такой ситуации летчикам приходилось планировать, пока на малой высоте карбюратор не оттаивал и двигатель снова начинал работать. Но полностью отказаться от полетов на средних высотах не позволял ожесточенный огонь германской мелкокалиберной зенитной артиллерии, заставлявший подниматься как можно выше.

За почти 200 дней боевых действий экипажи 1-й эскадрильи выполнили 684 боевых вылета, из них 400 – на корректировку артиллерийского огня. Во многом благодаря их работе части Бразильских экспедиционных сил отличались наиболее точной стрельбой среди всех артиллерийских подразделений американской 5-й армии. Большинство пилотов эскадрильи имели на своем счету свыше 60 боевых вылетов, а тениенте Жоао Торрес и аспиранте Франсиз Форсайт – по 70. Среди прикомандированных армейских наблюдателей выделялся к-н Адемар Гутьеррес Феррейра, совершивший 71 боевой вылет.

1-я эскадрилья связи и наблюдения прекратила существование 14 июня 1945 г., когда ее расформировали, а личный состав вскоре отправили на родину.

Так на бразильских авиаторов закончилась «Европейская война», именно так называли Вторую Мировую войну латиноамериканские газеты.

Военно-воздушные силы Бразилии не снискали такой боевой славы в этой войне, как летчики наших союзников. Но их вклад в общую победу и понесенные жертвы ставят их в единый строй людей победивших фашизм.

Список литературы:

1. Авиация и Время. Научно-популярный журнал. – 2003. – № 3.
2. Майлз Трипп. Воздушная война в небе западной Европы. – М. : ЗАО, Центр полиграф, 2007. – 239 с.
3. Штейнхоф Йоханес. «Мистершмиты» над Сицилией. Битва за небеса. – М. : ЗАО, Центр полиграф, 2005. – 302 с.

УДК 335

ВЛИЯНИЕ ТРЕНАЖНОЙ ПОДГОТОВКИ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ КУРСАНТОВ В КВВАУЛ

♦♦♦♦♦

THE QUALITY OF FLIGHT SCHOOL CADETS' EDUCATION

Божко С.В.
кандидат технических наук, профессор,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Базоев Т.Х.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

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

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences, Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Bazoyev T.H.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Korotkevich A.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В статье рассматривается вопрос организации и выполнения тренажной подготовки, влияние ее на качество обучения курсантов.

Ключевые слова: летное обучение, тренажная подготовка.

Abstract. The article discusses the organization and implemention of flight simulator training, its impact on the quality of cadets' education.

Keywords: flight training, flight simulator training.

Современная, сложившаяся в ВКС РФ система подготовки лётчиков нуждается в оптимизации в связи с высокими расходами на организацию образовательного процесса. Увеличение продолжительности образовательного процесса лётчиков на один год (с 4-х до 5-ти лет) не привело к повышению уровня профессиональной подготовки обучаемых. Лётная подготовка курсантов вузов МО, как главная составляющая их профессиональной подготовки, остаётся на уровне поздней советской эпохи. Сохраняется высоким число курсантов, отчисляемых от дальнейшего обучения по «лётной неуспеваемости» при выполнении «вывозной» программы лётного обучения. В статье изложены результаты влияния введения в систему профессиональной подготовки лётчиков отдельной дисциплины (авиационно-тренажная подготовка) на повышение эффективности «вывозной» программы и формирование «профессионально важных качеств (ПВК) обучаемых».

В соответствии с Руководством по организации и проведению лётного обучения в высших учебных заведениях ВВС РФ, введённого в действие приказом ГК ВВС от 17 июля 2008 года № 295 [1], процесс лётного обучения курсантов в вузах включает в себя теоретическую подготовку, тренажёрную подготовку, лётную подготовку.

Основными критериями эффективности подготовки курсантов-лётчиков считаются результаты выполнения Программы первоначальной лётной подготовки Курса учебно-лётной подготовки оперативно-тактической авиации на учебных самолётах (КУЛП ОТА УС-2014) [2] и экономические расходы, связанные с выполнением этой программы.

Анализ статистики по предыдущим годам обучения показывает, что в ходе выполнения Программы первоначальной лётной подготовки от дальнейшего обучения отчисляются от 9 до 19 % курсантов, в том числе от 6 до 13 % по профессиональной непригодности (лётной неуспеваемости), 1–5 % по здоровью и 1–2 % по нежеланию стать лётчиком.

Таким образом, в период выполнения полётов по «вывозной» программе, ежегодно от дальнейшего обучения в среднем отчисляются 10–15 %, из которых 5–8 % не пригодны к дальнейшему обучению профессии военного лётчика. Кроме этого ещё 1–5 % уходят из училища по состоянию здоровья, после двух-трёх лет медицинского наблюдения в училище. В реальной ситуации ухудшение здоровья на втором и третьем курсе является поводом оставить учёбу, а причиной большинства из этой категории курсантов является потеря мотивации и разочарование в выбранной профессии. Кроме

того, определенная часть курсантов, прерывающих учёбу, открыто заявляют о нежелании дальнейшего обучения и покидают училище. В общей сложности, из всех курсантов, вышедших на полёты после завершения теоретического курса, мы вынуждены отчислять курсантов, из них значительная часть по лётной неуспеваемости. В итоге, государству и Министерству обороны наносится многомиллионный экономический ущерб.

Существуют два способа уменьшения (минимизации) величины приведённого выше ущерба:

Первый способ предполагает изучение и внедрение в образовательный процесс вузов ВКС РФ методики подготовки военных лётчиков, существующих в иностранных государствах, имеющих долголетний опыт рыночных отношений и научившихся рассматривать все стороны жизнедеятельности через призму оптимизации расходов с получением высокого качества конечного продукта, в нашем случае, – профессионального военного лётчика.

Второй способ сокращения расходов на подготовку военных лётчиков предполагает, учитывая опыт иностранных государств, произвести оптимизацию образовательного процесса в нашем училище таким образом, чтобы проводить первоначальную лётную подготовку не на третьем курсе, а на первом году обучения. Изучение теоретических дисциплин перенести на период зимних сессий на всех курсах обучения. В этом случае, мы сможем на два года раньше отчислить от дальнейшего обучения курсантов, непригодных по своим психомоторным свойствам для дальнейшего лётного обучения, а также провести их дифференциацию по родам авиации до заключения первого контракта. Кроме того, при такой организации образовательного процесса возможно усиление мотивации обучаемых к выбранной профессии и успешной учёбе.

С учётом вышесказанного и в связи с повышением возможностей авиационных тренажёров в лётном обучении военных лётчиков в училище организован и проводится педагогический эксперимент с курсантами 1 авиационного факультета (базовой подготовки) начиная с набора 2012 года по результатам которого ежегодно выявляется влияние введения в систему профессиональной подготовки лётчиков отдельной дисциплины (авиационно-тренажная подготовка) на этапе первоначального лётного обучения (с 2-го курса) на повышение эффективности вывозной программы и формирование профессионально важных качеств (ПВК) обучаемых».Ежегодно проводится анализ результатов выполнения программы учебной практики (тренажной подготовки) курсантами РФ и ИВС.

Основными целями эксперимента являются:

1. Исследование направлений совершенствования тренажной подготовки для повышения эффективности образовательного процесса курсантов, в том числе их лётной подготовки.
2. Поиск (проверка) способов формирование у курсантов правильного образного мышления, представления пространственной модели действий, сокращение длительности оценки ситуационной обстановки и выработки оптимальных вариантов решений при выполнении полётных заданий на ранних этапах обучения, на этой основе сохранение и повышение мотивационного уровня образовательного процесса и сокращение потерь при выполнении программы первоначальной лётной подготовки.
3. Выработка и обоснование предложения по усовершенствованию и модернизации тренажёрной базы Отдельной дисциплины (тренажная подготовка) КВВАУЛ и повышения эффективности её использования в учебном процессе.

В начале планирования и проведения эксперимента на изучение теоретической части дисциплины было выделено 137 часов занятий по расписанию, в том числе 76 часов учебных занятий с преподавателем. На освоение практических «полётов» на комплексных авиационных тренажёрах КТС-39 было выделено 69 часов 55 минут. В том числе: наземная подготовка – 24 часа 15 мин; предварительная подготовка – 28 часов; «полётное время» – 12 часов 45 минут.

Программа практической части тренажной подготовки курсантов, привлекаемых к эксперименту, предусматривала проведение практических тренировок «полётов» в два этапа, на втором и третьем курсах обучения, после изучения теоретической части дисциплины «Авиационно-тренажная подготовка», проведения занятий по наземной подготовке и предварительной подготовки под руководством инструкторов (мастеров) производственного обучения.

На первом этапе практической части дисциплины, во втором курсе обучения курсанты выполнили по 18 «полётов» на тренажёрах КТС-39 с налётом по 5 часов 10 минут.

На втором этапе практической части дисциплины, на третьем курсе обучения курсанты выполнили по 19 полётов с налётом по 7 часов 35 минут.

В связи с тем, что «полёты» на тренажёрах были завершены за 7 месяцев до начала лётной подготовки, в целях недопущения длительного перерыва между тренажной подготовкой и практическими полётами, по ходатайству обучаемых начальник училища своим решением, перед убытием на лётную практику дополнительно увеличил Программу тренажной подготовки курсантов экспериментального отделения на 11 «полётов» с налётом по 2 часа 15 минут каждому.

В целом, в ходе эксперимента курсанты экспериментального отделения, в отличие от обычных «эталонных» подразделений дополнительно изучили дисциплину «Авиационно-тренажная подготовка» и выполнили по 48 «полётов» на КТС-39 с налётом по 15 часов 00 минут. что в 4 раза превышает количество «полётов» и в 2,1 раза превышает налёт по сравнению с обычным (эталонным) курсантом.

Оценки результатов и выводы эксперимента производились и подтверждены по следующим критериям:

1. Средний балл успеваемости курсантов и количество отчисленных курсантов по нежеланию учиться и по «состоянию здоровья».
2. Количество отчисленных из училища курсантов по лётной неуспеваемости, – для оценки эффективности объёма, качества и методики экспериментальной программы тренажной подготовки.
3. Сравнительный анализ качества психомоторных свойств и уровня профпригодности курсантов экспериментального отделения инструкторов практического обучения Отдельной дисциплины АТП и лётчиков-инструкторов.

По отзывам преподавателей, курсанты экспериментального подразделения изменили отношение не только в изучении АТП, но и других специальных дисциплин, таких как: аэродинамика и динамика полёта; воздушная навигация; конструкция и лётная эксплуатация самолёта и двигателя; авиационное и радиоэлектронное оборудование. Средний балл за теоретическое обучение, по результатам экзаменационных сессий. Появился «дух соревновательности» на курсах, в результате чего повысилась мотивация к овладению выбранной профессией и у курсантов других учебных подразделений, которые неоднократно обращались к руководству Отдельной дисциплины «АТП» с просьбой включит их в эксперимент.

В начальные годы проведения эксперимента качество тренажной подготовки курсантов и их уровень лётных способностей инструкторы практического обучения ОД АТП оценили следующим образом: «сильные» – 3 курсанта (12,5 %), «выше среднего» – 10 курсантов (41,7 %), «средние» – 10 курсантов (41,7 %) и «ниже среднего» – 1 курсант (4,1 %).Слабые курсанты по результатам АТП в экспериментальном учебном подразделении выявлены небыли.

По результатам первоначальной лётной подготовки, качество и уровень лётных способностей курсантов экспериментального учебного отделения лётчики-инструкторы оценили следующим образом: «сильные» – 3 курсанта (15,8 %), «выше среднего» – 5 курсантов (26,3 %), «средние» – 6 курсантов (31,6 %). Расхождение мнений лётчиков-инструкторов и инструкторов практического обучения – минимальное и существенных отличий в оценках обучаемых отсутствуют.

Главным итогом эксперимента мы считаем тот факт, что ни один курсант принимавший участие в эксперименте не был отчислен от дальнейшего обучения по причинам «лётная неуспеваемость» и «нежелание учиться». Все 24 курсанта (100 %) успешно освоили первоначальную лётную программу и вылетели самостоятельно на самолёте Л-39, при этом 58,3 % (14 из 24) курсантов выполнили вывозную программу без дополнительных полётов.

В училище осуществляется постоянный ежегодный анализ результатов выполнения программы учебной практики (тренажной подготовки), что позволяет выявлять положительные моменты и недостатки, а также вносить корректировки с целью повышения качества образовательного процесса.

Положительные стороны:

1. Обучающиеся впервые за период прохождения учебной практики ознакомились с объемом, этапами и последовательностью подготовки летчика (экипажа)к выполнению полетного задания. На этой основе повысилась их мотивация в освоении авиационной техники.
2. Обучающиеся ознакомлены с мерами безопасности и правилами поведения летного состава на аэродроме.
3. Обучающиеся ознакомлены с действиями летчика(курсанта) в следующих случаях:
   – перед выруливанием;
   – на рулении;
   – на посту технического осмотра;
   – перед взлетом;
   – после освобождения ВПП.
4. Обучающиеся ознакомлены с правилами ведения внешней и внутрисамолетной связи на всех этапах от подготовки к запуску до останова двигателя.
5. Обучающиеся приобрели первоначальные практические навыки в :
   – осмотре кабины перед и после посадки в кабину;
   – запуске двигателя;
   – проверке систем самолета в процессе полной пробы двигателя;
   – останове двигателя.
6. Обучающиеся ознакомлены с техникой выполнения элементов полета по кругу и распределением внимания на этих этапах.

Недостатки:

1. Низкий уровень профессиональной теоретической подготовки курсантов особенно представителей ОДКБ.
2. Слабое знание специальной (летной) терминологии.
3. Неумение обучающихся самостоятельно готовиться к практическим занятиям на авиационной технике.
4. Недостаточная оперативная память у некоторых обучающихся.
5. Недостаточно развита координация у большинства обучающихся.
6. Слабо развито логическое мышление (не научены логически мыслить).
7. Недостаточное количество процедурных тренажеров, предназначенных для отработки элементарных(простейших) навыков по летной эксплуатации приборного, радиоэлектронного оборудования кабины и самолетных систем.
8. На учебно- тренировочном комплексе в наличии всего один тренажер ПТ ДА-42Т, тренажер самолета Л-410УВП-Е20 отсутствует поэтому вынуждены отправить учебную группу на аэродром Ртищево для прохождения учебной практики что затрудняет прохождение программы учебной практики.
9. Недостаточное время на тренажную подготовку.
10. Большие перерывы между теоретической подготовкой и практическими занятиями («полетами») на тренажерах.

Причины низких результатов учебной практики обучающихся:

1. Недостаточная индивидуальная работа преподавателей с курсантами, которые показывают низкие знания.
2. Низкий уровень общей теоретической (школьной) подготовки отдельных обучающихся. по математике, геометрии, физике, что отрицательно влияет на усвоение изучаемого материала.
3. Слабые теоретические знания конструкции самолета и двигателя, авиационного и радиоэлектронного оборудования, аэродинамики и навигации.
4. Обучающиеся не приходят на консультацию во время самостоятельной подготовки, хотя ежедневно на тренажерном комплексе находится дежурный преподаватель.
5. Обучающиеся ОДКБ имеют определенный языковой барьер при изучении преподаваемого материала, слабо усваивают специальную терминологию, что затрудняет усвоение программы учебной практики.

Предложения по повышению результатов учебной практики обучающихся:

1. Преподавателям необходимо проводить индивидуальную работу со слабоуспевающими курсантами.

2. При проведении консультации необходимо добиваться уяснения физического смысла рассматриваемого вопроса.

3. Добиваться от командования факультетов прибытия слабоуспевающих обучающихся на консультацию.

Вывод:

В результате прохождения программы учебной практики (тренажная подготовка) все учебные группы в полном объеме усвоили указанную программу.

При прохождении учебной практики необходимо учесть причины низких результатов учебной практики обучающихся, и предложения по повышению показанных результатов.

Причины низких результатов, показанных обучающимися в результате выполнения программы учебной практики:

1. Недостаточная индивидуальная работа преподавателей с курсантами, которые показывают низкие знания.

2. Недостаточно эффективное использование средств ТСО.

3. Низкий уровень общей теоретической (школьной) подготовки отдельных обучающихся. по математике, геометрии, физике, что отрицательно влияет на усвоение изучаемого материала.

4. Слабые теоретические знания конструкции самолета и двигателя, авиационного и радиоэлектронного оборудования, аэродинамики и воздушной навигации.

5. Обучающиеся не приходят на консультацию во время самостоятельной подготовки, хотя ежедневно на тренажерном комплексе находится дежурный преподаватель.

6. Отвлечение обучающихся на мероприятия не связанные с процессом обучения, что затрудняет усвоение программы учебной практики.

Предложения по повышению результатов учебной практики обучающимися:

1. Преподавателям необходимо проводить индивидуальную работу со слабоуспевающими курсантами.

2. При проведении консультации необходимо добиваться уяснения физического смысла рассматриваемого вопроса.

3. Добиваться от командования факультетов прибытия слабоуспевающих обучающихся на консультацию.

Вывод:

В результате прохождения программы учебной практики (тренажная подготовка) все учебные группы в полном объеме усвоили указанную программу.

При прохождении учебной практики необходимо учесть причины низких результатов учебной практики обучающихся, и предложения по повышению показанных результатов.

Лётчики-инструкторы и командования учебных авиационных подразделений, в которых курсанты проходили первоначальную лётную подготовку отмечают высокий уровень их подготовленности к полётам, профессиональную направленность и сильную мотивацию, а также, высокий уровень знаний специальных дисциплин.

Таким образом, считаем, что основные цели эксперимента по поиску путей повышения эффективности образовательного процесса, оптимизации расходов на подготовку лётных кадров и повышение уровня военно-профессиональной мотивации достигнутыми. Ввод в учебный план Отдельной дисциплины АТП, организация прохождения программы учебной практики (тренажная подготовка) позволяют существенно повысить качество подготовки курсантов-летчиков.

Список литературы:

1. Руководство по организации и проведению лётного обучения в высших учебных заведениях ВВС РФ, введено в действие приказом ГК ВВС от 17 июля 2008 года № 295.

2. Программа первоначальной лётной подготовки Курса учебно-лётной подготовки оперативно-тактической авиации на учебных самолётах (КУЛП ОТА УС-2014).

УДК 330.47

ДИСЦИПЛИНИРОВАННОСТЬ И ПРОФЕССИОНАЛИЗМ – ВАЖНЕЙШИЕ КАЧЕСТВА ЛИЧНОСТИ РОССИЙСКОГО ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО

♦♦♦♦♦

DISCIPLINE AND PROFESSIONALISM ARE THE MOST IMPORTANT QUALITIES OF A RUSSIAN SOLDIER'S PERSONALITY

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Неженцев Н.В.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Шутылев Н.Д.
Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
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

Neshentsev N.V.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Shutilev N.D.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены позиции Указа Президента РФ от 10.11.2007 № 1495 (ред. от 24.06.2025) «Об утверждении общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации». Выявлена и обоснована главная нерешенная задача – воинская дисциплина есть строгое и точное соблюдение всеми военнослужащими порядка и правил. На основе проведенного анализа авторами исследованы цели поддержания воинской дисциплины в воинской части.

Ключевые слова: воинская дисциплина, Устав, командир, Конституция, операция, боевая подготовка, нормы международного гуманитарного права, поддержанию морально-политического и психологического состояния личного состава, ответственность, виды поощрений.

Abstract. This article examines the provisions of Presidential Decree No. 1495 dated November 10, 2007 (as amended on June 24, 2025), «On the Approval of the General Military Regulations of the Armed Forces of the Russian Federation.» The main unresolved issue is identified and justified: military discipline is the strict and precise adherence to order and rules by all military personnel. Based on the analysis conducted, the authors explore the objectives of maintaining military discipline in a military unit.

Keywords: military discipline, regulations, commander, Constitution, operation, combat training, norms of international humanitarian law, maintaining the moral, political, and psychological state of personnel, responsibility, types of rewards.

Указ Императрицы Екатерины II: «Прежде всего, государственным людям следует знать следующие предметы: нужно просветить народ, которым предстоит руководить; нужно ввести в государстве должный порядок, развивать общество и принуждать всех людей выполнять его законы; нужно создавать государство грозное в самом себе и внушающее уважение соседним странам; каждого человека воспитать в осознании его долга перед Богом, обществом» [1].

Указ Петра Первого: «Покорным и послушным быть по своей должности, и все пункты сего артикула право использовать, и всякому особо высокого и низкого чина без всякого изъятия нам, яко государю своему, присягу чинить в том, дабы им верно, честно с доброй охотой себя содержать» [1].

Указ Президента РФ от 10.11.2007 № 1495 (ред. от 24.06.2025) «Об утверждении общевоинских уставов Вооруженных Сил Российской Федерации» (вместе с «Уставом внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации», «Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации», «Уставом гарнизонной и караульной служб Вооруженных Сил Российской Федерации») [4].

Воинская дисциплина есть строгое и точное соблюдение всеми военнослужащими порядка и правил, установленных федеральными конституционными законами, федеральными законами, общевоинскими уставами Вооруженных Сил Российской Федерации (далее – общевоинские уставы), иными нормативными правовыми актами Российской Федерации и приказами (приказаниями) командиров (начальников).

Воинская дисциплина основывается на осознании каждым военнослужащим воинского долга и личной ответственности за защиту Российской Федерации. Она строится на правовой основе, уважении чести и достоинства военнослужащих.

Основным методом воспитания у военнослужащих дисциплинированности является убеждение. Однако это не исключает возможности применения мер принуждения к тем, кто недобросовестно относится к выполнению своего воинского долга [2].

Воинская дисциплина обязывает каждого военнослужащего [4]:

– быть верным Военной присяге (обязательству), строго соблюдать Конституцию Российской Федерации, законы Российской Федерации и требования общевоинских уставов;

– выполнять свой воинский долг умело и мужественно, добросовестно изучать военное дело, беречь государственное и военное имущество;

– беспрекословно выполнять поставленные задачи в любых условиях, в том числе с риском для жизни, стойко переносить трудности военной службы;

– быть бдительным, строго хранить государственную тайну;

– поддерживать определенные общевоинскими уставами правила взаимоотношений между военнослужащими, крепить войсковое товарищество;

– оказывать уважение командирам (начальникам) и друг другу, соблюдать правила воинского приветствия и воинской вежливости;

– вести себя с достоинством в общественных местах, не допускать самому и удерживать других от недостойных поступков, содействовать защите чести и достоинства граждан;

– соблюдать нормы международного гуманитарного права в соответствии с Конституцией Российской Федерации.

Воинская дисциплина достигается [4]:

– воспитанием у военнослужащих сознательного повиновения командирам (начальникам), боевых, морально-политических и психологических качеств;

– знанием и соблюдением военнослужащими законов Российской Федерации, других нормативных правовых актов Российской Федерации, требований общевоинских уставов и норм международного гуманитарного права;

– личной ответственностью каждого военнослужащего за исполнение обязанностей военной службы;

– поддержанием в воинской части (подразделении) внутреннего порядка всеми военнослужащими;

– четкой организацией боевой подготовки и полным охватом ею личного состава;

– повседневной требовательностью командиров (начальников) к подчиненным и контролем за их исполнительностью, уважением личного достоинства военнослужащих и постоянной заботой о них, умелым сочетанием и правильным применением мер убеждения, принуждения и общественного воздействия коллектива;

– созданием в воинской части (подразделении) необходимых условий военной службы, быта и системы мер по ограничению опасных факторов военной службы.

За состояние воинской дисциплины в воинской части (подразделении) отвечают командир и заместитель командира по военно-политической работе, которые должны постоянно поддерживать воинскую дисциплину, требовать от подчиненных ее соблюдения, поощрять достойных, строго, но справедливо взыскивать с нерадивых.

В целях поддержания воинской дисциплины в воинской части (подразделении) командир обязан:

– изучать личные качества подчиненных, поддерживать определенные общевоинскими уставами правила взаимоотношений между ними, сплачивать воинский коллектив, укреплять дружбу между военнослужащими разных национальностей;

– знать состояние воинской дисциплины, морально-политическое и психологическое состояние личного состава, добиваться единого понимания подчиненными командирами (начальниками) требований, задач и способов укрепления воинской дисциплины, руководить их деятельностью по укреплению воинской дисциплины и поддержанию морально-политического и психологического состояния личного состава, обучать практике применения поощрений и дисциплинарных взысканий;

– немедленно устранять выявленные нарушения правил несения службы и решительно пресекать любые действия, которые могут причинить вред боеспособности воинской части (подразделения);

– организовывать правовое обучение (правовое воспитание), проводить работу по предупреждению преступлений, происшествий и проступков;

– воспитывать подчиненных военнослужащих в духе неукоснительного выполнения требований воинской дисциплины и высокой исполнительности, развивать и поддерживать у них чувство собственного достоинства, сознание воинской чести и воинского долга, создавать в воинской части (подразделении) нетерпимое отношение к нарушениям воинской дисциплины, обеспечивать на основе гласности их правовую и социальную защиту;

– анализировать состояние воинской дисциплины, морально-политическое и психологическое состояние подчиненных военнослужащих, своевременно и объективно докладывать вышестоящему командиру (начальнику) о нарушениях, а о преступлениях и происшествиях – немедленно. При обнаружении в действиях (бездействии) подчиненных признаков преступления командир воинской части обязан незамедлительно уведомить об этом военного прокурора, руководителя военного следственного органа Следственного комитета Российской Федерации и принять меры, предусмотренные законодательством Российской Федерации. Командир воинской части Вооруженных Сил Российской Федерации также обязан незамедлительно уведомить об этом органы военной полиции [3].

Командир (начальник) не несет дисциплинарной ответственности за правонарушения, совершенные его подчиненными, за исключением случаев, когда он скрыл правонарушение или не принял необходимых мер в пределах своих полномочий по предупреждению правонарушений и привлечению к ответственности виновных лиц [2].

Каждый военнослужащий обязан содействовать командиру (начальнику) в восстановлении порядка и поддержании воинской дисциплины. За уклонение от содействия командиру (начальнику) военнослужащий несет ответственность.

Право командира (начальника) отдавать приказ и обязанность подчиненного беспрекословно повиноваться являются основными принципами единоначалия.

В случае открытого неповиновения или сопротивления подчиненного командир (начальник) обязан для восстановления порядка и воинской дисциплины принять все установленные федеральными законами и общевоинскими уставами меры принуждения, вплоть до задержания и привлечения нарушителя к предусмотренной законодательством Российской Федерации ответственности. При этом оружие может быть применено только в боевой обстановке, а в условиях мирного времени – в исключительных случаях, не терпящих отлагательства, в соответствии с требованиями статей 13 и 14 Устава внутренней службы Вооруженных Сил Российской Федерации [4]. Командир воинской части Вооруженных Сил Российской Федерации, кроме того, обязан немедленно сообщить о случаях открытого неповиновения или сопротивления подчиненного, а также о применении им оружия в органы военной полиции.

Применять поощрения и дисциплинарные взыскания (за исключением дисциплинарного ареста) могут только прямые начальники. Применять дисциплинарные взыскания, кроме того, имеют право начальники, указанные в статьях 75–79 настоящего Устава.

Дисциплинарный арест за совершение военнослужащим грубых дисциплинарных проступков, указанных в приложении № 7, назначается по решению судьи гарнизонного военного суда [3].

Право направлять материалы о грубом дисциплинарном проступке в гарнизонный военный суд для принятия решения о применении к военнослужащему дисциплинарного ареста принадлежит командиру воинской части и начальнику органа военной полиции.

Право ходатайствовать о применении к военнослужащему дисциплинарного ареста предоставлено командирам (начальникам) от командира отделения и выше или лицу, проводившему разбирательство [3].

Дисциплинарная власть, предоставленная нижестоящим командирам (начальникам), всегда принадлежит и вышестоящим командирам (начальникам).

Дисциплинарный арест назначается по решению командира воинской части (начальника органа управления другими войсками), начальника органа военной полиции или начальника гарнизона за совершение военнослужащим грубого дисциплинарного проступка в случаях и по основаниям, которые предусмотрены Федеральным законом от 8 августа 2024 г. № 231-ФЗ «Об особенностях применения и исполнения дисциплинарного ареста в отношении военнослужащих, принимающих участие в специальной военной операции».

При временном исполнении обязанностей (должности) по службе командиры (начальники) пользуются дисциплинарной властью по воинской должности, объявленной в приказе [3].

Заместители (помощники) командиров воинских частей (подразделений), старшие помощники командиров кораблей в отношении подчиненных им военнослужащих пользуются дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных их непосредственным начальникам.

На кораблях, где имеются старший помощник и помощник командира корабля, последний пользуется дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных старшему помощнику.

Офицеры от заместителя командира полка и ниже при нахождении с подразделениями или командами в командировке в качестве их начальников, а также при выполнении определенной в приказе командира воинской части самостоятельной задачи вне места дислокации своей воинской части пользуются дисциплинарной властью на одну ступень выше прав по занимаемой воинской должности.

Военнослужащие, назначенные начальниками команд, в указанных выше случаях пользуются дисциплинарной властью: сержанты и старшины – властью старшины роты (команды); старшина, главный корабельный старшина, прапорщик, старший прапорщик и мичман, старший мичман – властью командира взвода (группы); прапорщики, старшие прапорщики и мичманы, старшие мичманы, занимающие должности командиров взводов (групп), – властью командира роты.

Офицеры – командиры учебных подразделений в военных профессиональных образовательных организациях, военных образовательных организациях высшего образования Министерства обороны Российской Федерации (далее – военные образовательные организации) и учебных воинских частях в отношении подчиненных им лиц пользуются дисциплинарной властью на одну ступень выше прав по занимаемой воинской должности [4].

Министр обороны Российской Федерации в отношении военнослужащих Вооруженных Сил Российской Федерации пользуется дисциплинарной властью в полном объеме прав, определенных настоящим Уставом [4].

Заместители Министра обороны Российской Федерации, главнокомандующие видами Вооруженных Сил Российской Федерации и им равные пользуются дисциплинарной властью на одну ступень ниже прав, предоставленных Министру обороны Российской Федерации.

Лица гражданского персонала Вооруженных Сил Российской Федерации, замещающие воинские должности, в отношении военнослужащих пользуются дисциплинарной властью в соответствии с занимаемой штатной воинской должностью.

Настоящий Устав определяет сущность воинской дисциплины, обязанности военнослужащих по ее соблюдению, виды поощрений и дисциплинарных взысканий, права командиров (начальников) по их применению, а также порядок подачи и рассмотрения обращений (предложений, заявлений и жалоб) [4].

Дисциплинарным уставом руководствуются военнослужащие органов военного управления, воинских частей, кораблей, предприятий, организаций Вооруженных Сил Российской Федерации, в том числе военных профессиональных образовательных организаций, военных образовательных организаций высшего образования Министерства обороны Российской Федерации (далее – воинские части).

Действие Дисциплинарного устава распространяется на военнослужащих других войск, воинских формирований, органов и воинских подразделений федеральной противопожарной службы, а также на граждан, призванных на военные сборы (далее – военнослужащие).

Положениями Дисциплинарного устава во взаимоотношениях с военнослужащими руководствуются лица гражданского персонала, замещающие воинские должности.

Поощрения являются важным средством воспитания военнослужащих и укрепления воинской дисциплины [1].

Командир (начальник) в пределах прав, определенных настоящим Уставом, обязан поощрять подчиненных военнослужащих за особые личные заслуги, разумную инициативу, усердие и отличие по службе.

В том случае, когда командир (начальник) считает, что предоставленных ему прав недостаточно, он может ходатайствовать о поощрении отличившихся военнослужащих властью вышестоящего командира (начальника) [2].

За мужество и отвагу, проявленные при выполнении воинского долга, образцовое руководство войсками и другие выдающиеся заслуги перед государством и Вооруженными Силами Российской Федерации, за высокие показатели в боевой подготовке, отличное освоение новых образцов вооружения и военной техники командиры (начальники) от командира полка (корабля 1 ранга), им равные и выше, командиры отдельных батальонов (кораблей 2 и 3 ранга), командиры отдельных воинских частей, пользующиеся в соответствии со статьей 11 настоящего Устава дисциплинарной властью командира батальона, имеют право ходатайствовать о представлении подчиненных им военнослужащих к награждению государственными наградами Российской Федерации, Почетной грамотой Президента Российской Федерации, ведомственными знаками отличия, а также к поощрению в виде объявления им благодарности Президента Российской Федерации.

К солдатам, матросам, сержантам и старшинам применяются следующие поощрения [1]:

а) снятие ранее примененного дисциплинарного взыскания;

б) объявление благодарности;

в) сообщение на родину (по месту жительства родителей военнослужащего или лиц, на воспитании которых он находился) либо по месту прежней работы (учебы) военнослужащего об образцовом выполнении им воинского долга и о полученных поощрениях;

г) награждение грамотой, ценным подарком или деньгами;

д) награждение личной фотографией военнослужащего, снятого при развернутом Боевом знамени воинской части;

е) присвоение воинского звания ефрейтора (старшего матроса);

ж) досрочное присвоение сержантам (старшинам) очередного воинского звания, но не выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности;

з) присвоение сержантам (старшинам) очередного воинского звания на одну ступень выше воинского звания, предусмотренного штатом для занимаемой воинской должности, до старшего сержанта (главного старшины) включительно;

и) награждение нагрудным знаком отличника;

к) занесение в Книгу почета воинской части (корабля) фамилий отличившихся солдат, матросов, сержантов и старшин.

Вся героическая история отечественных Вооруженных Сил убедительно свидетельствует: подвиг начинается с дисциплины. Тысячи военнослужащих совершали подвиги в сражениях, проявляя верность военной присяге, высокую исполнительность и ответственность за выполнение ратного долга.

Дисциплина в широком смысле есть обязательное для всех членов воинского коллектива подчинение установленному порядку, правилам, она рассматривается как необходимое условие нормального существования любого общества.

Первым отечественным документом, в котором обращается внимание на проблему воинской дисциплины, было «Поучение Владимира Мономаха». В нем князь излагал требования к воеводам – быть примером для своих подчиненных в сражениях, а к дружинникам – беспрекословно исполнять приказы [3].

Развитие военного дела, изменение средств и способов ведения боевых действий потребовали большей организованности, точности, исполнительности. Военный энциклопедический словарь определяет воинскую дисциплину как строгое и точное соблюдение всеми военнослужащими порядка и правил, установленных законами, воинскими уставами и приказами командиров (начальников). Так записано и в Дисциплинарном уставе Вооруженных Сил Российской Федерации. Это значит, что отправной точкой как в понимании дисциплины, так и в ее обеспечении являются правила поведения военнослужащих. Дисциплина основывается на осознании каждым военнослужащим воинского долга и личной ответственности за защиту своего Отечества, Родины, государства, на его личной преданности своему народу. Причем дисциплина не ущемляет права личности и не отвергает инициативу. Она обеспечивает сплоченность военнослужащих и их готовность к выполнению задач, стоящих перед войсками. Следовательно, воинская дисциплина есть [4]:

– во-первых, знание военнослужащими законов и уставных требований, регламентирующих воинскую службу;

– во-вторых, их точное, строгое и сознательное исполнение.

Воинская дисциплина, являясь разновидностью государственной дисциплины, призвана регулировать воинский порядок, взаимоотношения между военнослужащими, отношения в подразделениях в целях обеспечения высокой организованности и боеспособности. Она создает в воинском коллективе здоровый морально-психологический климат, обеспечивает высокую управляемость подразделениями и дает возможность с наибольшей эффективностью использовать время, оружие, материальные ресурсы и человеческие силы для решения задач в мирное время и в бою.

Без дисциплины армия существовать не может. Ратный труд, специфика военной службы требуют жесткой регламентации деятельности и поведения военнослужащих. Воинская дисциплина – это основа боевой готовности Вооруженных Сил.

На протяжении всей истории военного строительства государственные деятели, военачальники и полководцы России исключительную роль в повышении боевой готовности армии отводили воинской дисциплине. Все они считали, а история неоднократно подтверждала, что дисциплинированная и организованная армия значительно более боеспособна, чем та, где вопросы воинской дисциплины решались от случая к случаю, поверхностно.

Воинская дисциплина – составная часть государственной дисциплины, важнейший фактор боевой готовности Российских Вооруженных Сил. Значение воинской дисциплины и организованности, строгого уставного порядка в частях и на кораблях неизмеримо возрастает в условиях военной реформы, активного перехода армии и флота к качественным параметрам. Крепкая воинская дисциплина и организованность формируются всем укладом воинской службы [5].

Важно при этом показать, что дисциплина – сложное и многоплановое социальное и нравственное явление. Ее содержание заключается в соблюдении людьми установленных норм и правил, обеспечивающих согласованное функционирование всех структур общества. В отличие от дисциплины в обществе воинская дисциплина характеризуется рядом специфических черт, продиктованных особенностями и назначением самой военной организации. В этой сфере дисциплина приобретает особую государственную значимость. Правила поведения людей детально регламентированы, опре-

делена правовая ответственность за их нарушения. Причем многие нравственные нормы включены в число воинских правил, подлежащих обязательному соблюдению. В военной сфере приобретает первостепенную важность беспрекословное повиновение, выступающее в единстве с активностью, самостоятельностью и инициативой всех военнослужащих. В чем же состоит сущность воинской дисциплины? Чтобы ответить на этот вопрос, целесообразно обратиться к прошлому нашей Родины и хотя бы вкратце рассказать о том наследии, которое оставили нам по этой проблеме выдающиеся государственные и военные деятели. Скажем, в «Поучении Владимира Всеволодовича» (другое название вышеупомянутого документа) сущность дисциплины определяется следующим образом: «При старших молчать, мудрых слушать, старшим повиноваться, с равными и младшими в любви пребывать» [5]. А вот как определял сущность воинской дисциплины Петр Первый: «Покорным и послушным быть по своей должности, и все пункты сего артикула право использовать, и всякому особо высокого и низкого чина без всякого изъятия нам, яко государю своему, присягу чинить в том, дабы им верно, честно с доброй охотой себя содержать» [5].

Сознательная дисциплина военнослужащего – это дисциплина высшего порядка. Она предполагает и означает добровольность подчинения личности требованиям норм, закрепленных в присяге, уставах, приказах командиров и начальников. Сознательная дисциплина возможна лишь там, где военнослужащие обладают высокой духовностью, культурой, инициативой и личной убежденностью в справедливом характере своего ратного труда, в своей необходимости народу и государству [5].

Главное в воинской дисциплине – глубоко осознанные повиновение и исполнительность, которые выражаются в беспрекословном подчинении командиру, начальнику, готовности своевременно и точно выполнять их приказы, распоряжения.

В Дисциплинарном уставе Вооруженных Сил Российской Федерации отмечается, что воинская дисциплина достигается воспитанием у военнослужащих высоких морально-психологических и боевых качеств, сознательного повиновения командирам (начальникам), личной ответственностью каждого военнослужащего за выполнение своих обязанностей, четкой организацией боевой подготовки, требовательностью командиров и начальников. Укрепление воинской дисциплины в частях и подразделениях, формирование у военнослужащих ее осознанности и исполнительности – весьма важная задача всех должностных лиц. Но ее нельзя рассматривать как обособленный процесс, изолированную сумму определенных мероприятий, преследующих эти цели [4].

Укрепление воинской дисциплины в армии должно достигаться посредством комплексного воздействия на военнослужащего в течение всей его службы, решаться путем всестороннего, гармоничного развития личности. Эти идеи имеют глубокие исторические корни. В зависимости от социально-экономических условий, средств и способов вооруженной борьбы, уровня подготовки военных кадров они находили применение в военно-педагогической практике на различных этапах военного строительства в нашей стране [5].

Задача укрепления законности, правопорядка и воинской дисциплины в частях и подразделениях решается успешно лишь тогда, когда воспитательный процесс осуществляется комплексно, когда при его реализации учитываются все обстоятельства, условия и каналы воздействия на сознание, поведение, чувства военнослужащих. Прежде всего, следует иметь в виду, что моральный облик защитника Отечества формируют наша действительность со всеми ее достоинствами и недостатками, отношение общества к армии, к воинскому долгу, уклад армейской жизни, взаимоотношения в воинских коллективах и многое другое [2].

Для укрепления воинской дисциплины существуют как объективные условия, не зависящие от личности, а обусловленные особенностями армейской службы, так и субъективные, обусловленные качествами личности.

К объективным условиям следует отнести социальную значимость воинского труда; отношение общества к армии, к военнослужащим; существующую в армии систему воспитания и обучения; культурно-бытовые условия жизни военнослужащих; сложность боевой техники и оружия, требующих согласованных действий; регламентацию взаимоотношений и поведения военнослужащих [4].

Субъективные условия включают осознание военнослужащими большой значимости их ратного труда для общества, высокие морально-боевые качества, знания, навыки и умения воинов, необходимые для решения стоящих перед ними задач, мотивы поведения, интересы и потребности воинов, способность военнослужащих к самодисциплине и самооценке своих поступков. Подавляющее большинство нарушений дисциплины военнослужащими обусловлено субъективными аспектами, такими как низкий уровень сознания отдельных воинов, отсутствие твердого уставного порядка в части, недостатки в воспитательной работе и формализм в работе должностных лиц, отсутствие личного примера офицеров и принижение роли младших командиров, нездоровая нравственно-психологическая атмосфера в коллективе, искривление дисциплинарной практики, неблагоприятные бытовые условия и др. [4].

Воинские уставы определяют, что ответственность за состояние воинской дисциплины в части (подразделении) несет командир, в обязанности которого входят внимательный и пристальный анализ воинской дисциплины, совершенствование форм и методов работы по ее укреплению. Командир обязан проявлять высокую требовательность и принципиальность при решении этих вопросов, сочетая непримиримость к недостаткам с доверием и уважением к людям, проявлением заботы о них, не допускать грубости и унижения чести и достоинства военнослужащих.

Некоторые военнослужащие нарушают дисциплину только потому, что должностные лица не удовлетворяют их нужды в вещевом довольствии, в нормальном питании и др. Причины самовольных отлучек бывают самые прозаические – солдат не знает, куда себя деть в личное время: телевизор не работает, художественные фильмы не показывают, трудно найти книгу для чтения. И если такое происходит постоянно, это подталкивает военнослужащего к дисциплинарному нарушению [2].

Среди путей укрепления воинской дисциплины важное место занимает высокая требовательность командиров и начальников. Командиру-единоначальнику принадлежит ведущая роль в поддержании твердого уставного порядка. Быть требовательным – его служебная обязанность. И если он не проявляет должной требовательности, значит, сам нарушает дисциплину и устав. Требовательность начальника ничего общего не имеет с грубостью, унижающей достоинство подчиненного, мелочной придирчивостью, холодной педантичностью. Она должна быть справедливой, одинаковой ко всем подчиненным и постоянной. Ее нельзя подменять морализированием или абстрактными нотациями [4].

Командир обязан уметь правильно использовать меры убеждения и принуждения. От их умелого сочетания и зависят успешное решение задач по укреплению воинской дисциплины, эффективность воспитания военнослужащих в целом. Это определено Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации в качестве одного из основных условий достижения высокой воинской дисциплины [5].

Необходимым условием эффективности работы по укреплению воинской дисциплины служит правильная оценка того или иного поступка и соответствие меры одобрения или осуждения его характеру. Излишнее поощрение за рядовой поступок, как и не соответствующее вине наказание, вместо положительного эффекта приведут к противоположному результату. Среди факторов, влияющих на укрепление воинской дисциплины, выделяют также межличностные связи, соблюдение уставных взаимоотношений в коллективе [4].

Взаимоотношения в воинских коллективах регулируются нормативно-правовым положением различных должностных категорий. В уставах закреплено, что одни военнослужащие по отношению к другим могут быть начальниками или подчиненными. Начальники имеют право отдавать подчиненным приказания и должны проверять их выполнение. Приказывать и повиноваться – важнейшие требования, регламентирующие взаимоотношения в воинском коллективе. Глубокое осознание каждым военнослужащим этих положений обеспечивает становление и укрепление всей системы уставных взаимоотношений. Во внеслужебное время форма взаимоотношений военнослужащих определяется многими факторами: взаимными интересами и целями, симпатиями и антипатиями, потребностями в дружбе и общении, качествами личности. Неофициальные взаимоотношения складываются в ходе культурно-массовой и спортив-

ной работы, при проведении досуга. Воинский коллектив обладает огромной воспитательной силой, способной развить лучшие черты личности, устранить пороки и отрицательные привычки [3].

В сплочении воинских коллективов офицеры подразделений опираются на опытных и безупречно дисциплинированных военнослужащих, дают им поручения, которые требуют проявления самостоятельности, творчества, ответственности и их служебного опыта. Следует особо усилить контроль над военнослужащими, назначаемыми в различные команды для выполнения хозяйственных и других работ.

В работе по укреплению воинской дисциплины командиры, органы военно-политической работы должны создавать у личного состава хорошее настроение. Это повышает активность каждого военнослужащего, слаженность и четкость действий подразделений. Положительное психическое состояние успешно формируется при условии создания в воинском коллективе такой моральной атмосферы, которая способствовала бы утверждению в частях и подразделениях уважительного и заботливого отношения к каждому военнослужащему, честности, требовательности, доверия, сочетающегося со строгой ответственностью и духом настоящего товарищества [4].

Дисциплинарная власть может быть применена только в интересах выполнения служебно-боевых задач, для поддержания твердой дисциплины и уставного порядка, а также воспитания военнослужащих. Ею наделены прямые и непосредственные начальники в отношении подчиненных, а некоторые должностные лица и в отношении не подчиненных им военнослужащих. Определенной дисциплинарной властью пользуются также старшие по воинскому званию применительно к младшим [5].

Командиры и начальники имеют право пользоваться дисциплинарной властью лишь в том объеме, который им предоставлен, и только в отношении тех военнослужащих, на которых она распространяется; превышение должностных полномочий – нарушение законности. Превышение дисциплинарной власти может заключаться в применении ее к лицам, на которых та не распространяется, в использовании мер воздействия, которые входят в круг полномочий вышестоящих начальников; в применении к нарушителям мер, не предусмотренных законом. Дисциплинарным уставом Вооруженных Сил Российской Федерации определены меры поощрения, которые могут применять командиры и начальники. Это меры морального воздействия (объявление благодарности, награждение грамотой и др.), а также сочетающие моральное и материальное вознаграждения (награждение ценным подарком, деньгами) [5].

Методы работы по укреплению правопорядка и воинской дисциплины – это совокупность педагогических приемов, средств и способов воздействия на сознание, чувства и волю военнослужащих в целях формирования и развития у них дисциплинированности, исполнительности, высоких морально-боевых, психологических, нравственных, эстетических и других качеств. Эта работа требует умелого применения разнообразных методов воздействия на подчиненных. Способность офицера выбрать в данной обстановке наиболее эффективный метод, творчески применить его является проявлением профессионализма командира.

Так, например, метод убеждения обеспечивает формирование у военнослужащих сознательности и убежденности. Метод примера заключается в целеустремленном и систематическом воздействии командира на подчиненного и воинский коллектив силой личного примера, а также всем тем положительным, что может послужить образцом для подражания. Строгий уставной порядок, четкий распорядок дня, правильная организация боевой подготовки, быта и отдыха военнослужащих требуют от личного состава постоянно повторяющихся действий. Для этого применяются тренировки, упражнения. Метод упражнения способствует выработке разнообразных полезных привычек поведения, развитию и совершенствованию волевых качеств военнослужащего – решительности, смелости, самообладания и т.д.

Важную роль в воспитании сознательной дисциплинированности играет личный пример и авторитет командиров и начальников. Авторитет проявляется в том влиянии, которое оказывает руководитель на подчиненных одним лишь своим личным поведением, не прибегая к административным формам воздействия. Командиру должны быть присущи высокие моральные качества: доброжелательность, простота, скромность,

честность, умение найти контакт с подчиненными, дисциплинированность, ровное оптимистическое настроение [4].

Дисциплинированность – это требование дисциплины, она как личностное качество не рождается вместе с человеком и тем более не выдается военнослужащему вместе с погонами. Она формируется и развивается в процессе его армейской жизни и деятельности и является проявлением ответственности военнослужащего за свои действия перед законом и, главным образом, сознательности, понимания необходимости подчинять свои действия воле командира, личные интересы – интересам боеготовности подразделения, части.

Проводится работа в коллективе [4]:

– культивирование положительных взаимоотношений;

– формирование здорового общественного мнения и единства взглядов по основным вопросам службы и боевой учебы;

– преодоление негативно направленного лидерства;

– поддержание дружбы и взаимопомощи, внимательного и требовательного отношения сослуживцев друг к другу.

Практика показывает: легче достичь желаемых результатов, если сами военнослужащие активно вовлечены в решение данной задачи.

Речь идет о самовоспитании дисциплинированности, т.е. – о целеустремленной деятельности военнослужащих, способствующей не только усилению или ослаблению определенных качеств личности, но и формированию тех, которые ранее у человека отсутствовали. Анализ контингента последних лет показывает, что многие молодые люди до призыва на службу воспитывались в неполных семьях, находились под влиянием неблагоприятной социальной среды, различных неформальных объединений. Как следствие этого – случаи самовольных отлучек, употребления спиртных напитков, нарушений уставных правил взаимоотношений между военнослужащими (здесь руководителю группы необходимо остановиться на конкретных проблемах подразделений).

Это самоупражнение, самоубеждение, самовнушение, самопринуждение, следование примеру [3].

Самоупражнение есть сознательное многократное выполнение запланированных действий в целях выработки определенных качеств, черт характера, навыков и умений. Здесь возможна следующая последовательность:

– анализ и оценка качеств, навыков своего поведения;

– выработка установки на действие;

– проигрыш действия в уме;

– выполнение его по частям или в целом;

– самоконтроль и оценка своих действий, повышение их качества, самозадание на повторение.

Самоубеждение помогает в обосновании совершаемых поступков и действий. При этом приводятся доводы и контрдоводы, и все они проверяются на практике. Самоубеждение зачастую проходит в виде внутренней полемики, спора с самим собой. Оно также может осуществляться такими приемами, как саморазъяснение, самодоказательство, самоопровержение, самокритика, самоутешение, самоосуждение.

Самовнушение заключается в воздействии на себя краткой словесной формулой в целях управления своим психическим и физическим состоянием, например: «не болтай», «не крутись», «напрягись», «еще есть силы». Так преодолеваются состояния сильного нервного возбуждения, физической усталости, многие трудности, искореняются слабости и недостатки в поведении. Самопринуждение состоит в проявлении волевых усилий для совершения действий и поступков, отвечающих требованиям уставов, устоявшимся нормам в воинском и общественном долге, а также личным правилам и обязательствам. Любой акт самопринуждения начинается с уяснения задачи, оценки своей готовности к ее выполнению, мотивированной самоустановки на волевые действия. Его выполнение стимулируется требовательным самоконтролем, самоубеждением, самоободрением или самоосуждением. После выполнения задания важно оценить полученные результаты и свои действия, нацелить себя на качественное выполнение новых, более сложных задач.

В качестве вывода следует сказать, что формированию дисциплинированности во многом будут способствовать следующие психолого-педагогические условия:

– понимание значения воинской дисциплины и содержания дисциплинированности;

– формирование у себя положительных мотивов выполнения уставных требований;

– правильная оценка дисциплинированности:

– строгое соблюдение воинского порядка;

– точное и инициативное выполнение приказов и распоряжений командиров, и начальников;

– бережное отношение к боевой технике и оружию, грамотное их использование при решении учебно-боевых и служебных задач;

– образцовый внешний вид.

Список литературы:

1. Хатов А.И. Русская Императорская армия. – СПб. : ВАС, 2023. – 654 с.

2. Виброкатов И.А. Воинская дисциплина в истории и современной России // Сборник материалов международной научно-практической конференции Achievements in science – 2024. – Кемерово, 2024. – 345 с..

3. Мартынов В.Ф. К вопросу о сущности воинской дисциплины // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 3: Проблемные вопросы военного образования. – Тверь : ВА ВКО, 2022. – 365 с.

4. Иванов М.Н. Воинская дисциплина в современной армии // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 1: Вопросы военного образования и воспитания военнослужащих. – Новосибирск : ВА ВКО, 2024. – 865 с.

5. Иногородцев И.Т. Развитие теории и практики воинской дисциплины в России второй половины XIX – начала XX веков // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 3: Проблемные вопросы военного образования. – Тверь : ВА ВКО, 2022. – 365 с.

УДК 392

ЛИВИЯ ВЧЕРА И СЕГОДНЯ
♦♦♦♦♦
LIBYA YESTERDAY AND TODAY

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аебудах Хамид Мифтах Ахмед Абдул
Ливия,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены географическое положение, уклад жизни и главные занятия жителей этой страны. Выявлена и обоснована главная нерешенная задача – познакомить товарищей по учебе с Ливией. На основе проведенного анализа авторами исследован образ жизни ливийцев.

Ключевые слова: Северная Африка, Пустыня, отроги нагорья, население, останки древнего города, греческие развалины, руины римского театра и языческих храмов, культовые и исторические здания, пустыня Сахара, столица Ливии Триполи.

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
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

Aebudah Hamid Miftah Ahmed Abdul
Libya,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Abstract. This article examines the geographical location, lifestyle and main occupations of the inhabitants of this country. The main unsolved task has been identified and justified – to introduce a fellow student to Libya. Based on the analysis, the authors investigated the lifestyle of Libyans.

Keywords: North Africa. The desert, the foothills of the highlands, the population, the remains of an ancient city, Greek ruins, ruins of a Roman theater and pagan temples, religious and historical buildings, the Sahara Desert, Tripoli, the capital of Libya.

Ливия, полное официальное название: Государство Ливия – государство в Северной Африке на побережье Средиземного моря, самая восточная страна Магриба.

Ливия расположена в центральной части Северной Африки на площади 1759,5 км². На севере омывается Средиземным морем. Независимое государство с 1951 года. Формально Ливия является республикой, реально – полувоенной диктатурой. Официальный язык – арабский. Государственная религия – ислам. Административно-территориальное деление: 13 муниципалитетов [1].



Рисунок 1

Почти всю территорию Ливии занимает пустыня. Поверхность страны – плато высотой 200–600 м над уровнем моря, разделенное обширными понижениями на отдельные участки, на юге – отроги нагорья Тибести (высотой до 2 286 м). Побережье, омываемое Средиземным морем, слабо расчленено, единственный крупный залив Сидбра мелководен. Климат тропический, на севере – субтропический, средиземноморский. На побережье средние температуры января 11–12 °С, июля – 26–29 °С, осадков выпадает до 250–350 мм в год, а на плато Эль-Ахдаре – даже до 600 мм. На всей остальной территории средние температуры июля поднимаются до 36 °С, однако ночью воздух охлаждается до нуля и даже ниже. Осадков повсеместно выпадает меньше 100 мм в год. В отдельных районах дождей не бывает по нескольку лет подряд. Постоянно текущих рек нет, все они заполняются водой лишь во время короткого дождливого периода [1].

Растительность пустынь крайне бедна. Лишь на побережье у границы с Тунисом встречаются средиземноморские сообщества кустарников (маквис), рощи алеппской сосны, можжевельников и единичные кедры. Небогат и животный мир: лишь изредка можно встретить стада газелей, на крайнем юге – антилоп. Более многочисленны шакалы, гиены, а также пресмыкающиеся и птицы (последние – особенно во время сезонных пролетов, проходящих над территорией Ливии) [2].

Население (6,1 млн. человек) довольно однородно: свыше 90 % составляют ливийцы – нация, сформировавшаяся в результате смешения арабов и берберов. Среди традиционных ремесел – гончарное мастерство, изготовление изделий из тисненой кожи. Столица и самый большой город страны Триполи расположен на побережье. Старая часть города сохраняет вид, свойственный многим городам Арабского Востока: низкие (в один–два этажа) дома с плоскими крышами, устремленные в небо минареты мечетей, красочные базары. В самом Триполи и других местах сохранились древние постройки, возведенные еще римлянами. Другие крупные города – Бенгази, Мисурата.

Ливия знаменита великолепными коллекциями мозаик, музеями и римскими банями. В этой стране находятся пять культурно-исторических объектов, которые входят в список мирового культурного наследия [3]:

Останки древнего города Лептис-Магна, считавшегося когда-то одним из красивейших римских городов на Средиземноморье. В нем был собственный форум, амфитеатр, цирк и несколько храмов.



Останки древнего города Лептис-Магна



Греческие развалины – город Сирена



Руины римского театра и языческих храмов, а также христианская церковь VI века в Сабрате

Много культовых и исторических зданий в Кирене. Храм Апполона:



Как великолепна Старая часть г. Гадамеса:



И еще одной «жемчужиной» в коллекции драгоценностей страны, хоть и условно, но можно назвать пустыню Сахара и «Пустыню камней».





К достопримечательностям этой земли также можно было (до 2011 г.) отнести и столицу Ливии Триполи. У нее есть еще одно название – Аруса Аль-Бахар Аль-Мутавассат или «Невеста Средиземноморья». Старая часть города имеет вид, свойственный большинству городов Арабского Востока: низкие (в один-два этажа) дома с обязательными плоскими крышами; достающие до небес минареты мечетей; красочные, шумные и богатые различными товарами восточные базары. В самой столице и других местах сохранились древние постройки, известные со времен финикийцев, карфагенян и римлян [3].

Интересны также и жители страны, вернее – их обличие. Все ливийцы – приверженцы старых традиций, это сказывается в их обычае одеваться. Кочевники носят такую же необычную для оседлых ливийцев одежду, как и бедуины Аравийского полуострова. Штаны, длинная рубаха до пят, головной убор (платок), который крепится толстым шнуром; шерстяной плащ для холодной погоды – это основной гардероб ливийца, живущего в песках. А вот традиционная женская одежда выглядит так – шаровары, рубахи, кафтаны, плащ, головной платок. Все это украшается орнаментной вышивкой (у

каждого племени – своя) и дополняется всевозможными аксессуарами: золотыми, серебряными или медными браслетами для рук и ног, драгоценными перстнями, ожерельями из монет или камней, серьгами и т.п. Национальная обувь в Ливии – сандалии и туфли без задника, с несколько загнутым носом. Что характерно, бедуинки и крестьянки лиц своих не закрывают [1].



Рисунок 2

В 1-й половине 1-го тысячелетия до н.э. на западе Ливии основаны финикийские колонии, в VII в. на востоке – греческие города-колонии. В середине V–II вв. значительная часть Ливии (на западе) под властью Карфагена, во II в. до н.э. – V в.н.э. – Рима. После прихода арабов (VII в.) распространились ислам и арабский язык. В XI в. Ливия подверглась опустошительному нашествию кочевников. В XVI в. – 1912 в составе Османской империи. В 1912–43 годах итальянская колония. В декабре 1951–69 независимое королевство. 1 сентября 1969 года свергнут королевский режим и провозглашена республика. В 1977 году принят декрет об установлении в Ливии «режима народной власти» (т.н. прямая народная демократия); страна переименована в Социалистическую Народную Ливийскую Арабскую Джамахирию [2].

Кухня Ливии – это своего рода продолжение культуры государства. Национальные блюда привлекают внимание европейцев великолепием вкуса и разнообразием оформления яств. Традиционные кушанья, которые подают в местных ресторанах и кафе, – это ливийский суп, рыба тушеная с кускусом, салат из бобов, печень с рисом, жареный цукини со специями, молоко с шафраном. Во все блюда в изобилии добавляются местные жгучие и пряные специи, а на гарнир идет множество овощей и макароны. Также в закусочных можно отведать очень вкусно приготовленную рыбу-бури (кефаль) в соусе «храйме» или блюдо северных стран «рууз» – оно похоже немного на плов, так как в него входит рис с различными пряными приправами и мясом, но еще добавляются и овощи, что и делает это блюдо оригинальным [3].







Из напитков в стране наиболее популярны все виды кофе и чая, а также молоко и соки. Самое интересное, что кофе тут готовится по-особенному: его сначала обжаривают, потом ритмично измельчают в специальной ступке, и ритму придается в этом

процессе большое значение. Варится напиток в латунных или медных кофейниках. В готовый кофе добавляются пряности: гвоздика, шафран, мускатный орех, кардамон. Пьют его без сахара [3].



И еще один любопытный факт: в Ливии питаются два раза в день: плотно завтракают и плотно обедают, поэтому многие рестораны допоздна не работают, так как в них нет посетителей. Но при многих кемпингах и отелях есть столовые, в которых всегда можно перекусить.

В классической древности финикийцы основали города-государства и торговые посты на западе Ливии, в то время как на Востоке было основано несколько греческих городов [1].

Карфагеняне, персы и греки по-разному правили частями Ливии до того, как весь регион стал частью Римской империи.

Ливия была ранним центром христианства. После падения Западной Римской империи Ливия была оккупирована в основном вандалами вплоть до VII века, когда нашествия принесли в регион ислам. С тех пор столетия арабской миграции изменили демографию Ливии в пользу арабов.

В 16 веке Испанская империя и рыцари Святого Иоанна оккупировали Триполи, пока их не выбили турки в 1551 году, и началось османское правление. Затем, Ливия была вовлечена в варварские войны 18-го и 19-го веков [1].

Османское владычество продолжалось до итало-турецкой войны, которая привела к итальянской оккупации Ливии и созданию двух колоний, итальянской Триполитании и итальянской Киренаики (1911–1934), позже объединенных в итальянскую колонию Ливия с 1934 по 1943 год.

Идрис аль-Махди ас-Сенусси (впоследствии король Идрис I), эмир Киренаики, продолжал возглавлять ливийское сопротивление итальянским колонизаторам вплоть до начала Второй мировой войны. Так называемое «умиротворение Ливии» итальянцами привело к массовой гибели коренного населения Киренаики, унесшей жизни примерно четверти населения Киренаики, составляющего 225 000 человек [2].

По оценкам Илана Паппе, в период с 1928 по 1932 год итальянские военные «убили половину бедуинского населения (непосредственно или в результате болезней и голода в итальянских концентрационных лагерях в Ливии)».

Во время Второй мировой войны Ливия была зоной боевых действий в Северо-африканской кампании.

С 1943 по 1951 год Ливия находилась под оккупацией союзников. Британские военные управляли двумя бывшими итальянскими ливийскими провинциями Триполитанией и Киренаикой, в то время как французы управляли провинцией Феццан.

В 1944 году король Идрис Первый вернулся из ссылки в Каир, но отказался возобновить постоянное проживание в Киренаике до тех пор, пока в 1947 году не были сняты некоторые аспекты иностранного контроля.

В соответствии с мирным договором 1947 года с союзниками Италия отказалась от всех претензий на Ливию. Затем численность итальянского населения пошла на убыль.

24 декабря 1951 года Ливия провозгласила свою независимость как Соединенное Королевство Ливии, конституционную и наследственную монархию под руководством короля Идриса Первого, единственного монарха Ливии.

Открытие значительных запасов нефти в 1959 году и последующий доход от продажи нефти позволили одной из беднейших стран мира создать чрезвычайно богатое государство [1].

Нефтяные месторождения помогли сделать Ливию одним из самых богатых государств Африки с 6-м по величине ИЧР, шестым по величине ВВП на душу населения (номинал) в Африке.

Хотя нефть значительно улучшила финансовое положение ливийского правительства, среди некоторых группировок начало нарастать недовольство возросшей концентрацией национального богатства в руках короля Идриса. Бескровный военный переворот в 1969 году, инициированный коалицией во главе с полковником Муаммаром Каддафи, сверг короля Идриса I и создал республику [3].

Официально дипломатические отношения между СССР и Ливией были установлены 4 сентября 1955 года. Однако новый виток развития двусторонних отношений наступил после революции «Аль-Фатех» 1 сентября 1969 года, в результате которой марионеточный режим короля Идриса ас-Сенуси был свергнут группой молодых военных, назвавших себя «Свободные офицеры юнионисты-социалисты» во главе с Муаммаром Каддафи, и было объявлено, что Ливия становится на новый, социалистический путь развития [2].

Важным фактором в сближении Советского Союза с Ливией играло военно-стратегическое положение страны, поскольку Ливия, будучи расположенной вблизи важных морских коммуникаций, занимает важное стратегическое положение и связывает страны Западной Европы с Ближним Востоком. Также развитию советско-ливийских отношений способствовал антиамериканский вектор политики Джамахирии.

В 1970-е годы Ливия стала стратегическим партнером СССР среди африканских государств. 4 марта 1972 года был дан старт военному сотрудничеству – было подписано советско-ливийское соглашение, одним из пунктов которого было сотрудничество в военной области. Как результат, к концу этого года Ливия получила первую партию танков Т-54 [3].

Вторая половина 1970-х –1980-е годы стали временем тесного сотрудничества Ливии с СССР, которое развивалось, в первую очередь, в военно-технической сфере (поставка военной техники, откомандирование на работу военных специалистов и др.). Кроме того, из СССР в Ливию поставлялисьмашины, транспортные средства, энергетическое оборудование, стройматериалы, прокат и др., а из Ливии в Советский Союз – в счет оплаты и в качестве импорта – нефть [3].

Список литературы:

1. Приходько М.А. Ливия – друг России // Вестник СПГУ. – 2025. – № 3. – 352 с.
2. Подолький И.И. Из России в Ливию // Сборник материалов международной научно-практической конференции Achievements in science – 2024. – Кемерово, 2024. – 161 с.
3. Облаков П.Р. К вопросу о советско-ливийском соглашении 1972 г. // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 10: Африка и Россия. – Тверь : ВА ВКО, 2022. – 551 с.

УДК 392

МЫ ЛЮБИМ СВОЮ РОДИНУ ЦАР
♦♦♦♦♦
WE LOVE OUR HOMELAND TSAR

Гимбицкая Л.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Гимбицкий В.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Лаунди Бемба Сан-Клэр
ЦАР,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Сана Тед Петрус
ЦАР,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Gimbitsky V.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
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

Laundy Bemba San Claire
TSAR,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Sana Ted Petrus
TSAR,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены географическое положение, уклад жизни и главные занятия жителей этой страны. Выявлена и обоснована главная задача – познакомить товарищей по учебе с Центрально-Африканской республикой. На основе проведенного анализа авторами исследован образ жизни жителей страны.

Ключевые слова: Центральноафриканская республика, холмистое плато, климат, судано-гвинейские саванны, Французский колониальный период, беднейшая страна, этимология, здравоохранение, военно-воздушные силы ЦАР, золотодобыча.

Abstract. This article examines the geographical location, lifestyle and main occupations of the inhabitants of this country. The main task is identified and justified – to introduce a fellow student to the Central African Republic. Based on the analysis, the authors investigated the lifestyle of a resident of the country. Key words: Central Africa. A flat or hilly savanna plateau with a height of about 500 meters (1,640 ft) above sea level, population.

Keywords: Central African Republic, hilly plateau, climate, Sudanese-Guinean savannahs, French colonial period, the poorest country, etymology, healthcare, Central African Air Force, gold mining.

Центрально-африканская Республика – государство, не имеющее выхода к морю, расположенное в глубине Африканского континента. Она граничит с Камеруном, Чадом, Суданом, Южным Суданом, Демократической Республикой Конго и Республикой Конго. Страна находится между широтами 2° и 11° с.ш. и долготами 14° и 28° в.д. [1].

Большая часть страны представляет собой плоское или холмистое плато саванн высотой около 500 метров (1 640 футов) над уровнем моря. Помимо Фертитских холмов на северо-востоке Центрально-Африканской Республики, в юго-западных регионах есть отдельные холмы. На северо-западе находится горный массив Яде – гранитное плато высотой 348 метров (1 143 фута). В Центрально-Африканской Республике расположены шесть наземных экорегионов: низменные леса северо-востока Конго, низменные леса северо-запада Конго, болотные леса запада Конго, саванны восточного Судана, мозаика лесов и саванн севера Конго и сахельская аравийская саванна.

Центрально-Африканская Республика площадью 622 984 квадратных километра (240 535 квадратных миль) является 44-й по величине страной в мире [1].

Большая часть южной границы образована притокамиреки Конго; река Мбомоуна востоке сливается с рекой Уэле, образуя реку Убанги, которая также включает участки южной границы. Река Сангхапротекает через некоторые западные регионы страны, в то время как восточная граница проходит по краю водораздела [1].

Около 36 % территории страны покрыто лесами, причём самые густые из них расположены в южных регионах. Леса отличаются большим разнообразием и включают в себя такие коммерчески важные виды, как айоус, сапелли и сипо. Темпы вырубки лесов составляют около 0,4 % в год, а браконьерская вырубка является обычным явлением. В 2018 году индекс целостности лесных ландшафтовв Центрально-Африканской Республике составил в среднем 9,28 из 10, что позволило ей занять седьмое место в мире из 172 стран.

В 2008 году Центрально-Африканская Республика была страной с наименьшим уровнем светового загрязненияв мире [1].

В центре магнитной аномалии, одной из крупнейших магнитных аномалийна Земле, находится столица страны Банги.

Климат Центрально-Африканской Республики в целом тропический, с сезоном дождей, который длится с июня по сентябрь в северных регионах страны и с мая по октябрь на юге. В сезон дождей ливни идут почти каждый день, а ранним утром часто бывает туман. Максимальное годовое количество осадков составляет около 1 800 миллиметров (71 дюйм) в верховьях реки Убанги [2].

С февраля по май в северных районах жарко и влажно, но там может дуть горячий, сухой и пыльный пассат, известный как харматан. В южных регионах климат более экваториальный, но там наблюдается опустынивание, а крайние северо-восточные регионы страны представляют собой степь [2].

Банги – столица и крупнейший город страны, граничащий с Демократической Республикой Конго. Площадь Центрально-Африканской Республики составляет около 620 000 квадратных километров (240 000 квадратных миль). По состоянию на 2024 год население страны составляет 5 357 744 человека, представляющих около 80 этнических групп. В стране идёт гражданская война, которая продолжается с 2012 года. Будучи французской колонией под названием Убанги-Шари, французский является официальным языком, а санго, креольский язык на основе нгбанди, – национальным и сообщиальным языком [2].

Центрально-Африканская Республика в основном состоит из судано-гвинейских саванн, но на севере страны также есть сахельская-суданская зона, а на юге – зона экваториальных лесов. Две трети территории страны находятся в бассейне реки Убанги (которая впадает в Конго), а оставшаяся треть – в бассейне Чари, которая впадает в озеро Чад [2].

Территория современной Центрально-Африканской Республики была заселена по меньшей мере с 8000 года до н.э. Границы страны были установлены Францией, которая начала присоединять территории к Французскому Конгов конце XIX века и в 1903 году основала отдельную колонию Убанги-Шари, входящую в состав Французской Экваториальной Африки. После обретения независимости от Франции в 1960 году Центрально-Африканской Республикой управляли авторитарные лидеры, в том числе Жан-Бедель Бокасса, который изменил название страны на Центрально-Африканскую империю и правил как монарх с 1976 по 1979 год.Гражданская война в Центрально-Африканской Республике началась в 2004 году, и, несмотря на заключение мирного договора в 2007 году и ещё одного в 2011 году, гражданская война возобновилась в 2012 году. Гражданская война усугубила и без того плачевную ситуацию с правами человекав стране: она характеризовалась повсеместными и растущими нарушениями со стороны различных вооружённых группировок [1].

Несмотря на значительные залежи полезных ископаемых урана, сырой нефти, золота, алмазов, кобальта, древесины, гидроэнергетики ВВП на душу населения по паритету покупательной способности в мире по состоянию на 2017 год. По индексу развития человеческого потенциала (ИРЧП), Центрально-Африканская Республика входит в десятку беднейших стран мира. Страна занимала третье место по самому низкому уровню человеческого развития, занимая 191-е место из 193 стран. Страна занимает

второе место с конца по индексу человеческого развития с поправкой на неравенство (ИЧРН), занимая 164-е место из 165. Центрально-Африканская Республика также считается страной с самым низким уровнем здравоохранения, а также страной с наихудшими условиями для молодёжи. Центрально-Африканская Республика является членом Организации Объединённых Наций, Африканского союза, Экономического сообщества Центрально-Африканских государств, Международной организации франкофонии и Движения неприсоединения.

Этимология

Название Центрально-Африканской Республики связано с географическим положением страны в центральной части Африки и республиканской формой правления. С 1976 по 1979 год страна была известна как Центрально-Африканская империя.

В колониальную эпоху страна называлась Убанги-Шари (фр.: *Убанги-Шари*), что происходит от названий двух крупных рек и Центрально-Африканских водных путей – Убанги и Шари. Бартелеми Боганда, первый премьер-министр страны, предпочитал название «Центрально-Африканская Республика» названию «Убанги-Шари», как сообщается, потому что он представлял себе более крупный союз стран в Центральной Африке.

Примерно 10 000 лет назад опустынивание вынудило охотников-собирателей переселиться на юг в регионы Сахеля на севере Центральной Африки, где обосновались некоторые группы. Земледелие зародилось в рамках неолитической революции.

Первоначальное выращивание белого ямса сменилось выращиванием проса и сорго, а до 3000 года до н.э. одомашнивание африканской масличной пальмы улучшило питание групп и позволило увеличить численность местного населения.

Эта сельскохозяйственная революция в сочетании с «революцией рыбного рагу», когда люди начали заниматься рыболовством и использовать лодки для перевозки товаров, позволила наладить торговлю. Продукты часто перевозили в керамических горшках.

Мегалиты Буарав западной части страны свидетельствуют о высоком уровне развития общества в эпоху позднего неолита (около 3500–2700 гг. до н.э.). Обработка железа появилась в регионе около 1000 г. до н.э.

Убангийцы поселились вдоль реки Убангина территории современных Центрально-Африканской и Восточно-Центрально-Африканской республик, в то время как некоторые банту мигрировали с юго-запада Камеруна.

Бананы появились в регионе в первом тысячелетии до нашей эры и стали важным источником углеводов в рационе; их также использовали для производства алкогольных напитков. В экономике Центрально-Африканского региона преобладали производство меди, соли, сушёной рыбы и текстиля.



Рисунок 1 – Султан Бангасуи его жёны, 1906 год

В XVI и XVII веках работорговцы начали совершать набеги на регион в рамках расширения работорговли в Сахаре и на Ниле. Пленников обращали в рабство и отправляли на побережье Средиземного моря, в Европу, Аравию, Западное полушарие или в невольничьи порты и на фабрики в Западной и Северной Африке или на юге вдоль рек Убанги и Конго. В XVIII веке народы бандиа-нзакараазанде основали королевство Бангасу вдоль реки Убанги. В середине XIX века народ бобангистал крупным работорговцем и продавал своих пленников в Америку, используя реку Убанги для доставки товаров на побережье. В 1875 году суданский султан Рабих аз-Зубайр правил Верхним Убанги, в состав которого входила современная Центрально-Африканская Республика.

Французский колониальный период

Европейское вторжение на территорию Центральной Африки началось в конце XIX века во время борьбы за Африку. Европейцы, в первую очередь французы, немцы и бельгийцы, прибыли в этот регион в 1885 году. В 1894 году. Франция захватила и колонизировала территорию Убанги-Шари. В 1911 году по Фесскому договору Франция уступила почти 300 000 км^2 территории бассейнов рек Санга и Лобайе Германской империи, которая уступила Франции меньшую территорию (на территории современного Чада). После Первой мировой войны Франция снова аннексировала эту территорию. По образцу Свободного государства Конго короля Леопольда были предоставлены концессии частным компаниям, которые стремились как можно быстрее и дешевле изъять активы региона, прежде чем вносить процент от своей прибыли во французскую казну. Концессионные компании заставляли местных жителей собирать каучук, кофе и другие товары без оплаты и держали их семьи в заложниках до тех пор, пока они не выполняли свои квоты.



Рисунок 2 – Шарль де Голль в Банги, 1940 год

В 1920 году была основана Французская Экваториальная Африка, а управление Убанги-Шари осуществлялось из Браззавиля. 1920-х и 1930-х годах французы ввели политику обязательного выращивания хлопка, построили сеть дорог, предприняли попытки борьбы с сонной болезнью и основали протестантские миссии для распространения христианства. Также были введены новые формы принудительного труда, и большое количество жителей Убанги было отправлено на работу на Конго-Океанскую железную дорогу. В период строительства, продолжавшегося до 1934 года, погибло много людей. Общее число погибших среди всех рабочих, занятых на строительстве железной дороги, превысило 17 000 человек из-за несчастных случаев на производстве и болезней, включая малярию. В 1928 году в Западном Убанги-Шари вспыхнуло крупное восстание, получившее название восстание в Конго-Вараили «война черенков от мотыг», которое продолжалось несколько лет. Масштабы этого восстания, которое, возможно, было крупнейшим антиколониальным восстанием в Африке в межвоенный период, тщательно скрывались от французской общественности, поскольку оно свидетельствовало о сильном недовольстве французским колониальным правлением и принудительным трудом. Французская колонизация в Убанги-Шари считается самой жестокой в истории Французской колониальной империи.

В сентябре 1940 года, во время Второй мировой войны, сторонники Шарля де Голля французские офицеры взяли под контроль Убанги-Шари, а генерал Леклерк разместил свой штаб Свободных французских сил в Банги. В 1946 году Бартелеми Боганда был избран в Национальное собрание Франции 9 000 голосами и стал первым представителем Центрально-Африканской Республики во французском правительстве. Боганда выступал против расизма и колониального режима, но постепенно разочаровался во французской политической системе и вернулся в Центрально-Африканскую Республику, чтобы в 1950 году основать Движение за социальную эволюцию Чёрной Африки (Mouvement pourl'é volutions ocialedel' Afriquenoire, MESAN).

Военно-воздушные силы Центрально-Африканской Республики (фр. Force Aérienne Centrafricaine) – один из видов Вооружённых сил ЦАР. По имеющимся данным, из-за нестабильной военной ситуации и экономического краха в Центрально-Африканской Республике, в наличии ВВС остаётся устаревшая техника. А полноценная деятельность ВВС не ведётся из-за технической негодности техники и оборудования, нехватки запасных частей, а также некомпетентности персонала.

«Переподготовку летчиков и наземного персонала Центрально-Африканской Республики (ЦАР), обслуживающего военно-воздушную технику, намерены начать российские специалисты в течение 2024 года», заявил посол РФ в ЦАР Александр Бикантов 5 июня 2024 года, (сообщает РИА Новости).

Посол отметил, что в составе вооруженных сил ЦАР начала успешно функционировать армейская авиация.

Российский представитель подчеркнул, что вопросы военно-технического сотрудничества являются «чувствительными» в отношении двух стран и разрешаются через Министерство обороны России.

1 июня 2024 года президент ЦАР Фостен-Арканж Туадера выразил благодарность президенту России Владимиру Путину за поставку бесплатной пшеницы в страну.

Отметим, в феврале 2024 года глава ЦАР посетил Россию с визитом и принял участие в форуме сторонников борьбы с современными практиками неоколониализма.

Список литературы:

1. Пороховщиков М.А. ЦАР – все о стране // Вестник СПГУ. – 2025. – № 3. – 252 с.

2. Кириченко В.И. Из России в ЦАР // Сборник материалов международной научно-практической конференции Achievements in science – 2024. – Кемерово, 2024. – 261 с.

3. Матюшин Б.Р. К вопросу о возможности обучения летному делу в России 2024 г. // Сборник материалов Военно-научной конференции: Секция № 10: Африка и Россия. – Тверь : ВА ВКО, 2024. – 451 с.

УДК 378.147

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ УЧЕБНОГО ЗАВЕДЕНИЯ

♦♦♦♦♦

ANALYSIS OF THE RESULTS OF EXPERIMENTAL WORK ON THE FORMATION OF STUDENTS ECONOMIC CULTURE INEDUCATIONAL INSTITUTIONS

Захаренко Г.И.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
zgi3791@rambler.ru

Захаренко С.Г.
студентка,
Кубанский государственный аграрный университет
SvetlanaZG06@yandex.ru

Кислица М.В.
студент,
Кубанский государственный аграрный университет
Kislitsa_m1@mail.ru

Аннотация. В статье проведено исследование состояния изучения проблемы формирования экономической культуры учащихся в образовательном учреждении.

Ключевые слова: экономическая культура, учащиеся, проблема.

Zakharenko G.I.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
zgi3791@rambler.ru

Zakharenko S.G.
Student,
Kuban state agricultural university
SvetlanaZG06@yandex.ru

Kislitsa M.V.
Student,
Kuban state agricultural university
Kislitsa_m1@mail.ru

Abstract. In the article examines the state of the study of the problem of the formation of economic culture of students in a general education institution.

Keywords: economic culture, students, problem.

Социально-экономические изменения в России глубоко затронули все сферы общества, вызвали сложный процесс переосмысления социальных ценностей. Это актуализировало поиск новых подходов к воспитанию, привело к осознанию необходимости соотносить систему воспитания с конкретным человеком, условиями его жизни, развивать у молодого поколения социальную активность, предприимчивость, гражданскую инициативу. В современных условиях ускоренного развития цивилизации возникла необходимость в овладении с раннего возраста экономическими знаниями, умениями жить в новой экономической действительности, быть конкурентоспособным в условиях рыночных отношений. Современное общество требует высокой организации экономической жизни и адекватного ей уровня профессионализма участников экономического и социального процесса. В настоящее время необходимо адаптироваться к изменяющимся условиям, иметь высокую экономическую и потребительскую культуру.

Если рассматривать экономическую культуру на государственном уровне, то выделяют следующие ее интегральные качественные показатели.

Степень разнообразия – это количество образцов поведения, представляющих разные в социальном аспекте типы экономических отношений. Степень разнообразия тем больше, чем шире диапазон таких отношений, а также, чем существеннее различия между ними. Разнообразие же системы рассматривается как показатель её развитости и жизнеспособности. Чем больше разнообразие, тем больше внутренних связей, тем больше рычагов воздействия. В последние годы в России значительно увеличились показатели степени разнообразия. Появились отношения, основанные не только на государственной, но и частной собственности.

Степень интегрированности, то есть согласованности экономических норм и ценностей, стереотипов поведения разных социальных групп. Пока она крайне низка, фактически, на настоящий момент, можно говорить даже о дезинтегрированности экономической культуры.

Степень индивидуализма граждан. Данный показатель начинает постепенно повышаться. Тем не менее, людей, ставящих индивидуальные ценности выше коллективных, ещё мало. По последним исследованиям, ориентирующихся на свои силы жителей в России всего около 6 % .

Степень законности экономического поведения. Растут масштабы распространения образцов поведения которые узаконены, но экономически не целесообразны (например, уплата налогов). Велики и масштабы распространения норм, которые экономически целесообразны, но либо не узаконены, либо противозаконны и потому осуществляются скрытно.

Степень инновационности экономической культуры России довольно велика. В целом новые ценности, нормы, образцы поведения преобладают над теми, которые устарели и не отражают реальных потребностей общества.

Масштабы заимствования. В годы реформ в России активно проникают и приживаются культурные ценности и нормы, которые характерны для стран Западной Европы и Северной Америки. Степень рациональности представляет собой соотношение норм, основанных на вполне осознанных целях и ценностях и таких норм, которые основаны на привычке, укоренившихся традициях и обычаях. Процессы, проходившие в обществе в последнее столетие, изменили облик общества в сторону его рациональности. Это, однако, не привело к полному уничтожению традиционализма. По отношению к экономической культуре данный показатель особенно важен, поскольку затрагивает истоки, корни социальных ценностей, от которых зависят стимулы экономической активности. Две соответствующих модели человека – традиционная и рациональная (для нашей страны иррациональная) – это два полярных типа работника с разными установками по отношению к труду, с разными типами мотивов трудовой активности. Несмотря на возрастание степени рациональности в последнее время, в России всё ещё есть значительные резервы для её повышения.

Если рассматривать экономическую культуру на уровне личности, то в литературе выделяются следующие ее показатели: *знания* (когнитивный компонент); *умения* (содержательно-операционный); *самооценку* (оценочно-рефлексивный); *общение* (коммуникации).

Также в ряде других исследований в качестве показателей экономической культуры выделяют: экономические знания, умения и навыки, интеллект, способы и формы общения людей в процессе их социально-экономических действий и отношений.

Также в литературе рассматриваются отдельно критерии составных компонентов экономической культуры. Так, например, выделяются показатели экономического образования, на основе его задач: *в сфере обучения* – основы знаний о современной экономике, принципах и закономерностях ее функционирования и развития, умения экономической (трудовой, предпринимательской) деятельности; *в сфере самосознания* – осмысление своего индивидуального экономического потенциала, формирование осознанного гражданского экономического поведения; *в сфере мотивации* – наличие интереса к проблемам экономики, постоянной потребности в экономическом знании, стремление к цивилизованному предпринимательству.

Отдельно рассматриваются компоненты такой составляющей экономической культуры как экономическое сознание.

Так, А.Л. Журавлев, Н.А. Журавлева выделяют: *когнитивный компонент* экономического сознания (экономическое мышление и представления) личности; *эмоциональный компонент* экономического сознания (эмоционально-оценочное отношение личности к экономическим условиям жизнедеятельности, своей деловой активности, деньгам, собственности, доверия к организациям), удовлетворенность доходом, материальным благополучием, предпринимательской деятельностью; психологические и социальные регуляторы экономического поведения (социальные установки на различные формы экономического поведения, экономические нормы, интересы, ценности, притязания личности, мотивация).

Исходя из конечного результата формирования экономической культуры личности – *экономически культурно развитого человека* – также выделяются критерии ее сформированности. Это наличие *критического экономического мышления.* Основой критического экономическогомышления личности является понимание сущности экономических законов, экономических процессов и явлений как в рамках экономической системы своей страны, так и между различными типами экономических систем других государств.

Критическое экономическое мышление не есть лишь результат овладения курсом экономики и другими учебными дисциплинами. Оно формируется также в семье, в ближайшем социальном окружении как система взглядов и представлений, например, относительно того, как необходимо планировать и вести семейный бюджет, как лучше тратить деньги, какие экономические приоритеты существуют, как можно зарабатывать на жизнь, что нужно производить в первую очередь.

Другим показателем экономически культурной являются *умения реализовать свои индивидуальные способности в каждой данной конкретной ситуации.* А для этого необходимо постоянно пополнять свои экономические знания, находить силы, если нужно, менять свои представления, сферы деятельности и даже экономические интересы.

Одним из показателей экономически культурной личности выступают определенные экономические навыки, умения, опыт. *Экономическими навыками* называются такие действия личности, которые в результате частых повторений выполняются быстро, безошибочно, автоматически. В экономической деятельности к полезным навыкам можно отнести работу на компьютере, расчеты, анализ хозяйственной деятельности, разработку бизнес-плана, подсчет нормы и массы прибыли, определение размеров налогов, составление домашнего бюджета и т.д. Определенные навыки необходимы и для делового общения, самостоятельного выбора объекта труда, планирования и организации своей работы, покупки и продажи продукции, установления цены, создания и популяризации рекламы и т.д.

Способность человека выполнять определенную экономическую деятельность или отдельные экономические действия на базе экономических навыков называется *экономическим умением.* Например, даже продавцу на рынке, не говоря уже о конструкторе, менеджере и т.п., нужно уметь организовать свое рабочее место, свой рабочий день, определить последовательность выполнения предстоящей работы, рисковать, вдумчиво вести себя на торгах и т.п.

Повторяющийся определенный уровень экономических навыков и умений есть не что иное, как *опыт,* которыйприобретается в результате практической деятельности.

Исходя из этого, можно сказать, что экономическая культура проявляется в наличии у человека функциональной экономической грамотности, в знании основ хозяйственной жизни не только семьи, предприятия (фирмы), но и всего общества в целом.

Экономическая культура позволяет формировать такое качество личности, как *экономические мотивы деятельности.* Экономические мотивы определяют направление мыслей человека, его поступков, линии поведения и т.д. В любом случае индивид несет персональную ответственность за собственное экономическое поведение. Чтобы ответить на вопрос, почему человек в данной ситуации поступает именно так, надо знать мотивы, которые побуждают его к таким действиям. Экономические мотивы могут быть личными и общественно значимыми. *Личные мотивы* непосредственно связаны с потребностями человека. Осознанные потребности становятся ведущим мотивом поведения личности. Осознание рациональных потребностей невозможно без экономической культуры субъекта. Самый лучший вариант – единство, *совпадение личных и общественных интересов.* Если это имеет место в данном обществе, то уровень экономической культуры считается самым высоким.

Одной из главных составляющих черт экономической культуры является творчество. *Творчески мыслящий человек* быстрее и глубже усваивает экономические знания. А с другой стороны, такой работник способен более оперативно и эффективно находить выходы из постоянно возникающих сложных экономических ситуаций. Творчество как важнейший компонент экономической культуры сопутствует труду человека любой профессии. Творческая деятельность может проявляться в анализе путей улучшения условий труда и рынков сбыта, новых форм организации и оплаты труда; в совершенствовании средств труда; в экономическом анализе результатов труда и т. д.

Экономическая культура любого субъекта хозяйствования должна включать в себя и *гуманистическое начало.* Это особенно важно в современных общественных отношениях.

В рамках исследования можно выделить следующие показатели, которые отражали эффективность проделанной работы:

– уровень экономических знаний,
– экономические умения и навыки,
– мотивация достижения,

– творчество,
– уровень коммуникабельности,
– уровень социальной активности,
– уровень субъективного контроля,
– нравственные ценности.

Для изучения этих показателей нами применялась батарея методик.

Экономические знания, умения и навыки изучались с помощью критериально-ориентировочных тестов по обучающим программам.

Коммуникативные склонности изучались с помощью методики *«Оценка коммуникативных и организаторских склонностей – КОС»,* разработанной Б.А. Федоришиным (Психологические тесты, 1999). Методика содержит 40 утверждений, по поводу которых необходимо выразить согласие или несогласие.

Мотивация достижения изучалась с помощью методики «Оценка потребности мотивации в достижении» (Психологические тесты, 1999). Тест-опросник состоит из 22 утверждений, на которые нужно дать ответ «да» или «нет». Ответы, совпадающие с ключом, суммируются по 1 баллу за каждый ответ. Шкала имеет стеновые нормы. Методика позволяет выявить высокий, средний и низкий уровень потребности в мотивации достижения.

Изучение чувства личной ответственности обучающегося за самостоятельные поступки и ход жизни в целом осуществлялось с помощью методики *«Уровень субъективного контроля – УСК»* (портативный вариант) (Диагностика профессиональных способностей, 1994.). Опросник УСК дает возможность дифференцированного измерения общего уровня субъективного контроля и частных, ситуационно-специфичных его показателей. Он включает в себя обобщенный показатель индивидуального уровня субъективного контроля, его показатели в области достижений и в области неудач, в области межличностных отношения и в отношении к болезни и здоровью.

Уровень воспитанности обучающегося изучался с помощью специальной методики, направленной на выявление меры соответствия личности запланированному воспитательному результату и степень реализации целей и задач. В процессе диагностики выделяются следующие составляющие воспитанности: *интеллектуальный уровень* (отношение к знаниям): эрудиция; культура речи; логика и операциональность мышления (анализ, синтез, систематизация, обобщение, доказательность, аргументированность, самостоятельность в суждениях); нравственная направленность интеллекта (нравственные мотивы в позиции и поведении); *мировоззрение:* понимание целостности и единства развития человека, природы и общества; осознание созидающей роли человека в преобразовании окружающей действительности; понимание духовно-нравственных ценностей и морали как универсальной формы общественного сознания и бытия; готовность и стремление следовать морали в системе отношений с окружающим миром; готовность к личностному и профессиональному самоопределению; *человечность*: доброта и сострадание как качество личности вообще; доброта и сострадание к семье, близким, друзьям; щедрость к слабым, больным, нуждающимся; стремление к разрешению жизненных конфликтов мирным путем, без применения насилия; неприятие безнравственного поведения; *ответственность:* долг по отношению к обществу;долг перед родителями и старшими;Родине; долг по отношению к себе; долг по отношению к природе; *гражданская позиция:* осознание прав и обязанностей человека в обществе; социальная активность; следование закону, уважение государственных символов и власти; бережное отношение к истории и культуре своего народа; признание равенства полов и людей разных национальностей; доминирование мотивов общественного долга; *характер: о*бязанность, единство слова и дела; мужество, честность, справедливость; честь и достоинство; умение понимать и прощать; осознание собственной активной роли в становлении характера; понимание взаимосвязи внутренней и внешней культуры человека; потребность и умение отстаивать свои взгляды на научной основе.

Каждый показатель оценивается по пятибалльной шкале: оцените: 5 баллов – выставляется, когда отношение или качество личности, отмеченное в анкете, имеет место всегда; 4 балла – отношение или качество проявляется часто, но не всегда; 3 балла – указанное отношение или качество проявляется редко; 2 балла – указанное отношение или качество не проявляется никогда.

Далее вычисляется средний показатель (суммируйте баллы по данному показателю и разделите на четыре: количество оцениваемых). Суммарный рейтинговый балл заносится в карту воспитанности: от 4 до 5 баллов – высокий уровень воспитанности; от 3 до 4 баллов – средний уровень воспитанности; от 2 до 3 баллов – низкий уровень воспитанности.

Для изучения *общественной активности* мы использовали методику, составленную Е.Н. Степановым (Воспитательный процесс: изучение эффективности, 2000, С. 35–37) 3. Данная методика построена по принципу групповой оценки личности. В качестве качеств используются те, которые отражают общественную активность обучающихся. Для оценки выделены 5 ориентиров (1-й – максимальная активность, 5-й – отсутствие активности). В ходе исследования определяется статус активности каждого обучающегося. Далее обучающиеся классифицируются по уровню статуса активности на пять групп: первая группа – высокая активность (организаторская) – включает обучающихся, набравших менее 1,5 баллов; вторая группа – хорошая активность (активно-исполнительская) – включает обучающихся набравших от 1,5 до 2,5 баллов; третья группа – средняя (пассивно-исполнительская) – включает обучающихся, набравших от 2,5 до 3,5 баллов; четвертая группа – низкая (принудительная) – включает обучающихся, набравших от 3,5 до 4,5 баллов; пятая группа включает обучающихся, у которых социальная активность не проявляется (набравшие свыше 4,5 баллов).

В исследовании для выявления *ценностных ориентаций* использовали методику М. Рокича, основанную на прямом ранжировании списка ценностей. М. Рокич различает два класса ценностей: терминальные – убеждения в том, что какая-то конечная цель индивидуального существования стоит того, чтобы к ней стремится; инструментальные – убеждение в том, что какой-то образ действий или свойство личности является предпочтительным в любой ситуации. Это деление соответствует традиционному делению на ценности-цели и ценности-средства.

Респонденту предъявляется два списка ценностей (по 18 в каждом). В списках испытуемый присваивает каждой ценности ранговый номер. В начале предъявляется набор терминальных, а затем набор инструментальных ценностей. При обработке результатов подсчитывается средний ранг каждой ценности, в результате получается иерархия ценностей для данной группы исследуемых. А также подсчитывается процент исследуемых, которые выбрали для определенной ценности определенный ранг. Например: 20 % обучающихся поставили здоровье на первое место 1,2 (Ковалев, 1991, С. 41–43; Райгородский, 1998, С. 637–640).

С целью изучения *творческой активности* обучающихся использовалась методика, предложенная М.И. Рожковым, Ю.С. Тюнниковым, Б.С. Алишевым, Л.А. Воловичем (Воспитательный процесс, 2000). Методика позволяет на основе выявленных критериев и эмпирических показателей провести сравнительный анализ изменений в сформированности у обучающихся творческой активности. Замеры осуществляются по четырем критериям: чувство новизны; критичность; способность преобразовать структуру объекта; направленность на творчество.

Предусмотрен также контрольный опрос, предполагающий сравнение оценки ответов и самооценки качеств, осуществляемой испытуемыми.

Оценивание критерия осуществляется по средней оценке, получаемой обучающимися по каждому критерию. При этом важно сопоставить полученные результаты с самооценкой, которая выявляется в последнем разделе опросника. Самооценка по критерию «чувство новизны» определяется по среднему баллу ответов на вопросы 41–44; по критерию «критичность» – на вопросы 45–48; по критерию «способность преобразовать структуру объекта» – на вопросы 49–52; по критерию «направленность на творчество» – на вопросы 53–56. Например, по критерию «чувство новизны» средний балл составил 1,45, а самооценка – 0,9. В этом случае мы корректируем оценку, высчитывая средний результат между оценкой и самооценкой. Методика позволяет выделить три уровня творческой активности обучающихся и отдельных ее аспектов: низкий – от 0 до 1; средний – от 1 до 1,5; высокий – от 1,5 до 2.

Выборка в ходе эксперимента составила 276 обучающихся (была осуществлена на основе контент-анализа документации образовательных учреждений, участвующих в эксперименте (личные дела обучающихся).

Процедуры и организация исследования соответствовала плану с предварительным и итоговым тестированием. Этот план эксперимента был выбран поскольку в силу особенностей объекта исследования (учебные классы) было невозможно организовать эквивалентные контрольные группы.

Сравнительные результаты, демонстрирующие динамику основных показателей экономической культуры в ходе эксперимента, представлены в сводных таблицах 1–4.

Таблица 1 – Сравнительные результаты экономических знаний, умений и навыков обучающихся

	Уровень экономических знаний, умений и навыков							
	Высокий		Хороший		Средний		Низкий	
	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап
*Средний показатель	40/14,5	52/18,8	107/38,8	165/59,8	120/43,5	59/21,4	9/3,2	–

*Примечание. * – показывает, что первая цифра – количество респондентов, вторая – % от общего количества.*

Таблица 2 – Сравнительные результаты изучения общественной активности обучающихся

	Активность обучающихся									
	высокая		хорошая		средняя		Низкая		не проявляется	
	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап
*Среднее знач.	42/15,2	63/22,8	61/22,1	79/28,6	133/48,2	103/37,3	27/9,8	12/4,3	11/4,0	1/0,4

*Примечание. * – показывает, что первая цифра – количество респондентов, вторая – % от общего количества.*

Таблица 3 – Сравнительные результаты изучения творческой активности обучающихся

	Уровни творческой активности					
	Высокий		Средний		Низкий	
	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап	Нач. этап	Обобщ. этап
*Средний показатель	57/20,7	72/26,1	191/69,2	190/68,8	28/10,1	14/5,1

*Примечание. * – показывает, что первая цифра – количество респондентов, вторая – % от общего количества.*

Таблица 4 – Сравнительные результаты изучения коммуникативных и организаторских склонностей обучающихся

Показатели уровней развития коммуникативных и организаторских склонностей	Время изучения	Среднее значение *
Низкий уровень коммуникативных склонностей	Нач. этап	22/8,0
	Обощ. этап	10/3,6
Уровень ниже среднего коммуникативных склонностей	Нач. этап	65/23,6
	Обощ. этап	48/17,4
Средний уровень коммуникативных склонностей	Нач. этап	131/47,5
	Обощ. этап	133/48,2
Высокий уровень коммуникативных склонностей	Нач. этап	32/11,6
	Обощ. этап	49/17,6
Очень высокий уровень коммуникативных склонностей	Нач. этап	8/2,9
	Обощ. этап	18/6,5

*Примечание. * – показывает, что первая цифра – количество респондентов, вторая – % от общего количества.*

Таким образом проведен анализ результатов опытно-экспериментальной работы по формированию экономической культуры обучающихся в условиях учебного заведения, который в целом отражает позитивную динамику изменений, произошедших в составляющих экономической культуры (когнитивной, содержательно-операционной, оценочно-рефлексивной; мотивационной ценностной, коммуникативной) и позволяет заключить, что разработанная и внедренная программа эксперимента является эффективной.

Список литературы:

1. Ковалев С.В. Подготовка старшеклассников к семейной жизни: тесты, опросники, ролевые игры: Кн. Для учителя. – М. : Просвещение, 1991. – С. 41–43.
2. Райгородский Д.Я. (редактор-составитель) Практическая психодиагностика. Методики и тесты. Учебное пособие. – Самара : Издательский дом «БАХРАХ», 1998. – С. 637–640.
3. Степанов Е.Н. Педагогу о воспитательной системе школы и класса. – М. : ТЦ Сфера, 2004. – 224 с.

УДК 623.746

РАЗВИТИЕ МНОГОМОТОРНОЙ АВИАЦИИ
♦♦♦♦♦
MULTI-MOTOR AVIATION DEVELOPMENT

Божко С.В.
кандидат технических наук, профессор,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Чеснов Ю.Н.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
kvvaul@mil.ru

Тыщенко З.А.
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
gor.sas2020@mail.ru

Bozhko S.V.
PhD in Technical Sciences, Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Chesnov Y.N.
Krasnodar Higher Military Flight School
kvvaul@mil.ru

Tishetnko Z.A.
Krasnodar Higher Military Flight School
gor.sas2020@mail.ru

Аннотация. В статье кратко рассматривается история появления в ведущих странах мира многомоторных самолетов, их применение и дальнейшая судьба.

Abstract. The article briefly highlights history of genesis of multi-motor aircraft in the leading world countries, their application, and future.

Ключевые слова: моторы, двигатели, конструкторы, размеры, грузоподъемность.

Keywords: motors, engines, designers, dimensions, lodlifting capacity.

Если в 1912 году русский авиаконструктор И.И. Сикорский совершил настоящую революцию, разработав четырехмоторные самолеты «Русский витязь» и «Илья Муромец», то через полвека в воздух поднялись самолеты с восемью и даже десятью двигателями.

Гиганты И. Сикорского

«Русский витязь» – четырёхмоторный многосекционный биплан с крыльями разного размаха. Его фюзеляж с деревянной рамой и фанерной обшивкой, похожий на трамвайный вагон. Были предусмотрены две пассажирских кабины и камера хранения запасных частей. Спереди – открытая площадка с прожектором и пулемётом. Испытательные полёты на Корпусном аэродроме показали, что перемещения пассажиров в кабине не нарушали устойчивость самолёта. Для взлёта требовалась поле длиной в 700 м. В июле 1913 года самолёт осмотрел император Николай II.

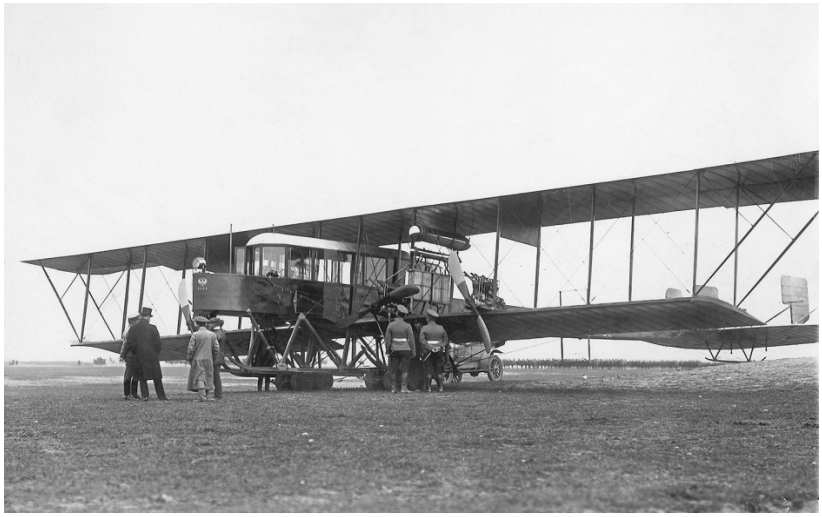


Рисунок 1

Испытывали «Русский витязь» недолго – 11 сентября 1913 года на 3-м конкурсе военных самолётов сорвавшийся с пролетавшего над «Русским витязем» самолёта «Меллер-II» двигатель упал на левую коробку крыльев, сильно повредив её. Самолёт не стали восстанавливать. К тому же дерево его конструкции успело отсыреть, что вызвало сомнения в прочности. Сикорский решил создать новый самолёт, названный впоследствии «Илья Муромец».

«ИЛЬЯ́ МУ́РОМЕЦ», первый в мире серийный четырёхдвигательный бомбардировщик-биплан. Создан рос. авиаконструктором И.И. Сикорским (на базе самолёта «Русский витязь») и построен под его руководством на Русско-Балтийском вагонном заводе (г. Рига). 10(23).12.1913 совершил первый полёт. На «И.М.» установлен ряд мировых рекордов, в т. ч. по дальности и продолжительности полёта (в июне 1914 от Киева до С.-Петербурга и обратно самолёт пролетел св. 2 480 км за 25 ч 55 мин лётного времени).

Наиболее совершенными были самолёты серии Е, имевшие следующие лётно-технические. данные: силовые установки – 4 двигателя «Рено» по 162 кВт (220 л. с.); размах верхнего крыла 34,5 м, нижнего – 26,6 м; суммарная площадь крыльев 220 м^2; длина самолёта 18,8 м; масса пустого самолёта 5 т; взлётная масса 7,46 т; макс. скорость 137 км/ч; посадочная скорость 80 км/ч; потолок 4000 м; дальность полёта 560 км; продолжительность полёта 4,4 ч; разбег 450 м; пробег 300 м; экипаж 4–8 чел. Полноразмерная копия самолёта «И.М.» представлена в экспозиции Центр. музея ВВС РФ (пос. Монино, Моск. обл.). В дальней авиации ВВС РФ имя «Илья Муромец» присвоено одному из стратегических ракетоносцев Ту-160.



Рисунок 2 – «Илья Муромец»

Страшный «Цеппелин»

Имя Фердинанда фон Цеппелина неразрывно связано с дирижаблями, но этот выдающийся немецкий изобретатель разрабатывал и самолеты. Например, бомбардировщик Zeppelin-Staaken R.XIV, который был самым большим и тяжелым самолетом принимавшим участие в Первой мировой войне и применивший наиболее тяжелую авиабомбу массой 1 000 кг.

Сначала бомбардировщик Zeppelin-Staade был трёхмоторным, но быстро эволюционировал и его наиболее совершенная модификация R.XIV образца 1917 года оснащалась пятью моторами Maybach совокупной мощностью 1300 л.с. Четыре мотора были установлены на крыле, причем два имели толкающий винт, а один мотор располагался в носу. Самолет имел длину 22,5 метра, размах крыла – 42,2 метра, максимальную скорость 135 км/ч, взлетную массу 14,2 тонны и мог брать нагрузку в 4 тонны, что по меркам 1917 года было выдающимся достижением. Правда, стандартной нагрузкой были 2 тонны бомб, с которыми бомбардировщик мог преодолеть расстояние в 1 300 километров.

К счастью для стран Антанты, этот самолет появился у Германии слишком поздно и уже не мог оказать влияния на ход войны. К тому же немецкая промышленность с 1916 года испытывала серьезный дефицит сырья и не могла строить самолеты большой серией. Да и малой тоже – всего было выпущено 3 бомбардировщика, два из которых были сбиты, а единственный уцелевший был уничтожен после войны по услови-

ям Версальского договора. Фердинанд фон Цеппелин до капитуляции Германии не дожил, он умер в 1917 году, до последнего дня продолжая работать над новыми самолетами и дирижаблями.



Рисунок 3 – Zeppelin-Staaken R.XIV

Трагедия «Максима Горького»

Пятимоторные самолеты также проектировались и в СССР, а в 1933 году и вовсе был разработан восьми моторный самолет-гигант АНТ-20, получивший имя собственное – «Максим Горький». Самолет планировалось использовать в агитационных и пассажирских целях, а военные раздумывали над тем, насколько эта машина подходит в качестве бомбардировщика. Тем более и создан АНТ-20 был на базе не пошедшего в серию бомбардировщика ТБ-4. Разрабатывать самолет, названный в честь русского и советского писателя Максима Горького, поручили конструкторам А.А. Архангельскому и В.М. Петлякову под общим руководством А.Н. Туполева.

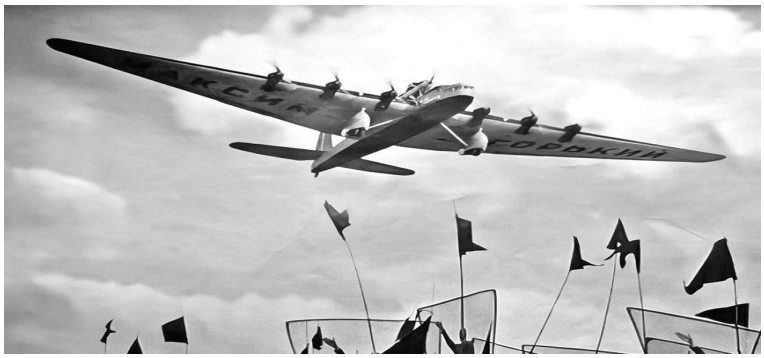


Рисунок 4 – АНТ-20 «Максим Горький»

АНТ-20 для своего времени был не просто большим, а огромным самолетом: длина – 33 метра, размах крыла – 63 метра (больше чем у Boeing-747 ранних серий), взлетная масса – 42 тонны, максимальная скорость 220 км/ч, дальность полёта – 1 200 километров. Первоначально планировалось оснастить АНТ-20 шестью моторами по 900 л.с. каждый, но их совокупной мощности явно не хватало для такого гиганта и тогда на фюзеляже установили ещё два двигателя.

На борт самолет мог брать 70 человек, которым предоставлялся невиданный ранее уровень комфорта. АНТ-20 имел каюты со спальными местами, буфет, библиотеку, кафе, туалет, пневмопочту, также на борту размещалась типография и электростанция. Самолет совершил два успешных полета, в том числе 1 мая 1935 года над Красной площадью, а на 18 мая был запланирован последний испытательный полёт, в который отправились сотрудники ЦАГИ, некоторые вместе с детьми.

После этой трагедии второй экземпляр АНТ-20 немного доработали и установили более мощные 1200-сильные двигатели, что позволило, наконец, сделать самолет шести моторным. Под именем ПС-124 он летал на пассажирских линиях вплоть до



Рисунок 5 – Катастрофа самолета АНТ-20 «Максим Горький»

начала Великой Отечественной войны, затем был переведен в Ташкент, где использовался как транспортник, перевозя военные грузы. Эксплуатация технически сложной машины была непростой и недешевой, но в условиях военного времени на счету был каждый самолет, поэтому списывать ПС-124 не спешили. Однако точку в его лётной карьере поставила катастрофа, случившаяся в декабре 1942 года. На этом история самолетов АНТ-20 закончилась. Несмотря на планируемый в середине 30-х годов серийный выпуск, всего было изготовлено две машины, да и военные отказались от создания бомбардировщика на его базе, сделав ставку совсем на другие самолеты.

Неудачи «Гиганта»

Не очень счастливая судьба была и у немецкого шестимоторного самолета Me.323 Gigant. Его создали на базе тяжелого планера Me.321, который предназначался для доставки немецких солдат и техники на территорию Англии, но планер оказался невостребованным после 22 июня 1941 года. Однако от его использования вермахт не отказался, перебросив несколько планеров на оккупированную территорию СССР. Трудности с подъемом планеров в воздух и их плохая маневренность привели к созданию транспортного самолета Me.323, который, по сути, являлся лишь доработанным, моторизованным планером Me.321.

Благодаря шести трофейным французским моторам совокупной мощностью 5 940 л.с. Me.323 мог разгоняться до 250 км/ч и преодолевать расстояние в тысячу километров. Длина транспортника составляла 28,5 метра, размах крыла – 55,2 метра, взлетная масса – 30 тонн, масса перевозимого груза, 11 тонн. Всего было выпущено 198 самолетов, которые использовались для снабжения Африканского корпуса и немецких войск на Восточном фронте. Несмотря на то, что по сравнению со своим безмоторным предком – планером Me.321, маневренность и скорость Me.323 значительно улучшились, он все равно оставался весьма тихоходным и неповоротливым самолетом. Это вкупе с большими размерами делали его отличной мишенью как для истребителей, так и для зенитчиков.



Рисунок 6 – Me.323 Gigant

Самые большие потери Me.323 понесли занимаясь снабжением Африканского корпуса, очень часто становясь жертвами британских истребителей.

Самолет с 10 двигателями

Разработанный во время Второй мировой войны американский стратегический бомбардировщик Convair B-36 Peacemaker (Миротворец) навсегда вошел в историю как самолет с наибольшим количеством двигателей, причем разнотипных. На момент своего рождения он имел шесть поршневых моторов с толкающим винтом совокупной мощностью 22 800 л.с., к которым затем добавили четыре турбореактивных двигателя.



Рисунок 7 – Convair B-36 Peacemaker

«Миротворец» мог пролететь без дозаправки более 10 000 километров, что позволяло ему совершать межконтинентальные полеты, причем он мог брать на борт сверхтяжелую бомбу массой 20 тонн. Самолет поражал своими размерами даже в середине пятидесятых годов, когда его начали снимать с вооружения: длина – 49,4 метра, размах крыла – 70,1 метра, взлетная масса 190 тонн, бомбовая нагрузка – 39 тонн. Вместе с тем B-36 не отличался высокой скоростью и разгонялся до 680 км/ч, то есть его могли догнать даже некоторые поршневые истребители, не говоря о реактивных. Правда, B-36 был способен забраться на высоту до 15 000 метров и имел очень сильное оборонительное вооружение из шестнадцати 20 мм пушек.

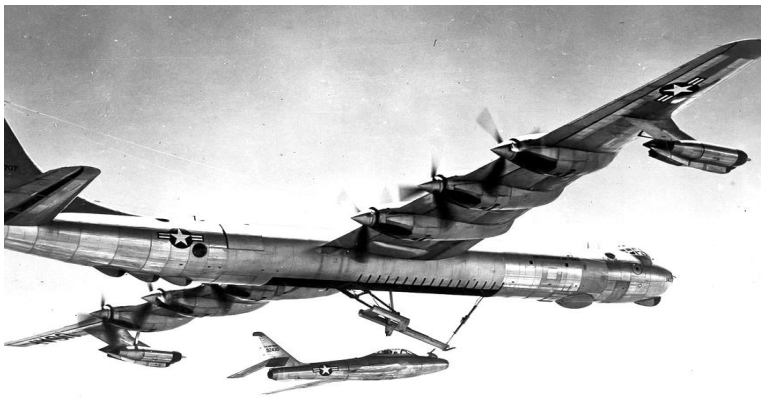


Рисунок 8 – Convair B-36 Peacemaker

Тем не менее, к середине пятидесятых годов он устарел, а его эксплуатация была очень дорогой из-за сложного технического обслуживания. Подготовка к полету занимала очень много времени, кроме того, каждый вылет из-за огромного количества израсходованного топлива влетал в копеечку. Фирма Convair выпустила 384 бомбардировщика, которые прослужили всего десять лет, с 1949 по 1959 год, что не так уж и много, особенно в сравнении с бомбардировщиком Boeing B-52 Stratofortress, появление которого в 1952 году поставило крест на дальнейшей судьбе «Миротворца».

B-52: любимец Америки

Стратегический бомбардировщик B-52 оказался настолько удачным, что остается на вооружении ВВС США и поныне. Более того, в перспективе запланирована замена устаревших восьми двигателей самолета на новые, так что он будет находиться в строю ещё минимум десятилетие. Несмотря на то, что B-52 уступал в размерах B-36 и брал меньшую бомбовую нагрузку, самолет очень понравился американским военным. Длина B-52 составляла 49 метров, размах крыла – 56,4 м, максимальный взлетный вес – 229 тонн, бомбовая нагрузка – 31 тонна, максимальная скорость 955 км/ч, дальность полета – около 14 000 километров.



Рисунок 9 – B-52

B-52 мог наносить с территории США удары по любому району на территории СССР и вообще вошел в историю как один из самых «дальнобойных» бомбардировщиков за всю историю. В своё время он установил рекорд, пролетев без дозаправки 20 000 километров, то есть обогнув половину земного шара. Несмотря на то, что выпуск B-52 был прекращен в 1962 году, его никто и не думал снимать с вооружения, так как эта восьми двигательная машина продолжала полностью устраивать военных.

После Вьетнамской войны, в которой было сбито около тридцати B-52, шли разговоры, что время дозвуковых «стратегов» прошло. Но появление дальнобойных крылатых ракет позволило даже таким старым самолетам как «Стратокрепость» эффективно выполнять поставленные задачи. Если в 60–70-е годы B-52 должны были входить в зону действия вражеской ПВО, то теперь цели поражаются с дистанции в несколько сотен километров. То есть, B-52, как и его ровесник – российский Ту-95 превратились в межконтинентальные воздушные платформы для запуска ракет большой дальности. И в этом качестве B-52 устраивает и ещё долго будет устраивать командование ВВС США.

Советская «Мрия» – крылатая гордость России

Ан-225 «Мрия» представлял собой шести моторный турбовентиляторный высокоплан со стреловидным крылом и двух килевым оперением. Оборудован шестью авиадвигателями Д-18Т производства Запорожского моторостроительного завода разработки ЗМКБ «Прогресс» имени академика А.Г. Ивченко.

Размеры грузовой кабины: длина – 43 м, ширина – 6,4 м, высота – 4,4 м. Грузовая кабина самолёта герметична, что значительно расширяет его транспортные возможности. Над грузовой кабиной на 2-й палубе – кабина для шести человек сменного экипажа и 88 человек, сопровождающих груз.

Бортовой комплекс погрузочного оборудования, а также конструкция переднего грузового люка с рампой обеспечивали быстрое и удобное проведение погрузочно-разгрузочных работ. Самолёт способен перевозить на фюзеляже уникальные грузы, габариты которых не позволяют разместить их на других наземных и воздушных транспортных средствах. Для установки этих грузов на фюзеляже имеется специальная система крепления.

Самолёт Ан-225 имеет большую степень преемственности и унификации по системам, агрегатам, узлам и деталям планера, силовой установки и оборудования с сертифицированным самолётом Ан-124-100 («Руслан»).



Рисунок 10

Конечно, к самолётам предъявляют много требований, среди которых есть и скорость, и манёвренность, но в целом ряде случаев самыми главными становятся не они. Главное, чтобы самолёт летал на максимально возможные расстояния и мог при этом взять на борт как можно больший груз. Самым же простым способом этого добиться является не создание совершенно нового двигателя, а установка большего количества моторов. И таких воздушных судов за всю историю авиастроения было немало.

Список литературы:

1. Эйзенштейн Пол. Самый большой самолёт в мире // Популярная механика. – 2003. – Т. 180. – № 1 (Hearst Magazines). – ISSN 0032-4558.
2. Фрикер Джон. Тяжеловесы // Популярная механика. – 1990. – Т. 167. – № 2 (Hearst Magazines). – ISSN 0032-4558.
3. Большая Российская энциклопедия. – М., 1985.
4. Яковлев Ю. Рассказы авиаконструктора. – М., 1965.
5. Авиация: Энциклопедия. – М., 1994.

УДК 336.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТРАН. МОДЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА

♦♦♦♦♦

STUDY OF THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF COUNTRIES. MODELS OF ECONOMIC GROWTH

Медведева В.В.
магистр,
Кубанский государственный аграрный университет
medvedevav347@gmail.com

Жучков И.А.
кандидат технических наук, доцент,
Краснодарское высшее военное
авиационное училище летчиков
zhuchkovi.53@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию основных факторов, влияющих на развитие производства и экономический рост. Сделан обзор литературы, в которой описаны различные модели экономического роста развивающихся стран. Определены методы, позволяющие сравнивать и давать оценку моделям развития экономики с точки зрения ее применения на практике. Рассмотрены примеры использования современных моделей экономического роста при проведении реформирование рынков товаров и факторов производства с целью изменения сферы предложения в своих экономиках.

Ключевые слова: модель экономического роста, капитал, трудозатраты, технологический индекс, эффективность, коэффициент фондоотдачи, прибыль, производительность труда, методы сравнения.

Medvedeva V.V.
Master's student,
Kuban State Agrarian University
medvedevav347@gmail.com

Zhuchkov I.A.
PhD in Technical Sciences,
Associate Professor,
Krasnodar Higher Military Flight School
zhuchkovi.53@mail.ru

Abstract. This article examines the key factors influencing production development and economic growth. It reviews the literature describing various economic growth models in developing countries. It identifies methods for comparing and evaluating economic development models for their practical application. Examples of the use of modern economic growth models in reforming commodity and factor markets to alter the supply side of their economies are considered.

Keywords: economic growth model, capital, labor costs, technology index, efficiency, return on assets ratio, profit, labor productivity, comparison methods.

Капитал, трудозатраты и технологии играют важную роль в экзогенных и эндогенных моделях экономического роста. Кроме того, эмпирические данные, характерные для отдельных стран, подтверждают, что переменные экономической политики, такие как соотношение государственных расходов к ВВП, уровень инфляции, открытость экономики и механизмы обменного курса, одинаково важны для успешного экономического роста.

Анализ панельных данных, составленных на основе информации Всемирного банка Организации Экономического Сотрудничества и Развития, для экономик с низким уровнем дохода, новых развивающихся экономик Юго-Восточной и Южной Азии, стран Ближнего Востока, стран Африки к югу от Сахары, а также Латинской и Центральной Америки, по экономическому росту показывает, что микро - и макроэкономические факторы и переменные политики, характерные для каждой страны или региона, оказывают значительное влияние на темпы экономического роста [1,2].

Экономический рост – это недавнее явление в человеческой цивилизации. Уровень дохода на душу населения в Западной Европе, который до 16 века был примерно таким же или даже несколько более низким, чем в Китае и Индии, в 21 веке вырос более чем в 30 раз (примерно в десять раз по паритету покупательной способности PPP). Этот необычный рост уровня и продолжительности жизни на Западе стал возможен благодаря использованию научных технологий (машин и идей) в производстве и использованию более совершенных средств транспорта и связи в торговле после промышленной революции, начавшейся в конце XX века.

Процесс резкого роста в большинстве западных стран и США кратко можно описать, применив четыре стилизованных факта экономического роста. Во-первых, затраты труда росли медленнее, чем капитал и объем производства. Поэтому капитал на душу населения (K/L) и выпуск на душу населения (Y/L) увеличивались в течение длительного времени (значительно возросли). Во-вторых, коэффициент фондоотдачи (K/Y) оставался относительно неизменным и более или менее был приблизительно одинаковым во всех промышленно развитых странах. В-третьих, норма прибыли на капитал (прибыль) и реальная процентная ставка не имеют тенденции к росту, тогда как ставки реальной заработной платы следовали восходящей тенденции, поскольку постоянный рост производительности труда (Y/L) и капитала на душу населения (K/L) приводит к повышению реальной заработной платы. В-четвертых, доля дохода, приходящаяся на капитал (rK/Y) и рабочую силу (wL/Y), остается практически постоянной, поскольку запас капитала на душу населения имеет тенденцию к росту вместе с выпуском продукции на душу населения.

Приведем краткий обзор моделей экономического роста. Экономисты-классики от Адама Смита до Маршалла объясняли более высокие темпы экономического роста главным образом накоплением капитала (например, работы Ролла, Мэтью, Мэдисона).

Новое и более совершенное оборудование повышает производительность труда за счёт совершенствования технологий производства. Более высокие темпы сбережений и инвестиций позволяют больше накапливать капитал и генерировать более высокие темпы экономического роста. Классики верили в механизм общего равновесия экономического роста и считали, что рост производительности автоматически приводит к повышению ставки заработной платы. Они утверждали, что согласно закону Сэя, экономика работает лучше, если её предоставить самой себе, поскольку предложение создаёт свой собственный спрос в долгосрочной перспективе. Они выступали за абсолютную экономическую свободу и минимальную роль государства в экономической деятельности. Эти либеральные экономические идеи способствовали огромному успеху промышленной революции в Великобритании и многих других западных экономиках. Классические идеи получили более точное аналитическое обоснование в работах экономистов последующих поколений. Математическая теория сбережений Рэмси позволила определить оптимальную норму сбережений для человека (благожелательного социального планировщика), который стремится максимизировать полезность на протяжении всей своей жизни.

Модели роста стали более заметными в последние годы, поскольку большинство экономик осознали ограниченность политики управления спросом и сосредоточились на реформировании рынков товаров и факторов производства для реформирования предложений в своих экономиках.

Современные теоретические модели подкрепляются более глубокими эмпирическими исследованиями экономического роста (например, работа Мэддисона) [3]. Базовая версия неоклассической модели роста в работах Тамуры и Майлз была расширена во многих направлениях для анализа международной торговли, образования и человеческого капитала, технологического прогресса и ассимиляции рождаемости, а также роста населения. В некоторых работах анализ долгосрочного роста был интегрирован с анализом краткосрочных колебаний [4].

Динамическое программирование Беллмана, неоклассическая модель экономического роста Солоу, концепция оптимального роста Касса и Купмана добавили динамику в макроэкономику, которая в большей степени фокусировалась на краткосрочных проблемах экономического цикла. К таким вопросам следует отнести колебания занятости и выпуска, а также определение процентной ставки и денежной массы в соответствии с теорией Кейнса, а не долгосрочные вопросы экономического роста. Харрод и Домар, следуя кейнсианской модели, предположили постоянство нормы сбережений и коэффициента капиталоотдачи при выводе простой формулы для экономического роста. В этих моделях темпы роста выпуска связаны с нормой сбережений и коэффициентом капиталоотдачи следующим образом:

$$g = k/s,$$

где g – темп роста выпуска, s – норма сбережений, а k – коэффициент капиталоотдачи.

Согласно модели Харрода-Домара, страна с показателем *k* равным 4, но желающая расти со скоростью 5 процентов в год, должна сберегать и инвестировать 20 процентов своего национального дохода. Такие простые расчёты использовались для разработки национальных экономических планов во многих странах после второй мировой войны. Отсутствие взаимозаменяемости между капиталом и трудом, зависящее от относительных цен капитала и труда, делало модель Харрода-Домара менее применимой для рыночной экономики, поскольку это означало постоянную безработицу или рост, сдерживаемый ограничением производственных мощностей, если гарантированные темпы роста отличались от фактических темпов роста. Солоу избежал этого недостатка, включив явную взаимозаменяемость между капиталом и трудом, проиллюстрировав её с помощью производственных функций Кобба-Дугласа. Он установил, что постоянная норма сбережений, как и принято в стандартной кейнсианской моделе, лучше, чем переменная оптимальная норма сбережений, в модели Рэмси. Кэсс, Купманс и Узава предложили модели оптимального экономического роста, в которых нормы сбережений и инвестиций стали эндогенными факторами, влияющими на максимизацию полезности домохозяйств и фирм на протяжении достаточно долгого периода.

В последние годы модели экономического роста приобрели все большее значение, поскольку большинство стран осознали ограниченность политики управления спросом.

Они начали проводить реформирование рынка товаров и факторов производства с целью изменения сферы предложения в своих экономиках.

Современные теоретические модели подтверждаются более глубокими эмпирическими исследованиями экономического роста.

В последние годы важными факторами, определяющими экономический рост, считаются институциональные и политические режимы. Базовая версия неоклассической модели экономического роста была расширена (например, работы Бхагвати, Кругмана, Майлза) в нескольких направлениях. Среди которых следует отметить, анализ международной торговли, образование и человеческий капитал, технологический прогресс и ассимиляцию (работы Паренте и Прескотт), рождаемость и рост населения. В исследованиях Блейка и Уил анализ долгосрочного роста экономики, был взаимосвязан с анализом краткосрочных колебаний.

Неоклассическая модель роста Солоу включает максимизацию производителями прибыли, которые выплачивают вознаграждение, равное их предельному продукту; замкнутость модели за счет равенства сбережений и инвестиций, а также взаимозаменяемость капитала и труда в зависимости от соотношения заработной платы и арендной платы [3, 5].

Экономическая политика может сделать один ресурс дешевле или дороже другого, искажая эти относительные цены. Эта модель предполагает гладкую, непрерывную и дважды дифференцируемую производственную функцию. Согласно условию Инады, производительность капитала выше при низком уровне капитала основных фондов, а производительность труда выше при более низком уровне трудозатрат (в обычных условиях). Производительность капитала выше в развивающихся странах с избытком рабочей силы, чем в развитых странах с избытком капитала. Государственная политика, направленная на повышение нормы сбережений, может влиять только на уровень производства, но не на темпы роста выпуска, которые могут увеличиваться только за счёт экзогенного темпа технического прогресса.

Проиллюстрируем версию модели Солоу с помощью производственной функции Кобба-Дугласа :

$$Y = AK^{\alpha}L^{\beta},$$

где Y – уровень выпуска продукции; A – уровень технологии, количество затрат труда; L – объем трудозатрат; K – запас капитала; α – доля капитала в объеме производства продукции; β – доля рабочей силы в объеме производства продукции.

Значения α и β положительны и меньше 1; то есть $0 < \alpha < 1$; $0 < \beta < 1$ и в сумме дают 1: $\alpha + \beta = 1$.

Согласно теореме Эйлера об исчерпании ресурсов, оплата труда и капитала, основанная на их предельной производительности, равна объему производства:

$$\frac{rK}{Y}+\frac{wL}{Y}=1 \cdot$$

Сбережения представляют собой фиксированную долю дохода

$$S=I=(\delta+n+a)K$$

и равны валовым инвестициям в устойчивом состоянии

$$S=sY=sAK^{\alpha}L^{\beta},$$

где δ – скорость обесценивания (норма амортизации); n – темп роста численности населения; a – темп (уровень) технического прогресса.

Изменения основного капитала равны чистым инвестициям:

$$dK=I=sY-\delta K=sAK^{\alpha}L^{\beta}-\delta K,$$

которые и приводят к накоплению капитала:

$$K_t=K_{t-1}(1-\delta K)+I_t .$$

Производительность на одного эффективного работника рассчитывается с учетом этого запаса капитала и трудозатрат по формуле

$$y=\frac{Y}{AL}=\frac{AK^{\alpha}L^{\beta}}{Y}=\left(\frac{K}{L}\right)^{\alpha}.$$

Из фундаментального уравнения экономического роста следует, что объем капитала на душу населения в устойчивом состоянии постоянен. Тогда объем производства можно определить по формуле

$$y_t=A_t\left(\frac{s}{\delta+n}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}.$$

Для устойчивого состояния экономики это означает, что страны с более высоким уровнем сбережений и более высоким уровнем технического прогресса имеют более высокий и устойчивый уровень производства на душу населения, чем страны с более низким уровнем сбережений и более низким уровнем технического прогресса. Напротив, страны с более высокими темпами прироста населения и более высокими темпами износа основного капитала имеют более низкий уровень производства на душу населения в устойчивом состоянии.

Страны с более высокой долей капитала α имеют более высокий объем производства в устойчивом состоянии. Однако, страны с разным первоначальным объемом капитала в конечном итоге достигают одинакового уровня производства в устойчивом состоянии. Также можно сделать вывод, что рост дохода на душу населения равен нулю в устойчивом состоянии, если только он не обусловлен техническим прогрессом.

Таким образом, разные экономики могут иметь разные устойчивые состояния, и для достижения устойчивого состояния может потребоваться больше или меньше времени, в зависимости от поведенческих и технических параметров модели.

Рассмотрим пример. Пусть в условиях интенсивного производства $y=k^{\beta}$ норма амортизации равна 3 %, норма сбережений – 20 %, начальный запас капитала, равен 1, нулевой темп роста населения и β = 0,75. Тогда требуется около 2 000 периодов для того, чтобы показатели объема производства капитала и запаса капитала на душу населения достигли устойчивого состояния.

Многие из вышеперечисленных факторов, влияющих на устойчивое состояние, также могут изменяться со временем, изменяя само устойчивое состояние.

Даже эта простая модель роста требует ряда данных о значениях таких параметров, как *δ*, *n*, *a* и *s*, которые определяют устойчивое состояние и траекторию роста экономики.

Норма сбережений рассматривается как стратегическая переменная, на которую может влиять и определять ее величину экономическая политика, с целью максимизировать потребление.

Это достигается в точке, где предельный продукт капитала (или наклон производственной функции) равен наклону линии требуемых инвестиций.

Согласно золотому правилу, норма сбережений должна равняться производительности капитала $\alpha = s$. Более формально эта проблема формулируется как $\max c = y - i$, при условии $i = (\delta + n)k$ или при максимизации $c = y - (\delta + n)k$ относительно капитала на душу населения.

Например, если $\alpha = s$, уровень технологии A = 0,5, а выпуск определяется выражением

$$Y = 0{,}5\sqrt{K}\sqrt{L},$$

при условии отсутствия роста трудозатрат n = 0, норме амортизации δ = 5 %, то норма сбережений по золотому правилу, максимизирующая потребление, составляет 50 %.

Технология является движущей силой процесса экономического роста в модели Солоу в устойчивом состоянии [6]. Страны с более высоким уровнем сбережений имеют более высокий уровень дохода в устойчивом состоянии, но более высокие темпы роста возможны только за счет более высоких темпов технического прогресса. При сбалансированном устойчивом экономическом росте объем производства на душу населения и капитал на душу населения растут с постоянной скоростью прироста населения. Если объем производства на душу населения и запас капитала на душу населения растут только со скоростью роста населения, то более высокая норма сбережений не влияет на темпы роста. Страны с более высоким уровнем сбережений способны достичь более высокого уровня производства в устойчивом состоянии, но они не могут добиться более высоких темпов экономического роста, если у них нет более высоких темпов технического прогресса.

При сбалансированном пути роста объем производства растет со скоростью роста населения, а доход на душу населения не увеличивается. Таким образом, только темпы технологического прогресса могут объяснить различия в темпах роста объема производства на душу населения в разных странах. Например, если $\alpha = 0{,}3$; $g_k = 3\%$; $n = 1\%$ $g_y = 2\%$, то технология будет развиваться со скоростью 0,4%.

Действительно, $a = g_y - \alpha g_k - (1-\alpha)n = 0{,}4\%$.

При отсутствии технологического прогресса темпы роста объема производства на душу населения *Y*/*L* и основного капитала на душу населения *K*/*L* равны темпам роста рабочей силы (населения), следовательно, $g_y = g_k = n$.

Если существует технология увеличения производительности труда $Y = K^{\alpha}(AL)^{1-\alpha}$, тогда стандартным способом можно проанализировать объем производства на душу населения в расчете на одного эффективного работника *Y*/*AL* и совокупного капитала на душу населения в расчете на одного эффективного работника *K*/*AL*. В этом случае темпы роста производства и основного капитала равны темпам роста технологий плюс темпы роста рабочей силы $g_y = g_k = n+a$.

Потребность в инвестициях в устойчивом состоянии на одного работника составляет

$$I = (\delta + n + a)k.$$

Равенство рынка подразумевает равенство сбережений и инвестиций

$$s(y) = (\delta + n + a)k \quad \text{или} \quad sk^{\alpha} = (\delta + n + a)k.$$

Величина основного капитала на одного эффективного работника равна $k_{ss} = \left(\frac{s}{\delta + a + n} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$, а объем производства на одного эффективного работника в устойчивом состоянии равен:

$$y_{ss} = \left(\frac{s}{\delta + a + g_y} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} .$$

При постоянной норме сбережений потребление на одного эффективного работника в устойчивом состоянии составляет: $c_{ss} = (1-s)\left(\frac{s}{\delta + a + n} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$.

Чтобы получить фактические показатели основного капитала, объема производства и потребления на душу населения, нам следует эти показатели умножить на индекс технологии A_t.

Таким образом, помимо различий в значениях параметров *s*, δ, *a*, *n* и разницы в объеме производства, наблюдается также отличие в выпуске на душу населения в устойчивом состоянии. Различия в темпах роста в разных странах обусловлено разницей в индексе технологического роста.

В заключение следует отметить, что одним из основных факторов, влияющих на темпы роста объема производства на душу населения в разных странах является уровень технологического прогресса. Технология является экзогенной и определяется вне экономической модели.

Список литературы:

1. Easterly W., Levine R. It's not factor accumulation: Stylized facts and Growth Models // World Bank Economic Review. – 2007. – 187 p.

2. Arellano M. and Bond S.R. Some tests of specification for panel data // Monte Carlo evidence and application to employment equations, Review of Economic Studies. – 1991. – 57. – P. 277–297.

3. Maddison A. Dynamic of Capital Accumulation and Economic Growth. – Oxford, 1991. – 216 p.

4. Blackburn K. Can stabilisation policy reduce long-run growth? // Economic Journal. – 1999. – 109. – P. 67–77.

5. Жучкова В.В., Жучков И.А., Медведев Ю.С. Математическое моделирование и численная реализация научно-технических задач. – Краснодар : Издательство, КВВАУЛ, 2021. – 323 с.

6. Lin Justin Yifu. Development Strategy // Viability and Economic Convergence, Economic development and Cultural Change. – January 2008. – 51.2. – P. 277–308.

Научное издание

НАУЧНЫЕ ЧТЕНИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА Н.Е. ЖУКОВСКОГО

Сборник научных статей XVI Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 12–13 ноября 2025 года

Статьи публикуются в авторской редакции

Технический редактор – О.Я. Фоменко
Компьютерная верстка – М.Н. Гусева
Дизайн обложки – М.Б. Жаренко

Подписано в печать 18.02.2026
Бумага офсетная
Печ. л. 22,75
Усл. печ. л. 21,16
Уч.-изд. л. 19,04

Формат 60×84 1/8
Печать трафаретная
Изд. № 1440
Тираж 50 экз.
Заказ № 2634

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: https://www.id-yug.com