

[illegible]

транспорт, общество, образование, язык

ВЫПУСК 4

2024

Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» (МИАЖ «Crede Experto»)

Учредитель журнала – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

Издатель журнала – Иркутский филиал ФГБОУ ВО «МГТУ ГА». Официальный сайт: <http://if-mstuca.ru/>

Главный редактор – Л. А. Иванова, канд. пед. наук, доц. (Иркутск)

Председатель научно-редакционного совета – О. Н. Скрышник, до-р техн. наук, проф. (Минск, Республика Беларусь).

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Технические науки: И.Е.Агуреев, д.т.н., профессор (Тула), О.С.Абляимов, к.т.н., профессор (Ташкент), Л.Г.Большедворская, д.т.н., доцент (Москва), Е.Е.Витвицкий, д.т.н., профессор (Омск), О.А.Горбачев, д.т.н., проф. (Иркутск), А.Г.Гузый, д.т.н., профессор (Москва), В.В.Ерохин, д.т.н., доц. (Иркутск), Д.И.Илесалиев, д.т.н., профессор (Ташкент), В.М.Курганов, д.т.н., профессор (Тверь), С.М.Кривель, к.т.н., доцент (Иркутск), А.Л.Митин (Жуковский, Московская обл.), Е.М.Лунёв, к.т.н. (Москва), Е.С.Неретин, к.т.н., доцент (Москва), Н.И.Николайкин, д.т.н., доцент (Москва), П.М.Огар, д.т.н., профессор (Братск), А.П.Плясовских, д.т.н. (Санкт-Петербург), О.Н.Скрышник, д.т.н., профессор, почётный работник ВПО РФ (Минск), З.З.Шамсиев, д.т.н., профессор (Ташкент), Димитър Русев, д.т.н., доцент (Бургас), К.В.Холопов, д.э.н., профессор (Москва), Д.Э.Эшмурадов, к.т.н. (Ташкент).

Филологические науки: О.А.Александров, д.ф.наук, доцент (Томск), Д.А.Алкебаева, д.ф.н., профессор (Алматы), Р.И.Бабаева, д.ф.н., доцент (Иваново), О.А.Богинская, д.ф.н., доцент, (Иркутск), А.Н.Безруков, к.ф.н., доцент (Бирск), С.Ю. Богданова, д.ф.н., доцент (Иркутск), Ланьцзюй Ван, к.ф.н., доцент (Баодин), И.А.Верховых, к.ф.н., доцент (Москва), К.Дюк, д.филос.н. (Маннгейма Маннгейм), Н.С.Иванова, доктор, профессор, (Бургас), Г.Е.Имамбаева, д.ф.н., профессор (Павлодар), Н.Н.Казыдуб, д.ф.н., профессор (Красноярск), А.В.Колмогорова, д.ф.н., доцент (Красноярск), Л.Б.Копчук, д.ф.н., профессор (Санкт-Петербург), В.Б.Меркурьева, д.ф.н., профессор (Иркутск), О.А.Мельничук, д.ф.н., доцент (Якутск), И.Н.Новгородов, д.ф.н., профессор (Якутск), В.И.Постовалова, д.ф.н., профессор (Москва), О.А.Радченко, д.ф.н., профессор, заслуж. р. к высш. шк. РФ (Торонто), В.А.Степаненко, д.ф.н., доцент (Иркутск), Л.А.Становая, д.ф.н., профессор (Санкт-Петербург), А.Г.Фомин, д.ф.н., профессор (Кемерово), В.М.Хантакова, д.ф.н., проф. (Иркутск), В.А.Чукшиш, д.ф.н., доцент (Орехово-Зуево).

Монгольские языки (бурятский и монгольский): Т.Б.Тагарова, д.ф.н., доцент (Иркутск), Л.Б.Бадмаева, д.ф.н., доцент (Улан-Удэ), Т.Б.Баларьева, к.ф.н., доцент (Иркутск), Цэвээний Магсар, д.филологии (Ph.D), профессор (Улан-Батор).

Педагогические науки: А.В.Бабаян, д.пед.н., профессор (Пятигорск), В.В.Воронкова, д.пед.н., профессор (Москва), М.П.Воюшина, д.пед.н., профессор (Санкт-Петербург), И.П.Гладилина, д.пед.н., профессор (Москва), Н.Ж.Дагбаева, д.пед.н., профессор (Улан-Удэ), Е.Г.Дичева, д.педагогика (Бургас, Болгария), Т.Ц.Дугарова, д.п.н., доцент (Москва), Ю.А.Комарова, д.пед.н., профессор, член-корреспондент Российской академии образования (Санкт-Петербург), Ш.Ж.Курманкулов, к.т.н., д.пед.н. (Талас), М.В.Николаева, д.пед.н., профессор (Волгоград), О.Л.Осадчук, д.пед.н., доцент (Омск), Н.П.Поличка, д.пед.н., профессор (Хабаровск), Е.М.Рогалева, к.пед.н., доцент (Иркутск), Т.А.Стефановская, д.пед.н., профессор (Иркутск), С.Ц.Содномов, д.пед.н., доцент (Улан-Удэ), Е.И.Тихомирова, д.пед.н., профессор (Самара), А.В.Фёдоров, д.пед.н., профессор (Ростов-на-Дону), Л.Е.Халудорова, д.пед.н., доцент (Улан-Удэ), М.П.Целых, д.пед.н., профессор (Ростов-на-Дону), А.В.Шумакова, д.пед.н., доцент (Ставрополь).

Философия: Н.С.Коноплёв, д.филос.н., профессор (Иркутск).

Адрес учредителя

Россия, 125993, г. Москва, 6-р Кронштадтский, д.20

Тел.: +7 (499) 458-75-47; +7 (499) 459-07-40 /факс +7 (499) 459-07-01, e-mail: info@mstuca.ru

Адрес редакции:

Россия, 664047, г. Иркутск, ул. Коммунаров, 3 МИАЖ «Crede Experto»

Тел.: +7 902 177 25 67, e-mail: credeexperto@if-mstuca.ru, <http://ce.if-mstuca.ru/>

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (РОСКОМНАДЗОР). Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ № ФС 77 – 71211 от 27.09.2017. Журнал включён в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук. Группы научных специальностей: 05.22.00 – Транспорт (05.22.08, 05.22.13, 05.22.14); 13.00.00 – Педагогические науки (13.00.01, 13.00.02, 13.00.08); 10.02.00 – Языкознание (10.02.04, 10.02.05, 10.02.19). Дата включения издания в Перечень: 22.12.2020.

Журнал имеет международный номер ISSN 2312-1327

Выходит 1 раз в квартал

Издаётся с 2014 года

© Иркутский филиал МГТУ ГА, 2024

**International informational and analytical journal «Crede Experto: transport, society, education, language»
(«Crede Experto»)**

The founder of the journal is the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTUCA)

The publisher of the journal is the Irkutsk Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation. The official site is <http://if-mstuca.ru/site/>

Editor-in-Chief: L. A. Ivanova, Candidate of Pedagogical Science, associate professor (Irkutsk)

Head of the Advisory Board: O. N. Skrypnik, Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary worker of Higher Professional Education of the Russian Federation (Minsk)

MEMBERS OF THE ADVISORY BOARD

Technical Sciences: I.E. Agureev, Doctor of Technical Sciences, Full professor (Tula), O.S. Ablyalimov, Candidate of Technical Sciences, Professor (Tashkent), L.G. Bol'shedvorskaja, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Moscow), E.E. Vitvitskiy, Doctor of Technical Sciences, Full professor (Omsk) O.A. Gorbachyov, Doctor of Technical Sciences, professor (Irkutsk), A.G. Guziy, Doctor of Technical Sciences, professor (Moscow, Russia), V.V. Erokhin, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Irkutsk), D.E. Eshmuradov, Candidate of Technical Sciences (Tashkent), D.I. Ilesaliev, Doctor of Technical Sciences (Tashkent), K.V. Kholopov, Doctor of Economic Sciences, professor (Moscow), V.M. Kurganov, Doctor of Technical Sciences, professor (Tver), S.M. Krivel, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Irkutsk), A.L. Mitin (Zhukovsky, Moscow region), E.M. Lunev, Candidate of Technical Sciences (Moscow), E.S. Neretin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Moscow), N.I. Nikolaykin, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Moscow), P.M. Ogar, Doctor of Technical Sciences, professor (Bratsk), A.P. Plyasovskikh, Doctor of Technical Sciences (Saint Petersburg), Dimitur Rousev, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Burgas), Z.Z. Shamsiev, Doctor of Technical Sciences, Professor (Tashkent), O.N. Skrypnik, Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary worker of Higher Professional Education of the Russian Federation (Minsk), D.E. Eshmuradov, Candidate of Technical Sciences (Tashkent).

Philological Sciences: O.A. Aleksandrov, Doctor of Philological Sciences, associate professor (Tomsk), D.A. Alkebaeva, Doctor of Philological Sciences, professor (Almaty), O.A. Boginskaya, Doctor of Philology, associate professor (Irkutsk), A.N. Bezrukov, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor (Birska), S.Y. Bogdanova, Doctor of Philology, Full professor (Irkutsk), V.A. Chukshis, Doctor of Philological Sciences, docent (Orehovo-Zuyevo), K. Dück, doctor of philosophy scientific (Mannheim), A.G. Fomin, D.Ss. (Philology), professor (Kemerovo), N.S. Ivanova, Doctor, Professor (Burgas), G.E. Imambaeva, Doctor of Philological Sciences, professor (Pavlodar), N.N. Kazydub, Doctor of Philology, Professor (Krasnoyarsk), V.M. Khantakova, Doctor of Philological Sciences, professor (Irkutsk), A.V. Kolmogorova, Doctor of Philological Sciences, associate professor (Krasnoyarsk), L.B. Kopchuk, Doctor of Philological Sciences, professor (Saint Petersburg), V.B. Merkurieva, Doctor of Philological Sciences, professor (Irkutsk), O.A. Mel'nichuk, Doctor of philological sciences, associate professor (Yakutsk), I.N. Novgorodov, Doctor of Philological Sciences, professor (Yakutsk), V.I. Postovalova, Doctor of Philological Sciences, professor (Moscow), O.A. Radchenko, prof. Dr. habil. (Philology), professor (Toronto), V.A. Stepanenko, Doctor of Philological Sciences, associate professor (Irkutsk), L.A. Stanovaja, Doctor of philological sciences, professor (St. Petersburg), M.P. Tselykh, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Rostov-on-Don), I.A. Verkhoviykh, candidate of Philological Sciences, associate Professor (Moscow), Lanju Wang, Candidate of Philological Sciences, associate professor (Baoding).

Mongolic languages (Buryat and Mongolian): T.B. Tagarova, Doctor of Philological Sciences, associate professor (Irkutsk), L.B. Badmaeva, Doctor of Philological Sciences, associate professor (Ulan-Ude), T.B. Balar'eva, Candidate of Philological Sciences, associate professor (Irkutsk), Tsevenii Magsar, Ph.D., Professor (Ulan Bator).

Pedagogical Sciences: A.V. Babayan, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Pyatigorsk), I.P. Gladilina, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Moscow), N.Z. Dagbaeva, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Ulan-Ude), E. Dicheva, Doctor of Pedagogical Sciences (Burgas, Bulgaria), T.C. Dugarova, Doctor of Psychological Sciences, associate professor (Moscow), A.V. Fedorov, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Rostov-on-Don), L.E. Khaludorova, Doctor of Pedagogical Sciences, associate professor (Ulan-Ude), J.A. Komarova, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (St. Petersburg), S.Zh. Kurmankulov, Candidate of Technical Sciences, Doctor of Pedagogical Sciences (Talas, Kyrgyzstan), M.V. Nikolaeva, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Volgograd), O.L. Osadchuk, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Omsk), N.P. Polichka, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Khabarovsk), E.V. Rogaleva, Candidate of Pedagogical Science, associate professor (Irkutsk), A.V. Shumakova, Doctor of Pedagogical Sciences, associate professor (Stavropol), T.A. Stefanovskaya, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Irkutsk, Russia), S.C. Sodnomov, Doctor of Pedagogical Sciences, associate professor (Ulan-Ude), E.I. Tihomirova, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Samara), V.V. Voronkova, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Moscow), M.P. Vojushina, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (St. Petersburg).

Philosophical Sciences: N.S. Konopljov, Doctor of Philosophy, professor (Irkutsk).

Address of the Founder

20 Kronshtadtsky blvd, Moscow, GSP-3, 125993

Phone.: +7 (499) 458-75-47; +7 (499) 459-07-40 / fax +7 (499) 459-07-01, e-mail: info@mstuca.ru

Editorial office address:

Kommunarov St. 3, Irkutsk, Russia, 664047

Phone.: +7 902 177 25 67, e-mail: credeexperto@if-mstuca.ru, <http://ce.if-mstuca.ru/>

Magazine registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications (ROSKOMNADZOR), EL № ФЦ 77 — 71211, 27.09.2017. The journal has been included in the LIST of Leading Peer-Reviewed Scientific Journals to publish the main findings of theses for the academic degree of Candidate of Sciences, for the academic degree of Doctor of Sciences since 22.12.2020. Groups of scientific specialties: 05.22.00 Transport (05.22.08, 05.22.13, 05.22.14); 13.00.00 Education science (13.00.01, 13.00.02, 13.00.08); 10.02.00 Linguistics (10.02.04, 10.02.05, 10.02.19).

The journal is registered with ISSN 2312-1327

Publication 1 time in 3 months.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЛОВО К ЧИТАТЕЛЯМ

Людмила Анатольевна Иванова

Искусственный интеллект при написании научных статей – положительный или вредоносный фактор?.....6

БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Александр Петрович Плясовских, Артем Юрьевич Винников, Владимир Юрьевич Топилин

Методика автоматической оценки опасности сближения воздушных судов при нарушении интервалов эшелонирования18

Николай Сергеевич Херсонский, Людмила Геннадьевна Большедворская

Применение однофакторного и трехфакторного дисперсионного анализа при исследовании технологических процессов34

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Дмитрий Евгеньевич Строков, Евгения Андреевна Ачкасова, Оксана Геннадиевна Бойко

Разработка альтернативных путей поддержания исправного состояния двигателей РТ6А по данным авиапредприятия44

Николай Владимирович Даниленко, Антон Геннадьевич Киренчев

Теорема о погонной плотности циркуляции вихревой трубки67

Артем Андреевич Федоров

Пространственная ориентировка и образ полета: современные подходы к подготовке пилотов78

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Александр Петрович Плясовских, Артем Вадимович Копосов, Александра Александровна Катричева

Математическая модель подтверждения достоверности сообщений АЗН-В на поверхности аэродрома93

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Александр Юрьевич Юрин, Сергей Юрьевич Утехин

Применение программно-алгоритмического обеспечения «АвиаТехПом» при решении задач ремонта и технического обслуживания воздушных судов116

ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Роман Олегович Арефьев, Олег Николаевич Скрыпник, Наталья Геннадьевна Арефьева (Астраханцева)

Методика экспериментальной оценки точности навигационного комплекса DJI MAVIC 2 ZOOM127

ДИСКУРС, ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕКСТ: ВЕКТОРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Татьяна Ивановна Семенова, Андрей Николаевич Дутов

Авторская колонка в англоязычном медиадискурсе: коммуникативно-прагматические аспекты140

Андрей Борисович Евсеев

Эмотивный код англоязычного туристского дискурса152

КОГНИТИВНЫЕ, КОММУНИКАТИВНО-ПРАГМАТИЧЕСКИЕ, СТИЛИСТИЧЕСКИЕ, КОРПУСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЯЗЫКА

Андрей Геннадьевич Фомин, Анастасия Вячеславовна Андряшина

Особенности функционирования субстандартной лексики в профессиональном подъязыке авиаспециалистов (на материале русского языка)164

ЛИТЕРАТУРОВЕДЕНИЕ

Андрей Николаевич Безруков

Ценностные ориентиры лирики Мустая Карима186

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕОРИЯ ПЕДАГОГИКИ

Зульфия Абдулловна Аксютин

Научно-педагогическое понятие как форма научно-педагогического знания195

КОМПЕТЕНЦИИ XXI ВЕКА

Любовь Енжаповна Халудорова

Развитие эмоционального интеллекта педагога в условиях дополнительного профессионального образования209

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПРИ НАПИСАНИИ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ – ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ИЛИ ВРЕДОНОСНЫЙ ФАКТОР?

*Людмила Анатольевна Иванова,
orcid.org/ 0000-0002-2851-1537,
кандидат педагогических наук, доцент
Московский государственный технический университет
гражданской авиации (Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, 3
Иркутск, 664047, Россия
media-lai@mail.ru*

Аннотация. Статья затрагивает проблему активного использования инструментов искусственного интеллекта в научной деятельности. Позитивные и негативные аспекты их применения в процессе написания научных статей создают предпосылки для глубокого исследования с целью установления: является ли искусственный интеллект полезным инструментом в руках исследователей, авторов научных статей, благодаря автоматизации решения рутинных задач, или же представляет собой вредоносный фактор.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), научная деятельность, научная статья, автоматизация написания, качество исследований, этические вопросы, генерация текста.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN WRITING SCIENTIFIC ARTICLES – A POSITIVE OR A HARMFUL FACTOR?

*Ljudmila A. Ivanova,
orcid.org/ 0000-0002-2851-1537,
Candidate of Pedagogical Science, associate professor
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov str.
Irkutsk, 664047, Russia
media-lai@mail.ru*

Abstract. The article touches upon the problem of active use of artificial intelligence tools in scientific activity. It considers positive and negative aspects of their application in the process of writing scientific articles. The highlighted aspects create prerequisites for an in-depth study to establish whether artificial intelligence acts as an effective tool in the hands of researchers, authors of scientific articles, due to automation to solve routine tasks, or is a harmful factor.

Keywords: artificial intelligence (AI), scientific activity, scientific article, automation of writing, research quality, ethical issues, text generation.

В последние десятилетия искусственный интеллект (ИИ) стал неотъемлемой частью многих аспектов жизни общества [Аблеев, 2015; Головченко и др., 2024; Дитковская, 2024; Иванова, 2024; Каневский, 2023; Маляревич, 2024; Моисеев, 2023; Рыбалко и др., 2023; Савельева, 2023 и др.],

включая научные исследования и написание научных статей. Современные инструменты, такие как уже хорошо известные ChatGPT, Perplexity PRO, Google Gemini, Microsoft Copilot, и появившиеся отечественные аналоги GigaChat и YandexGPT и др. способны обрабатывать огромные объемы информации, анализировать данные и даже генерировать текст, что открывает новые горизонты для исследователей. Однако, несмотря на все преимущества, использование ИИ вызывает беспокойство в научном сообществе, особенно в среде научных редакторов, рецензентов научных изданий, на которых буквально обрушился «бум» статей, сгенерированных при помощи инструментов ИИ.

С одной стороны, ИИ создает новые возможности для исследователей, т. к. может значительно упростить процесс написания научной статьи и повысить её качество, предоставляя исследователям инструменты для автоматизации решения рутинных задач, обработки больших данных и поиска актуальной информации. С другой стороны, возникает ряд этических и практических вопросов.

В данной статье рассматривается двусмысленность роли искусственного интеллекта в формате его полезности или вредоносности для применения в исследовательской деятельности. С этой целью проанализированы позитивные и негативные аспекты использования ИИ в процессе написания научных статей и выделены ключевые задачи формирования требований, правил и рекомендаций для урегулирования процедур использования инструментов ИИ в издательской деятельности.

Для многих специалистов, связавших свою жизнь с издательской деятельностью, проблема «сгенерированного научного текста» не нова. Всем редакторам научных журналов хорошо известна ситуация со статьей «Корчеватель: алгоритм типичной унификации точек доступа и избыточности»¹, история создания этой статьи уходит своими корнями в 2005 год, когда в Массачусетском технологическом институте произошло событие, которое трудно переоценить всем тем, для кого интересен вопрос использования технологий искусственного интеллекта в научной деятельности. Не вторгаясь в подробности, лишь пунктирно обозначим суть произошедшего. Джереми Стриблинг (англ. Jeremy Stribling) с другими программистами-выпускниками вышеназванного института разработали программу SCIGen. Данная программа позволяла генерировать текст, имитируя стиль научной статьи². Идея SCIGen основана на принципе анализа большого количества статей по одному из научных направлений. Программа выбирала заложенные в ней языковые модели, алгоритмы и случайным образом старалась создавать из них предложения. Сгенерированный текст неспециалисту представлялся научным, но вместе с тем при вдумчивом

¹ Научный журнал напечатал бессмысленную статью, написанную компьютером // РИА новости // [Электронный ресурс]. – 2008. URL: <https://ria.ru/20081001/151750233.html> (дата обращения: 10.05.2024)

² Учёные приняли белиберду за чистую монету. Русская служба Би-би-си (15 апреля 2005). Дата обращения: 4 января 2021. Архивировано 14 апреля 2021 года.

чтении становилось очевидным, что текст лишен какого-либо смысла³. Весь текст при внимательном рассмотрении оказался бессвязным и почти бессмысленным, лишь отдалённо напоминая научную статью. По словам группы авторов, эту программу они создавали преимущественно для развлечения, а не для генерации научного текста⁴.

Успешная апробация разработанной программы SCIGen состоялась в 2005 году в виде статьи под названием «Rooter: A Methodology for the Typical Unification of Access Points and Redundancy»⁵, которая была отправлена на международную конференцию по систематике, кибернетике и информатике (WMSCI) [англ.] в Орландо (штат Флорида). Так называемая статья была даже включена в программу конференции, регламентом конференции на тот момент не было предусмотрено рецензирование. Позже авторы SCIGen на своём веб-сайте сделали заявление, что научная работа была написана при помощи специальной программы. Вся история получила большую огласку, когда об этом сами «авторы» написали на сайте Slashdot⁶. В зарубежном научном пространстве возникла дилемма философского и этического характера, и вскоре организаторы конференции сделали выбор в сторону ретракции так называемой «статьи» Стриблинга, Агуайо и Крона из сборника конференции. Вместе с тем подчеркивалось, что процедура рецензирования и утверждения статей к печати будет пересмотрена. Несмотря на удаленность во времени и неутрачивающие споры по поводу правомерности использования сгенерированных текстов в своей научной деятельности, проблема по-прежнему (и, по-видимому, навсегда) остро стоит перед научным сообществом.

Свое продолжение данная история нашла в 2008, когда эту «псевдо» статью перевели на русский язык с помощью другой компьютерной программы. Полученная «научная» статья была отправлена в один из российских научных журналов – «Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов». Журнал входил в перечень ВАК. После некоторых правок литературного редактора, а также проведенного рецензирования журнал опубликовал статью несуществующего ученого Михаила Жукова под названием «Корчеватель: алгоритм типичной унификации точек доступа и избыточности»⁷. Публикация этой истории со статьей привела к всплеску общественной и научной дискуссии, даже к некоторому скандалу в научном сообществе.

³ Емельяненко А. С учёным видом. Как за 4,5 тысячи рублей в журнале опубликовали заведомую галиматью // Российская газета. 2008. 29 октября (№ 4782).

⁴ SCIGen – An Automatic CS Paper Generator (англ.). Массачусетский технологический институт. Дата обращения: 4 января 2022. Архивировано 15 декабря 2021 года.

⁵ Jeremy Stribling, Daniel Aguayo and Maxwell Krohn. Rooter: A Methodology for the Typical Unification of Access Points and Redundancy (англ.). Массачусетский технологический институт. Дата обращения: 4 января 2022. Архивировано 28 декабря 2005 года.

⁶ Stan Kelly-Bootle[англ.]. Call that gibberish? (англ.) // ACM Queue[англ.]. Vol. 3, no. 6. P. 64. doi:10.1145/1080862.1080884.

⁷ Емельяненко Александр. С учёным видом. Как за 4,5 тысячи рублей в журнале опубликовали заведомую галиматью // Российская газета. 2008. 29 октября (№ 4782).

Актуальность поднятой проблемы обусловлена тем, что по прошествии не многим более шестнадцати лет издательства наблюдают экспоненциальный наплыв статей, сгенерированных при помощи инструментов ИИ в редакцию, а современная наука уже живет и работает в условиях активного внедрения ChatGPT.

Не так давно в одном очень авторитетном научном журнале по биологии «Frontiers» была опубликована статья, в которой иллюстрация крысы и др. рисунки были сгенерированы ИИ платформы «Midjourney» [Цит. по: Черкасова и др., 2024, с. 2552]. Вновь встали вопросы: этики, права и, конечно же, «...научности самого текста (плюс вопрос обхода процедуры рецензирования) ...», анализ распознавания искусственно сгенерированного текста...» [Цит. по: Черкасова и др., 2024, с. 2552].

Редакционные советы сталкиваются повсеместно с новыми для себя проблемами и порой просто затрудняются в поисках ответа, как быть в этой ситуации и насколько возможно решить проблему «...различения и разграничения текста: перед нами – научный текст ученого или написанный алгоритм чат-бота, похожий на научный текст...» [Черкасова и др., 2024, с. 2552]. Остро встает вопрос, как избежать подобных прецедентов, как со статьями «Корчеватель...», и механического заполнения научных изданий бессодержательными статьями.

Активное внедрение искусственного интеллекта в исследовательскую деятельность ставит вопрос об определенном пересмотре работы редакций научных журналов, заставляет корректировать устоявшиеся представления о редакционной работе, а самое главное, до сих пор не совсем ясно, каким образом научное сообщество справится с новыми технологическими вызовами, поскольку в редакционные советы журналов, как правило, входят профессора старшего поколения, не всегда владеющие инструментами ИИ.

С весны 2023 г. в системе Антиплагиат доступен детектор сгенерированных текстов, «...эта программа начала маркировать подозрительные тексты, т. е. тексты, по версии программы, написанные при помощи искусственного интеллекта (ИИ), как «сгенерированные» [Черкасова и др., 2024, с. 2552]. Есть предупреждающее уведомление, что обнаружен подозрительный документ и предостережение: «Будьте внимательны при работе с документом».

Разработана памятка по работе с искусственно сгенерированными текстами.

Однако Антиплагиат принятие решения о публикации оставляет за редакцией на основании существующего в редакции Регламента, а выявление признаков и индикаторов сгенерированного текста должен определить именно проверяющий – человек, а не программа. При этом подразумевается, что после тщательного анализа, сгенерированный сегмент текста может быть отключен, при этом, прежде чем «Снять отметку», предлагается написать комментарий, аргументирующий принятие проверяющим такого решения.

Признаки сгенерированного текста представлены в памятке, как было отмечено выше, разработанной компанией Антиплагиат. Сжато их можно представить следующим образом:

- Несогласованность, нарушения связности текста.
- Наличие большого количества банальностей («эффект жвачки»).
- Фразы, не несущие смысловой нагрузки.
- Повторы («эффект рыбки Дори»).
- Нарушения логики построения текста.
- Отсутствие ссылок там, где они необходимы.
- Ссылки в оригинальном тексте.
- Стилистическая неоднородность.
- Фразы, характерные для диалога с генеративным ИИ⁸.

Также стоит принять во внимание признаки и индикаторы сгенерированного текста, предложенные авторами статьи «Искусственно сгенерированный академический текст (лингвопрагматический аспект)». Авторы выделяют семь признаков и семь индикаторов сгенерированного текста: «упрощенный стиль; ИИ-галлюцинации; немая конкретность (содержательная пустота при чрезвычайной конкретности); значительный объем при «пустой массивности текста»; обезличенный текст вследствие отсутствия эмотивности; неоправданные избыточные списки; четкое следование орфографическим и пунктуационным правилам» [Черкасова и др., 2024, с. 2556].

Но всегда ли достаточно рекомендаций из памятки и апелляции к материалам научных статей, в которых анализируют научный дискурс, созданный при помощи нейросетей, и вебинарам, рассматривающим вопросы, касающиеся нейросетей в исследовательской деятельности. Может ли человек отличить текст, созданный при помощи ИИ?

Кроме того, стоит отметить, что процесс обновления редакционной политики с учетом активного внедрения во все сферы жизни искусственного интеллекта (ИИ) идет очень медленно, прежде всего, из-за определенной инертности издательских процессов и неподготовленности редакционного совета, редколлегии, как было отмечено ранее, гибко реагировать на происходящие вызовы.

Вместе с тем, в издательской среде нет единодушия относительно и того, как работать со статьями, которые имеют признаки искусственной генерации текста. Имеются попытки опротестовать роль ИИ, наложить на него «табу». Сомнения коллег понятны, причины осторожного отношения к идее использования нейросетей в академическом письме более чем весомые.

В противовес данному мнению следует привести позицию автора С.П. Фурс, которая считает, что «... выбор стратегии страуса, который зарывает голову в песок в случае сложной ситуации, в данный момент не оправдан. Да, ИИ ... – это сложный феномен, однако разобраться в нем

⁸ Сгенерированные тексты в ВКР: запретить нельзя разрешить // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://antiplagiat.ru/webinar/2024-09-25/> (дата обращения: 25.09.2024)

необходимо, чтобы не просмотреть перспективы, которые он содержит, и при этом не упустить возможные риски, которые он может принести ...» [Фурс, 2023, с. 41].

По справедливому замечанию Н.В. Писарь, необходимо осознание «...того, что искусственный интеллект – это реальность, с которой необходимо уметь правильно сосуществовать...» [Писарь, 2024, с. 58].

Поскольку Антиплагиат принятие решения о публикации оставляет за редакцией, перед автором статьи, как главным редактором журнала перечня ВАК, остро встал вопрос – каким образом освоить доступные инструменты ИИ, разобраться, как они работают, и было принято решение пройти программу переподготовки «Промпт-инженер: искусство коммуникации с нейросетями», 144 часа в рамках Федерального проекта «Содействие занятости» при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Основная цель итоговой работы была направлена на решение редакционных задач, а именно – разработать памятку / рекомендацию / требования главного редактора журнала об использовании ChatGPT и других программ искусственного интеллекта в научных статьях, поскольку было очевидно, что запретительные меры не смогут решить задачу заслона сгенерированных некачественных статей в редакцию журнала и решить проблемы, возникающие в этом случае. Для достижения этой цели было поставлено несколько задач. Для решения первой задачи прежде всего был проведен анализ имеющейся нормативной литературы, Рекомендаций для редакторов, авторов и рецензентов (COPE, WAME, ICMJE и др.) и научных статей на данную тему. Установлено, что в России разработан и действует ГОСТ Р 70949–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Применение искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности.

Варианты использования <https://meganorm.ru/Data/814/81496.pdf>⁹. На основе проведенного опроса выявлено, что этот ГОСТ не знаком широкой общественности, в том числе авторам, рецензентам, членам редакционного совета, преподавателям. 1 января 2025 г. вступит в силу ГОСТ Р 71657-2024 «Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема создания научных публикаций. Общие положения»¹⁰. «Положения настоящего стандарта описывают использование систем ИИ с целью повышения результативности создания научных публикаций. Применение систем ИИ должно осуществляться этичным образом и не должно заменять творческую

⁹ ГОСТ Р 70949–2023. Технологии искусственного интеллекта в образовании. Применение искусственного интеллекта в научно-исследовательской деятельности. Варианты использования // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://meganorm.ru/Data/814/81496.pdf> (дата обращения: 10.05.2024)

¹⁰ ГОСТ Р 71657-2024 Технологии искусственного интеллекта в образовании. Функциональная подсистема создания научных публикаций. Общие положения // Сборник нормативных документов // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: https://normadocs.ru/gost_r_71657-2024 (дата обращения: 29.11.2024)

научно-исследовательскую деятельность человека», – говорится в этом документе.

Кроме этого, был проведен анализ сайтов научных журналов, в результате которого не удалось выявить ни одного Российского журнала, в котором в разделе Авторам была бы представлена «Декларация о генеративном ИИ в научном письме» или прописана четкая политика в отношении ИИ. Единственную подробную информацию в данном контексте, ориентированную на научных редакторов «ChatGPT в практике редакторов научных изданий», удалось обнаружить на сайте <https://editorum.ru/chatGPT/>. Информация подготовлена Анастасией Тепикиной, маркетинговым аналитиком компании Editorum, дата публикации: 19.05.2023¹¹.

На данном сайте обобщен имеющийся мировой опыт и представлена интересная информация. Здесь же сообщается, что «Мировая ассоциация медицинских редакторов (WAME) в январе 2023 года опубликовала свои рекомендации относительно ChatGPT и других программ искусственного интеллекта¹². Они сводятся к 4 пунктам:

1. Чат-боты не могут быть авторами.

2. Авторы должны указывать в статье об использовании чат-ботов и предоставлять информацию о том, как они применялись.

3. Авторы несут ответственность за работу, выполненную чат-ботом в своей статье (включая точность изложенного и отсутствие плагиата), и за надлежащее указание всех источников (в том числе материалов, созданных чат-ботом).

4. Редакторам нужны инструменты, которые помогут им обнаруживать контент, созданный или измененный с помощью ИИ.

Аналогичную позицию занимает и Комитет по публикационной этике (COPE), на сайте которого размещено большое количество эссе на эту тему, а также заявление «Авторство и инструменты ИИ», в котором искусственному интеллекту отказано в праве быть автором из-за невозможности нести ответственность за написанное¹³.

Огромную просветительскую работу по ИИ проводит АО «Антиплагиат», подробнее можно посмотреть в разделе «Расписание вебинаров»¹⁴. Так 28.11.2024 совместно с Elpub был проведен вебинар на тему «Использование сервисов с генеративным ИИ при подготовке научной статьи – на какие вопросы нужно ответить?», спикер Зельдина М. М., руководитель проекта Elpub. Образование, НЭИКОН, Москва, Россия.

Далее, был проведен анализ имеющейся научной литературы, в результате которого выяснилось, что к теме искусственного интеллекта

¹¹ ChatGPT в практике редакторов научных изданий // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://editorum.ru/chatGPT/> (дата обращения: 10.05.2024)

¹² Zielinski Chris, Winker Margaret, Aggarwal Rakesh и др. Chatbots, ChatGPT, and Scholarly Manuscripts: WAME Recommendations on ChatGPT and Chatbots in Relation to Scholarly Publications. January 20, 2023. URL: <https://wame.org/page3.php?id=106> (дата обращения: 10.05.2024)

¹³ Authorship and AI tools // COPE position statements // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://publicationethics.org/cope-position-statements/ai-author> (дата обращения: 10.05.2024)

¹⁴ Бесплатные обучающие вебинары // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://antiplagiat.ru/training/#schedule> (дата обращения: 29.11.2024)

имеется большой интерес в академическом сообществе, публикации изучались только в рамках проблемы, заявленной в статье. Было установлено, что по вопросу использования нейросетей в академическом письме ученые высказываются неоднозначно. Для одних ИИ обладает огромным потенциалом и является незаменимым помощником, данные авторы придерживаются точки зрения, что разумное применение ИИ может обеспечить повышение качества исследовательских работ. Другие акцентируют внимание на вредоносных аспектах использования ИИ.

На основании этого в работе рассмотрены два подхода, прежде всего доводы тех, кто рассматривает нейросеть полноценным помощником. Обращаясь к их научным статьям, установлены сходные мнения ученых о позитивных аспектах использования ИИ при написании статей. В качестве главного аргумента в пользу использования ИИ выступает то, что:

«ИИ может значительно повысить эффективность научной коммуникации благодаря автоматизации рутинных задач: обзор литературы, анализ данных, написание научной статьи и пр. [Будаева и др., 2024, с. 220].

«Текстовые нейросети, как показал пример кейса с защитой диплома, написанного ChatGPT, открывают для автора возможность генерировать уникальный текст для теоретических глав, тем самым снижая затраты времени на написание академических работ» [Безуглый и др., 2023, с. 208].

«В настоящее время программа на базе ИИ (Яндекс Переводчик и др.) может достаточно правильно сделать перевод аннотации, статьи с/на любой язык (включая и экзотические языки) ..., что является несомненным достижением современных технологий» [Черкасова и др., 2024, с. 2553].

«...проверка грамматических ошибок, генерация аннотации, списка литературы, создание самих научных источников, работа над некоторыми частями рукописи, подбор названия для статьи... создание и сохранение ссылок при работе с ИИ» [Черкасова и др., 2024, с. 2553].

Ольга Сергеевна Беленькая, руководитель учебно-методического центра компании Антиплагиат выделяет шесть моментов, которые привлекают внимание исследователей к генеративным сервисам, а именно:

- Доступность – диалоговый режим создает эффект общения с живым человеком.
- Скорость – можно быстро получить большой объем текста.
- Натуральность – текст очень похож на «человеческий».
- Итеративность – результат можно «подгонять под себя».
- Оригинальность (формальная) – полученный текст отсутствует в каких-либо базах и оценивается детекторами плагиата как оригинальный.
- Волшебство – сложность моделей и кажущаяся недетерминированность результатов представляют сервисы как нечто магическое ¹⁵.

¹⁵ Сгенерированные тексты в ВКР: запретить нельзя разрешить // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://antiplagiat.ru/webinar/2024-09-25/> (дата обращения: 25.09.2024)

Все вышеприведенные мнения так или иначе обосновывают то обстоятельство, что ИИ открывает новые возможности для повышения эффективности в научной деятельности, и его можно использовать для выполнения рутинных исследовательских задач.

Вместе с тем, можно выделить и тех, кто консолидировался и выделяет недостатки. Основным аргументом против использования ИИ становится то, что:

«Выявленные в результате сопоставительного, стилистического и синтаксического анализа отличительные черты научных текстов ChatGPT в целом, помимо выделенных выше и относящихся к конкретному тексту, сводятся к следующему:

- неточное или не совсем точное употребление отдельных слов в контексте;

- ошибки в употреблении фразеологических оборотов и устойчивых выражений (например, могут возникать ошибки в выражениях типа «играть роль» и «иметь значение», в текстах чата GPT происходит их смешение, в результате чего появляются фразы «играть большое значение» и «иметь значительную роль»);

- ограниченное количество способов построения предложений, однотипные (хотя и чередующиеся) синтаксические конструкции;

- связь предложения с предыдущим при помощи указательного местоимения «это» и его вариантов, с которого начинается предложение;

- предложения, в которых в состав сказуемого включен компонент, выражающий модальное значение предиката. В текстах ChatGPT это значение наиболее часто выражается с помощью модального глагола «мочь» (отсюда обилие предложений с глаголом «может») [Безуглый и др., 2023, с. 210].

«Отсутствие фактологического контроля над создаваемым контентом. Программы с интегрированным ИИ создают текст, основываясь на определенной, встроенной в период обучения базе данных, которая может включать в себя устаревшие научные гипотезы или информацию, не соответствующую действительности» [Безуглый и др., 2023, с. 211].

«...неспособность осмысления дополнительной информации, преобразования ее, представления глубокого анализа и выдвижения новых идей, оценки самих результатов, неразграничение актуальности и новизны исследования...» [Черкасова и др., 2024, с. 2553].

«...части, сгенерированные ИИ, необходимо редактировать, так как повествование может отклоняться от траектории исследования, но при этом предложенные идеи заслуживают внимания; при отсутствии должного редактирования со стороны человека могут возникать и ложные данные, представленные ИИ; вопрос этики остается открытым...» [Черкасова и др., 2024, с. 2553].

«нарушение стиля изложения, связности и логичности, грамматические неточности, не характерные для носителя языка» [Comparing..., 2023].

У О. С. Беленькой находим недостатки генеративных моделей:

- Недостоверные сведения.

- Бедность (предсказуемость) стилистики.
- Логические противоречия.
- Повторы («эффект рыбки Дори»).
- Много банальностей («эффект жвачки»).
- Неадекватные ссылки¹⁶.

Если взглянуть на вопрос, заявленный в начале исследования: является ли ИИ полезным инструментом в руках исследователя, автора научных статей, благодаря автоматизации решения рутинных задач, или же является вредоносным фактором и, проанализировав аргументы «за и против», становится очевидным, что ответить на этот вопрос не столь просто и легко. Одно очевидно, что запретительные меры не дадут результатов, и авторы продолжают разрабатывать технологии обхода системы Антиплагиат, чтобы «замести» следы и признаки искусственной генерации текста. В связи с этим была разработана «Памятка для авторов журнала», которая размещена на сайте <http://if-mstuca.ru/CE/index.php/ispolzovanie-ii>¹⁷. Авторам предлагается делать пояснения, какие разделы научного текста написаны с помощью ИИ, предлагается даже оформить ссылки на использование конкретной нейросети с указанием конкретного промпта. Конечно, риски имитации или фальсификации исследования, фабрикация данных эта памятка вряд ли устраним или даже снизит, но, как было отмечено выше, проблемы, связанные с использованием ИИ в академическом письме актуальны, и изучение потенциального применения ИИ в научной деятельности будет продолжено.

Таким образом, проведенное исследование позволяет сделать вывод о зарождении новой, малоизученной и актуальной проблемы, а данное исследование представляет собой первый шаг в изучении роли искусственного интеллекта в процессе написания научных статей. В дальнейшем требуется ещё более тщательный и конкретный анализ искусственно сгенерированного научного текста, включающий различные аспекты (научная этика, авторское право и др.) и оценку их влияния на качество научной коммуникации. В целом же, становится понятно, что в новой реальности ИИ как ключевой элемент, учет которого способен перевернуть подход к научной деятельности, существенным образом переосмыслить ее основные постулаты, еще явно недооценен.

Библиографический список

Аблеев С. Р. Моделирование сознания и искусственный интеллект: пределы возможностей // Вестник Академии экономической безопасности МВД России. 2015. № 3. С. 58-64. EDN UCSVYJ.

Безуглый Т. А. Использование текстовых нейросетей и искусственного интеллекта в учебных работах студентов / Т. А. Безуглый, М. Е. Ершова // Проблемы современного образования. 2023. № 5. С. 206–216. DOI 10.31862/2218-8711-2023-5-206-216.

¹⁶ Сгенерированные тексты в ВКР: запретить нельзя разрешить // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://antiplagiat.ru/webinar/2024-09-25/> (дата обращения: 25.09.2024)

¹⁷ Использование искусственного интеллекта в публикациях // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <http://if-mstuca.ru/CE/index.php/ispolzovanie-ii> (дата обращения: 10.10.2024)

- Будаева Д. А. Прагмалингвистические аспекты формулирования промптов для chatgpt в научной коммуникации / Д. А. Будаева, И. Н. Зырянова // Казанская наука. 2024. № 7. С. 220-224. EDN NAUXGT.
- Головченко В. С. Использование нейросетей для разграничения омонимии и полисемии на примере нейросети «Шедевр» / В. С. Головченко, Д. А. Ким // Российский лингвистический бюллетень. 2024. № 7(55). DOI 10.60797/RULB.2024.55.18. EDN GKOIG.
- Дитковская И. Э. Технологии искусственного интеллекта в персонализированном образовании в контексте философии личностного образования // Universum: общественные науки. 2024. № 3(106). С. 32-34. DOI 10.32743/UniSoc.2024.106.3.17043. EDN PIPVSX.
- Иванова Л. А. Медиаобразование в эпоху chatgpt // Современное состояние медиаобразования в России в контексте мировых тенденций : Материалы VI международной научной конференции, Таганрог, 18 октября 2024 года. Ростов-на-Дону: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2024. С. 31-37. EDN DZORSR.
- Каневский М. А. Особенности использования популярных нейросетей при разработке рекомендательных систем для индустрии моды // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2023. № 3. С. 152-158. DOI 10.46418/2079-8199_2023_3_24. EDN XXDTMA.
- Маляревич Д. В. ChatGPT и наука: взаимодействие научного сообщества и искусственного интеллекта // Векторы благополучия: экономика и социум. 2024. Т. 52, № 2. С. 99-109. DOI 10.18799/26584956/2024/2/1676. EDN XBMLJV.
- Моисеев Д. И. Потенциал введения и применения искусственного интеллекта в дорожно-патрульной службе / Д. И. Моисеев, Е. А. Маловичко // Современные инновационные технологии и проблемы устойчивого развития в условиях цифровой экономики : Сборник статей XVII международной научно-практической конференции, Минск, 14–15 июня 2023 года. Минск: ООО "Колорград", 2023. С. 299-300. EDN FNJOGW.
- Писарь Н. В. Потенциал использования нейросетей как инновационного инструмента создания учебного контента и средства организации интерактивной образовательной среды на занятиях по русскому языку как иностранному // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2024. Т. 17, № 1. С. 58-65. DOI 10.30853/phil20240009. EDN XUNTSU.
- Рыбалко М. Н. Перспективы развития нейросетей в социологии, социологическом образовании и их влияние на общество / М. Н. Рыбалко, Р. В. Пеннер // Homo holistic: человек целостный "Homo digital": цифровая грамотность и экология цифровой среды : Сборник научных статей, Челябинск, 15–19 мая 2023 года. Том Выпуск 11. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2023. С. 152-158. EDN FXTKHY.
- Савельева М. В. Искусственный интеллект, эмоциональный интеллект, эмоциональный искусственный интеллект как перспективные элементы оптимизации расследования // Проблемы уголовного процесса, криминалистики и судебной экспертизы. 2023. № 1(21). С. 14-19. EDN VZOGTM.
- Фурс С. П. Искусственный интеллект в сфере образования - помощник педагога или «подрывная» технология? // Преподаватель XXI век. 2023. № 1-1. С. 40-49. DOI 10.31862/2073-9613-2023-1-40-49. EDN VRIIZS.
- Черкасова М. Н. Искусственно сгенерированный академический текст (лингвопрагматический аспект) / М. Н. Черкасова, А. В. Тактарова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. 2024. Т. 17, № 7. С. 2551-2557. DOI 10.30853/phil20240363. EDN YYWRDN.
- Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector, plagiarism detector, and blinded human reviewers / C. A. Gao, F. M. Howard, N. S. Markov, E. C. Dyer, S. Ramesh, Y. Luo, A. T. Pearson // npj Digital Medicine. 2023. Vol. 6. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00819-6>.

References

- Ableyev S. R. (2015). Modelling of consciousness and artificial intelligence: the limits of possibilities. *Bulletin of the Academy of Economic Security of the Ministry of Internal Affairs of Russia*. 3: 58-64. EDN UCSVYJ. (In Russian)
- Bezuglyi T. A.; Ershova M. E. (2023). The use of text neural networks and artificial intelligence in students' academic works. *Problems of modern education*. 5: 206-216. DOI 10.31862/2218-8711-2023-5-206-216. (In Russian)
- Budaeva D. A., Zyryanova I. N. (2024). Pragmalinguistic aspects of formulating prompts for chatgpt in scientific communication. *Kazan Science*. 7: 220-224. EDN NAUXGT. (In Russian)
- Golovchenko V. S., Kim D. A. (2024). The use of neural networks for distinguishing homonymy and polysemy on the example of neural network 'Masterpiece'. *Russian Linguistic Bulletin*. 7(55): DOI 10.60797/RULB.2024.55.18. - EDN GKOIIG. (In Russian)
- Ditkovskaya I. E. (2024). Artificial intelligence technologies in personalised education in the context of the philosophy of personal education. *Universum: social sciences*. 3(106): 32-34. DOI 10.32743/UniSoc.2024.106.3.17043. EDN PIPVSX. (In Russian)
- Ivanova L. A. (2024). Media education in the era of chatgpt. *The current state of media education in Russia in the context of global trends : Proceedings of the VI International Scientific Conference*, Taganrog, 18 October 2024. Rostov-on-Don: Publishing and printing complex of RSEU (RINH). 31-37. EDN DZORSR. (In Russian)
- Kanevsky M. A. (2023). Features of using popular neural networks in the development of recommendation systems for the fashion industry. *Bulletin of St. Petersburg State University of Technology and Design. Series 1: Natural and Technical Sciences*. 3: 152-158. DOI 10.46418/2079-8199_2023_3_24. EDN XXDTMA. (In Russian)
- Maliarevich D. V. (2024). ChatGPT and science: the interaction of the scientific community and artificial intelligence. *Vectors of well-being: economy and society*. 52(2): 99-109. DOI 10.18799/26584956/2024/2/1676. EDN XBMLJV. (In Russian)
- Moiseev D. I., Malovichko E. A. (2023). Potential of introduction and application of artificial intelligence in road patrol service. *Modern innovative technologies and problems of sustainable development in the digital economy : Collection of articles of the XVII International Scientific and Practical Conference*, Minsk, 14-15 June 2023. Minsk: LLC 'Kolorgrad', 2023. 299-300. EDN FNJOGW. (In Russian)
- Pisar N. V. (2024). The potential of using neural networks as an innovative tool for creating educational content and a means of organising an interactive educational environment in Russian as a foreign language classes. *Philological Sciences. Voprosy teorii i praktika*. 17(1): 58-65. DOI 10.30853/phil20240009. EDN XUNTSU. (In Russian)
- Rybalko M. N., Penner R. V. (2023). Prospects for the development of neural networks in sociology, sociological education and their impact on society. *Homo holistic: holistic man 'Homo digital': : digital literacy and ecology of digital environment : Collection of scientific articles*, Chelyabinsk, 15-19 May 2023. Vol. Issue 11. Chelyabinsk: Publishing Centre of SUSU, 2023. 152-158. EDN FXTKHY. (In Russian)
- Savelyeva M. V. (2023). Artificial intelligence, emotional intelligence, emotional artificial intelligence as promising elements of investigation optimization. *Problems of criminal procedure, criminology and forensic examination*. 1(21): 14-19. EDN VZOGTM. (In Russian)
- Furs S. P. (2023). Artificial intelligence in the field of education - a teacher's assistant or 'subversive' technology? *Teachers XXI century*. 1-1: 40-49. DOI 10.31862/2073-9613-2023-1-40-49. EDN VRIIZS. (In Russian)
- Cherkasova M. N., Taktarova A. V. (2024). Artificially generated academic text (linguopragmatic aspect). *Philological Sciences. Voprosy teorii i praktika*. 17(7): 2551-2557. DOI 10.30853/phil20240363. EDN YYWRDN. (In Russian)
- Gao C. A., Howard F. M., Markov N. S., Dyer E. C., Ramesh S., Luo Y., Pearson A. T. (2023). Comparing scientific abstracts generated by ChatGPT to original abstracts using an artificial intelligence output detector, plagiarism detector, and blinded human reviewers. *npj Digital Medicine*. 6. <https://doi.org/10.1038/s41746-023-00819-6>.

УДК 351.814.24:347.822.4

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_18

МЕТОДИКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ СБЛИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ИНТЕРВАЛОВ ЭШЕЛОНИРОВАНИЯ

*Александр Петрович Плясовских,
orcid.org/0000-0003-2250-8852,*

*доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
al.plyasovskih@yandex.ru*

*Артем Юрьевич Винников,
orcid.org/0009-0000-4208-7448,
аспирант*

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
art-vinnikov@yandex.ru*

*Владимир Юрьевич Топилин,
orcid.org/0009-0005-9930-7479,*

*Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры,
пр. Обуховской обороны, д. 120
Санкт-Петербург, 192012, Россия
v.topilin2010@yandex.ru*

Аннотация. В статье предлагается методика автоматической высокоточной оценки опасности сближения воздушных судов (ВС) при нарушении установленных норм эшелонирования по непрерывной 100-балльной шкале. Методика представляет собой пошаговый поиск максимальной опасности сближения ВС от момента начала нарушения интервалов эшелонирования до окончания конфликтной ситуации (КС). В качестве основного критерия для оценки используется линейная функциональная зависимость взвешенных в установленных нормах эшелонирования значений минимальных расстояний между ВС. 100-балльная оценка позволит производить сопоставление и сравнение потенциальной опасности между разными фактами нарушений норм эшелонирования, степени серьезности содержащихся в них угроз и рисков для безопасности полетов (БП).

Использование в качестве одной из точек отсчета «воспринимаемой опасности авиационного события» создает возможность оценивания уровня БП даже в случае отсутствия фактов нарушения интервалов эшелонирования за выбранный отчетный период. Анализ полученных с помощью методики оценок поможет своевременно принять превентивные меры по устранению потенциальных угроз еще до возникновения реальных авиационных событий.

Предлагаемую методику целесообразно использовать при решении задач автоматизации оценки практических навыков персонала управления воздушным движением (УВД) и создании автоматической системы управления БП.

Ключевые слова: нормированная система координат, нормированное расстояние, нарушение интервалов эшелонирования, опасность сближения, методика оценки опасности сближения.

METHODOLOGY FOR AUTOMATIC ASSESSMENT OF THE CONVERGENCING AIRCRAFT HAZARD IN THE EVENT OF SEPARATION INTERVALS VIOLATION

*Alexander P. Plyasovskih,
orcid.org/0000-0003-2250-8852,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Saint-Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, street of Pilots
Saint-Petersburg, 196210, Russia
al.plyasovskih@yandex.ru*

*Artem Yu. Vinnikov,
orcid.org/0009-0000-4208-7448,
Graduate Student,
Saint-Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, street of Pilots
Saint-Petersburg, 196210, Russia
art-vinnikov@yandex.ru*

*Vladimir Yu. Topilin,
orcid.org/0009-0005-9930-7479,
All-Russian Scientific Research Institute of Radio Equipment,
120, Obukhovskoy Oborony Avenue
Saint-Petersburg, 192012, Russia
v.topilin2010@yandex.ru*

Abstract. The article proposes a method for automated high-precision assessment of the danger of approaching aircraft in case of violation of established separation standards on a continuous 100-point scale. The technique is a step-by-step search for the maximum hazard of approaching aircraft from the moment of the beginning of the violation of separation intervals to the end of the conflict situation. The main criterion for assessment is the linear functional dependence of the values of the minimum distances between aircraft, weighted in the established separation standards. A 100-point assessment will allow for the comparison and comparison of potential hazard between different facts of violations of separation standards, the severity of the threats and risks to flight safety contained therein.

Using "perceived hazard" as a reference points allows assessing the level of flight safety even in the absence of violations of separation intervals for the selected reporting period. The analysis of the estimates obtained using the methodology will help to take timely preventive measures to eliminate potential threats even before the occurrence of real aviation events.

It is advisable to use this methodology in solving the tasks of automating the assessment of practical skills of air traffic control personnel and creating an automatic flight safety management system.

Keywords: normalized coordinate system, normalized distance, violation of separation intervals, hazard of convergence, methodology for assessing the hazard of convergence.

Введение

Определение текущего уровня БП не представляется возможным без оценки «опасности» как сопутствующих деятельности авиации факторов, так и происходящих авиационных событий. Именно «опасность» по своей сути является важнейшей имманентной характеристикой, присущей процессам оценки БП.

В настоящее время оценка опасности сближения ВС при опасных сближениях ВС, нарушении интервалов эшелонирования, при срабатывании систем предупреждения столкновений TCAS или же при срабатывании сигнализации краткосрочных конфликтов STCA осуществляется «ручным» (не автоматическим и не автоматизированным) способом. При этом оценка опасности сближения ВС осуществляется опытным экспертом или группой экспертов.

Оценка опасности сближения ВС производится при выполнении упражнений на диспетчерском тренажере, в процессе непосредственного УВД на рабочем месте диспетчера, а также при расследовании авиационных происшествий в соответствии с руководящими документами (ПРАПИ).

В результате оценки опасности сближения ВС авиационное событие относят к одной из следующих категорий:

1. Авиационное происшествие (столкновение ВС);
2. Серьезный инцидент (опасное сближение);
3. Инцидент (нарушение установленных интервалов эшелонирования ВС);
4. Незначительный инцидент (срабатывание сигнализации краткосрочного конфликта без нарушения норм эшелонирования).

Таким образом, оценка опасности сближения ВС осуществляется с использованием качественной шкалы оценки, называемой шкалой порядка [РМГ 83-2007..., 2008].

Образно говоря, существующие методики оценки опасности сближения ВС в чем-то подобны методике ручного измерения массы тел с привлечением грузчиков-экспертов, которые бы вручную сравнивали вес груза с некоторыми эталонами и распределяли бы грузы по категориям «легкий», «средний», «тяжелый», «очень тяжелый». Данное сравнение, может быть, несколько гиперболизировано, но все же отражает суть недостатков ручной оценки опасности авиационных событий.

В идеале оценка опасности сближения ВС в воздухе при наличии систем авиационного наблюдения, удовлетворяющих современным требованиям, должна производиться автоматически.

В настоящей работе предлагается методика автоматической оценки опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования, которая может быть реализована в автоматической или автоматизированной системе мониторинга воздушного движения. В задачи такой системы [Плясовских, 2020а; Плясовских и др., 2022] могут входить автоматический сбор информации наблюдения в процессе выполнения полетов ВС в определенном регионе или в стране в целом; автоматическая регистрация

STCA, нарушений установленных интервалов между ВС, опасных сближений, срабатываний TCAS; и автоматическая высокоточная оценка опасности всех этих событий по непрерывной шкале от 0 до 100 единиц опасности.

Вопросы схожей тематики научным сообществом затрагивались не часто. Проблемами проведения расследования авиационных инцидентов (АИ), мерами повышения их качества и эффективности, а также вопросами интеграции их результатов в систему управления БП занимались А. Г. Гузий, А. В. Мишин, Б. П. Елисеев, Ю. А. Майорова, А. М. Лушкин, В. А. Сvirкин. Данные авторы в своих работах предлагают глубокий качественный анализ тенденций в нормативно-правовой базе, регламентирующей расследования авиационных происшествий и инцидентов, выступающих квинтэссенцией тенденций оценки уровня БП [Фундаментальные ..., 2017, с. 2329–2336; Елисеев и др., 2017; Мишин, 2017; Сvirкин, 2019; Сvirкин, 2008]. Г. А. Крыжановский, В. В. Купин изучали вопросы моделирования процессов принятия решений в системе обслуживания воздушного движения [Крыжановский и др., 2010]. В. Е. Борисов, Д. А. Евсевичев исследовали автоматизацию управления процессом обучения и оценивания уровня теоретической подготовки авиадиспетчеров [Борисов и др., 2018; Борисов, 2022]. Один из авторов статьи ранее предлагал математический подход для определения критерия опасности сближения ВС [Плясовских, 2020]. Зарубежные исследователи занимались анализом работы системы TCAS и определением оптимальных траекторий ВС для обхода препятствий [Optimization methods..., 2022], вопросами применимости искусственных нейронных сетей для поддержки принятия решений [Beliatkaia et al., 2021]. В работе [Williams, 1992] разработана теория для своевременного обнаружения и предупреждения столкновений, в основе которой лежит математическое описание области неопределенности коридора ВС, учитывающее пропущенные, запоздалые, либо ложные сигналы о положении ВС. Многие авторы уделяли внимание вопросам определения риска БП [Netjasov, 2008], моделирования и оценки рисков столкновения ВС [Brooker, 2003; Risk Analysis..., 2020], в том числе, с помощью имитационного моделирования методом Монте-Карло [Blom et al., 2006].

Вопросами оценки опасности сближения ВС и ее автоматизации ранее занимался наш коллектив авторов. Данное исследование является продолжением разработок авторов, представленных в работе [Винников и др., 2023].

Особенности существующих практик оценки опасности сближения воздушных судов при нарушении интервалов эшелонирования

Предотвращение столкновений между воздушными судами является основной задачей профессии авиадиспетчера. В процессе работы он перманентно анализирует параметры движения ВС в закрепленной за ним части воздушного пространства, прогнозирует возникновение потенциально-конфликтных ситуаций (ПКС) этого движения, принимает необходимые меры для изменения траектории движения данных ВС и своевременного

предотвращения конфликтов. Оценивание предпринятых им действий в случаях, когда нарушения интервалов избежать не удалось, осуществляется либо в рамках проведения расследования АИ, либо при выставлении оценок диспетчером-инструктором при выполнении упражнений на диспетчерском тренажере. Кроме того, даже если нарушения интервалов не произошло (нет АИ и его расследования), действия диспетчера все равно являются объектом оценивания с точки зрения умения решать им ПКС.

Устоявшаяся на данный момент практика анализа причин нарушения норм эшелонирования, как правило, сводится к перечислению нарушенных пунктов руководящих нормативно-правовых документов и субъективной оценке правильности выполнения технологических операций авиационным персоналом без применения какой-либо количественной оценки выявляемых отклонений или нарушений. Практика оценивания персонала ОВД безусловным выполнением действующих регламентов, с одной стороны, может быть справедлива только при абсолютном совершенстве действующих нормативных актов, что в настоящее время таковым не является; с другой стороны, порождает мотивацию скрывать как различные аспекты расследуемых событий, так и сами факты происходящих нарушений, поскольку данная информация будет определять рамки ответственности и степень вины «нарушителей».

Умение проводить анализ воздушной обстановки и решать возможные конфликтные ситуации является обязательным оценочным параметром при проверке практических навыков диспетчера УВД на диспетчерском тренажере (п. 60 ФАП 93). При осуществлении проверок на рабочем месте данный параметр может быть оценен условно, но не является обязательным (п. 44 данного ФАПа). Тренажер позволяет смоделировать достаточное количество проблемных и потенциально-конфликтных ситуаций при выполнении упражнения, чтобы полноценно оценить диспетчера по этому параметру, в то время как на рабочем месте в основном оценивается правильность выполнения технологии работы, а диспетчер с такими ситуациями может и не столкнуться, что будет исключать возможность произвести полноценную оценку.

Процедура оценки практических навыков диспетчера УВД как на рабочем месте, так и на диспетчерском тренажере, также представляет собой проведение лицом, осуществляющим проверку, качественного ранжирования действий диспетчера по двум критериям – замечания и нарушения. Практика применения такого оценивания на данный момент сводится к тому, что если диспетчером не допущено нарушений, то его действия оцениваются как правильные, а при наличии нарушений – неправильные. При этом с целью установления единых правил выставления оценок разрабатываются правила, на основании которых то или иное количество зафиксированных нарушений и замечаний соответствуют выставляемому баллу.

Получаемая таким образом итоговая оценка, несмотря на использование 5-балльной шкалы, по сути является системой именно качественной оценки, с более характерными для нее результатами – «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно». Такой способ ранжирования оцениваемых навыков

содержит в себе высокую неоднородность и неравномерность в нарастании содержания используемого критерия оценки для разных технологических операций. Ведь нельзя утверждать, что диспетчер, получивший 2 против 4 баллов другого диспетчера, справился именно в 2 раза хуже, просто у него было больше замечаний/нарушений. Налицо явная количественная неопределенность в сравнении результатов выставленных оценок.

Согласно «Положению об организации и проведении тренажерной подготовки персонала ОВД» в качестве критериев оценки умения анализировать и решать КС используются несколько видов событий:

- опасное сближение (сближение ВС на расстояние менее половины установленного интервала эшелонирования);
- нарушение интервала эшелонирования (сближение ВС на расстояние менее установленного интервала эшелонирования);
- конфликтная ситуация своевременно не обнаружена, но решена (обнаружению возможного нарушения интервала эшелонирования помогают средства автоматизации, например, STCA);
- конфликтная ситуация своевременно обнаружена (самостоятельное предотвращение возможного нарушения интервала эшелонирования).

Все эти события очевидно имеют разный «вес» в рамках оценки обеспечения диспетчером БП. Однако сравнение «весов» названных событий происходит только качественно. «Несвоевременное обнаружение конфликтной ситуации» по сравнению с «опасным сближением» явно имеет меньшую опасность. Но можно ли сравнить разных диспетчеров, если оба они или допустили, или не допустили нарушения интервала при выполнении тренажерного упражнения. На данный момент это может быть только субъективная оценка диспетчера-инструктора о том, кто, по его мнению, поступил более «грамотно» при выполнении упражнения.

Опасное сближение и нарушение интервала эшелонирования по своей внутренней сути также представляют собой одинаковый вид событий и различаются только минимальным расстоянием нахождения ВС друг относительно друга в момент события. Тем не менее количественных методов соизмерения опасного сближения с нарушением интервала эшелонирования не существует. Существует только качественное соотношение – опасное сближение, исходя из самого названия, представляет большую опасность ввиду большей угрозы столкновения ВС. Однако, что представляет большую опасность для авиации – одно опасное сближение или два нарушения интервалов эшелонирования? Ответ на этот вопрос невозможно дать с помощью существующего инструментария оценки БП. Для этого необходима разработка более дифференцированного количественного способа оценки опасности сближения ВС.

Материалы и методы

Одной из основных задач диспетчера УВД является безопасное эшелонирование ВС, иначе говоря, диспетчер обязан не допускать нарушения установленных законодательно горизонтальных и вертикальных интервалов

между ВС (норм эшелонирования). Современные средства автоматизации способны фиксировать любой факт нарушения этих норм, что является основанием для проведения расследования об АИ (п. 24, приложение 1 ПРАПИ). Согласно данным анализов по БП, нарушения норм эшелонирования составляют более 80% от общего числа АИ, связанных с недостатками при ОВД [Анализ безопасности ..., 2023].

Однако средства автоматизации, помимо самой фиксации факта нарушения интервала, позволяют измерить множество иных параметров нарушения. Учет данных параметров может способствовать сравнению аналогичных нарушений между собой и на основе выработанных алгоритмов позволить сравнивать последствия действий диспетчеров УВД, оценивать их дифференцированно и намного более точно.

Очевидно, что угрозы и риски для БП для всех случаев нарушения интервалов эшелонирования будут разными. Если ВС сблизилась на интервал менее половины установленной нормы эшелонирования («опасное сближение»), то, поскольку значение опасности данного сближения будет явно выше, речь уже можно будет вести о «серьезном авиационном инциденте». Именно степень допущенной опасности и возможных потенциальных последствий может служить основой для более дифференцированной оценки работы персонала ОВД, не ограничиваясь только фактами допущенных нарушений.

В работе [Плясовских и др., 2024] предложено понятие воспринимаемой опасности авиационного события, под которой понимается численная мера степени субъективной (воспринимаемой авиационными специалистами) угрозы катастрофы, которая могла произойти в результате авиационного события.

Воспринимаемая опасность авиационного события, как показали проведенные автором эксперименты [Плясовских и др., 2024], имеет очень высокую корреляцию (силу связи) с величиной минимального расстояния между конфликтующими ВС в процессе нарушения норм эшелонирования. Это дает основание и возможность автоматически вычислить оценку воспринимаемой опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования между ними.

Воспринимаемая опасность авиационного события H_P (*Perceived Hazard*) связана с минимальным нормированным расстоянием между ВС $r_{\min}^N$ соотношением

$$H_P = \begin{cases} (100 * (1 - k * r_{\min}^N)) & \text{при } r_{\min}^N > 1/k \\ 0 & \text{при } r_{\min}^N \leq 1/k \end{cases}, \quad (1)$$

где $k \leq 1$ – эмпирический коэффициент, определяемый с использованием экспертного опроса авиационных специалистов.

Физический смысл выражения (1) заключается в том, что при минимальном нормированном расстоянии между ВС, равном нулю, то есть при $r_{\min}^N = 0$ (в этом случае имеет место столкновение ВС) воспринимаемая

опасность сближения равна 100 единиц опасности по непрерывной 100-балльной шкале. При минимальном нормированном расстоянии между ВС $r_{\min}^N$, большем или равном единице, то есть при $r_{\min}^N \geq \frac{1}{k}$ (в этом случае нормированное расстояние между ВС больше или равно норме эшелонирования), воспринимаемая опасность сближения равна нулю.

В работе [Плясовских, 2020б] предложено использование коэффициента $k = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0,707$, что согласуется с результатами экспертных опросов авиационных специалистов. В общем случае коэффициент k может быть функцией от $r_{\min}^N$, то есть $k = f(r_{\min}^N)$.

В работе [Плясовских, 2020б] приведены формулы, позволяющие в процессе непосредственного УВД рассчитать минимальное нормированное расстояние между ВС $r_{\min}^N$.

Определив по формуле (1) воспринимаемую опасность сближения ВС с использованием закона воспринимаемой опасности авиационных событий, представленного в работе [Плясовских и др., 2024], можно вычислить оценку вероятности (возможности) столкновения ВС, которая имела место в процессе нарушения норм эшелонирования

$$P_{PC} = e^{H_P/4-25}. \quad (2)$$

Описанный подход к оценке воспринимаемой опасности сближения ВС и вероятности (возможности) столкновения ВС лежит в основе предложенной в настоящей работе методики автоматической оценки опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования.

Методика автоматической оценки опасности сближения воздушных судов при нарушении интервалов эшелонирования

Предлагаемая методика разработана для применяемой в настоящее время системы эшелонирования ВС в РФ, а именно единого интервала горизонтального эшелонирования вне зависимости от углов нахождения ВС друг относительно друга. Тем не менее на заложенной в ней основной идее можно легко разработать методики для иных систем эшелонирования.

В методике используется нормированная система отсчета, которая более предпочтительна для целей количественной оценки опасности сближения ВС, поскольку в ней выражается степень допущенного нарушения интервала, и, в отличие от абсолютных значений расстояний между ВС, такое выражение уже содержит в себе оценочный потенциал. Данная система отсчета более подробно описана в работах [Плясовских, 2020б].

Этапы предлагаемой методики:

1. Исходными данными методики являются полученные от средств наблюдения динамично изменяющиеся координаты ВС в трехмерном пространстве с некоторого начального момента до наступления конфликта (t), а также в процессе развития конфликта, и установленные нормы эшелонирования между ними. Поступление информации о координатах ВС

происходит с равномерным временным интервалом (Δt), который определяет шаг хода предлагаемой методики. Данная временная дискретность наблюдений может быть установлена, например, в 1, 6, 10 или 20 секунд, в зависимости от технических характеристик средств наблюдения.

Исходные данные:

H_s – установленная норма вертикального эшелонирования (H – height, s – separation);

D_s – установленная норма горизонтального эшелонирования (D – distance, s – separation);

h_i^n, h_j^n – высота i -го и j -го ВС;

$x_i^n, y_i^n, x_j^n, y_j^n$ – координаты i -го и j -го ВС в горизонтальной плоскости,

где:

n – номер шага в ходе методики, определяющий местоположение всех ВС в конкретный момент времени t^n (где $t^n = (t^{(n-1)} + \Delta t)$);

i – индекс первого из конфликтующих ВС;

j – индекс второго из конфликтующих ВС.

Искомая в методике максимальная опасность сближения (CH – *CollisionHazard*) конфликтующих ВС изначально, до наступления конфликта, равна нулю ($MaxCH_{i,j} = 0$).

2. Находят разницу в координатах между конфликтующими ВС ($dx_{i,j}^n, dy_{i,j}^n, dh_{i,j}^n$), находящимися на управлении диспетчера (в зоне ответственности диспетчерского пункта) в момент времени, соответствующий текущему значению шага методики – текущего n (начальное значение $n=0$, что соответствует исходному положению ВС):

$$dx_{i,j}^n = x_i^n - x_j^n$$

(3)

$$dy_{i,j}^n = y_i^n - y_j^n$$

(4)

$$dh_{i,j}^n = h_i^n - h_j^n$$

(5)

3. Определяют расстояние между конфликтующими ВС в горизонтальной плоскости ($Rxy_{i,j}^n$) в текущий момент времени (для соответствующего значения шага методики - n):

$$Rxy_{i,j}^n = \sqrt{dx_{i,j}^{n\,2} + dy_{i,j}^{n\,2}} \quad (6)$$

4. Определяют значения горизонтального и вертикального расстояний между конфликтующими ВС в нормированной системе отсчета ($Rxy_{i,j-N}^n, dh_{i,j-N}^n$) при текущем значении шага методики (n):

$$Rxy_{i,j-N}^n = \frac{Rxy_{i,j}^n}{D_s} \quad (7)$$

$$dh_{i,j-N}^n = \frac{dh_{i,j}^n}{H_s} \quad (8)$$

5. Если оба из полученных значений нормированных расстояний между ВС меньше единицы

$$\begin{cases} Rxy_{i,j-N}^n < 1 \\ dh_{i,j-N}^n < 1 \end{cases}, \quad (9)$$

то в данный момент времени (на данном шаге n) имеет место нарушение интервалов эшелонирования, поэтому переходят к пункту 7.

Если хотя бы одно из полученных значений нормированных расстояний между ВС больше или равно единице, т. е. условие (9) не выполняется, то на данном шаге n нарушения интервала нет, тогда переходят к пункту 6.

6. Отсутствие нарушения интервалов эшелонирования при применении данной методики может быть либо до начала конфликтной ситуации (КС) между ВС, либо после ее завершения. На момент начала анализа, до установления факта нарушения интервалов эшелонирования, согласно методике, $MaxCH_{i,j} = 0$. В дальнейшем значение $MaxCH_{i,j}$ будет увеличиваться до момента начала расхождения конфликтующих ВС.

Таким образом, если не выполняется условие $MaxCH_{i,j} > 0$, то КС еще не началась, переходят к пункту 9.

Если условие $MaxCH_{i,j} > 0$ выполняется, то КС между ВС закончилась, переходят к пункту 10.

7. При нарушении интервалов эшелонирования определяют текущую ОС конфликтующих ВС – $CH_{i,j}^n$ (*CollisionHazard*) в рассматриваемый момент времени (при текущем значении шага методики $-n$) по формуле:

$$CH_{i,j}^n = \left(1 - \sqrt{\frac{Rxy_{i,j-N}^n{}^2 + dh_{i,j-N}^n{}^2}{2}} \right) * 100. \quad (10)$$

8. Поскольку необходимо найти наибольшее значение опасности сближения рассматриваемых конфликтующих ВС, то текущее значение $MaxCH_{i,j}$ сравнивают с полученным в пункте 7 значением $CH_{i,j}^n$.

На момент начала анализа, до установления факта нарушения интервалов эшелонирования, $MaxCH_{i,j} = 0$. В дальнейшем значение $MaxCH_{i,j}$ будет увеличиваться до момента начала расхождения конфликтующих ВС.

Если $CH_{i,j}^n > MaxCH_{i,j}$, то на текущем шаге методики, при данном относительном положении ВС, значение $MaxCH_{i,j}$ увеличивается и ему присваивается текущее значение $CH_{i,j}^n$ ($MaxCH_{i,j} = CH_{i,j}^n$).

Если $CH_{i,j}^n \leq MaxCH_{i,j}$, то значение $MaxCH_{i,j}$ не изменяется.

Переходят к пункту 9.

9. Переходят к следующему циклу методики, возвращаясь к пункту 1:

$$n = n + 1 \quad (11)$$

$$t = t + \Delta t \quad (12)$$

10. После окончания КС, т. е. при прекращении нарушения интервалов эшелонирования, можно констатировать, что искомое максимальное значение $MaxCH_{i,j}$ для рассматриваемого конфликта ВС определено. Значение опасности сближения ВС $H_p = MaxCH_{i,j}$ вносят в базу данных СУБД (системы управления безопасности полетов), в которой регистрируют авиационные события.

Результаты и обсуждение

В статье обоснована необходимость автоматической непрерывной оценки опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования. Предложена новая методика высокоточной оценки опасности сближения ВС по непрерывной 100-балльной шкале.

Уровень БП при ОВД на данный момент оценивается количеством произошедших авиационных происшествий и АИ, в том числе количеством произошедших опасных сближений ВС и количеством произошедших нарушений интервала эшелонирования. Таким образом, «опасность» происходящих на данный момент авиационных событий характеризуется качественно, а общее состояние БП их дифференцированным количеством.

Реализация задач по принятию мер для предотвращения в будущем АИ, аналогичных уже произошедшим, что и является основной целью анализов БП и расследований АИ (ПРАПИ), не представляется возможной без внедрения автоматической количественной оценки АИ нарушения интервалов эшелонирования.

Для реализации такого подхода в статье предлагается использование 100-балльной оценки опасности сближения между ВС. Поскольку потенциальные риски для безопасности полетов для всех случаев нарушения интервалов эшелонирования будут разными, предлагается более точно и дифференцированно оценивать опасность сближения ВС в таких АИ. В качестве критерия для оценки опасности сближения предлагается использование минимально допущенного при нарушении интервалов расстояния между ВС, поскольку, чем ближе ВС находились друг к другу, тем выше опасность и риск их столкновения. Количественная оценка может производиться путем сопоставления фактических расстояний между ВС в момент их минимальных значений (до начала их расхождения) с нарушенными нормами эшелонирования в соответствующих плоскостях.

В рамках стремления авиационного сообщества к переходу от реагирующего подхода к обеспечению БП к проактивному необходимо осознавать, что требуется принципиальная смена методологических основ деятельности оценивающих и контролирующих органов. Одной из таких основ должна стать новая методика оценки опасности допущенных при ОВД нарушений интервалов эшелонирования. Такая методика должна быть основана на количественных методах оценивания, позволяющих производить сравнительный анализ различных АИ и определять пути снижения рисков авиационной деятельности в будущем. Предлагаемая в статье методика

представляет собой пошаговое нахождение максимальной опасности сближения ВС от момента начала нарушения интервалов эшелонирования до окончания КС. Опасность сближения ВС как основной критерий оценки в предлагаемой методике определяется как линейная функциональная зависимость взвешенных в установленных нормах эшелонирования значений расстояний между ВС в горизонтальной и вертикальной плоскостях (10).

Научная новизна проведенного исследования.

Впервые предлагается методика автоматической высокоточной непрерывной оценки опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования.

Преимущества предлагаемой методики вытекают из преимуществ используемой в ней дифференцированной количественной шкалы оценки. 100-балльная оценка не только дает более высокую точность, но и содержит в себе большой потенциал для применения математических методов анализа. Такая система оценки дает возможность математически соизмерять опасности таких событий, как опасные сближения, нарушения интервалов эшелонирования, краткосрочные конфликтные ситуации (Short Term Conflict Alert, STCA), потенциально-конфликтные ситуации (ПКС), срабатывание TCAS (бортовых систем предупреждения столкновений), и иных тому подобных событий. Автоматический способ определения оценки существенно повышает оперативность получения необходимого результата и позволяет существенно снизить трудоемкость процессов оценивания действий персонала ОВД, серьезности АИ, либо уровня БП.

Практическая значимость проведенного исследования.

Представленная в статье методика оценки опасности сближения ВС при установленном факте нарушения интервалов эшелонирования может стать основой для более подробного анализа уровня БП, поскольку дает более точные соизмеримые между различными однотипными событиями данные. Результаты оценки отдельных событий нарушения интервалов можно будет сравнить для различных регионов, в том числе в динамике. Благодаря использованию в качестве точек отсчета «*воспринимаемой опасности авиационного события*» появляется возможность учета не только фактов нарушения интервалов эшелонирования, но и STCA и ПКС, поэтому даже в случае отсутствия опасных авиационных событий за отчетный период будут иметься данные для анализа уровня БП – показатели будут отличны от нуля. Это при должном анализе даст возможность принять необходимые превентивные меры по устранению потенциальных угроз еще до возникновения реальных авиационных событий, что и составляет суть проактивного подхода к управлению БП и также позволит повысить эффективность подготовки персонала ОВД к практической работе.

Дифференцирование по 100-балльной шкале позволит эффективнее оценивать действия персонала ОВД с точки зрения объективного определения степени ответственности допущенных им нарушений установленных норм во время расследований АИ. Более лояльный подход к незначительным нарушениям интервалов, благодаря снижению психологического давления на

персонал ОВД, позволит снизить зачастую чрезмерно завышаемые расстояния при разведении ВС. Это, в свою очередь, снизит время задержек рейсов и повысит пропускную способность воздушного пространства.

Кроме того, предлагаемая методика может стать основой для оценки действий, предпринятых диспетчером УВД при разрешении им КС. Если нарушение норм эшелонирования является результатом ошибочных действий диспетчера УВД (а зачастую так и бывает), то оценка опасности сближения между ВС может служить основой для более дифференциальной оценки действий самого диспетчера УВД, а не ограничиваться только фактом допущенного нарушения. Чем выше опасность сближения ВС, тем больше опасность возможных последствий и больше степень серьезности ошибки, допущенной диспетчером УВД. Таким образом, если за 100 баллов взять наивысшую оценку профессиональных действий диспетчера, не допустившего нарушения интервалов, оценка диспетчера, допустившего нарушение, будет обратно пропорциональна опасности сближения ВС при данном нарушении. Такая оценка может быть применима при проверке практических навыков диспетчера на рабочем месте, на диспетчерском тренажере. Автоматическая оценка сможет позволить студенту или действующему диспетчеру самостоятельно, без участия диспетчера-инструктора, отрабатывать важнейшие навыки, необходимые для обеспечения БП. Более того, она, помимо автоматической оценки навыков специалистов ОВД, может использоваться как средство мотивации поддержания и повышения квалификации благодаря более точному сопоставлению результатов различных диспетчеров посредством рейтинговой системы и соответствующей системы премирования. Можно будет собирать и анализировать данные за более длительный период и оценивать диспетчеров в течение всей их профессиональной карьеры, а в дальнейшем выявлять как более компетентных специалистов, так и более эффективные приемы решения задач обеспечения БП.

Заключение

На основе проведенного анализа существующих тенденций в отечественной практике оценивания действий персонала ОВД предложена методика автоматической оценки опасности сближения ВС при нарушении интервалов эшелонирования. Благодаря использованию непрерывной 100-балльной шкалы оценивания данная методика обеспечивает получение результата достаточно высокой точности, чтобы производить сопоставление и сравнение потенциальной опасности различных фактов допущенных нарушений, степени серьезности содержащихся в них угроз и рисков для БП.

Значение воспринимаемой опасности авиационного события является его важнейшей характеристикой, которая должна определяться автоматически или методом экспертных оценок при анализе авиационного происшествия. Представляется целесообразным ввести в практику обязательную оценку воспринимаемой опасности каждого авиационного события и ее упоминание при любом упоминании авиационного события.

На основе предложенной методики можно создать автоматическую систему мониторинга БП, которая путем оценки существующих КС и ПКС позволит расширить возможности анализа и оценки уровня БП, и сделать существенный шаг к реализации проактивного подхода к управлению БП.

Предложенный в статье методологический подход может стать основой для оценки действий служб ОВД или конкретного диспетчера, в том числе при оценке его действий на диспетчерском тренажере.

Библиографический список

Анализ безопасности полётов при АНО в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» в 2022 году. М.: ФГУП «Госкорпорация по ОрВД». 2023. 46 с.

Борисов В. Е. Автоматизация управления процессом обучения при подготовке авиадиспетчеров / В. Е. Борисов, Д. А. Евсевичев // Автоматизация процессов управления: сб. науч. тр. по матер. молодеж. науч.-техн. конф. 15-16 мая 2018 г.: в 2 ч. Ульяновск: ФНПЦ АО НПО «Марс». 2018. Ч. 1. С. 13-20.

Борисов В. Е. Методы автоматизации тренажерной подготовки диспетчеров УВД: специальность 05.22.13 «Навигация и управление воздушным движением»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Владимир Евгеньевич Борисов, 2022. 155 с. EDN H1DRHL.

Винников А. Ю. Автоматизация оценки опасности конфликтной ситуации при расследовании авиационных событий / А. Ю. Винников, А. П. Плясовских, В. Ю. Топилин // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия отечественной гражданской авиации, Иркутск, 12–13 октября 2023 года. Иркутск: Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2023. С. 25-34. EDN EPRGKM.

Елисеев Б. П. К вопросу интеграции результатов расследования авиационных происшествий и инцидентов в систему управления безопасностью полетов / Б. П. Елисеев, В. А. Свиркин / Транспортное право. 2017. № 1. С. 14-18. EDN XROKGT.

Крыжановский Г. А. Моделирование принятия решений в активной системе обслуживания воздушного движения / Г. А. Крыжановский, В. В. Купин // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2010. № 1. С. 53-61. EDN QCTGSD.

Мишин А. В. Эффективность расследования авиационных инцидентов и пути ее повышения // К.Э. Циолковский. Проблемы и будущее российской науки и техники: Материалы 52-х Научных чтений памяти К.Э. Циолковского, Калуга, 19–21 сентября 2017 года. Калуга: ИП Стрельцов И.А. (Издательство "Эйдос"), 2017. С. 240-243. EDN LYIOXJ.

Плясовских А. От реагирования на авиационные события к их предупреждению // Авиапанорама. 2020а. №6. С. 22-30.

Плясовских А. П. К вопросу разработки автоматизированной системы мониторинга безопасности воздушного движения в районе аэродрома / А. П. Плясовских, М. Н. Верховец // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2022. № 1(34). С. 46-57. EDN UDXATK.

Плясовских А. П. Критерий опасности столкновения воздушных судов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2020б. № 4 (29). С. 64-74. EDN TIIWQR.

Плясовских А. П. Закон воспринимаемой опасности авиационных событий на примере управления воздушным движением / А. П. Плясовских, Ю. Ю. Михальчевский // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2024. № 2 (43). С. 40-56. EDN IQMQVC.

РМГ 83-2007. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Шкалы измерений. Термины и определения

(введены в действие Приказом Ростехрегулирования от 29.11.2007 № 337-ст). М.: Стандартинформ. 2008. 24 с.

Свиркин В. А. Анализ качества работы элементов авиационно-транспортной системы при расследовании авиационных происшествий и инцидентов // Инновации в гражданской авиации. 2019. Т. 4, № 2. С. 19-24. EDN HULMGO.

Свиркин В. А. Нормативная правовая регламентация обеспечения объективности расследования авиационных происшествий и инцидентов // Транспортное право. 2008. № 3. С. 21-22. EDN JVKXKV.

Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: Результаты и перспективы развития / Отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. М.: Институт психологии РАН. 2017. 2704 с.

Belitskaia A. P. Research of the Methods of Collision Avoidance of Aircraft with the Ground in Controlled Flight During Landing / A. P. Belitskaia, V. V. Vorobev, B. P. Eliseev // XVIII Technical Scientific Conference on Aviation Dedicated to the Memory of N.E. Zhukovsky (TSCZh). Moscow: Russian Federation, 2021. pp. 1-6.

Blom H. A. P. Safety Risk Assessment by Monte Carlo Simulation of Complex Safety Critical Operations / H. A. P. Blom, H. S. Sybert, H. d. J. Hans // Proceedings 14th Safety-critical Systems Symposium. 2006. pp. 47-67.

Brooker P. Lateral Collision Risk in Air Traffic Track Systems: A 'Post-Reich' Event Model // Journal of Navigation. 2003. № 56 (3). pp. 399-409.

Netjasov F. A review of research on risk and safety modelling in civil aviation / F. Netjasov, J. Milan. // Journal of Air Transport Management. 2008. №14. pp. 213-220.

Optimization methods for collision aircraft avoidance / M. L. Costea, G. L. Stroe, F. Costache, A. Semenescu, I. C. Andrei // AIP Conference Proceedings. 2022. № 2425(1) // [Электронный ресурс]. – 2022. URL: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2425/1/240007/2823385/Optimization-methods-for-collision-aircraft?redirectedFrom=fulltext> (дата обращения: 10.08.2024).

Risk Analysis of Lateral Collision of Military and Civil Aviation Aircraft Based on Event Model / G. Zhao, S. Mao, Y. Mao, X. Zhang, Y. Wu // Artificial Intelligence in China. Lecture Notes in Electrical Engineering. 2020. vol. 572. pp. 76-86.

Williams P. R. Aircraft collision avoidance using statistical decision theory // Sensors and Sensor Systems for Guidance and Navigation II. 1992 // [Электронный ресурс]. – 1992. URL: <https://doi.org/10.1117/12.138129> (дата обращения: 12.08.2024).

References

Belitskaia A. P., Vorobev V. V., Eliseev B. P. (2021). Research of the Methods of Collision Avoidance of Aircraft with the Ground in Controlled Flight During Landing. *XVIII Technical Scientific Conference on Aviation Dedicated to the Memory of N.E. Zhukovsky (TSCZh)*. 1-6.

Blom H. A. P., Sybert H. S., Hans H. d. J. (2006). Safety Risk Assessment by Monte Carlo Simulation of Complex Safety Critical Operations. *Proceedings 14th Safety-critical Systems Symposium*. Pp. 47-67.

Borisov V. E., Evsevichev D. A. (2018). Automation of control of the learning process in the training of air traffic controllers. *Automation of control processes: collection of scientific tr. on the mater. youth. scientific and technical conf.* (1): pp.13-20. (In Russian)

Borisov V. E. (2022). Methods of automation of simulator training of ATC dispatchers. *Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences*. 155 p. (In Russian)

Brooker P. (2003). Lateral Collision Risk In Air Traffic Track Systems: A 'Post-Reich' Event Model. *Journal of Navigation*. 56(3): pp.399-409.

Costea M. L., Stroe G. L., Costache F., Semenescu A., Andrei I. C. (2022) Optimization methods for collision aircraft avoidance. *AIP Conference Proceedings*. 2425(1). Available at: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2425/1/240007/2823385/Optimization-methods-for-collision-aircraft?redirectedFrom=fulltext> (accessed 10 August 2024).

- Eliseev B. P., Svirkin V. A. (2017). On the issue of integrating the results of the investigation of aviation accidents and incidents into the flight safety management system. *Transport Law*. (1): pp. 14-18. (In Russian)
- Flight safety analysis at the ANO in FSUE "State ATM Corporation" in 2022. Moscow: FSUE "State ATM Corporation". 2023. 46 p. (In Russian)
- Fundamental and applied research of modern psychology: Results and prospects of development / Ed. A. L. Zhuravlev, V. A. Koltsova. M.: Institute of Psychology of the Russian Academy of Sciences. 2017. 2704 p. (In Russian)
- Kryzhanovsky G. A., Kupin V. V. (2010). Modeling of decision-making in an active air traffic service system. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation*. (1): pp.53-61. (In Russian)
- Mishin A. V. (2017). The effectiveness of aviation incident investigation and ways to improve it. *Problems and the future of Russian science and technology. Materials of 52 Scientific readings in memory of K.E. Tsiolkovsky*. Pp.240-243. (In Russian)
- Netjasov F., Milan J. (2008). A review of research on risk and safety modelling in civil aviation. *Journal of Air Transport Management*. (14): pp.213-220.
- Plyasovskikh A. (2020). From responding to aviation events to their prevention. *Aviapanorama*. (6): pp.22-30. (In Russian)
- Plyasovskikh A. P. (2020). Criterion of aircraft collision hazard. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation*. 4(29): pp.64-74. (In Russian)
- Plyasovskikh A. P., Verkhovets M. N. (2022). On the issue of developing an automated system for monitoring air traffic safety in the airfield area. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation*. 1(34): pp.46-57. (In Russian)
- Plyasovskikh A. P., Mikhalevsky Yu. Yu. (2024). The law of perceived danger of aviation events on the example of air traffic control. *Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation*. 2 (43): pp.40-56. (In Russian)
- RMG 83-2007. Recommendations on interstate standardization. The state system of ensuring the uniformity of measurements. Measurement scales. Terms and definitions (put into effect by the Order of Rostec Regulation No. 337-st dated 11/29/2007). M: *Standartinform*. 2008. 24 p. (In Russian)
- Svirkin V. A. (2019). Analysis of the quality of the elements of the aviation transport system in the investigation of aviation accidents and incidents. *Innovations in civil aviation*. (2): pp.19-24. (In Russian)
- Svirkin V. A. (2008). Normative legal regulation of ensuring the objectivity of the investigation of aviation accidents and incidents. *Transport Law*. (3): pp.21-22. (In Russian)
- Vinnikov A. Yu., Plyasovskikh A. P., Topilin V. Yu. (2023). Automation of the assessment of the danger of a conflict situation in the investigation of aviation events. *Actual problems and prospects of the development of civil aviation: proceedings of the XII International Scientific and practical Conference. dedicated to the celebration of the 100th anniversary of the national civil aviation*. (2): pp. 25-34. (In Russian)
- Williams P. R. (1992). Aircraft collision avoidance using statistical decision theory. *Sensors and Sensor Systems for Guidance and Navigation II*. Available at: <https://doi.org/10.1117/12.138129> (accessed 12 August 2024).
- Zhao G., Mao S., Mao Y., Zhang X., Wu Y. (2020). Risk Analysis of Lateral Collision of Military and Civil Aviation Aircraft Based on Event Model. *Artificial Intelligence in China. Lecture Notes in Electrical Engineering*. (572): pp.76-86.

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОФАКТОРНОГО И ТРЕХФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Николай Сергеевич Херсонский,
orcid.org/0000-0003-1296-7131,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник,
генеральный директор ООО «СОЮЗСЕРТ»,
ул. Викторенко, д. 7, корпус 30
Москва, 125167, Россия
hersn@yandex.ru*

*Людмила Геннадьевна Большедворская,
orcid.org/0000-0002-1425-7398,
доктор технических наук, профессор
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский бульвар, д. 20
Москва, 125493, Россия
l.bolshedvorskaya@mstuca.ru*

Аннотация. В статье представлен обзор применимости статистических методов для оценки результатов производственных процессов в различных отраслях промышленности. Подчеркивается эффективность системного подхода, реализуемого в методах дисперсионного анализа, что способствует улучшению технологии и позволяет детально изучать влияние каждого фактора и их взаимодействие. Кроме этого, результаты дисперсионного анализа могут быть интегрированы в систему управления качеством, что позволяет непрерывно мониторить и корректировать производственные процессы, предотвращать возникновение отклонений в выходных параметрах различных деталей. Приведен пример применения дисперсионного анализа при исследовании технологических процессов прессования деталей из различного материала при конструировании, изготовлении и контроле качества продукции оборонного и промышленного назначения.

Ключевые слова: дисперсионный анализ, статистические методы, эксперимент, технологический процесс.

APPLICATION OF ONE-FACTOR AND THREE-FACTOR ANALYSIS OF VARIANCE IN THE STUDY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

*Nikolai S. Khersonsky,
orcid.org/0000-0003-1296-7131,
Candidate of Technical Sciences
General Director of SOYUZCERT LLC,
7, building 30, Viktorenko St.
Moscow, 125167, Russia
hersn@yandex.ru*

*Ludmila G. Bolshedvorskaya,
orcid.org/0000-0002-1425-7398,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493, Russia
l.bolshedvorskaya@mstuca.ru*

Abstract. The article provides an overview of the applicability of statistical methods for assessing the results of production processes in various industries. The authors emphasize the effectiveness of the system approach implemented in the methods of analysis of variance, which contributes to technology improvement and allows the influence of each factor and their interaction to be studied in detail. In addition, the results of the analysis of variance can be integrated into the quality management system, which makes it possible to continuously monitor and adjust production processes, and prevent deviations in the output parameters of various parts. The paper provides an example of applying the analysis of variance in the study of technological processes of pressing the components from various materials in designing, manufacturing and controlling the quality of defense and industrial products.

Keywords: analysis of variance, statistical methods, experiment, technological process.

Введение

Исследование причин-факторов возникновения дефектов и отклонений при конструировании, изготовлении и контроле продукции авиационно-космического и промышленного назначения является трудоемким процессом из-за необходимости проведения большого количества экспериментов и анализа полученных результатов. Эффективным статистическим инструментом, позволяющим исследовать влияние различных факторов на результативность процессов, является дисперсионный анализ, практическая применимость которого зарекомендовала себя в исследовании технологических процессов. Это обусловлено тем, что результаты дисперсионного анализа позволяют по-новому взглянуть на сложные процессы в производственной среде и, на фоне многокритериальных измерений и их анализа, выявить неочевидные и малоизученные взаимосвязи между факторами и результатами. Полученные результаты могут позволить не только оптимизировать текущие процессы, но и способствовать разработке новых технологий и продуктов, что является ключевой задачей для реализации инновационных задач импортозамещения.

Кроме этого, результаты дисперсионного анализа могут быть интегрированы в систему управления качеством, что позволяет непрерывно мониторить и корректировать производственные процессы, предотвращать возникновение отклонений в выходных параметрах различных деталей и, тем самым, сокращать количество брака. Поэтому в данной работе показано применение дисперсионного анализа при исследовании технологических процессов прессования различных деталей в зависимости от применяемого сырья и материалов.

Материалы и методы

Проведенное исследование результатов научных работ показало, что дисперсионный анализ является неотъемлемым инструментом в разносторонних исследованиях [Амосов и др., 1994; Боровикова, 2020; Калмыков и др., 2017]. Это обусловлено тем, что выводы, полученные с помощью методов дисперсионного анализа, дают возможность определить, какие факторы оказывают значительное влияние на рассматриваемую переменную, позволяя сосредотачиваться на тех элементах технологии, которые требуют оптимизации. В связи с этим, в формате проводимого исследования, заслуживает внимания работа авторов [Михальчук и др., 2017], в которой представлены результаты разработки статистической модели на основе метода дисперсионного анализа, позволяющей осуществлять контроль входных и выходных параметров продукции микроэлектронного производства и выявлять этапы технологической операции, где возникают наиболее существенные погрешности, обеспечивая, тем самым, возможность оперативной отладки технологического процесса.

Системный подход, реализуемый в методах дисперсионного анализа, способствует улучшению технологии, так как позволяет детально изучать влияние каждого фактора и их взаимодействие, выявляя скрытые закономерности для последующей их оптимизации. В работе [Водовозова и др., 2023; Колмогоров, 1941] продемонстрировано применение однофакторного дисперсионного анализа для обработки результатов эксперимента, направленных на выявление ошибок и дефектов программного продукта. Результаты, с высокой степенью достоверности, подчеркивают возможность применимости однофакторного дисперсионного анализа для исследования компетентности программиста при выявлении недочетов в работе программного средства.

Проведение многофакторного дисперсионного анализа позволяет одновременно учитывать влияние нескольких факторов. Это особенно важно в производстве, где множество параметров, например, температура, давление, время обработки и др. могут влиять на качество и эффективность процесса. В связи с этим следует обратить внимание на результаты исследования, [Разработка методики..., 2012], направленного на создание методики оценки качества дисперсной среды сложного состава. Достоинством предложенных критериев является масштабность их применимости в области прогнозирования уровня качества продукции в зависимости от управляющего воздействия конкретного параметра на технологический процесс.

Роль и значение дисперсионного анализа в области прогнозирования доказаны результатами многочисленных исследований, подчеркивающих, что производители могут оптимизировать свои технологии, изменяя условия производства, и получить лучшие результаты. Например, можно определить идеальные значения температуры или скорости обработки, которые обеспечивают максимальную продуктивность или минимальные потери [Андерсон, 1976; Антонов и др., 2001; Бахвалов и др., 2020].

В работе [Галкин и др., 2017] исследуются причины возникновения дефектов при производстве изделий из алюминия методом изотермической штамповки. Управляющие параметры сформулированы с учетом технологического процесса штамповки и их влияния на качество готового изделия. Для обработки результатов трехфакторного эксперимента авторами применен метод дисперсионного анализа, что позволило значительно упростить процесс выявления значимых параметров.

Таким образом, можно сделать вывод, что принципы дисперсионного анализа в производственной сфере являются эффективным инструментом для принятия управленческого решения, поскольку предоставляют возможность оценивать возникающие изменения в производственном процессе и инициировать мероприятия по их корректировке.

Дискуссия

В настоящее время наибольшую значимость для производителей продукции промышленного и гражданского назначения приобретает задача сравнения различных партий сырья с целью выявления наиболее эффективного [Вентцель и др., 2000; Веснин, 1995; Гианулис, 2000; Гирилович и др., 2021]. Это особенно актуально в условиях конкуренции, санкционных ограничений, когда необходимо поддерживать высокое качество продукта при снижении затрат. Сложность решения такой задачи обусловлена наличием сравнительно небольшого числа факторов, оказывающих существенное влияние на технологический процесс создания продукции. В данной работе предлагается рассмотреть ее решение посредством применимости методов дисперсионного анализа, большой вклад в решение которых привнес В.В. Прошин и другие исследователи [Амосов и др., 1994; Васильева и др., 2002; Венецкий и др., 1974].

Результаты

Для решения поставленной задачи в работе использован один из принципов дисперсионного анализа, позволяющий разложить общую дисперсию процесса на сумму дисперсий, обусловленных изменением основных факторов, и дисперсию неучтенных факторов:

$$D = D_A + D_B + \dots D_k + D_o, \quad (1)$$

где: D – общая дисперсия процесса;

$D_A, D_B, \dots, D_k$, – дисперсии, обусловленные изменением факторов, оказывающих существенное влияние на процесс;

D_o – остаточная дисперсия, т.е. дисперсия, вызываемая изменением неучтенных факторов. В зависимости от числа факторов (k) различают однофакторный, двухфакторный и K -факторный анализ.

Основную идею дисперсионного анализа можно представить на примере анализа влияния одного фактора на результат. Пусть требуется выявить

влияние фактора А на исследуемый процесс посредством проведения серии экспериментов. Схема однофакторного анализа при одинаковом количестве параллельных испытаний приведена в таблице 1.

Представленные в таблице 1 данные характеризуют совокупность математических моделей, используемых в эксперименте для оценки и анализа изменения п-значений фактора А. Общее число наблюдений $N = T \cdot n$.

Задача заключается в оценке влияния фактора А на процесс, которая сводится к выявлению существенности различия выборочных средних арифметических $\bar{X}_j (j = 1, 2, \dots, T)$ и общего среднего арифметического $\bar{\bar{X}}$.

Выборочные средние арифметические определяются по формуле:

$$\bar{X}_j (j = 1, 2, \dots, T) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij} \quad (2)$$

Общее среднее арифметическое по всем выборкам определяется по формуле:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T X_{ij}. \quad (3)$$

Если различие средних арифметических существенно, то считается, что фактор А оказывает влияние на процесс.

Общая дисперсия выборки, состоящей из $N = T \cdot n$ членов, определяется по формуле:

$$D = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2. \quad (4)$$

Таблица 1 – Схема однофакторного дисперсионного анализа при одинаковом количестве испытаний-п

Уровни (j) фактора А j (=1, 2, ...T)			
A ₁	A ₁	...	A _T
X ₁₁	X ₁₂	...	X _{1T}
X ₂₁	X ₂₂	...	X _{2T}
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
X _{n1}	X _{n2}	...	X _{nT}
$\mathcal{G}_1 = \sum_{k=1}^n X_{k1}$	$\mathcal{G}_1 = \sum_{k=1}^n X_{k2}$	...	$\mathcal{G}_T = \sum_{k=1}^n X_{kT}$
$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \mathcal{G}_1$	$\bar{X}_2 = \frac{1}{n} \mathcal{G}_2$	...	$\bar{X}_T = \frac{1}{n} \mathcal{G}_T$
$\sum_{k=1}^n (X_{k1} - \bar{X}_1)^2$	$\sum_{k=1}^n (X_{k2} - \bar{X}_2)^2$	...	$\sum_{k=1}^n (X_{kT} - \bar{X}_T)^2$

Разложим двойную сумму в формуле (3) на составляющие части, одна из которых выражает рассеивание внутри уровней (столбцов таблицы 1), другая – рассеивание между уровнями:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T (X_{ij} - \bar{X}_j)^2 + n \sum_{j=1}^T (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 \quad (5)$$

Введя обозначения

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T (X_{ij} - \bar{\bar{X}})^2 &= Q; \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^T (X_{ij} - \bar{X}_j)^2; \\ n \sum_{j=1}^T (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2 &= Q_A \end{aligned} \quad (6)$$

Получим:

$$Q = Q_A + Q_o \quad (7)$$

Уравнение (7) является основным в однофакторном дисперсионном анализе. Разделив обе части равенства (7) на $n-1$, получим:

$$D = D_A + D_o \quad (8)$$

где: D_A – дисперсия, вызываемая действием фактора А;

D_o – остаточная дисперсия;

D – общая дисперсия процесса.

Для оценки существенности влияния фактора А на процесс составляется отношение:

$$F = \frac{Q_A T (n-1)}{Q_o (T-1)} \quad (9)$$

Известно, что эта статистика подчиняется распределению Фишера со степенями свободы $f_1 = T - 1$ и $f_2 = T(n-1)$

Задавая уровень значимости α (обычно $\alpha=0,05$), из таблицы распределения Фишера определим критическое значение $F^* = F_{\alpha}/f_1; f_2$ при выполнении неравенства $F < F^*$, предполагая, что фактор А не оказывает влияния на процесс, если выполняется неравенство $F > F^*$ – влияние фактора А значимо.

Для выявления влияния матриц (фактор А) на высоту деталей было произведено 20 запрессовок на каждой из 12 матриц, после чего у каждой из деталей была замерена высота. Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты эксперимента по определению влияния матриц (уровни фактора А) на высоту деталей

№ п/ п	Уровни фактора А j (=1,2,...12)											
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉	A ₁₀	A ₁₁	A ₁₂
1	108,30	108,30	108,25	108,55	108,75	108,45	108,10	108,40	108,85	108,85	108,50	108,50
2	108,70	108,85	108,50	108,60	108,65	109,00	108,55	108,70	108,80	108,90	108,90	10,50
3	108,40	108,75	108,40	108,80	108,55	109,20	109,05	108,90	108,60	108,60	108,60	108,90
4	108,30	108,75	108,45	108,85	108,90	109,00	108,85	108,50	108,40	109,10	108,60	108,60
5	109,00	109,20	109,00	109,20	109,25	109,55	109,2	108,70	109,20	109,55	109,15	109,10
6	108,25	108,85	108,35	108,85	108,50	108,85	108,75	108,20	108,50	109,30	108,65	109,75
7	109,05	109,10	108,80	109,25	109,25	109,50	108,95	108,9	109,25	109,4	109,25	108,85
8	108,90	109,00	108,45	109,15	109,00	109,40	108,85	109,10	109,10	109,45	109,00	109,25
9	109,00	108,85	108,50	108,55	108,80	109,00	108,80	108,50	108,70	109,30	108,80	109,00
10	108,80	109,10	108,20	108,55	109,15	109,50	109,25	108,50	108,80	109,65	108,95	109,05
11	108,75	109,10	108,25	108,70	109,00	109,35	109,05	1093,30	108,75	109,35	108,95	108,95
12	108,90	109,10	108,85	109,00	109,05	109,04	109,05	108,90	109,30	108,95	109,05	109,10
13	109,05	109,05	108,90	109,10	109,10	109,35	109,20	108,95	109,00	109,40	109,10	109,15
14	108,85	109,00	108,60	109,10	108,80	109,25	109,00	108,75	109,00	109,25	109,05	109,05
15	108,90	109,05	108,75	108,90	108,9	109,25	108,95	108,80	108,80	109,2	18,95	109,75
16	108,65	108,80	108,2	108,75	109,10	109,35	108,40	108,60	109,00	109,10	108,75	108,90
17	109,00	109,25	108,50	109,05	109,00	109,30	109,00	109,25	109,00	109,25	109,00	109,10
18	109,10	109,30	108,50	109,05	109,45	109,75	108,75	108,90	109,40	109,05	109,25	109,75
19	108,85	109,40	108,50	109,10	109,40	109,80	108,75	109,00	109,60	110,00	109,10	109,45
20	109,10	109,20	108,95	109,15	109,10	109,75	109,00	109,05	109,30	109,45	109,20	109,35
$\bar{X}_j$	108,80	109,00	108,55	108,95	109,00	109,30	108,85	108,80	108,95	109,30	108,95	109,00
$\bar{X}_j \quad (j=1,...12)$												

На основании данных, приведенных в таблице 2, общая средняя арифметическая высота по всем замерам $\bar{H} = 108,95$ мм. Используя данные таблицы 2, по формуле (6) получим: $Q_0 = 17,025$ и $Q_A = 9,35$.

Значение статистики Фишера, вычисленное по формуле (9), ставило $F = 11,38$. Критическое значение статистики Фишера составило $F^* = 0,05/11,228 = 1,79$.

Поскольку $F > F^*$, то можно сделать вывод о существенном влиянии матриц на высоту деталей. Посредством применимости рангового критерия Дункана было установлено, что наибольшее отличие отмечается в деталях, изготовленных в формате матриц 3 и 9, 10. Последующее обследование прессового оборудования показало, что различие высот деталей, изготовленных в разных матрицах, обуславливалось ошибочной установкой ограничителей на выходные параметры готовой продукции. Устранение этой причины помогло значительно уменьшить процент несоответствующих деталей по высоте.

Рассмотрим пример применения трехфакторного дисперсионного анализа для оценки факторов, влияющих на процесс прессования деталей, включая давление прессования, величину навески и высоту деталей. С этой целью был проведен эксперимент посредством выбора продукта с разной дисперсностью, из которого прессовались детали при различных давлениях прессования и навесках продукта. У изготовленных деталей были замерены высоты с точностью до 0,05 мм.

Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Поскольку целью эксперимента было выявление влияния факторов процесса на высоту деталей, в таблице 3 не приводятся истинные значения факторов. Уровни их значений условно обозначены значками P_i , G_i , L_i .

На основании данных экспериментов были рассчитаны суммы квадратов центральных отклонений, вызываемых соответствующими факторами дисперсии.

Результаты расчетов для трехфакторного дисперсионного анализа приведены в таблице 4, где символами Q_L , Q_P , Q_G обозначены суммы квадратов отклонений высот, вызываемых действием соответствующих факторов процесса, а символами Q_{LP} , Q_{LG} , Q_{LPG} – суммы квадратов отклонений, вызываемых взаимодействием факторов.

Таблица 3 – Результаты расчетов для трехфакторного дисперсионного анализа с целью выявления влияния факторов процесса прессования на высоту деталей.

Факторы процесса прессования		Дисперсность							
		L_1				L_2			
		Давление прессования				Давление прессования			
		P_1		P_2		P_3		P_4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Навеска продукта	G_2	49,55	49,50	51,05	51,00	49,70	49,60	51,05	51,10
		49,30	49,50	50,75	50,90	49,65	49,55	50,95	51,00
		49,35	49,35	51,00	51,05	49,50	49,65	50,90	51,00
		49,25	49,40	51,00	50,90	49,65	49,60	51,00	50,90
		49,25	49,30	50,80	50,90	49,60	49,50	51,00	50,90
		49,25	49,25	50,90	50,90	49,60	49,50	50,95	50,80
	G_1	48,90	48,95	49,65	49,65	48,95	48,90	48,80	48,85
		48,80	48,85	49,55	49,50	48,95	48,90	48,90	48,75
		48,90	49,00	49,50	49,55	48,90	49,00	48,75	48,90
		49,00	48,90	49,50	49,50	49,00	49,00	48,95	48,85
		48,95	48,85	49,45	49,50	49,00	48,90	49,05	48,85
		48,95	48,90	49,45	49,45	48,95	49,05	48,85	49,00

Таблица 4 – Результаты экспериментов для трехфакторного дисперсионного анализа

Суммы квадратов отклонений	Дисперсии	Число степеней свободы	Дисперсионные отношения	Критическое значение критерия Фишера	Вид изменчивости
$Q_L = 0,81$	$D_L = 0,0085$	1	$F_L = 9,38$	$F^* = 3,95$	Дисперсность продукта
$Q_P = 71,76$	$D_P = 0,7554$	1	$F_P = 50,15$	$F^* = 3,95$	Давление прессования
$Q_G = 124,67$	$D_G = 1,3123$	1	$F_G = 77,17$	$F^* = 3,95$	Навеска продукта
$Q_{LG} = 4,16$	$D_{LG} = 0,0438$	1	$F_{LG} = 3,87$	$F^* = 3,95$	Взаимодействие
$Q_{LP} = 5,22$	$D_{LP} = 0,0549$	1	$F_{LP} = 4,14$	$F^* = 3,95$	Взаимодействие
$Q_{PG} = 34,80$	$D_{PG} = 0,3663$	1	$F_{LG} = 11,77$	$F^* = 3,95$	Взаимодействие
$Q_{LPG} = 1,16$	$D_{LPG} = 0,0122$	1	$F_{LPG} = 2,76$	$F^* = 3,95$	Взаимодействие
$Q_0 = 7,75$	$D_0 = 0,0816$	88	-	-	Неконтролируемые факторы

Таким образом, можно сделать вывод, что влияние каждого из

рассмотренных факторов на изменение высоты деталей является значимым при 95%-ом уровне доверия.

Заключение

Применение дисперсионного анализа при исследованиях технологических процессов прессования различных деталей в различных отраслях промышленности, в том числе и для авиационной промышленности, позволяет сравнительно быстро выявить факторы, оказывающие влияние на процесс, что особенно важно при его совершенствовании и регулировании.

Дисперсионный анализ позволяет значительно снизить трудоемкость проведения экспериментов при выявлении факторов, оказывающих влияние на процесс, по сравнению с обычными планами экспериментов.

Применение дисперсионного анализа позволяет уменьшить влияние неблагоприятных факторов на функционирование технологических процессов, что приводит к уменьшению несоответствующей продукции.

Библиографический список

- Амосов А. А. Вычислительные методы для инженеров / А. А. Амосов, Ю. А. Дубинский, Н. В. Копченова. М.: Высш. шк., 1994. 544 с.
- Андерсон Т. В. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 345 с.
- Антонов А. В. Оптимизация числа запасных элементов оборудования, важных для безопасности АЭС / А. В. Антонов, А. В. Пляскин, В. А. Чепурко // Методы менеджмента качества. 2001. № 8. С. 27-30.
- Бахвалов Н. С. Численные методы: т.1 / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. М.: Лаборатория знаний, 2020. 636 с.
- Боровикова О. В. Применение дисперсионного и ковариационного анализа в управлении качеством продукции // Вестник Белорусско-Российского университета. 2020. №4 (69). С. 125-132. DOI 10.53078/20778481_2020_4_125. EDN STOOXM.
- Васильева А. Б. Интегральные уравнения / А. Б. Васильева А. Б., Н. А. Тихонов. 2-е изд., стереотип. М.: Физматлит, 2002. 160 с.
- Венецкий И. Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе / И. Г. Венецкий, В. И. Венецкая. М.: Статистика, 1974. 61 с.
- Вентцель Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. 2-е изд. М.: Высшая школа. 2000. 480 с.
- Веснин В. Метод планирования циклических форсированных испытаний // НКК. 1995. №3. С. 3-8.
- Водовозова Ю. А. Применение однофакторного дисперсионного анализа к обработке результатов эксперимента / Ю. А. Водовозова, Л. М. Трошина // Наука, инновации, образование: актуальные вопросы XXI века: сборник статей V Международной научно-практической конференции, Пенза, 30 марта 2023 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. С. 10-13. EDN HAOUDS.
- Галкин В. И. Моделирование и оценка причин возникновения дефектов в процесс изотермической штамповки оребренных панелей из алюминиевых сплавов / В. И. Галкин, А. Р. Палтиевиц, А. Е. Шелест // Вестник Московского авиационного института. 2017. Т. 24. № 3. С. 170-178. EDN YTNZEJ.
- Гианулис Л. Прогноз ожидаемого числа возвратов отказавшей продукции при массовом производстве. На примере портативных телефонов // Методы менеджмента качества. 2000. №11. С. 38-41.
- Гирилович Н. В. Применение статистических методов при анализе несоответствий несоответствующей продукции в процессе производства / Н. В. Гирилович,

Г. В. Довгополая // *Литье и металлургия*. 2021. № 3. С. 40-45. DOI 10.21122/1683-6065-2021-3-40-45. EDN POAICU.

Калмыков В. В. Исследование статистических методов анализа технологических факторов при токарной обработке / В. В. Калмыков, О. С. Федорова, И. Е. Малышев // *Фундаментальные исследования*. 2017. №6. С. 48-52. EDN ZBMZJR.

Колмогоров А. Н. О логарифмически нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении // *Докл. АН СССР*. 1941. Т. 31. №2. С. 99.

Михальчук А. С. Дисперсионный анализ погрешностей технологических процессов микроэлектроники / А. С. Михальчук, Ю. А. Пичугин // *Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем*. 2017. С. 35-38. EDN ZWWEMJ.

Разработка методики оценки дисперсной среды сложного состава / В. В. Киреев, Д. М. Попов, С. А. Ратников, А. В. Грачев // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 1(24). С. 107-112. EDN OXIBGH.

References

- Amosov A. A., Dubinskiy Yu. A., Kopchenova N. V. (1994). *Computational methods for engineers*. Moscow: Higher School, 1994. 544 p. (In Russian)
- Anderson T. W. *Statistical time series analysis*. Moscow: Mir, 1976. 345 p. (In Russian)
- Antonov A. V., Plyaskin A. V., Chepurko V. A. (2001). Optimization of the number of spare parts of equipment important for NPP safety. *Quality management methods*. 8: 27-30. (In Russian)
- Bakhvalov N. S., Zhidkov N. P., Kobel'kov G. M. (2020). *Numerical methods: vol. 1*. Moscow: Knowledge Laboratory, 2020. 636 p. (In Russian)
- Borovikova O. V. (2020). Application of dispersion and covariance analysis in product quality management. *Bulletin of the Belarusian-Russian University*. 4(69): 125-132. (In Russian)
- Galkin V. I., Paltiyevich A. R., Shelest A. Ye. (2017). Modeling and assessment of the causes of defects in the process of isothermal stamping of ribbed panels made of aluminum alloys. *Bulletin of the Moscow Aviation Institute*. 24(3): 170-178. (In Russian)
- Gianulis L. (2000). Forecast of the expected number of returns of failed products during mass production. Using the example of portable phones. *Quality management methods*. 11: 38-41. (In Russian)
- Girilovich N. V., Dovgopolaya G. V. (2021). Application of statistical methods in the analysis of inconsistencies of inappropriate products in the production process. *Casting and metallurgy*. 3: 40-45. (In Russian)
- Kalmykov V. V., Fedorova O. S., Malyshev I. E. (2017). Study of statistical methods for analyzing technological factors in turning. *Fundamental research*. 6: 48-52. (In Russian)
- Kireyev V. V., Popov D. M., Ratnikov S. A., Grachev A. V. (2012). Development of a methodology for assessing a dispersed medium of complex composition. *Technique and technology of food production*. 1(24): 107-112. (In Russian)
- Kolmogorov A. N. (1941). On the logarithmically normal law of particle size distribution during crushing. *Docl. USSR Academy of Sciences*. 31(2): 99. (In Russian)
- Mikhal'chuk A. S., Pichugin Yu. A. (2017). Analysis of variance errors of technological processes of microelectronics. *Modeling and situational quality management of complex systems*. 35-38. (In Russian)
- Vasil'yeva A. B., Tikhonov N. A. (2002). *Integral equations*. 2nd ed., stereotype. Moscow: Fizmatlit, 2002. 160 p. (In Russian)
- Venetskiy I. G., Venetskaya V. I. (1974). *Basic mathematical and statistical concepts and formulas in economic analysis*. Moscow: Statistics, 1974. 61 p.
- Vesnina V. (1995). Method of planning cyclic forced tests. *NCC*. 3: 3-8. (In Russian)
- Vodovozova Yu. A., Troshina L. M. (2023). Application of one-factor analysis of variance to the processing of experimental results. *Science, innovation, education: current issues of the 21st century: collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference*. Penza: Science and Enlightenment (IP Gulyaev G. Yu.), 2023. pp. 10-13. (In Russian)
- Wentzel Ye. S., Ovcharov L. A. (2000). *Probability theory and its engineering applications*. 2nd ed. Moscow: Higher School, 2000. 480 p. (In Russian)

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 629.039.58

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_44

РАЗРАБОТКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ ПОДДЕРЖАНИЯ ИСПРАВНОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ РТ6А ПО ДАННЫМ АВИАПРЕДПРИЯТИЯ*

*Дмитрий Евгеньевич Строков^{1,2},
orcid.org/0009-0003-2882-0879,*

*Инженер по техническому обслуживанию авиационной техники по ПЭ и РО ОТК¹,
соискатель²*

¹ООО «АТЦ «Кубинка»;

*²Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
пр-кт им. газеты «Красноярский рабочий», 31
Красноярск, 660037, Россия
dmstr4727@gmail.com*

*Евгения Андреевна Ачкасова,
orcid.org/0000-0003-3636-5135,*

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
пр-кт им. газеты «Красноярский рабочий», 31
Красноярск, 660037, Россия
furmula@mail.ru*

*Оксана Геннадиевна Бойко,
orcid.org/0000-0002-5295-3191,*

*кандидат технических наук, доцент
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева,
пр-кт им. газеты «Красноярский рабочий», 31
Красноярск, 660037, Россия
bouko1962@yandex.ru*

Аннотация. В работе построена математическая модель изменения параметров авиационного двигателя для использования системы ЕСТМ (Engine Condition Trend Monitoring), что позволит выполнять техническое обслуживание воздушных судов иностранного производства в условиях санкционных ограничений на основе данных авиапредприятия. Построение математической модели выполнено на основе статистических данных технической эксплуатации двигателей РТ6А-114А за пятилетний период эксплуатации методом регрессионного анализа. Предложенное решение позволяет получить значения базовых параметров авиационного двигателя РТ6А-114А, в этом случае у оператора появляется возможность выполнять анализ тенденций изменения состояния двигателя самостоятельно без системы ЕСТМ. Главным преимуществом полученных результатов исследования является отсутствие зависимости оператора ВС от зарубежных сервисов оценки параметров двигателя. Технические службы авиапредприятия имеют

*Статья подготовлена по материалам магистерской диссертации: Строков Д. Е. Анализ альтернативных путей поддержания исправного состояния двигателей РТ6А по данным авиапредприятия. Красноярск.: ФГБОУ ВО «СибГУ им. ак. М.Ф. Решетнева». – 82 с.

возможность самостоятельно оценивать параметры двигателя. Одним из следующих этапов дальнейшей реализации использования системы ECTM в рамках авиационного предприятия является разработка программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс считывания параметров двигателя ВС, их анализ, соотнесение с данными эксплуатационно-технической документации двигателя и выдачу плана корректирующих действий в отношении двигателя и его компонентов.

Ключевые слова: авиационный двигатель, параметры, регрессионный анализ, базовые значения, техническое обслуживание.

DEVELOPMENT OF ALTERNATIVE WAYS TO MAINTAIN THE SERVICEABILITY OF PT6A ENGINES BASED ON THE AIRLINE DATA

*Dmitry E. Stokov,
orcid.org/0009-0003-2882-0879,
Aviation Maintenance Engineer for Avionics, Technical Control Department¹,
PhD student²*

¹LLC "Aviation Technical Center "Kubinka";
²Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt
Krasnoyarsk, 660037, Russia
dmstr4727@gmail.com

*Evgenia A. Achkasova,
orcid.org/0000-0003-3636-5135,
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt
Krasnoyarsk, 660037, Russia
furmula@mail.ru*

*Oksana G. Boyko,
orcid.org/0000-0002-5295-3191,
Candidate of Technical Sciences, associate professor
Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt,
Krasnoyarsk, 660037, Russia
bouko1962@yandex.ru*

Abstract. The authors constructed a mathematical model for changing the parameters of an aircraft engine for use in the ECTM (Engine Condition Trend Monitoring) system, which will allow for the maintenance of foreign-made aircraft under sanction restrictions based on the airline data.

The mathematical model was constructed with the regression analysis method on the basis of statistical data of PT6A-114A engines technical operation over a five-year operation period. The proposed solution allows the values of the basic parameters of the PT6A-114A aircraft engine to be obtained, the operator having the opportunity to independently analyze the trends of changes in the engine condition without the ESTM system. The main advantage of the obtained research results is independence of the aircraft operator on foreign engine parameter assessment services. The airline can assess the engine parameters independently. One of the next stages of further implementation of the ECTM system within the airline is the development of software that will automate the process of reading the aircraft engine parameters, conduct their analysis and correlate to the engine operation and maintenance documentation and issue a plan of corrective actions on the engine and its components.

Keywords: aircraft engine, parameters, regression analysis, basic values, maintenance.

Введение

Двигатель PT6A-114A является легким двигателем со свободной турбиной производства фирмы Pratt&Whitney в Канаде¹⁸. В двигателе установлены две независимые друг от друга турбины. Первая турбина обеспечивает вращение компрессора, который расположен в секции газогенератора, вторая турбина обеспечивает вращение воздушного винта через редуктор. Двигатель устанавливается на воздушные суда Cessna 208¹⁹.

Система ECTM (Engine Condition Trend Monitoring) – это система контроля состояния и тенденций изменения характеристик двигателя²⁰. Данная система устанавливается на воздушное судно и обеспечивает запись параметров двигателя как в ручном, так и в автоматическом режиме на постоянное запоминающее устройство²¹. В общем случае система включает в себя датчики, регистрирующие параметры и центральный блок, выполняющий сбор и хранение данных, выполняет сбор и хранение параметров двигателя в момент полета на крейсерском режиме. Оператор с определенной периодичностью выполняет списание данных параметров и отправку в аналитический центр. Данная система позволяет оперативно отслеживать изменения параметров двигателя и, как следствие, выполнять корректирующие действия. Главное преимущество данной системы – это возможность выявлять предотказное состояние двигателя и его компонентов, то есть предпринимать упреждающие меры до наступления момента отказа, влияющего на безопасность полетов, либо сопряженного с большими экономическими затратами на восстановление исправного состояния двигателя.

Датчики системы ECTM периодически регистрируют следующие значения параметров:

- а) ITT , температура газа между турбинами;
- б) N_g , обороты турбокомпрессора;
- в) W_f , мгновенный расход топлива;

Для турбовинтового двигателя PT6A-114A изменение данных параметров полностью характеризует его техническое состояние. Помимо этих параметров система регистрирует параметры, необходимые для внесения поправок:

- а) ALT , абсолютная высота полета;
- б) OAT , температура окружающего воздуха;
- в) IAS , воздушная скорость;
- г) N_p , обороты воздушного винта;

¹⁸ Pratt & Whitney Canada PT6A Turboprop Instruction Manual // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.manualslib.com/manual/812510/Pratt-And-Whitney-Canada-Pt6a-Turboprop.html> (дата обращения: 05.09.2022).

¹⁹ Cessna 208 Caravan I. Maintenance Training Manual // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.flightsafety.com/business-commercial/maintenance> (дата обращения: 05.09.2022).

²⁰ Engine Health monitoring User Guide. Version 9 // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.campsystems.com/engine-health-monitoring> (Дата обращения: 05.09.2022).

²¹ Enhancing Aircraft Engine Condition Monitoring // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667017457260> (дата обращения: 05.09.2022).

д) Tq , крутящий момент.

Архитектура системы ЕСТМ изображена на рисунке 1. С определенной периодичностью оператор воздушного судна производится списание параметров на персональный компьютер через диагностический разъем. Далее файл с параметрами передается через сеть интернет в аналитический центр *Camp* за рубеж. На основании анализа тенденции изменения каждого из определяющих параметров ITT , N_g , W_f , аналитический центр выдает заключение о необходимости выполнения действий, связанных с устранением причин отклонения параметров путем технического обслуживания.

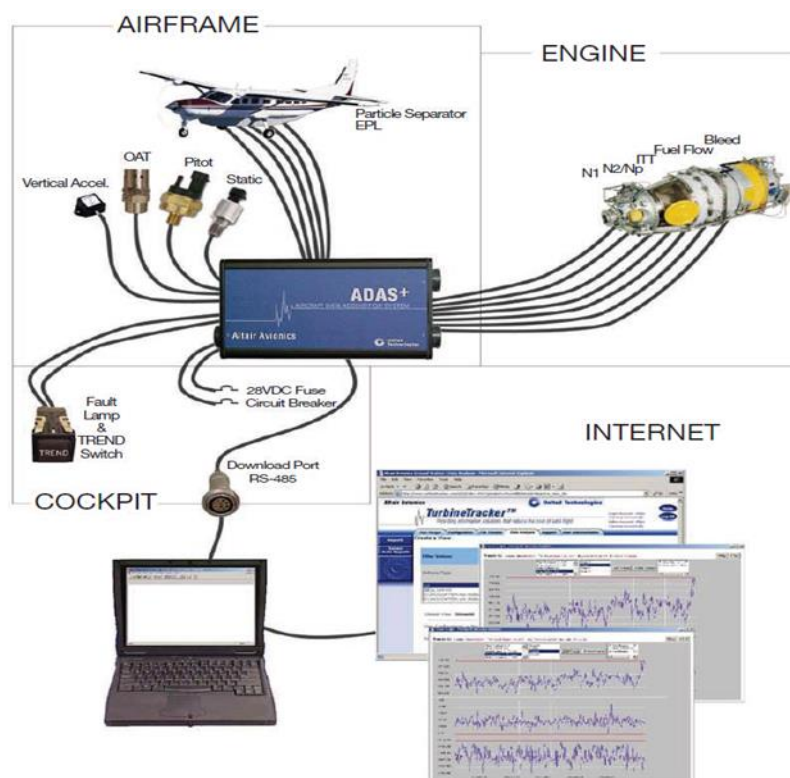


Рисунок 1 – Архитектура системы ЕСТМ (Engine Condition Trend Monitoring)

С введением санкционных ограничений в отношении России сервисы *Camp* больше не предоставляют такие услуги. Воздушные суда простаивают, что приносит экономический ущерб авиакомпаниям.

С момента производства двигателя, либо после прохождения капитального ремонта, во время эксплуатации параметры ITT , N_g , W_f имеют минимальное отклонение от своих теоретических значений ввиду отсутствия износа частей двигателя [Prisacariu et al., 2024]. Производитель двигателя во время его испытаний фиксирует начальные значения для параметров ITT , N_g , W_f при различных условиях, изменяя значения таких параметров, как ALT , OAT , IAS , N_p , Tq [Simukai et al., 2007]. Таким образом, формируется математическая модель изменения параметров двигателя, где на основании характера поведения ALT , OAT , IAS , N_p , Tq определяются значения базовых параметров ITT_{bas} , $N_{g_{bas}}$ и $W_{f_{bas}}$.

На рисунке 2 приведен пример отчета аналитической службы *Camp* о состоянии двигателя на основании анализа тенденций изменения его параметров ITT , N_g , W_f .

После прохождения двигателем капитального ремонта значения базовых параметров обновляются. Информация о значениях базовых параметров недоступна для операторов воздушных судов. Для технического обслуживания, в руководстве по технической эксплуатации²² двигателя PT6A-114A, приведен график зависимости параметров ITT , N_g , W_f от температуры окружающего воздуха OAT . Однако, такая зависимость применима только при условии опробования двигателя на земле с учетом фиксированных оборотов воздушного винта и крутящего момента двигателя, соответствующих взлетному режиму.



Рисунок 2 – Пример отчета аналитической службы *Camp* о состоянии двигателя на основании анализа тенденций изменения его параметров

Таким образом, для того, чтобы оператору воздушного судна самостоятельно выполнять анализ изменения параметров двигателя во время эксплуатации, для получения отклонений значений параметров ΔITT , ΔN_g и ΔW_f при каждом измерении, для принятия решения о проведении технического обслуживания или ремонта, необходимо располагать их базовыми значениями:

$$\Delta ITT(N_i) = ITT_{stab.cr}(N_i) - ITT_{bas}, \quad (1)$$

$$\Delta N_g(N_i) = N_{g,stab.cr}(N_i) - N_{g,bas}, \quad (2)$$

²² Pratt & Whitney Canada PT6A Turboprop Instruction Manual // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.manualslib.com/manual/812510/Pratt-And-Whitney-Canada-Pt6a-Turboprop.html> (дата обращения: 05.09.2022).

$$\Delta Wf(N_i) = Wf_{stab.cr}(N_i) - Wf_{bas}, \quad (3)$$

где N_i ($i=1, 2, 3, \dots$) порядковый номер измерения, индекс «*stab.cr*» – значение каждого параметра на установившемся крейсерском режиме полета; «*bas*» – базовое значение параметра, полученное при испытании двигателя при производстве.

Дискуссия

Вопрос дальнейшей эксплуатации воздушных судов иностранного производства в России стал актуальным после введения ограничений со стороны производителей авиационной техники на поставку компонентов, технической документации, технического сопровождения и прочих услуг, связанных с поддержанием летной годности авиационной техники. В связи с тем, что переход на эксплуатацию воздушных судов отечественного производства не представляется возможным реализовать за короткий промежуток времени [Ачкасова и др., 2023], а текущие потребности экономики государства в воздушных перевозках необходимо удовлетворять, возникает необходимость в разработке комплекса мер, направленных на продолжение безопасной эксплуатации текущего парка воздушных судов иностранного производства. Очевидно, что помимо обеспечения безопасности полетов имеет значение экономическая составляющая вопроса, так как поставщики услуг и компонентов, продолжающие работать с российскими авиакомпаниями и организациями по техническому обслуживанию и ремонту, формируют ценовую политику исходя из возросших рисков [Исследование проблем ..., 2023; Каус и др., 2023].

Среди прочего, ограничения коснулись сервисов, позволяющих автоматизировать диспетчеризацию процессов технического обслуживания – отслеживать ресурсы и сроки службы компонентов, прогнозировать сроки очередных форм исходя из суточного налета, отслеживать применимость и сроки выполнения бюллетеней и авиационных директив. Помимо этого, такие сервисы имеют функции отслеживания технического состояния авиационных двигателей на основе данных, которые оператор воздушного судна периодически передает в аналитическую службу сервиса. Одним из примеров такого сервиса является *Camp*, основное назначение которого – управление процессом технического обслуживания. Данный сервис предоставляется по подписке через онлайн-платформу в сети интернет. После введения ограничений на территории России данный сервис не предоставляет услуги. В настоящее время диспетчеризация процесса технического обслуживания продолжает выполняться производственно-диспетчерским отделом оператора. При этом, анализ параметров двигателей осложняется из-за отсутствия возможности отправлять их в аналитическую службу *Camp*.

Разработка комплекса мер, позволяющих обосновывать решение о летной годности авиационного двигателя иностранного производства, в условиях санкционных ограничений, на основе статистических данных авиапредприятия является весьма актуальной задачей.

Материалы и методы

Постановка задачи исследования. Одним из вариантов решения проблемы отсутствия базовых значений, для получения отклонений ΔITT , ΔN_g и ΔW_f при каждом измерении, для оператора может являться опора на значения параметров, получаемых во время эксплуатации без учета их базовых значений. Данный способ имеет значительные недостатки. В случае, если у оператора отсутствует статистика параметров за предыдущий период эксплуатации двигателя, потребуется определенное время, чтобы ее накопить. В таком случае удастся сравнивать параметры за текущий и предыдущий периоды эксплуатации без учета того факта, что двигатель имеет определенный износ и его параметры имеют существенное отклонение от базовых.

Вторым вариантом решения, рассмотренным в работе, является попытка определять базовые значения на основе сохранившейся статистики измеренных параметров для $Camr$ за длительный период эксплуатации по конкретной авиакомпании. Кроме того, в такой статистике присутствуют значения ΔITT , ΔN_g и ΔW_f для каждого значения ITT , N_g , W_f , измеренного во время полета. Таким образом, выражения для базовых значений параметров примут следующий вид:

$$ITT_{bas} = ITT_{stab.kr}(N_i) - \Delta ITT(N_i) \quad (4)$$

$$Ng_{bas} = Ng_{stab.cr}(N_i) - \Delta Ng(N_i) \quad (5)$$

$$Wf_{bas} = Wf_{stab.cr}(N_i) - \Delta Wf(N_i) \quad (6)$$

где $ITT_{stab.cr}$, $Ng_{stab.cr}$ и $Wf_{stab.cr}$ – стабилизированные параметры, измеренные при полете на крейсерском режиме

Решение поставленной задачи позволит получить значения базовых параметров, в этом случае у оператора появится возможность выполнять анализ тенденций изменения состояния двигателя самостоятельно без услуг системы ЕСТМ.

Метод решения поставленной задачи. Поставленная задача в работе решена с использованием метода Регрессионного анализа, позволяющего формализовать математические модели некоторых объектов или явлений на основе статистических данных экспериментов или наблюдений [Вучков и др., 1987]. Модели регрессионного анализа с успехом используются в решении практических задач. Эти модели представляют собой определенные математические соотношения между показателями работы объекта или характеристиками наблюдаемого явления ($y_1, y_2, \dots, y_n$), которые являются зависимыми переменными, и обуславливающими их величинами ($x_1, x_2, \dots, x_m$), которые являются независимыми переменными, где n, m – размерности векторов наблюдаемых и входных переменных соответственно [Венцель, 1962; Дрейпер и др., 1986].

Существует большое число различных регрессионных моделей, где всегда присутствуют некоторые коэффициенты $[\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k]$, которые определяются по экспериментальным данным. В зависимости от того, как эти коэффициенты входят в уравнение регрессии, модели делятся на линейные и нелинейные по параметрам [Демиденко, 1981]. В общем случае, линейную модель можно записать в следующем виде:

$$y = h + \varepsilon = \sum_{i=1}^n \beta_i f_i(x_1, x_2, \dots, x_m) + \varepsilon \quad (7)$$

где $f_i(x_1, x_2, \dots, x_m)$ – произвольные функции факторов, не включающие неизвестных коэффициентов $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$, ε – случайное возмущение.

Как было указано ранее, для определения параметров ITT, Ng, Wf (y_1, y_2, y_3) исходными параметрами ($x_1, x_2, \dots, x_5$) являются значения ALT, OAT, IAS, Nr, Tq , и эту зависимость можно представить в следующем виде:

$$f(ALT, OAT, IAS, Nr, Tq) = ITT_{bas}, \quad (8)$$

$$f(ALT, OAT, IAS, Nr, Tq) = Ng_{bas}, \quad (9)$$

$$f(ALT, OAT, IAS, Nr, Tq) = Wf_{bas}. \quad (10)$$

Таким образом, для нахождения базовых параметров в работе использованы выражения (4), (5), и (6). Однако, задача по нахождению базовых значений определяющих параметров усложняется тем, что их значения представляют собой функцию, зависящую от пяти аргументов [Palkin, 2018; Boyko et al., 2012].

Первичная обработка статистических данных. Ввиду того, что сервис *Camr* позволял выгрузить значения параметров за длительный период эксплуатации двигателя, статистика по Δ -значениям (отклонениям) параметров, независимым параметрам ALT, OAT, IAS, Nr, Tq и измеренным параметрам $ITT_{stab.cr}, Ng_{stab.cr}$ и $Wf_{stab.cr}$ – собрана в достаточном объеме. Для параметров ITT и Ng массивы статистических данных созданы на основании 948 измерений в период с июля 2017 по октябрь 2021 по X бортам конкретной авиакомпании. Для параметра Wf имеются данные по 942 измерениям за тот же период.

Статистические данные были сведены в общую таблицу, где каждая строка соответствует однократному измерению совокупности параметров. Столбцы в таблице соответствуют измеренным значениям следующих параметров:

1. *DateTime*, – дата и время измерения параметров;
2. *EventName*, – наименование события. В данную выборку вошли только измерения параметров во время крейсерского режима полета. Это соответствует пометке «Cruise Trend» в каждой строке;
3. *Nf Reason*, – столбец, в котором указывается причина, по которой данная строка должна быть исключена из выборки;
4. *ISPREFFERED*, – столбец, содержащий две буквы – либо «Y», либо «N». Буква «N» обозначает, что данную строку нельзя рассматривать для дальнейших вычислений. Напротив строки с буквами «N» поля *NfReason* всегда содержат указание причины;
5. ΔNg , (%), – столбец, содержащий значения разности измеренного значения оборотов турбокомпрессора и базового, соответствующего математической модели;
6. Nr , (%), – столбец, содержащий значения параметра оборотов воздушного винта;

7. Tq , (PSI), – столбец, содержащий значения параметра крутящего момента на выходном валу двигателя. Размерность – фунт на квадратный дюйм, что характеризует давление в полости редуктора, подаваемое на датчик измерения крутящего момента;

8. ΔITT , ($^{\circ}C$), – столбец, содержащий значения разности измеренного значения температуры газов между турбинами и базового, соответствующего математической модели;

9. ΔWf , (PPH), – столбец, содержащий значения разности измеренного значения мгновенного расхода топлива и базового, соответствующего математической модели. Размерность – фунты в час;

10. Wf , (PPH), – столбец, содержащий значения измеренного мгновенного расхода топлива. Размерность – фунты в час;

11. TAT , ($^{\circ}C$), – столбец, содержащий значения измеренной температуры заторможенного потока воздуха;

12. ITT , ($^{\circ}C$), – столбец, содержащий значения измеренной температуры между турбинами;

13. SAT , ($^{\circ}C$), – столбец, содержащий значения температуры неподвижного воздуха;

14. $P.ALT$, (ft), – столбец, содержащий значения измеренной барометрической абсолютной высоты. Размерность – футы;

15. IAS , (Kts), – столбец, содержащий значения измеренной воздушной скорости. Размерность – узлы;

16. $MACH$, – столбец, содержащий значения числа Маха;

17. Ng , (%), – столбец, содержащий значения измеренных оборотов турбокомпрессора;

18. $IOAT$, ($^{\circ}C$), – столбец, содержащий значения измеренной температуры наружного воздуха;

19. $ParticleSeparator$, – столбец, содержащий значения «0», либо «1» в зависимости от положения сепаратора.

В первую очередь, из всей выборки исключены те строки, которые могут негативно отразиться на точности математической модели [Sanjay, 2013]. В данном случае число таких строк – 31, что составило приблизительно 3 % от общего числа позиций. В большинстве случаев причиной стали значения N_r и $MACH$, лежащие вне допустимого диапазона в результате воздействия возмущений внешней среды и суммарных погрешностей измерения.

Учтено, что в период эксплуатации ВС, в результате неисправности системы измерения расхода топлива, измеренное значение W_f было вне допустимого диапазона, что составляло в среднем 600 % PPH. Соответственно, при составлении уравнения для вычисления $W_{f_{bas}}$ только 6 строк с недостоверным параметром W_f исключены из выборки. Остальные параметры находились в диапазонах допустимых значений.

При выгрузке с воздушного судна параметров N_r и Tq , для корректности использования в математической модели, эти величины переведены в соответствии с выражениями:

$$Np[RPM]=\frac{Np[\%]1900}{100}, \quad (11)$$

$$Tq[Ft\cdot Lbs]=Tq[PSI]35,22, \quad (12)$$

где 1900 – максимальное допустимое значение оборотов воздушного винта, которому соответствует N_p , равное 100%;

35,22 – коэффициент для перевода крутящего момента из [PSI] в [Ft·Lbs], приведенный в руководстве по технической эксплуатации.

Важным этапом при обработке данных было выявление величин, связанных друг с другом определенной зависимостью, то есть обладающих высокой корреляцией. Например, величины TAT , SAT и $IOAT$ так или иначе являются характеристиками температуры окружающей среды [Yashovardhan et al., 2013]. Величины TAT и SAT имеют следующее соотношение [Цховребов и др., 2005]:

$$\frac{TAT}{SAT}=1+\frac{\gamma-1}{2}M^2 \quad (13)$$

где M – число Маха, γ – показатель адиабаты (коэффициент Пуассона).

Различие между величинами TAT и SAT составляет около 2-3 °C. Фактически, TAT – температура, измеряемая датчиком температуры наружного воздуха, и она всегда больше температуры SAT , так как кинетическая энергия заторможенного воздуха преобразуется во внутреннюю энергию. В результате сжатия воздуха происходит адиабатическое повышение температуры. Таким образом, величина SAT вычисляется при известной температуре заторможенного потока воздуха и числе Маха. Величина $IOAT$ является округленной в сторону уменьшения величиной TAT и отображающейся в кабине пилотов. Таким образом, точно известно, что величины TAT , SAT и $IOAT$ связаны определенным соотношением. Это значит, что они имеют высокую корреляцию, то есть мультиколлинеарны. Использование мультиколлинеарных входных величин в линейной регрессионной модели приводит к неопределенности параметров. Следовательно, в модели была выбрана и оставлена только величина TAT , так как она является результатом прямого измерения, а не косвенного, как в случае с SAT , а, следовательно, имеет наименьшую погрешность [Bulent, 2024]. К тому же, как уже было сказано, величина $IOAT$ является округленной в сторону уменьшения величиной TAT , а значит, имеет меньшую точность.

Параметрами, связанными друг с другом через определенную зависимость, являются также IAS и $MACH$. Зависимость имеет следующий вид [Теория авиационных..., 2012]:

$$MACH=\frac{IAS}{a}, \quad (14)$$

где a – скорость звука.

Таким образом, параметры IAS и $MACH$ также являются мультиколлинеарными. Для построения регрессионной модели в выборку включен параметр IAS , поскольку является результатом прямого измерения воздушной скорости.

Значения в столбце «Particle Separator» для всей выборки равны «0», так как все измерения производились при закрытом сепараторе. Однако, нет необходимости исключать дополнительные строки из итоговой выборки, так как открытый сепаратор влияет на параметры двигателя.

После обработки данных исходной таблицы и соответствующих вычислений сформированы таблицы соответствий входных и выходных параметров. Примеры соответствий приведены в таблицах 1, 2 и 3:

Таблица 1 – Соответствие входных параметров выходному ITT_{bas}

№	N_p , RPM (X_1)	T_q , Ft·Lbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$ITT_{баз.}$, °C (y_1)
1	1895,44	1366,888	-0,22	10012	131,8	639,56
2	1750,09	1553,906	2,79	9020	134,6	652,1
3	1755,03	1492,976	-0,23	10008	131	661,43
...	...	...	...	...	...	...
948	1800,06	1391,19	-9,86	9024,8	134	593,61

Таблица 2 – Соответствие входных параметров выходному Wf_{bas}

№	N_p , RPM (X_1)	T_q , Ft·Lbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$Wf_{баз.}$, PPH (y_2)
1	1895,44	1366,8882	-0,22	10012	131,8	305,65
2	1750,09	1553,9064	2,79	9020	134,6	332,63
3	1755,03	1492,9758	-0,23	10008	131	319,94
...	...	...	...	...	...	...
942	1800,06	1391,19	-9,86	9024,8	134	310,3

Таблица 3 – Соответствие входных параметров выходному Ng_{bas}

№	N_p , RPM (X_1)	T_q , FtLbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$Ng_{баз.}$, % (y_3)
1	1895,44	1366,8882	-0,22	10012	131,8	92,1
2	1750,09	1553,9064	2,79	9020	134,6	93,57
3	1755,03	1492,9758	-0,23	10008	131	93,22
...	...	...	...	...	...	...
948	1800,06	1391,19	-9,86	9024,8	134	90,9

Данные таблицы приведены к виду, позволяющему построить матрицу входных и выходных характеристик исследуемого объекта. Для каждой таблицы справедливы следующие соответствия выражений: (8) – для табл. 1, (9) – для табл. 2, (10) – для табл. 3.

Далее параметры в таблицах 1, 2 и 3 анализировались с использованием методов описательной статистики [Венцель, 1962; Шаймарданов и др., 2012]. Для этого определялись: минимальное значение (x_{min}), максимальное значение (x_{max}), среднее арифметическое значение параметра, среднее квадратичное отклонение, медиана и асимметрия. Для построения гистограмм законов

распределения определяющих и определяемых параметров вычислялось количество интервалов n и их длины h .

Полученные результаты отображены в таблице 4.

Таблица 4 – результаты вычисления характеристик статистических данных

	N_p , RPM (X_1)	T_q , FtLbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$ITT_{баз.}$, °C (y_1)	$W_{f_{баз.}}$, PPH (y_2)	$N_{g_{баз.}}$, % (y_3)
x_{min}	1649,96	1075,27	-35,27	722,40	114,00	497,55	261,09	83,79
$\bar{x}$	1825,89	1451,99	-3,68	7969,44	136,86	614,08	325,7120 4	91,736761
x_{max}	1900,00	1766,99	26,62	12960,0 0	153,00	707,18	377,48	97,23
σ	73,4648	103,074	11,30 3	2852,30 7	5,1122	40,923	15,48057 1	2,4573083
Медиана	1873,21	1460,57	-3,42	9020,00	137,00	616,09	326,45	92,02
A_s	-0,84035	-0,2196	0,111 3	- 0,93236	-0,6953	-0,3909	- 0,154613 7	-0,5053723
n	11	11	11	11	11	11	11	11
h	22,73	62,88	5,63	1112,51	3,55	19,06	10,58090 9	1,2218181

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать промежуточный вывод, что наибольшую асимметрию A_s имеют параметры N_p и ALT . С точки зрения летной эксплуатации ВС – это преимущественно полеты на крейсерском режиме на высотах 9000 футов и выше с оборотами воздушного винта более 1850 RPM, что соответствует положению ручки управления оборотами (РУД) воздушного винта в максимальном положении.

При исследовании параметров, для понимания того, что представляет собой выборка (на каких высотах, режимах работы двигателя выполнялись полеты ВС), построены гистограммы законов распределения для рассматриваемых параметров (рис. 3).

Для построения гистограмм распределения определялись частоты попадания значений параметров в каждый интервал. Далее строились гистограммы законов распределения для каждого параметра [Венцель, 1962].

Исследование показало, что преимущественно параметры соответствовали крейсерскому режиму полета, что является необходимым условием для определения состояния двигателя (режимы в этом случае – установившиеся).

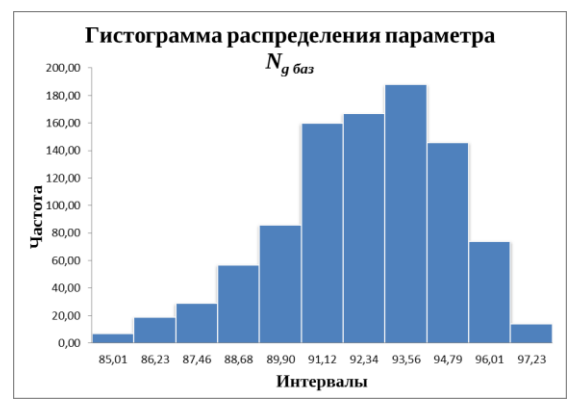
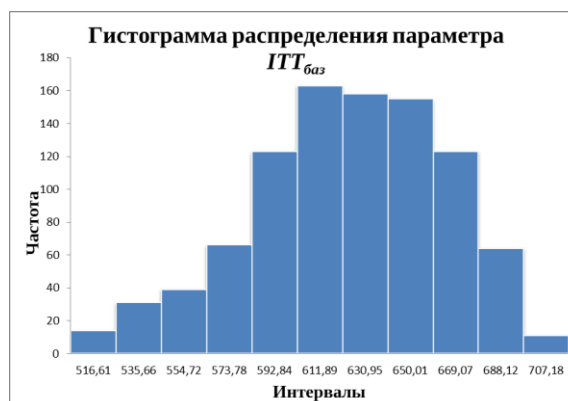
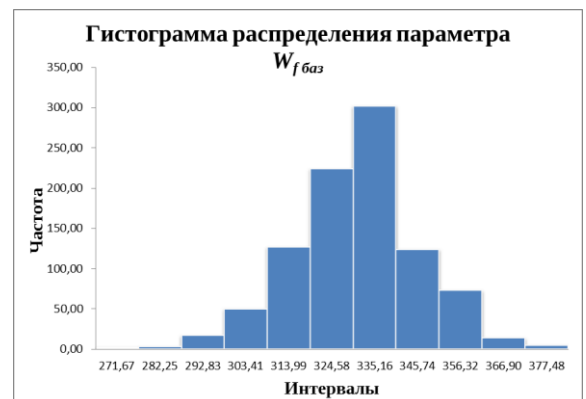
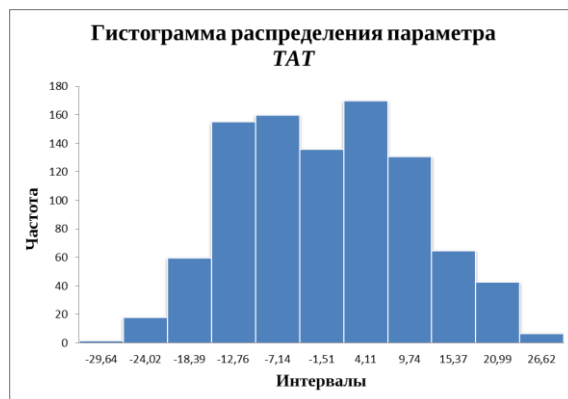
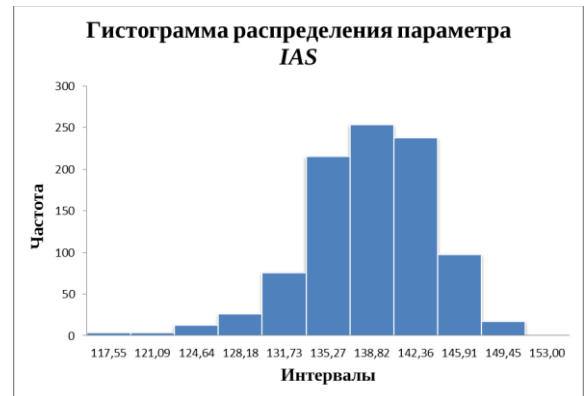
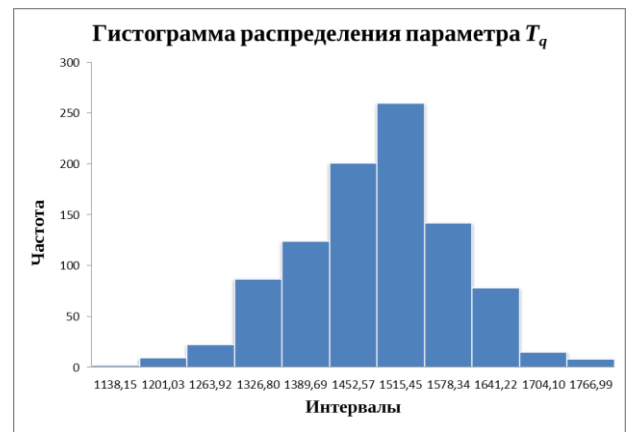


Рисунок 3 – Гистограммы распределения исследуемых параметров для анализа

Построенные гистограммы позволили выполнить анализ характера распределения параметров по каждой выборке. Согласно руководству по летной эксплуатации ВС Cessna 208B Grand Caravan²³, при полете на крейсерском режиме необходимо не допускать изменения максимальной температуры между турбинами больше значения 740°C и максимального крутящего момента для крейсерского режима в зависимости от высоты и температуры окружающего воздуха. В руководстве указано, что «для достижения наибольшего показателя отношения морских миль к 1000 фунтов топлива необходимо выполнять полеты на больших высотах».

Так, например, при полете на высоте 5000 футов на максимальном крейсерском режиме удастся преодолеть 410 морских миль, израсходовав 1000 фунтов топлива. При полете на высоте 10000 футов на том же режиме удастся преодолеть 460 миль при том же количестве израсходованного топлива. Так или иначе, выбор режима полета осуществляется в зависимости от поставленных задач – либо полет выполняется при установке РУД на более низкую мощность двигателя, но при этом удастся преодолеть большее расстояние. Либо РУД устанавливается на более высокий режим, что соответствует большей скорости, но меньшему пройденному расстоянию при том же расходе топлива. В обоих приведенных случаях наиболее оптимальный режим будет связан с выбором более высокого эшелона полета.

Анализируя полученные гистограммы, можно сделать некоторые выводы о выборке параметров. Основываясь на данных гистограмм, построена таблица 5, где представлены интервалы значений с наибольшим числом попаданий параметров.

Таблица 5 – Интервалы параметров с наибольшими частотами

ALT, Feet	N _p , RPM	T _q , FtLbs	IAS, Kts	W _{f баз} , PPH	ITT _{баз.} , °C	N _{g баз} , %	TAT, °C
9622-10735	1877 – 1900	1452-1515	131,7-142,4 KTAS: 158-170,9	324,6-335,1	593-650	89,9-93,6	От -1,4 до +4

Далее, для определения степени зависимости параметров друг от друга, чтобы исключить мультиколлинеарные величины и величины с минимальной зависимостью друг от друга из линейных уравнений регрессии, выполнен корреляционный анализ [Вучков и др., 1987]. Интенсивность связи между обоими переменными у и х определялась коэффициентами корреляции r_{yx} . Коэффициент корреляции вычислялся по выражению:

$$r_{yx} = \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{\sqrt{(N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i)(N \sum_{i=1}^N y_i^2 - \sum_{i=1}^N y_i \sum_{i=1}^N y_i)}} \cdot N \quad (15)$$

²³ Cessna Model 208 Maintenance Manual // [Электронный ресурс]. – URL: <https://txtav.com/en/service/customer-portal> (дата обращения: 05.09.2024).

Коэффициент r_{yx} принимает значения от -1 до 1. Нулевое значение коэффициента характеризует отсутствие зависимости между переменными. Значения -1 и 1 характеризуют обратную и прямую зависимости между переменными соответственно.

Используя выражение (15) для зависимых и независимых значений из таблиц 1, 2 и 3, построены корреляционные матрицы (табл. 6, 7, 8).

Таблица 6 – Корреляционная матрица для параметров из таблицы 1

	N_p , RPM (X_1)	T_q , FtLbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$ITT_{баз.}$, °C (y_1)
N_p , RPM (X_1)	1,000	-0,324	-0,001	-0,089	0,215	-0,036
T_q , FtLbs (X_2)	-0,324	1,000	-0,183	0,359	0,621	0,575
TAT , °C (X_3)	-0,001	-0,183	1,000	-0,441	-0,228	0,188
ALT , Feet (X_4)	-0,089	0,359	-0,441	1,000	-0,116	0,686
IAS , Kts (X_5)	0,215	0,621	-0,228	-0,116	1,000	0,069
$ITT_{баз.}$, °C (y_1)	-0,036	0,575	0,188	0,686	0,069	1,000

Анализируя приведенные в таблице 6 коэффициенты корреляции можно сделать вывод, что базовое значение температуры газа между турбинами ITT_{bas} практически не зависит от оборотов воздушного винта N_p и воздушной скорости IAS – коэффициенты корреляции имеют значения, близкие к нулю. Зависимость между параметрами температуры газа между турбинами и температуры наружного воздуха TAT – слабая, так как коэффициент корреляции приблизительно равен 0,2. В то же время наличие зависимости можно объяснить тем, что увеличение температуры воздуха, поступающего в двигатель, имеет влияние на температуру газов, так как часть этого воздуха подается в камеру сгорания для образования топливно-воздушной смеси, другая часть обдувает жаровую трубу. Соответственно, увеличение температуры наружного воздуха приводит к некоторому увеличению температуры газа между турбинами (коэффициент корреляции – положительный). Наибольшую зависимость параметр ITT_{bas} имеет от крутящего момента T_q и высоты полета ALT – коэффициенты корреляции 0,58 и 0,69 соответственно. Данную зависимость можно объяснить тем, что значение крутящего момента T_q является характеристикой установленного режима работы двигателя. При увеличении режима работы двигателя посредством РУД количество подаваемой топливно-воздушной смеси в камеру сгорания увеличивается, в то же время увеличивается и угол установки лопастей воздушного винта – крутящий момент увеличивается вместе с ростом температуры газа между турбинами. В то же время, при увеличении высоты полета ALT снижается плотность воздуха, поступающего в камеру

сгорания двигателя, – это приводит к увеличению температуры газа между турбинами.

Таблица 7 – Корреляционная матрица для параметров из таблицы 2

	N_p , RPM (X_1)	T_q , FtLbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$W_{f\text{ баз}}$, PPH (y_2)
N_p , RPM (X_1)	1,000	-0,324	-0,001	-0,089	0,215	-0,004
T_q , FtLbs (X_2)	-0,324	1,000	-0,183	0,359	0,621	0,868
TAT , °C (X_3)	-0,001	-0,183	1,000	-0,441	-0,228	-0,027
ALT , Feet (X_4)	-0,089	0,359	-0,441	1,000	-0,116	0,047
IAS , Kts (X_5)	0,215	0,621	-0,228	-0,116	1,000	0,757
$W_{f\text{ баз}}$, PPH (y_2)	-0,004	0,868	-0,027	0,047	0,757	1,000

В таблице 7 параметр мгновенного расхода топлива $W_{f\text{ баз}}$ имеет низкую зависимость от параметров N_p , TAT , ALT – коэффициенты корреляции имеют значения, близкие к нулю. Для параметров T_q и IAS коэффициенты корреляции с параметром $W_{f\text{ баз}}$ составляют 0,87 и 0,76 соответственно. Как было сказано выше, параметр T_q является характеристикой установленного РУД режима работы двигателя. Очевидно, что при увеличении режима работы расход топлива также будет увеличиваться – между параметрами прямая зависимость. Воздушная скорость IAS является косвенной характеристикой режима работы двигателя. В таблице 7 коэффициент корреляции между параметрами T_q и IAS равен 0,62. Таким образом, при увеличении воздушной скорости мгновенный расход топлива также будет увеличиваться.

Таблица 8 – Корреляционная матрица для параметров из таблицы 3

	N_p , RPM (X_1)	T_q , FtLbs (X_2)	TAT , °C (X_3)	ALT , Feet (X_4)	IAS , Kts (X_5)	$N_{g\text{ баз}}$, % (y_3)
N_p , RPM (X_1)	1,000	-0,324	-0,001	-0,089	0,215	-0,116
T_q , FtLbs (X_2)	-0,324	1,000	-0,183	0,359	0,621	0,662
TAT , °C (X_3)	-0,001	-0,183	1,000	-0,441	-0,228	0,209
ALT , Feet (X_4)	-0,089	0,359	-0,441	1,000	-0,116	0,660
IAS , Kts (X_5)	0,215	0,621	-0,228	-0,116	1,000	0,122
$N_{g\text{ баз}}$, % (y_3)	-0,116	0,662	0,209	0,660	0,122	1,000

В таблице 8 параметр базового значения оборотов турбокомпрессора $N_{g\text{ баз}}$ имеет слабую зависимость от параметров N_p , TAT , IAS – коэффициенты корреляции -0,12, 0,21 и 0,12 соответственно. Сильная зависимость от параметров T_q и ALT – коэффициенты корреляции 0,66. Величина оборотов турбокомпрессора зависит от установленного рабочего режима двигателя, таким образом, она будет иметь сильную зависимость от параметра T_q . Зависимость параметра $N_{g\text{ баз}}$ от высоты полета ALT объясняется тем, что при

увеличении высоты полета плотность воздуха, поступающего в камеру сгорания, снижается.

Полученные значения корреляции согласуются с графиком из руководства по технической эксплуатации двигателя.

Построение линейных уравнений регрессии. Исходя из теории регрессионного анализа, задача построения линейных уравнений регрессии сводится к нахождению коэффициентов $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ и β_5 для следующих трех уравнений:

$$ITT_{bas} = \beta_0 + \beta_1 \cdot N_p + \beta_2 \cdot T_q + \beta_3 \cdot TAT + \beta_4 \cdot ALT + \beta_5 \cdot IAS \quad (16)$$

$$Wf_{bas} = \beta_0 + \beta_1 \cdot N_p + \beta_2 \cdot T_q + \beta_3 \cdot TAT + \beta_4 \cdot ALT + \beta_5 \cdot IAS \quad (17)$$

$$Ng_{bas} = \beta_0 + \beta_1 \cdot N_p + \beta_2 \cdot T_q + \beta_3 \cdot TAT + \beta_4 \cdot ALT + \beta_5 \cdot IAS \quad (18)$$

В таблице 9 представлены вычисленные значения коэффициентов $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ и β_5 для уравнений искомых базовых значений параметров.

Таблица 9 – Значения коэффициентов $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ и β_5 для уравнений базовых значений параметров ITT_{bas}, Wf_{bas} и Ng_{bas} .

Базовое значение параметра	β_5	β_4	β_3	β_2	β_1	β_0
ITT_{bas}	-0,6380	0,0111	2,2039	0,2102	0,1242	88,8337
Wf_{bas}	-0,1804	-0,0018	0,0338	0,1710	0,0734	-17,7531
Ng_{bas}	-0,0305	0,0006	0,1360	0,0145	0,0053	60,6615

Математическая модель, формализованная в работе, имеет вид:

$$\begin{cases} ITT_{bas} = 88,8337 + 0,1242 N_p + 0,2102 T_q + 2,2039 TAT + 0,0111 ALT + 0,6380 IAS \\ Wf_{bas} = -17,7531 + 0,0734 N_p + 0,1710 T_q + 0,0338 TAT + 0,0018 ALT + 0,1804 IAS \\ Ng_{bas} = 60,6615 + 0,0053 N_p + 0,0145 T_q + 0,1360 TAT + 0,0006 ALT + 0,0305 IAS \end{cases} \quad (19)$$

Анализ полученных результатов. В работе выполнена оценка точности полученной математической модели.

В таблице 10 представлены измеренные базовые параметры ITT_{bas}, Wf_{bas} и Ng_{bas} и рассчитанные с помощью математической модели базовые параметры ITT_{bas}^*, Wf_{bas}^* и Ng_{bas}^* и их разность, переведенная в проценты, то есть величина ошибки.

Для параметра ITT средняя ошибка 1,32%, максимальная 6,54%. Для параметра Wf средняя ошибка 0,97%, максимальная – 5,13%. Для параметра Ng средняя 0,27%, максимальная – 1,25% соответственно.

Таблица 10 – Результаты оценки точности математической модели

	ITT_{bas} , °C	ITT_{bas}^* , °C	ошибка, %	Wf_{bas} , PPH	Wf_{bas}^* , PPH	ошибка, %	Ng_{bas} , %	Ng_{bas}^* , %	ошибка, %
значения пара- метров	639,56	638,41	0,18	305,65	313,71	2,64%	92,1	92,78	0,73
	652,1	653,47	0,21	332,63	336,36	1,12%	93,57	94,41	0,90
	661,43	647,91	2,04	319,94	325,11	1,62%	93,22	93,87	0,70
	645,53	625,58	3,09	316,59	319,52	0,92%	92,18	92,50	0,35
	635,86	639,68	0,60	315,95	325,10	2,89%	92,75	93,46	0,77
	655,93	637,55	2,80	311,97	312,87	0,29%	92,74	93,12	0,41
	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	593,61	598,03	0,75	310,3	311,88	0,51	90,9	90,62	0,30
средняя ошибка	1,32 %			0,97 %			0,27 %		
Максима- льная ошибка	6,54 %			5,13 %			1,25 %		

Для оценки адекватности формализованной математической модели, в работе вычислялись: коэффициент детерминации R^2 ; стандартная ошибка регрессии SE ; оценка значимости коэффициента детерминации с помощью статистики, имеющей F -распределение Фишера; значения t -статистики для коэффициентов линейной регрессии. Полученные значения также подтвердили адекватность математической модели.

Проверка применимости формализованной математической модели

Как уже было сказано, отклонение Δ параметра – это разность базового значения параметра, вычисленного с помощью регрессионного уравнения, и измеренного значения параметра. Для оценки технического состояния двигателя необходимо построить график изменения именно Δ -значения параметра в ходе измерений, так как оценка значения измеренного параметра усложняется из-за влияния внешних условий и режима работы двигателя.

Используя полученные уравнения для параметров Ng_{bas} , ITT_{bas} и Wf_{bas} , вычислены базовые значения параметров для выборки из 66 измерений, зафиксированных в период с 24.12.2021 по 14.03.2022 для двигателя, рассматриваемого в данной работе. Данная выборка не является частью основной выборки, на основании которой была построена математическая модель. Основная выборка включает в себя измерения параметров, выполненные в период с 10.07.2017 по 30.10.2021.

На рисунке 4 приведен график изменения отклонения параметра ΔITT в соответствии с порядковым номером измерения. На графике построена аппроксимирующая прямая, характеризующая тенденцию изменения параметров ΔITT температуры газа между турбинами в ходе летной эксплуатации двигателя. Коэффициент, характеризующий наклон прямой к

оси абсцисс, равен 0,145. Измеренный параметр имеет тенденцию к снижению.



Рисунок 4 – Изменение дифференциальных значений параметра ΔITT в ходе измерений

На рисунке 5 представлен график изменения отклонения параметра ΔNg в соответствии с порядковым номером измерения. Коэффициент, характеризующий наклон аппроксимирующей прямой оборотов турбокомпрессора к оси абсцисс, имеет близкое к нулю значение. Разность между измеренным и базовым значениями практически не меняется.

На рисунке 6 приведен график изменения отклонения параметра ΔWf в соответствии с порядковым номером измерения. Коэффициент, характеризующий наклон аппроксимирующей прямой мгновенного расхода топлива к оси абсцисс, имеет значение 0,0493. Измеренный параметр имеет тенденцию к снижению.

Таким образом, параметры ITT и Wf имеют тенденцию к снижению по отношению к своим базовым значениям. Параметр Ng остается практически без изменений по отношению к своему базовому значению. Сравнивая тенденции изменения параметров с таблицей из руководства по технической эксплуатации, можно сделать вывод, что техническое состояние исследуемого двигателя – удовлетворительное, так как полученный результат не попадает ни под один из случаев, рассмотренных в таблице. Следовательно – дальнейшая эксплуатация двигателя возможна без дополнительных инспекций. Представленная методика оценки технического состояния применима для всех двигателей данной серии, однако требует формализации

математической модели для каждого конкретного двигателя, эксплуатируемого в авиапредприятии.



Рисунок 5 – Изменение дифференциальных значений параметра ΔNg в ходе измерений

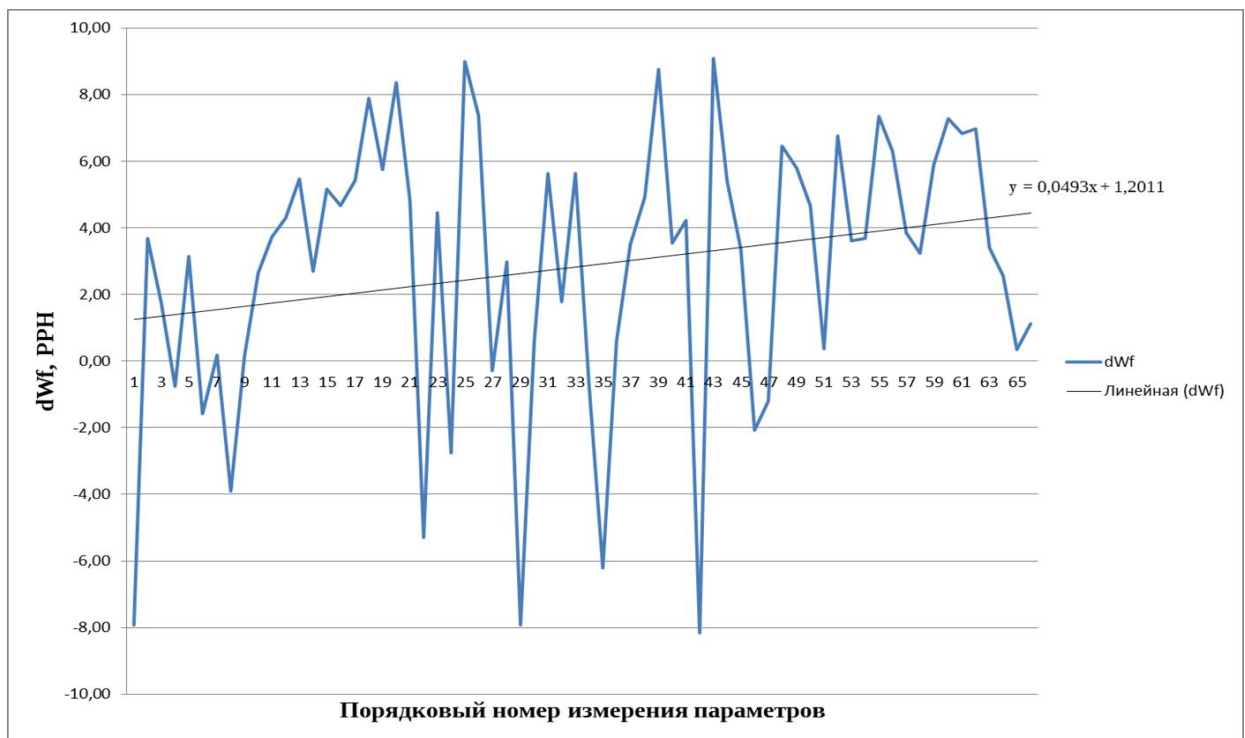


Рисунок 6 – Изменение дифференциальных значений параметра ΔWf в ходе измерений

Заключение

В рамках выполненной работы была построена математическая модель изменения параметров авиационного двигателя, дающая возможность принимать решение о техническом обслуживании двигателя РТ6А-114А без использования системы ЕСТМ. Использование данной модели позволит за счет выявления предотказного состояния двигателя и его компонентов повысить безопасность полетов, а также минимизировать убытки авиапредприятия в случае, когда удастся предотвратить постепенный отказ, сопровождающийся постепенным изменением параметров. Главным преимуществом полученных результатов исследования является отсутствие зависимости оператора ВС от зарубежных сервисов оценки параметров двигателя. Оценка параметров двигателя возможна авиапредприятием самостоятельно.

Одним из следующих этапов дальнейшей реализации использования системы ЕСТМ в рамках авиационного предприятия является разработка программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс считывания параметров двигателя ВС, их анализ, соотнесение с данными эксплуатационно-технической документацией двигателя и выдачу плана корректирующих действий в отношении двигателя и его компонентов.

Библиографический список

- Ачкасова Е. А.* Перспективы замены среднемагистральных самолетов иностранного производства на отечественный Ту-214 в авиакомпаниях России / Е. А. Ачкасова, А. В. Афанасьева, О. Г. Бойко // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия отечественной гражданской авиации. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2023. С. 26-32. EDN TPBWNM.
- Венцель Е. С.* Теория вероятностей. М.: Государственное изд. Ф-М. литературы, 1962. 563 с.
- Вучков И.* Прикладной линейный регрессионный анализ / И. Вучков, Л. Бояджиева, Е. Солаков. М.: Финансы и статистика, 1987. 239 с.
- Демиденко Е. З.* Линейная и нелинейная регрессии. М.: Финансы и статистика, 1981. 291 с.
- Дрейпер Н.* Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. М.: Финансы и статистика, 1986. 353 с.
- Исследование проблем авиационно-технического обеспечения зарубежной авиационной техники и пути их решения / И. М. Муртазин, А. В. Каус, В. В. Максимова, О. Г. Бойко // Решетневские чтения: Материалы XXVII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М.Ф. Решетнева. В 2-х частях, Красноярск, 08–10 ноября 2023 года. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева, 2023. С. 472-474. EDN CGAFGM.
- Каус А. В.* К вопросу о логистических проблемах в поставках авиационных деталей / А. В. Каус, И. М. Муртазин. В. В. Максимова // XV ММНК «Гражданская авиация: XXI век», УИГА им. Б.П. Бугаева, Ульяновск. 2023. С. 27-28.
- Теория авиационных двигателей. Ч. 1. / Ю. Н. Нечаев [и др.] / под ред. Ю. Н. Нечаева. М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2012. 336 с.
- Цховребов М. М.* Математическое моделирование изменения параметров ТРДД в процессе эксплуатации / М. М. Цховребов, Е. И. Худяков // ЦИАМ 2001-2005. Основные результаты научно-технической деятельности. Т.1 Раздел 1.1. М.: ЦИАМ, 2005. С. 61-64.

Шаймарданов Л. Г. Процедуры обработки статистических результатов испытания изделий и их использование в целях расчета надежности / Л. Г. Шаймарданов, О. Г. Бойко, Е. А. Фурманова // Безопасность и живучесть технических систем: Труды IV Всероссийской конференции. В 2-х томах, Красноярск, 09–13 октября 2012 года. Том 1. Красноярск: Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН, 2012. С. 234-239. EDN VVDYHD.

Boyko O. G. New approach to reliability estimation of functional systems for civil aviation aircrafts / O. G. Boyko, L. G. Shaimardanov // Actual Problems of Aviation and Aerospace Systems: processes, models, experiment. 2012. № 2(35). P. 28-33. EDN VXJFWT.

Bulent K. Evaluation of aircraft engine performance during takeoff phase with machine learning methods. Neural Computing and Applications // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-024-10220-3> (дата обращения: 03.08.2024).

Palkin V. Concepts of Aero Engines for Future Civil Aircraft. Aero Engine Simulation and Test Technology in China and Russia. The 2nd Aero Engine Technology Development Forum, Zhuhai, P.R. China. 2018. P. 7-16.

Prisacariu V. Analyzes regarding aviation fuels parameters use on jet engines / V. Prisacariu, I. Andrei, E. Mihai // Incas Bulletin, V. 16, I. 2. 2024 INCAS // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/381343423_Analyzes_regarding_aviation_fuels_parameters_use_on_jet_engines (дата обращения: 04.08.2024) DOI 10.13111/2066-8201.2024.16.2.9

Sanjay G. Aircraft Turbine Engine Control Research at NASA Glenn Research Center. Glenn Research Center, Cleveland, Ohio. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20130013439/downloads/20130013439.pdf> (дата обращения 10.08.2024)

Simukai W. U. Trending of performance parameters for aircraft engine condition monitoring / W. U. Simukai, D. A. Clifton, L. Tarassenko // World Congress on Engineering Asset Management and International Conference on Condition Monitoring // [Электронный ресурс]. – 2007. URL: <https://www.robots.ox.ac.uk/~davidc/pubs/performance.pdf> (дата обращения: 11.08.2024)

Yashovardhan S. C. Aircraft Engine Performance Study Using Flight Data Recorder Archives / Yashovardhan S. Chati, Hamsa Balakrishnan // Aviation Technology, Integration and Operations Conference // [Электронный ресурс]. – 2013. URL: <https://www.mit.edu/~hamsa/pubs/ChatiBalakrishnanAVIATION2013.pdf> (дата обращения 03.08.2023).

References

Achkasova E. A., Afanasyeva A. V., Boyko O. G. (2023). Prospects for replacing medium-haul foreign-made aircraft with domestic Tu-214 in Russian airlines. Irkutsk: *Irkutsk branch of MSTU GA*, 2023. 26-32. EDN: TPBWNM. (In Russian).

Bouko O. G., Shaimardanov L. G. (2012). New approach to reliability estimation of functional systems for civil aviation aircrafts. *Kazan-Daytona Beach*. 2(35): 28-33. EDN VXJFWT

Bulent K. (2024). Evaluation of aircraft engine performance during takeoff phase with machine learning methods. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00521-024-10220-3> (accessed 3 August 2024).

Demidenko E. Z. (1981). Linear and nonlinear regressions. Moscow: *Finance and Statistics*, 1981. 291 p. (In Russian).

Draper N., Smith G. (1986). Applied Regression Analysis. Moscow: *Finance and Statistics*, 1986. 353 p. (In Russian).

Kaus A. V., Murtazin I. M., Maksimova V. V. (2023). On the issue of logistical problems in the supply of aircraft parts. *UIGA named after B.P. Bugaev*. 27-28. (In Russian).

- Murtazin I.M., Kaus A.V., Maksimova V.V., Boyko O.G. (2023). Study of problems of aviation-technical support of foreign aviation equipment and ways of their solution. Krasnoyarsk: *Reshetnev reading*. 2(1): 472-475. EDN CGAFGM. (In Russian).
- Nechaev Yu. N. (2012). Theory of aircraft engines. Moscow: *Publishing House of VVIA named after prof. N. E. Zhukovsky*, 2012. 336 p. (In Russian).
- Palkin V. (2018). Concepts of Aero Engines for Future Civil Aircraft. P.R. China: *Aero Engine Simulation and Test Technology in China and Russia*. 7-16.
- Prisacariu V., Andrei I., E. Mihai E. (2024). Analyzes regarding aviation fuels parameters use on jet engines. Available at: https://www.researchgate.net/publication/381343423_Analyzes_regarding_aviation_fuels_parameters_use_on_jet_engines (accessed 4 August 2024) DOI 10.13111/2066-8201.2024.16.2.9.
- Tskhovrebov M. M., Khudyakov E. I. (2005). Mathematical modeling of changes in turbofan engine parameters during operation. Moscow: *CIAM*. 61-64. (In Russian).
- Sanjay G. (2013). Aircraft Turbine Engine Control Research at NASA Glenn Research Center. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20130013439/downloads/20130013439.pdf> (accessed 10 August 2024)
- Shaimardanov L. G., Boyko O. G., Furmanova E. A. (2012) Procedures for processing statistical results of product testing and their use for reliability calculation. Krasnoyarsk: *Publishing House of the Institute of Philosophy SB RAS*. 234-239. (In Russian).
- Simukai W. (2007). Trending of performance parameters for aircraft engine condition monitoring. Available at: <https://www.robots.ox.ac.uk/~davidc/pubs/performance.pdf> (accessed 11 August 2024)
- Venzel E. S. (1962). Probability Theory. Moscow: *State Publishing House of Physical and Mathematical Literature*, 1962. 563 p. (In Russian).
- Vuchkov I., Boyadzhieva L., Solakov E. (1987). Applied linear regression analysis. Moscow: *Finance and Statistics*, 1987. 239 p. (In Russian).
- Yashovardhan S. C., Hamsa B. (2013) Aircraft Engine Performance Study Using Flight Data Recorder Archives. Available at: <https://www.mit.edu/~hamsa/pubs/ChatiBalakrishnanAVIATION2013.pdf> (accessed 3 August 2023)

ТЕОРЕМА О ПОГОННОЙ ПЛОТНОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ ВИХРЕВОЙ ТРУБКИ

*Николай Владимирович Даниленко,
orcid.org/0000-0002-9599-7573,
кандидат технических наук, доцент
Московский государственный технический
университет гражданской авиации
(Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, д. 3
Иркутск, 664047, Россия
danko_irk@mail.ru*

*Антон Геннадьевич Киренчев,
orcid.org/0000-0002-6023-4496,
кандидат технических наук
Московский государственный технический
университет гражданской авиации
(Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, д. 3
Иркутск, 664047, Россия
antonkirenchev25@mail.ru*

Аннотация. В статье дано описание явления вихреобразования в атмосферной среде, а также проведен анализ исследований по данной теме. Выявлены основные противоречия и проблемы в исследовании вихреобразования. Рассмотрен рабочий процесс преобразования исходного потенциального течения рабочего тела исследуемой среды в течение вихревое с описанием основных факторов, влияющих на данный процесс. Выявлены противоречия в процессе формирования вихревой трубки, для решения которых был выбран новый объект исследования – удельная погонная плотность циркуляции вихрей газовых (жидких) естественных и техногенных сред. Дана оценка состояния и проблем удельной погонной плотности циркуляции вихрей исследуемого вихреобразования. Представлено определение удельной погонной плотности циркуляции на основе ее рабочего процесса. Установлена взаимосвязь погонной плотности циркуляции с тангенциальной скоростью среды на внешней поверхности вихревой трубки. Дано определение теоремы о погонной плотности циркуляции вихревой трубки. Приведено доказательство теоремы и математическая взаимосвязь погонной плотности циркуляции вихревой трубки среды с тангенциальной скоростью на её внешней поверхности. Представлены следствия теоремы и области их применения.

Ключевые слова: вихреобразование, факторы генерации, рабочий процесс, определение, теорема, классификация, погонная плотность циркуляции, вихревая трубка, вихри воздухозаборников авиационных двигателей, смерчи.

LINEAR DENSITY THEOREM FOR CIRCULATION IN A VORTEX TUBE

*Nikolay V. Danilenko,
orcid.org/0000-0002-9599-7573,
Candidate of Technical Sciences, associate professor
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov St.
Irkutsk, 664047, Russia
danko_irk@mail.ru*

*Anton G. Kirenchev,
orcid.org/0000-0002-6023-4496,
Candidate of Technical Sciences
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov St.
Irkutsk, 664047, Russia
antonkirenchev25@mail.ru*

Abstract. The article describes vortex formation in the atmospheric medium and analyzes the research on this topic. The main contradictions and problems in the study of vortex formation are revealed. The working process of transforming the initial potential flow of working body of the medium under study into vortex flow with the description of the main factors influencing this process is considered. The contradictions in the process of vortex tube formation are revealed, for which a new object of research was chosen - specific linear density of vortex circulation of gas (liquid) natural and anthropogenic media. The state and problems of the specific linear density of vortex circulation of the investigated vortex formation are assessed. The definition of specific linear density of circulation on the basis of its working process is presented. The correlation between the linear circulation density and the tangential velocity of the medium on the outer surface of the vortex tube is established. The definition of the theorem on the linear circulation density of a vortex tube is given. The proof of the theorem and the mathematical relationship of the linear density of medium vortex tube circulation and the tangential velocity on its outer surface are given. Corollaries of the theorem and their applications are presented.

Keywords: vortex formation, generation factors, working process, definition, theorem, classification, linear density of circulation, vortex tube, aircraft engine air intake vortices, tornadoes.

Введение

Исследования вихревой активности естественной атмосферной среды, а также вихреобразования техногенных сред, их газодинамических вихревых особенностей (вихрей и вихревых трубок) и иных видов вихревой активности, включая ярко выраженные «хоботом» и вертикально ориентированные цилиндрические вихри, позволили установить ряд проблем и противоречий, не решённых современной аэродинамической и метеорологической науками.

К противоречиям вихрей относят:

– определения, построенные по сущности рабочего процесса (РП) вихревого продукта и его вихревой активности, для:

- 1) вихрей (рис. 1 а) и их вихревых шнуров;
- 2) вихревых трубок умеренных размеров (рис. 1 б);

- 3) смерчей (торнадо в США) и водоворотов (рис. 1 а, б);
 - 4) циклонических вихревых образований, представляемых циклонами средних широт и тайфунами тропических акваторий полушарий Земли;
 - 5) техногенных вихрей стокового типа (рис. 1 в), замкнутых на подстилающую поверхность;
 - 6) техногенных вихрей иной природы (дифференциальных вихрей, вихревых колец реактивных сопел и др.);
- определение погонной плотности циркуляции γ , как характерного параметра вихревой активности исследуемой среды;
 - рабочий процесс вихревой трубки, как газодинамической вихревой особенности (вихревого тела), в силу многоликости их рабочего процесса;
 - погонная плотность циркуляции и её связь с кинематическими параметрами газовой (жидкой) среды на внешней поверхности вихревой трубки;
 - характеристики и следствия погонной плотности циркуляции и др.



Рисунок 1– Вихри у подстилающей поверхности: а – смерч с признаком вихревой трубки, *Источник: [https:// klike.net/uploads/posts/2023-03/1679976725_3-57.jpg](https://klike.net/uploads/posts/2023-03/1679976725_3-57.jpg)*; б – торнадо с активной вихревой трубкой, *Источник: <https://stihi.ru/pics/2021/05/19/4292.jpg>*; в – техногенный вихрь стокового типа перед работающим ГТД на земле, *Источник: <https://i.pinimg.com/originals/10/bd/3a/10bd3a3f62027ca5bbcd403d8ada41f1.jpg>*

Полноценное исследование вихрей и связанных с ними явлений невозможно без решения вышеперечисленных противоречий, что в свою очередь требует определиться с методами нахождения решений на основе анализа имеющегося материала по данной теме.

Материалы и методы, используемые для разрешения противоречий вихрей

Исследование вихреобразования невозможно без понимания основ теории вихрей, которые были сформированы ранее другими учёными, работающими над изучением данной проблемы.

Пионером в познании физической сущности и рабочего процесса естественного вихреобразования и его вихрей (торнадо) стал метеоролог США Эспи Д. П. Им предложена теория бурь, в основу которой была заложена циклоническая активность атмосферы Земли. Его теория циклонического характера вихревых бурь была одобрена учёными США, Франции и Англии. Но в силу существования на территории США торнадо и циклонов как циклонического, так и не опознанного антициклонического направления вращения, она не получила своего развития. Труды Эспи Д. П. потеряли свою актуальность и ныне не востребованы [Espie, 1841].

Среди отечественных учёных активным исследователем смерчей и торнадо стал академик Наливкин Д. В. [Наливкин, 1969]. Его монография «Ураганы, бури и смерчи», изданная в 1969 году, стала настольной книгой многих исследователей этого загадочного явления. Познание сущности смерчей было продолжено Наливкиным В. Д. в монографии «Смерчи», опубликованной в 1984 году [Наливкин, 1984].

Наличие указанных монографий о смерчах послужило основанием для продолжения начатого научного направления другими российскими учёными и установления его рабочего процесса. Первый шаг в установлении сущности рабочего процесса смерча был сделан учёным-атомщиком Кушиным В. В. [Кушин, 1993]. А именно, он теоретически установил источник энергии смерча в виде возвращаемой скрытой теплоты парообразования.

Базовые основы теории образования смерчей и циклонов известны с момента открытия Ломоносовым М. В. законов сохранения энергии и массы физического вещества, в последующем перешедших в законы термодинамики, теорию движения газа (жидкости). На их основе появились паровой двигатель Ползунова, поршневые тепловые двигатели, воздушно-реактивные и ракетные двигатели и их носители, генерирующие заметное разнообразие техногенных вихрей. Основы этих вихрей заложены в термодинамике [Нечаев и др., 2005] и аэродинамике [Лойцянский, 1970; Ништ, 1994] а также в др. источниках. Например, в основу рабочего процесса и цикла тепловой машины заложено уравнение Майера « $p \cdot v = R \cdot T$ » – работа расширения газа в поле подведенной теплоты. А вихри – работа газа на разрыве тангенциальной скорости и (или) силового и теплового воздействия на внешнюю среду, определяемые критерием угловой скорости ($\omega \neq 0$).

Свойства вихрей внешней среды, доступные к их исследованиям, могут быть расширены теоретической механикой [Тарг, 1974], учитывая, что официальная наука признает вихри газовыми телами, обладающими поверхностью, массой, упругостью, избыточным давлением и другими свойствами. Стоит отметить, что исследования явления вихреобразования активно проводятся и в наши дни как с целью изучения техногенных вихрей воздухозаборников ГТД и методов борьбы с ними [Киренчев и др., 2022; Комов, 2020], так и с целью познания рабочего процесса вихреобразования и создания адекватных математических моделей для исследования данного процесса [Быстрой и др., 2012; Даниленко и др., 2018].

Основываясь на опыте ранних исследований, можно судить о том, что разрешение совокупности противоречий напряжения вихревой трубки Γ с её погонной плотностью циркуляции $\gamma_{в.т}$ требует ряда определений и исследований вихрей. Воспользуемся известными из аэродинамики определениями вихревой трубки (ВТ) с её газодинамическими, кинематическими и геометрическими параметрами.

Вихревая линия – совокупность последовательно расположенных бесконечно малых вихревых отрезков (точек), в каждом (ой) из которых в данный момент времени вектор её угловой скорости вращения частиц среды ($\bar{\omega} \neq 0$) направлен по касательной к ним [Ништ, 1994].

Вихревая трубка – радиально замкнутая на себя поверхность, образованная последовательно расположенными по исследуемому контуру продольными вихревыми линиям [там же].

Вихревой шнур (вихрь) – газ или жидкость, заключённые внутри вихревой трубки [там же].

Определение смерча и торнадо не однозначно и окончательно не установлено [Даниленко и др., 2018].

Торнадо (смерч) – атмосферный вихрь, возникающий в кучево-дождевом (грозовом) облаке и распространяющийся вниз, часто до самой поверхности земли, в виде облачного рукава или хобота диаметром в десятки и сотни метров [там же].

Как видим, определение торнадо и смерча противоречивы и не содержат опоры на основные уравнения (1) движения газа [Котовский, 2015; Нечаев и др., 2005]:

$$i_1 + \frac{c_1^2}{2} \pm L_{вн} \pm Q_{вн} = i_2 + \frac{c_2^2}{2}, \frac{Дж}{кг}. \quad (1)$$

Следовательно, необходимо дать новое определение, основанное на сущности рабочего процесса вихреобразования, для чего необходимо описать особенности последнего.

Дискуссия о сущности рабочего процесса вихреобразования и необходимости введения теоремы погонной плотности циркуляции вихревой трубки

По мнению авторов настоящей статьи, РП преобразования исходного потенциального течения рабочего тела исследуемой среды в течение вихревое (торнадо и др.) должен содержать факторы энергообмена с внешней средой посредством:

- энергообмена ресурсом термодинамических параметров в виде внешней механической работы $L_{вн} \neq 0$ и внешней теплоты $Q_{вн} \neq 0$;
- использования запаса внутренней энергии ($\Delta i \neq 0$);
- пополнения запасом внешней энергии ($\Delta(r^2 \omega^2 / 2)_{вн} \neq 0$) от вращения рабочего тела;
- энергии градиентного разрыва тангенциальной скорости ($dc / dl \neq 0$) на границе существующих поверхностей раздела сред (поток);
- энергии притока внешней вихревой активности ($\Delta \omega_{вн}^2 / 2 \neq 0$).

Эти факты частично отображены в определении *смерч-вихря*, например, локальным притоком солнечной энергии [Даниленко и др., 2018].

Следует отметить, что определения торнадо и вихреобразования по сущности РП с использованием внешнего энергообмена посредством газодинамической работы отклоняющего действия силы Кориолиса $L_{\text{кор}} > 0$ и теплообмена в виде скрытой теплоты парообразования $Q_{\text{п.о}} > 0$ уже известны [Даниленко, 2004; Кушин, 1993; Наливкин, 1984]. Действительно, в основу рабочего процесса стокового вихреобразования торнадо у земли положена работа $L_{\text{кор}}$ интерференционной силы Кориолиса в поле суточного вращения Земли с реализацией возврата скрытой теплоты парообразования на этапах фазового перехода пара в воду и воды в лёд в рабочей полости материнского облака с превращением последнего в вихредиполь со стоком от подстилающей поверхности земли. Этот РП не противоречит основным законам термодинамики [Котовский, 2015] и рабочему процессу торнадо.

Рабочий процесс включает:

1) подогрев подстилающей поверхности земли (воды) притоком солнечной радиации на фазе максимума её активности (примерно с 12^{00} до 16^{00});

2) активный подогрев поверхностного слоя земли и влаги, в ней содержащейся;

3) испарение влаги и её переход в свободное состояние;

4) работа подъёмной силы Архимеда по всплытию свободно подогретого пара на высоту равновесного положения;

5) инверсия пара с выделением скрытой теплоты парообразования на этапе перехода пара в микрокапли воды (туман) и воды в микрокристаллы льда (град) на стадии формирования материнского облака, переходящего в режим тепловой газодинамической «*машины*» типа термика с выбросом лёгкой среды на более высокий уровень и освобождением рабочего объёма внутри облака для забора новых порций влажного воздуха;

6) стоковый забор новых порций свободно всплывающей к рабочей части материнского облака влажной среды со стороны подстилающей поверхности земли в поле действия силы и работы Архимеда;

7) генерация у подстилающей поверхности (земли, аэродрома, водной акватории) вихревой активности стокового потенциального потока, наведённой суточным вращением Земли посредством отклоняющего действия (работы по окружности) силы Кориолиса с формированием моментного вихревого поля, как носителя вихревой активности будущего торнадо;

8) формирование улитки вихревой трубки гиперболического типа с поджатием потока по мере его приближения к стоковому входу в рабочую часть материнского облака и с формированием инверсионно видимой вихревой трубки;

9) накопление и аккумуляция циркуляции I вихревой трубки [Ништ, 1994] с последующим переходом материнского облака в тепловой вихредиполь циклонического направления вращения с забором всплывшего

влажного воздуха от подстилающей поверхности земли в полость материнского облака;

10) формирование вихревой активности влажного стокового потока воздуха у экрана (подстилающей поверхности земли) работой отклоняющего действия силы Кориолиса путём перехода потенциального течения в течение вихревое по направлению восходящих спиралей Архимеда;

11) ускорение вихревого стокового потока в рабочую полость материнского облака с поджатием его внешней поверхности до состояния активного вихревого жгута, ограниченного вихревой трубкой, замыкающейся по следствию теоремы Гельмгольца на подстилающую поверхность (экран) [Ништ, 1994].

Появление в поле восходящего стокового течения над влажной и подогретой солнечной радиацией поверхностью экрана вихревой трубки (см. рис. 1) требует установления её свойств. В некоторой степени они очевидны, но и противоречивы. Вихревая трубка формируется по известному её определению (см. выше). Она определена замкнутым контуром с множеством плотно примыкающих друг к другу вихревых нитей. Поверхность вихревой трубки построена на балансе сил избыточного внешнего давления и внутреннего разрежения и центробежной силы. Внутри ВТ расположена полость разрежения, которой она замыкается на подстилающую поверхность. На поверхности ВТ реализуется условие непротекания. Следовательно, абсолютная скорость потока «с» ориентирована тангенциально, т. е. нормальная составляющая этой скорости равна нулю ($c_n = 0$). Но в силу газодинамически образованной конструкции вихревой трубки, количество вихрей, её образующих, должно быть больше трёх, исходно образующих внутреннюю не герметичную полость. Очевидно, существует критическая погонная плотность циркуляции γ вихревых нитей по контуру вихревой трубки с их напряжением $\Gamma_i \neq 0$, при котором осуществляется замкнутость её поверхности, т. е. реализуется граничное условие непротекания $c_n = 0$. Оно придаёт вихревой трубке форму пока не признанного официальной наукой «газового» тела. Такие тела откроют возможность применять к ним законы теоретической механики и теории механизмов и машин. Именно при таком подходе «тело» циклона при его интерференции с Землёй приобретает западный перенос, пока не имеющий определения по сущности рабочего процесса. Тогда также можно утверждать, что Солнце биполярно. В нём существуют тела встречной и противоположной циркуляции с их полюсами, дающими цикличную их смену полярности Солнца.

Появившееся противоречие ВТ смерча (торнадо) требует введения определения погонной плотности γ циркуляции I (напряжения Γ) и её зависимости от кинематических и геометрических параметров на внешней поверхности вихревой трубки.

Погонная плотность циркуляции вихревой трубки $\gamma_{в.т}$ – отношение циркуляции Γ её вихревого шнура к длине $l_{п.в.т}$ нормального сечения замкнутого его контура.

По определению погонной плотности циркуляции вихревой трубки имеем его математическое выражение:

$$\gamma_{в.т} = \frac{\Gamma_{в.т}}{l_{п.в.т}}, \frac{м}{с}. \quad (2)$$

Следствия определения погонной плотности циркуляции:

- погонная плотность циркуляции является размерным параметром;
- при постоянном значении циркуляции $\Gamma = I$ погонная плотность циркуляции имеет гиперболическую зависимость $\gamma_{в.т} = f(\text{const}/l_{п.в.т.})$;
- модель циркуляции Γ по круговому контуру вихревой трубки получена методом дискретных вихрей [Белоцерковский и др., 1978] и в эксперименте представлена на рисунке 2.

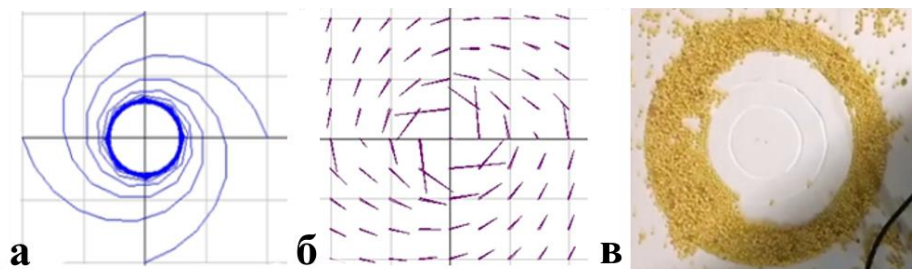


Рисунок 2 – Модели кинематического поля вихревой трубки:

а – по линиям тока; б – по полю скоростей; в – по результатам эксперимента

Эксперимент качественно подтверждает результаты расчёта вихревой трубки и поля скоростей.

Результаты – теорема погонной плотности циркуляции вихревой трубки

Изложение определения теоремы и её доказательства требует введения допущений к рабочему телу и рабочему процессу вихреобразования и его активных вихрей с явно выраженной вихревой трубкой (см. рис. 1).

Допущения к рабочему телу и рабочему процессу вихреобразования:

- 1) рабочее тело, заменяющее воздух – идеальная несжимаемая и невязкая жидкость;
- 2) течение рабочего тела установившееся;
- 3) циркуляция I (напряжение Γ) вихревой трубки по её длине согласно теореме Гельмгольца ($I = \Gamma = \text{const}$) – постоянная;
- 4) вихревая трубка непротекаемая ($c_n = 0$) и ограничена поверхностью земли и плоскостью основания материнского облака;

5) относительная длина $\bar{l}_{в.т} = l_{в.т.} / d_{в.т.}$ вихревой трубки значительно превышает её диаметр $d_{в.т.}$. Следовательно, при расчёте погонной плотности циркуляции $\gamma_{в.т}$ можно применять закон Био-Савара для тангенциальной скорости c_τ бесконечно длинного вихря:

$$c_{\tau} = \frac{\Gamma_{\text{в.т}}}{2 \pi \cdot r_{\text{п в.т}}}, \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (3)$$

Здесь π и $r_{\text{п в.т}}$ – тригонометрическая константа и радиус нормального сечения вихревой трубки.

Определение теоремы будет следующим:

В безветренной сплошной среде при установившемся угловом вращении тела вихревой трубки погонная плотность её циркуляции $\gamma_{\text{в.т}}$, определяемая отношением напряжения $\Gamma_{\text{в.т}}$ вихревой трубки к длине $l_{\text{п в.т}}$, контура циркуляции в нормальном сечении равна тангенциальной скорости внешнего потока c_{τ} на наружной границе вихревой трубки в исследуемом нормальном сечении.

Доказательство теоремы построим на типовом определении погонной плотности циркуляции, обозначаемой греческой буквой γ .

Погонная плотность циркуляции γ – доля циркуляции скорости Γ , приходящая на единицу длины контура циркуляции l .

Исходные данные для доказательства:

– вихрь линейный, активный ($\Gamma \neq 0 = \text{const}$) в виде вихревой трубки (рис. 3);

– поверхность вихревой трубки – тонкостенная, цилиндрическая;

– напряжение вихря определено циркуляцией скорости Γ , распределённой по контуру вихревой трубки;

– длина вихря – бесконечно длинная по продольной оси вращения;

– математическое обеспечение – закон Био-Савара, устанавливающий взаимосвязь циркуляции скорости Γ с тангенциальной скоростью c_{τ} , индуцируемой вихрём на границе вихревой трубки и за её пределами;

$r_{\text{в.т}}$ – радиус вихревой трубки – удаление любой точки её стенки от продольной оси вращения;

l – длина контура циркуляции – условно ограниченной длины.

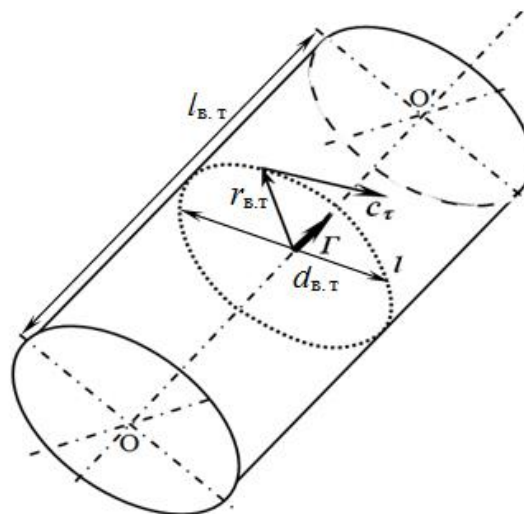


Рисунок 3 – Фрагмент исследуемой вихревой трубки

При постоянстве радиуса r вихревой трубки по длине полного контура её круга, определяемого известным выражением:

$$l = 2\pi r. \quad (4)$$

Тогда, по определению погонной плотности циркуляции γ находим:

$$\gamma = \frac{\Gamma}{l}. \quad (5)$$

Воспользуемся определением циркуляции скорости Γ .

Циркуляции скорости Γ – работа вектора тангенциальной скорости c_τ по круговому замкнутому контуру, представляемая формулой:

$$\Gamma = \oint c_\tau dl. \quad (6)$$

Тогда для кругового замкнутого контура циркуляция скорости Γ примет вид:

$$\Gamma = 2c_\tau \pi r. \quad (7)$$

Сделав подстановку найденных величин в выражение погонной плотности циркуляции скорости, получим:

$$\gamma = \frac{\Gamma}{2\pi r} = \frac{c_\tau 2\pi r}{2\pi r} = c_\tau. \quad (8)$$

Следствия теоремы:

1. Погонная плотность циркуляции γ – скалярная величина, равная модулю тангенциальной скорости $|c_\tau|$ на поверхности вихревой трубки.

2. Рост погонной плотности циркуляции γ вихревой трубки снижает эффект проницаемости её поверхности и делает её непротекаемой, то есть упругой. На поверхности вихревой трубки сверхкритической плотности вектор нормальной скорости $c_n = 0$.

3. Уменьшение абсолютного значения погонной плотности циркуляции γ ниже критического значения сопровождается потерей её герметичности, заполнением полости низкого давления внешним потоком, увеличением диаметра вихревой трубки с переходом вихревого шнура в вихрь размытой интенсивности, что свойственно ныне вихрям воздухозаборников силовых установок воздушных судов, низко расположенных над землёй.

4. Критическое значение погонной плотности циркуляции следует определить, используя методы современного моделирования.

5. Область практического применения теоремы в метеорологии циклонов позволяет по вектору тангенциальной скорости в исследуемой точке вихревой трубки циклона установить его циркуляцию и классифицировать циклоны по критерию его вихревой активности (разрушительной силы).

Заключение

Теорема о погонной плотности циркуляции и её следствия, предложенные авторами статьи, позволяют не только решить одно из основных противоречий процесса исследования вихреобразования, но также обладают практической значимостью в сфере определения оптимальной

высоты воздухозаборников силовых установок воздушных судов над поверхностью аэродрома (материнского облака), которая определяет критический энергообмен вихря (циклона) в естественной среде.

Библиографический список

- Белоцерковский С. М. Отрывное и безотрывное обтекание тонких крыльев идеальной жидкостью / С. М. Белоцерковский, М. И. Ништ. М.: Наука, 1978. 351 с.
- Быстрой Г. П. Вихреобразование в атмосфере при повышенной влажности с нелинейными стоками и источниками / Г. П. Быстрой, И. А. Лыков, С. А. Охотников // Вестник кибернетики. 2012. № 11. С. 86-97. EDN PCKOXZ.
- Даниленко Н. В. Рабочий процесс вихреобразования сред Земли / Н. В. Даниленко, А. Г. Киренчев // Вестник Московского авиационного института. 2018. № 25 (3). С. 161-170. EDN XZTVGX.
- Даниленко Н. В. Торнадо // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2004. № 2(18). С. 64-72. EDN PCLYAR.
- Киренчев А. Г. Особенности обслуживания воздушных судов в поле стоковых вихрей силы Кориолиса: монография / А. Г. Киренчев, Н. В. Даниленко. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2022. 140 с.
- Комов А. А. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на вихреобразование ГТД // Научное значение трудов К.Э. Циолковского: история и современность: материалы 55-х Научных чтений памяти К. Э. Циолковского, Калуга, 15–17 сентября 2020 года. Часть 1. Калуга: Эйдос, 2020. С. 353-357. EDN IVQVQU.
- Котовский В. Н. Техническая термодинамика. М.: МГТУ ГА, 2015. 86 с.
- Кушин В. В. Смерч. М.: Энергоатомиздат, 1993. 126 с.
- Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука. 1970. 904 с.
- Наливкин В. Д. Смерчи. М.: Наука, 1984. 112 с.
- Наливкин Д. В. Ураганы, бури и смерчи: Географические особенности и геологическая деятельность. Л.: Наука, 1969. 488 с.
- Нечаев Ю. Н. Теория авиационных двигателей. Часть 1 / Ю. Н. Нечаев, Р. М. Федоров, В. Н. Котовский. М.: Наука, 2005. 657 с.
- Ништ М. И. Аэродинамика боевых летательных аппаратов и гидравлика их систем. М.: ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1994. 570 с.
- Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. М.: Наука. 1974. 416 с.
- Espie J. P. Philosophy of storms. Boston: Charles C. Little and James Brown, 1841. 552 p.

References

- Belotserkovsky S. M., Nisht M. I. (1978). Detachable and non-detachable streamline of thin wings by an ideal fluid. Moscow: *Nauka*, 1978. 351 p. (in Russian)
- Bystray G. P., Lykov I. A., Okhotnikov S. A. (2012). Vortex formation in the atmosphere at high humidity with nonlinear sinks and sources. *Bulletin of Cybernetics*. 11: 86-97. (in Russian)
- Danilenko N. V. (2004). Tornado. *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*. 2(18): 64-72. (in Russian)
- Danilenko N. V., Kirenchev A. G. (2018). Workflow of vortex formation of the Earth's media. *Bulletin of the Moscow Aviation Institute*. 25(3): 161-170. (in Russian)
- Espie J. P. (1841). Philosophy of storms. Boston: *Charles C. Little and James Brown*, 1841. 552 p.
- Kirenchev A. G., Danilenko N. V. (2022). Features of Aircraft Service in the Field of Coriolis Force Stock Vortices: Monograph. Irkutsk: *Irkutsk branch of MSTU GA*, 2022. 140 p. (in Russian)
- Komov A. A. (2020). Influence of constructive and operational factors on vortex formation of GTE. *Scientific value of K.E. Tsiolkovsky's works: history and modernity: materials of the 55th Scientific Readings in memory of K.E. Tsiolkovsky*. Kaluga: Eidos, 2020. P. 353-357. (in Russian)
- Kotovskiy V. N. (2015). Technical thermodynamics. Moscow: *MSTU GA*, 2015. 86 p. (in Russian)
- Kushin V. V. (1993). Tornado. Moscow: *Energoatomizdat*, 1993. 126 p. (in Russian)

- Loytsyansky, L. G. (1970). *Mechanics of Liquid and Gas*. Moscow: *Nauka*. 1970. 904 p. (in Russian)
- Nalivkin D. V. (1969). *Hurricanes, storms and tornadoes: Geographical features and geologic activity*. Leningrad: *Nauka*, 1969. 488 p. (in Russian)
- Nalivkin V. D. (1984). *Tornadoes*. Moscow: *Nauka*, 1984. 112 p. (in Russian)
- Nechaev Y. N., Fedorov R. M., Kotovsky V. N. (2005). *Theory of Aviation Engines. Part 1*. Moscow: *Nauka*, 2005. 657 p. (in Russian)
- Nisht M. I. (1994). *Aerodynamics of Combat Aircraft and Hydraulics of their Systems*. Moscow: *VVIA named after Prof. N.E. Zhukovsky*, 1994. 570 p. (in Russian)
- Targ S. M. *Short Course of Theoretical Mechanics*. Moscow: *Nauka*. 1974. 416 p. (in Russian)

УДК 629.7.073

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_78

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТИРОВКА И ОБРАЗ ПОЛЕТА: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПОДГОТОВКЕ ПИЛОТОВ

*Артём Андреевич Федоров,
orcid.org/0000-0001-6607-2961,
аспирант*

*Санкт-Петербургский государственный университет
гражданской авиации имени Главного маршала авиации А. А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
melom111@yandex.ru*

Аннотация. Статья рассматривает ключевые аспекты, обеспечивающие эффективное пилотирование, такие как пространственная ориентация и образ полета. Описаны современные методы подготовки пилотов, включая технологические решения и когнитивные тренировки. Акцентируется внимание на важности комплексного подхода к развитию навыков, чтобы повысить безопасность и эффективность полетов. Практическая значимость работы заключается в необходимости постоянного обновления и адаптации программ подготовки пилотов с учетом технологического прогресса и изменений в авиационной индустрии, которые будут способствовать созданию более безопасной и надежной системы управления воздушным движением будущего.

Ключевые слова: пространственная ориентация, образ полета, сенсорные системы, ситуационная осведомленность, углы Эйлера, кватернионы, психофизиология, виртуальная реальность, когнитивные навыки, симуляторы полета, управление стрессом.

SPATIAL ORIENTATION AND FLIGHT IMAGE: MODERN APPROACHES TO PILOT TRAINING

*Artem A. Fedorov,
orcid.org/0000-0001-6607-2961,
Postgraduate student*

*St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov Street
Saint-Petersburg, 196210, Russia
melom111@yandex.ru*

Abstract. The article examines the key aspects that ensure effective piloting, such as spatial orientation and flight image. Modern methods of pilot training including technological solutions and cognitive training are described. Emphasis is placed on the importance of an integrated approach to skill development to enhance flight safety and efficiency. The practical significance of the work lies in the need to constantly update and adapt pilot training programs in light of technological progress and changes in the aviation industry, which will contribute to the creation of a safer and more reliable air traffic control system of the future.

Keywords: spatial orientation, flight image, sensory systems, situational awareness, Euler angles, quaternions, psychophysiology, virtual reality, cognitive skills, flight simulators, stress management.

Пространственная ориентация и образ полета

Пространственная ориентация – один из ключевых навыков пилота, позволяющий точно воспринимать своё положение и движение в пространстве относительно земли и других объектов [Young et al., 2007]. Без соответствующих навыков пилот не сможет точно оценивать углы крена, тангажа и рыскания, что может привести к некорректным действиям и, как следствие, к ошибкам и аварийным ситуациям. Основные аспекты пространственной ориентации включают:

- углы Эйлера и кватернионы: эти инструменты используются для описания ориентации самолета в трёхмерном пространстве;
- сенсорные системы: вестибулярная система, зрение и проприоцептивные ощущения играют ключевую роль в восприятии пространственной ориентации;
- инструментальное оснащение кабины: приборы, такие как гироскопы и инклинометры, обеспечивают пилота важной информацией о положении и движении воздушного судна.

Вестибулярная система отвечает за восприятие угловых и линейных ускорений. В сочетании со зрительной информацией она позволяет точно оценивать положение и ориентацию летательного аппарата. Зрение играет ведущую роль в ориентации, особенно в условиях полета на малых высотах и при выполнении сложных маневров [Eysenck et al., 2015].

Для компенсации недостатков сенсорного восприятия и повышения точности пространственной ориентации пилоты используют различные приборы, включая гироскопы, акселерометры, инклинометры и индикаторы курса [Stevens et al., 2015]. Эти приборы обеспечивают объективные данные о положении и движении летательного аппарата, что позволяет пилотам принимать более обоснованные решения.

Образ полета включает в себя ментальное представление текущей ситуации и прогнозирование возможных сценариев развития событий [Sutton et al., 2018]. Он формируется на основе информации, поступающей от сенсорных систем и приборов, а также личного опыта и знаний пилота. Образ полета позволяет пилоту эффективно планировать и выполнять маневры, а также быстро реагировать на изменяющиеся условия полета [Eysenck et al., 2015].

Компоненты образа полета:

1. Ситуационная осведомленность: понимание текущего положения и окружения самолета, оценка угроз и возможностей для выполнения маневров;
2. Мониторинг и контроль: постоянное отслеживание показаний приборов и сенсорных сигналов, внесение необходимых корректировок в действия на основе текущей информации;
3. Когнитивное планирование.

Ситуационная осведомленность (СО) является ключевым компонентом образа полета. Это состояние, при котором пилот осознает текущее положение, движение и состояние летательного аппарата, а также внешние условия, такие как метеоусловия и наличие других воздушных судов [Endsley, 1995]. Высокий уровень ситуационной осведомленности позволяет пилоту принимать правильные и своевременные решения, минимизируя риск возникновения нештатных ситуаций.

Когнитивное планирование включает разработку стратегии выполнения полета, выбор оптимального маршрута и маневров, а также прогнозирование возможных изменений условий полета. Мониторинг предполагает постоянное отслеживание текущего состояния воздушного судна и внешней среды, что позволяет вовремя вносить корректировки [Wickens et al., 2008].

Пространственная ориентация и образ полета играют решающую роль в деятельности пилота, оказывая влияние на точность управления воздушным судном и принятие решений в условиях сложной динамической среды [Luecken et al., 2008].

Эффективные навыки пространственной ориентации и образа полета критически важны для обеспечения безопасности полетов. Недостаточное внимание к этим аспектам может привести к серьезным последствиям. Например, ошибки в оценке положения и движения воздушного судна относительно земли или других объектов могут стать причиной авиационных происшествий.

Исследования показывают, что более 50% авиационных происшествий связаны с недостатками в пространственной ориентации и ситуационной осведомленности пилотов [Wiegmann et al., 2017]. Программы подготовки пилотов, акцентирующие внимание на развитии этих навыков, демонстрируют значительное снижение числа инцидентов и аварий, ведь пилоты с высоким уровнем ситуационной осведомленности и умением быстро переключаться между различными сигналами сенсорных систем и показаний приборов имеют больше шансов успешно справляться с нештатными и аварийными ситуациями. Таким образом, развитие методов улучшения навыка по ведению пространственной ориентации и создания образа полета является критически важным для повышения безопасности полетов и эффективности работы пилотов.

Для поддержания высокого уровня пространственной ориентации и образа полета пилотам необходима регулярная тренировка. Современные технологии, такие как симуляторы с виртуальной реальностью, позволяют моделировать разнообразные условия полета и отрабатывать навыки принятия решений в реальном времени [Selye, 1976].

Использование виртуальных и дополненных реальностей для тренировки пилотов предоставляет возможность отработки различных сценариев полетов, включая экстремальные и аварийные ситуации. Это помогает пилотам развивать и поддерживать необходимые когнитивные навыки и способности к быстрому переходу между различными источниками информации в кабине [The use of immersive..., 2008].

Пилотирование требует от пилота сильной концентрации, а также устойчивости к стрессовым условиям и развитых когнитивных навыков. Когнитивные тренировки включают упражнения на улучшение памяти, внимания и скорости реакции, а психофизиологические методики направлены на управление уровнем стресса и эмоциональным состоянием пилота [Luecken et al., 2008].

Высокий уровень стресса может негативно влиять на когнитивные способности и ситуационную осведомленность пилота, вдобавок может значительно ухудшить способность пилота к принятию решений и снизить точность пространственной ориентации. Поэтому важно внедрение методик психологической подготовки и тренировок, направленных на снижение негативного влияния стресса на когнитивные функции пилота [McEwen, 2007].

Современные подходы

Исторически вопрос пространственной ориентации пилотов изучался с различных точек зрения. В начале XX века процесс обучения пилотов основывался главным образом на практическом опыте и навыках: новички перенимали знания и умения у более опытных коллег [Aviation History..., 2003]. С развитием авиационной промышленности, особенно в периоды Первой и Второй мировых войн, возникла потребность в более структурированных методах подготовки. Это привело к созданию первых учебных программ и тренажеров, разработанных в 1929 году. Рост авиационной индустрии и усложнение технологий в этот период привели к изменению подходов к обучению и тренировкам пилотов. Начали активно внедряться научные методы изучения психологии и физиологии человека в условиях полета, что способствовало разработке более эффективных и безопасных методов подготовки. Применение симуляторов полета для воспроизведения различных сценариев и условий позволило пилотам лучше освоить навыки пространственной ориентации и управления самолетом в сложных ситуациях.

Современные исследования подчеркивают важность комплексного подхода, сочетающего тренажерные технологии и теоретическое обучение. Особое внимание уделяется разработке математических моделей, способных точно описывать динамическое поведение самолета и взаимодействие пилота с системой управления.

С середины XX века в обучение пилотов активно внедряются компьютерные технологии и сложные симуляторы полета. Эти симуляторы воспроизводят не только динамику полета самолета, но и широкий спектр

полётных условий, включая метеорологические явления и аварийные ситуации [Dixon, 2009]. Современные симуляторы, такие тренажеры, как Full Flight Simulators (FFS), позволяют полностью воссоздать кабину самолёта и предоставить пилоту реалистичные задачи по управлению самолётом в различных условиях [Kraiger, 2008].

Современные методы моделирования и управления пространственной ориентацией воздушных судов включают использование продвинутых математических моделей, оптимизационных методов и технологий машинного обучения. Главными направлениями в этой области являются:

1. Методы математической оптимизации и теории управления: использование критериев оптимальности для обеспечения наилучшей траектории полёта, минимизации ошибок и энергопотребления. Включает методы, такие как линейное-квадратичное регуляторное управление (LQR) и управления, основанные на понятии теории игр [Benson, 1996; Boyd et al., 2004].

2. Фильтры Калмана и расширенные фильтры Калмана для обработки сигналов от датчиков: фильтры Калмана применяются для оценки состояния динамических систем, особенно в авионике. Для нелинейных систем используются расширенные фильтры Калмана, которые позволяют точно оценивать параметры ориентации и скорости самолета, интегрируя данные различных датчиков [Dixon, 2009].

3. Устойчивое и адаптивное управление: методы устойчивого управления обеспечивают устойчивость системы в условиях неопределенностей. Адаптивное управление, в свою очередь, позволяет настраивать параметры системы в реальном времени в ответ на изменяющиеся условия, повышая её производительность [Butcher, 2008].

4. Методы машинного обучения, включая нейронные сети и алгоритмы глубокого обучения: эти методы способствуют созданию адаптивных моделей управления, которые обучаются на больших объемах данных и могут приспосабливаться к новым условиям. Применение глубоких нейронных сетей является особенно полезным для сложных многомерных систем, таких как беспилотные летательные аппараты [Hastie et al., 2009; Shannon, 2005].

Использование специализированного программного обеспечения и симуляторов: современные симуляторы и системы виртуальной реальности позволяют тщательно тестировать и отлаживать модели управления в реалистичной виртуальной среде. Эти симуляторы используют физически обоснованные модели, что позволяет изучать поведение системы в условиях, близких к реальным, без значительных рисков [Carpenter, 2001; Kraiger, 2008].

Современные подходы к моделированию и управлению пространственной ориентацией воздушных судов предлагают широкий арсенал методик, базирующихся на развитии теории управления, адаптивных алгоритмах, машинном обучении и симуляции. Постоянно растущая сложность и требования к воздушным судам стимулируют развитие новых и более совершенных методов, что делает эту область исследования весьма динамичной и перспективной [Taylor, 2021].

Ниже предложены современные методы управления и тренировки навыков пилотов:

1. Классические методы обучения – данные методики обучения пилотов включают теоретическое обучение, наземные тренировки и симуляционные сессии. Эти методы направлены на формирование базовых навыков управления и пространственной ориентации, знакомство с аэродинамикой и основами навигации [Stevens et al., 2015].

2. Инновационные технологии обучения – с развитием технологий обучения пилотов стали использоваться виртуальные и дополненные реальности. Эти технологии создают интерактивные и реалистичные тренажеры, позволяющие моделировать широкое разнообразие полетных условий и сценариев. Виртуальная реальность помогает пилотам погружаться в разные ситуационные контексты и отрабатывать навыки принятия решений [Sutton et al., 2018].

3. Когнитивные аспекты тренировки – когнитивное обучение и распознавание паттернов являются важными элементами тренировки пилотов. Эти аспекты включают развитие ситуационной осведомленности, способности к быстрому анализу и оценке сложных ситуаций. Современные исследователи фокусируются на улучшении методов обучения, которые бы учитывали когнитивные нагрузки и стрессы пилота в реальных условиях полета [Rudy, 2008; Wie, 1998].

Исследования показывают, что эффективность управления воздушным судном можно значительно улучшить за счет тренировки когнитивных и психофизиологических аспектов [Rudy, 2008]. Когнитивные способности, такие как внимание, память и реакция на внешние сигналы, являются ключевыми элементами в процессе пилотирования. Эти способности позволяют пилотам быстро обрабатывать информацию, принимать решения и синхронизировать свои действия в сложных условиях [Luecken et al., 2010; McEwen, 2007; Styles, 2006].

Следует отметить, что навык управления стрессом является критически важным для пилотов. Высокий уровень стресса может негативно влиять на когнитивные способности и принятие решений. Методики управления стрессом, включая релаксационные техники, дыхательные практики и психологическую поддержку, помогают пилотам сохранять концентрацию и работоспособность [Luecken et al., 2008].

Пространственная ориентация и образ полета являются ключевыми элементами в деятельности пилота. Эти навыки позволяют пилотам успешно выполнять задачи управления воздушным судном, поддерживать высокую ситуационную осведомленность и принимать правильные решения в сложных условиях. Современные методы обучения, включая использование симуляторов и технологии виртуальной реальности, позволяют эффективно развивать и поддерживать эти навыки на высоком уровне.

Теоретические основы пространственной ориентации

Пространственная ориентация летательных аппаратов является одной из ключевых задач в аэрокосмической инженерии. Она включает измерение и управление положением и направлением летательных аппаратов в пространстве. Корректное моделирование и управление ориентацией важны как для стабильного полета, так и для успешного выполнения миссий.

Подробное рассмотрение теоретических основ пространственной ориентации летательных аппаратов включает несколько ключевых аспектов, таких как кинематика, динамика, управление, устойчивость и фильтрация данных. Рассмотрим эти аспекты более подробно.

1. Кинематика описывает движение тел без учета причин, вызывающих это движение. В рамках кинематики пространственной ориентации используются понятия углов Эйлера, кватернионов и матриц вращения для описания ориентации летательного аппарата. Эти математические описания позволяют эффективно моделировать движение аппарата в трехмерном пространстве:

– углы Эйлера: описывают ориентацию летательного аппарата относительно фиксированной системы координат и определяются тремя последовательными вращениями:

ϕ (крен) – вращение вокруг оси X ;

θ (тангаж) – вращение вокруг оси Y ;

ψ (рыскание) – вращение вокруг оси Z .

Вот, как они определяются:

$$R = R_z(\psi)R_y(\theta)R_x(\phi), \quad (1)$$

где:

$$R_x(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$R_y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R_z(\psi) = \begin{bmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Эти матрицы поворотов позволяют вычислять углы поворота аппарата вокруг каждой из трех осей, что важно для корректного моделирования его ориентации [Purves, 2013].

Углы Эйлера представляют собой последовательные повороты вокруг осей фиксированной системы координат и используются для описания ориентации относительно этой системы. Они важны для интуитивного понимания ориентации летательного аппарата, но для численных расчетов могут вызывать проблемы, связанные с особенностями параметризации, например, сингулярностей, известной как «gimbal lock» [Purves, 2013];

– кватернионы: представляют собой комплексные числа с четырьмя компонентами и являются альтернативой углам Эйлера при моделировании ориентации. Они не подвержены проблемам сингулярности, что делает их предпочтительными для численных расчетов [Eysenck et al., 2015]. Кватернион q состоит из 4-х элементов:

$$q = [q_0, q_1, q_2, q_3], \quad (5)$$

где:

q_0 – скалярная часть;

q_1, q_2, q_3 – векторная часть:

$$q_0 = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (6)$$

$$q_1 = u_x \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (7)$$

$$q_2 = u_y \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad (8)$$

$$q_3 = u_z \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right), \quad (9)$$

где:

α – угол поворота;

$u = (u_x, u_y, u_z)$ – единичный вектор оси поворота [Eysenck et al., 2015].

Кватернионы позволяют выполнять интерполяцию и компоновку вращений более эффективно, чем углы Эйлера или матрицы вращения; матрицы вращения: 3×3 матрицы, используемые для преобразования координат между различными системами отсчета. Они представляют собой ортогональные матрицы с единичным определителем. Основное преимущество матриц вращения в их простоте интеграции в линейные алгебраические уравнения, они позволяют легко переключаться между различными системами отсчета [Styles, 2006]:

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta \cos\psi & -\cos\phi \sin\psi + \sin\phi \sin\theta \cos\psi & \sin\phi \sin\psi + \cos\phi \sin\theta \cos\psi \\ \cos\theta \sin\psi & \cos\phi \cos\psi + \sin\phi \sin\theta \sin\psi & -\sin\phi \cos\psi + \cos\phi \sin\theta \sin\psi \\ -\sin\theta & \sin\phi \cos\theta & \cos\phi \cos\theta \end{bmatrix} \quad (10)$$

2. Динамическая модель описывает силы и моменты, действующие на летательный аппарат, и реакции на эти воздействия, формализуя уравнения

движения Ньютона и Эйлера, а также учитывая моменты инерции [Carroll, 1993].

Для описания поступательного движения летательного аппарата используются уравнения Ньютона:

$$F = ma, \quad (11)$$

где:

F – суммарная сила, действующая на тело;

m – масса тела;

a – ускорение [Carroll, 1993].

Это уравнение описывает, как внешние силы влияют на поступательное движение аппарата, и является основным уравнением для моделирования полета [Carroll, 1993].

Угловое движение описывается уравнениями движения Эйлера:

$$T = I_{\omega} + \omega * (I_{\omega}) \quad (12)$$

где:

T – суммарный момент сил;

I – тензор инерции;

ω – угловая скорость [McEwen, 2007].

Эти уравнения позволяют моделировать как изменение угловых скоростей, так и реакции на моменты сил, воздействующие на летательный аппарат [McEwen, 2007].

Тензор инерции I характеризует распределение массы относительно осей вращения и влияет на угловую динамику летательного аппарата. Его компоненты определяются формой и распределением массы летательного аппарата [Izard, 1993].

3. Теория управления. В теории управления рассматриваются методы проектирования систем управления для стабилизации и управления ориентацией летательных аппаратов:

– классическое управление: включает использование пропорциональных, интегральных и дифференциальных регуляторов (ПИД-регуляторы), которые обеспечивают стабилизацию и управление ориентированием. ПИД-регулятор вычисляет управляющее воздействие $u(t)$ по формуле [Luecken et al., 2008]:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (13)$$

где:

$e(t)$ – ошибка ориентации;

K_p, K_i, K_d – коэффициенты настройки регулятора;

– оптимальное управление: стремится найти такую последовательность управляющих воздействий, которая минимизирует определенный критерий

оптимальности. Одним из популярных подходов является метод линейно-квадратичного регулятора (LQR) [Gazzaniga et al., 2018]:

$$J = \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt, \quad (14)$$

где:

J – функционал стоимости;

x – вектор состояния;

u – управляющее воздействие;

Q и R – весовые матрицы состояния и управления соответственно [Gazzaniga et al., 2018];

– адаптивное управление: позволяет системе изменять свои параметры в реальном времени для адаптации к меняющимся условиям [Rudy, 2008]. Основным принципом адаптивного управления заключается в изменении управляющих параметров на основе текущих оценок состояния системы.

4. Фильтрация данных и оценка состояния.

Фильтр Калмана: используется для оценки состояния системы, основываясь на измерениях, имеющих шумы и погрешности [Aleshechkin et al., 2017; Erokhin et al., 2021; Katsuhiko, 2010; Theoretical ..., 2021]. Он состоит из двух основных этапов: прогноза и коррекции:

Прогноз:

$$x_{k|k-1} = F \hat{x}_{k-1|k-1} + B u_{k-1} \quad (15)$$

$$P_{k|k-1} = F P_{k-1|k-1} F^T + Q. \quad (16)$$

Коррекция:

$$K_k = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + R)^{-1} \quad (17)$$

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (z_k - H \hat{x}_{k|k-1}) \quad (18)$$

$$P_{k|k} = (I - K_k H) P_{k|k-1}. \quad (19)$$

Расширенный фильтр Калмана (EKF): для нелинейных систем применяется расширенный фильтр Калмана (EKF), который использует линеаризацию модели вокруг текущей оценки состояния [Katsuhiko, 2010]. Основные этапы остаются прежними, но линеаризация выполняется с помощью якобиановых матриц.

Теоретические основы пространственной ориентации летательного аппарата включают в себя множество аспектов, начиная от кинематики и динамики, до сложных методов управления и фильтрации данных. Современные подходы используют как классические методы управления, так и современные алгоритмы машинного обучения, обеспечивая высокую точность и надежность.

Психофизиологические аспекты обработки информации

Пространственная ориентация пилота является результатом синергического взаимодействия нескольких сенсорных систем: визуальной, вестибулярной и проприоцептивной. Ошибки восприятия и интерпретации сигналов от этих систем могут привести к дезориентации пилота и, как следствие, некорректным действиям:

1. Визуальная система отвечает за определение позиции и движения самолёта относительно внешних объектов. Ограниченные или отсутствующие визуальные ориентиры значительно осложняют ПОП.

2. Вестибулярная система, расположенная во внутреннем ухе, даёт информацию о положении головы и ускорениях тела. Однако, в условиях полёта сигналы от вестибулярной системы могут быть искажены.

3. Проприоцептивная система отвечает за ощущение положения тела и его частей в пространстве. В условиях ускорений, характерных для полёта, сигналы от этой системы также могут быть ненадёжными.

Психофизиология исследует связь между психологическими процессами и физиологическими реакциями организма. Особое внимание уделяется тому, как разные психофизиологические процессы влияют на обработку информации человеком, его поведение и работоспособность в различных условиях, включая стресс и усталость [Purves, 2013].

Восприятие: зрительное восприятие является первичным источником информации для большинства людей. Оно включает процессы, необходимые для обнаружения, идентификации и интерпретации визуальных стимулов. Главными компонентами зрительного восприятия являются:

- острота зрения: возможность различать мелкие детали [Eysenck et al., 2015];

- контрастная чувствительность: способность различать объекты, которые не сильно отличаются по яркости от фона [Styles, 2006];

- цветовое восприятие: способность различать цвета и их оттенки, которая зависит от работы колбочек – специализированных клеток сетчатки [Eysenck et al., 2015].

Аудиальное восприятие играет важную роль в коммуникации и ориентировании в пространстве. Основные компоненты включают:

- слуховую чувствительность: способность слышать звуки различной интенсивности и частоты [Carroll, 1993];

- локацию звука: определение направления и расстояния до источника звука [McEwen, 2007];

– разборчивость речи: способность различать звуки речи на фоне других звуков [Carroll, 1993].

Сенсорная интеграция включает обработку информации от разных сенсорных систем (зрение, слух, тактильные ощущения) и их объединение для формирования целостного представления об окружающей ситуации [Purves, 2013].

Внимание: селективное внимание позволяет фокусироваться на определенных аспектах среды, игнорируя другие. Это важно для обработки релевантной информации и игнорирования отвлекающих факторов [Carroll, 1993].

Распределенное внимание позволяет обрабатывать многочисленные источники информации одновременно. Это особенно важно в сложных задачах, таких как управление транспортными средствами или выполнение многошаговых операций [McEwen, 2007].

Усталость негативно влияет на способность к концентрации и распределению внимания. Она может приводить к снижению когнитивной производительности и увеличению вероятности ошибок [Purves, 2013].

Память: кратковременная память (рабочая память) отвечает за временное хранение информации для выполнения текущих задач. Она ограничена по объему и времени хранения [Eysenck et al., 2015].

Долговременная память хранит информацию от нескольких минут до нескольких десятилетий. Она включает декларативную (факты и события) и процедурную (навыки и умения) память [Selye, 1976].

Факторы, которые могут повлиять на память, включают возраст, уровень стресса, качество сна и общее здоровье. Кроме того, эмоциональная значимость информации играет важную роль в процессах запоминания и вспоминания [Izard, 1993].

Стресс и когнитивные процессы: стресс может быть острым (внезапные и интенсивные стрессоры) или хроническим (длительное воздействие стрессоров). Оба вида стресса могут существенно влиять на когнитивные процессы [Luecken et al., 2008].

Под воздействием стресса сосредоточенность может как улучшаться (например, «туннельное зрение» при высокой угрозе), так и ухудшаться при хронической усталости [Gazzaniga et al., 2018].

Острый стресс может временно улучшить запоминание в результате выделения адреналина и кортизола, но хронический стресс разрушительно влияет на клетки в гиппокампе – области мозга, ответственной за память [Rudy, 2008].

Стресс может приводить к импульсивным решениям и снижению способности к взвешенному и обоснованному принятию решений [Gazzaniga et al., 2018].

Психофизиологические механизмы стресса: выделение гормонов: под воздействием стрессоров происходит выделение кортизола и адреналина, которые влияют как на физиологическое состояние, так и на когнитивные функции [Gazzaniga et al., 2018]. Изменение активности нервной системы:

активизируется симпатическая нервная система, что улучшает готовность организма к действию, но долгосрочное воздействие может приводить к истощению ресурсов организма [Rudy, 2008].

Методы исследования психофизиологических аспектов: электроэнцефалография используется для записи электрической активности мозга и выявления паттернов, связанных с определенными когнитивными процессами [Carroll, 1993]. Функциональная магнитно-резонансная томография позволяет визуализировать активность различных областей мозга в реальном времени, анализируя изменения кровотока и уровня оксигенации гемоглобина [Gazzaniga et al., 2018].

Тесты, такие как Струп-тест, тест Веккера, и когнитивные задачи на время реакции используются для оценки когнитивных функций под воздействием различных факторов, включая стресс и усталость [Styles, 2006].

Психофизиологические аспекты обработки информации играют ключевую роль в понимании человеческого поведения и работоспособности. Внимание, память, восприятие и стресс – это компоненты, которые взаимодействуют друг с другом и определяют когнитивную производительность. Их правильное понимание и исследование позволяют разрабатывать методы улучшения работоспособности и снижения негативных последствий стрессовых факторов.

Заключение

Пространственная ориентация и образ полета являются ключевыми компонентами, определяющими эффективность и безопасность пилотирования. Умение пилотов быстро обрабатывать информацию, получаемую от различных сенсорных систем и приборов, играет решающую роль в поддержании ситуационной осведомленности и принятии обоснованных решений. Современные подходы в обучении пилотов акцентируют внимание на комплексном развитии этих навыков, включая использование симуляторов, трёхмерных моделей и традиционных методик тренировки.

Помимо традиционных физических методов тренировки, внимание необходимо уделять когнитивным аспектам, таким как развитие памяти, внимание и стрессоустойчивость. Специальные программы управления стрессом, наряду с когнитивными тренировками, способны значительно улучшить адаптивность и устойчивость пилотов в сложных условиях.

Систематическое обучение и развитие этих навыков создают прочную основу для эффективного интегрирования технологических инноваций в процессе пилотирования. Такой подход способствует снижению числа авиационных инцидентов и повышает общую эффективность пилотов, что имеет важное значение в условиях современной высокودинамичной авиационной среды.

Постоянное обновление и адаптация программ подготовки пилотов с учетом технологического прогресса и изменений в авиационной индустрии

будут способствовать созданию более безопасной и надежной системы управления воздушным движением будущего.

Библиографический список

- Aleshechkin A. M.* Trajectory optimization of dynamically controlled objects in INS. GNSS integrated navigation system / A. M. Aleshechkin, V. V. Erokhin // Gyroscopy and Navigation. 2017. №8 (1). P. 15-23. DOI 10.1134/S2075108716040027. EDN YVIROP.
- Aviation History: Early Training // Aviation Journal. 2003. P. 45-52.
- Benson T. F.* A pilot's guide to understanding and mitigating disorientation in flight // FAA Publication. 1996. P. 12-36.
- Boyd S.* Convex Optimization / S. Boyd, L. Vandenberghe // Cambridge University Press. 2004. P. 113-130.
- Butcher J. C.* Numerical Methods for Ordinary Differential Equations // Wiley. 2008. P. 215-240.
- Carpenter B.* Functional Training for Aviation Professionals // Aviation Supplies & Academics. 2001. P. 54-78.
- Carroll J. B.* Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies // Cambridge University Press. 1993. P. 50-79.
- Dixon J. C.* Dynamics of rigid-body motion and control in aerospace and robotics // Wiley. 2009. P. 48-76.
- Endsley M. R.* Toward a theory of situation awareness in dynamic systems // Human Factors. 1995. №37(1). P. 32-64.
- Erokhin V.* Bi-criteria Aircraft Trajectory Optimization in Implementing the Area Navigation Concept / V. Erokhin, B. Lezhankin, T. Portnova // International Journal of Aeronautical and Space Sciences. 2021. №22(4). P. 948-962. DOI 10.1007/s42405-021-00353-3. EDN UQNHOD.
- Eysenck M. W.* Cognitive Psychology: A Student's Handbook / M. W. Eysenck, M. T. Keane // Psychology Press. 2015. P. 305-340.
- Gazzaniga M. S.* Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind / M. S. Gazzaniga, R. B. Ivry, G. R. Mangun // W. W. Norton & Company. 2018. P. 191-214.
- Hastie T.* The Elements of Statistical Learning / T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedmanet // Springer. 2009. P. 211-235.
- Izard C.E.* Emotion, Cognition, and Behavior // Springer. 1993. P. 201-225.
- Katsuhiko O.* Modern Control Engineering // Prentice Hall. 2010. P. 343-367.
- Kraiger K.* Simulation-Based Training in Aviation and Aerospace // Taylor & Francis. 2008. P. 134-157.
- Luecken L. J.* Handbook of Physiological Research Methods in Health Psychology / L. J. Luecken, L. Gallo // Sage Publications. 2008. P. 73-98.
- Luecken L. J.* The Psychophysiology of Stress / L. J. Luecken, K. A. Orchowski // Springer. 2010. P. 165-190.
- McEwen B. S.* Stress and the Brain: Nervous System Reactions to Stress and Their Modulation // Neuropsychopharmacology Journal. 2007. №22(2). P. 108-124.
- Purves D.* Principles of Cognitive Neuroscience // Sinauer Associates. 2013. P. 132-160.
- Rudy J. W.* Neurobiology of Learning and Memory // Sinauer Associates. 2008. P. 95-115.
- Selye H.* The Stress of Life. New York: McGraw-Hill, 1976. P. 234-259.
- Shannon R. E.* Systems Simulation: The Art and Science // Prentice Hall. 2005. P. 142-166.
- Stevens B.L.* Aircraft Control and Simulation: Dynamics, Controls Design, and Autonomous Systems / B. L. Stevens, F. L. Lewis, E. N. Johnson // John Wiley & Sons. 2015. P. 67-89.
- Styles E.* The Psychology of Attention // Psychology Press. 2006. P. 92-110.
- Sutton R. S.* Reinforcement Learning: An Introduction / R. S. Sutton, A. G. Barto // MIT Press. 2018. P. 88-112.
- Taylor P.* The Evolution of Control Theory in Aerospace Engineering // Journal of Aerospace Innovations. 2021. P. 100-115.

The use of immersive virtual reality in the learning sciences: Digital transformations of teachers, students, and social context / J. N. Bailenson, N. Yee, J. Blascovich, A. C. Beall, N. Lundblad, M. Jin // *Journal of the Learning Sciences*. 2008. №17(1). P. 102-141.

Theoretical foundations of radar location and radio navigation / D. A. Akmaykin, E. A. Bolelov, A. I. Kozlov [et al.] // *Springer Aerospace Technology*. 2021. P. 1-325.

Wickens C. D. Applied Attention Theory / C. D. Wickens, J. S. McCarley // CRC Press. 2008. P. 315-340.

Wie B. Space Vehicle Dynamics and Control // *Aircraft Engineering and Aerospace Technology. Education Series*. 1998. №70(5). P. 23-45.

Wiegmann D. A. A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis: The Human Factors Analysis and Classification System / D. A. Wiegmann, S. A. Shappell // Ashgate Publishing. 2017. P. 243-268.

Young L. R. Spatial orientation and motion sickness / L. R. Young, C. M. Oman, D. M. Merfeld // Springer. 2007. P. 152-176.

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

УДК 629.7.016.2

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_93

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ СООБЩЕНИЙ АЗН-В НА ПОВЕРХНОСТИ АЭРОДРОМА

*Александр Петрович Плясовских,
orcid.org/0000-0003-2250-8852,
доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
al.plyasovskih@yandex.ru*

*Артем Вадимович Копосов,
orcid.org/0009-0002-4886-9250,
аспирант
Санкт-Петербургский университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
a.kop33@mail.ru*

*Александра Александровна Катричева,
orcid.org/0009-0009-7737-4821,
аспирант
Санкт-Петербургский университет гражданской авиации
имени Главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, д. 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
a.katrichева@gmail.com*

Аннотация. В статье предлагается математическая модель подтверждения достоверности сообщений автоматического зависимого наблюдения радиовещательного типа (АЗН-В). Актуальность исследования обусловлена растущими требованиями к безопасности и надежности информационных систем, а также необходимостью обеспечения целостности и достоверности передаваемой информации в условиях современных угроз. В работе представлены основные компоненты модели, включая источники информации, каналы передачи данных и механизмы обнаружения ошибок. Предложенная модель описывает происходящие в системах АЗН-В процессы с учетом искусственных и естественных помех, влияющих на достоверность информации наблюдения, позволяет прогнозировать действия злоумышленников, пытающихся нарушить целостность систем АЗН-В, и прогнозировать поведение системы АЗН-В в условиях помех, обеспечивает возможность разработки эффективных методов подтверждения достоверности сообщений АЗН-В в районе аэродрома. Таким образом, представленная математическая модель подтверждения достоверности сообщений АЗН-В

служит важным шагом к улучшению надежности информационных систем и защиты критически важной информации от несанкционированного доступа и искажений.

Ключевые слова: АЗН-В, разница времени, модель, подтверждение достоверности.

MATHEMATICAL MODEL FOR VALIDATING ADS-B MESSAGES ON THE AIRFIELD SURFACE

*Alexander P. Plyasovskih,
orcid.org/0000-0003-2250-8852,
Doctor of Technical Sciences, Professor
St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov Street
Saint-Petersburg, 196210, Russia
al.plyasovskih@yandex.ru*

*Artem V. Kopusov,
orcid.org/0009-0002-4886-9250,
Postgraduate student
St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov Street
Saint-Petersburg, 196210, Russia
a.kop33@mail.ru*

*Alexandra A. Katricheva,
orcid.org/0009-0009-7737-4821,
Postgraduate student
St. Petersburg University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov Street
Saint-Petersburg, 196210, Russia
a.katricheva@gmail.com*

Abstract. The article proposes a mathematical model for validation of messages of automatic dependent surveillance of broadcasting type (ADS-B). The relevance of the study is due to the growing requirements for the security and reliability of information systems, as well as the need to ensure the integrity and reliability of transmitted information in the context of modern threats. The paper presents the main components of the model, including information sources, data transmission channels and error detection mechanisms. The proposed model describes the processes occurring in the ADS-B systems, taking into account artificial and natural interference that affects the reliability of surveillance information, allows you to predict the actions of intruders trying to violate the integrity of the ADS-B systems, and to predict the operation of the ADS-B system under interference, provides the possibility of developing effective methods to validate ADS-B messages in the terminal area. Thus, the presented mathematical model for validating ADS-B messages serves as an important step towards improving the reliability of information systems and protecting critical information from unauthorized access and distortion.

Keywords: ADS-B, time difference, model, validation.

Введение

С целью повышения уровня безопасности движения на летном поле, в аэропортах используется усовершенствованная система управления наземным

движением и контроля за ним (A-SMGCS). Эта система предназначена для обеспечения наблюдения, прокладки маршрута в целях управления воздушным движением (УВД) [Advanced Surface..., 2004]. Согласно глобальному аэронавигационному плану АЗН-В, являясь элементом системы A-SMGCS, предлагает менее затратное решение в плане наблюдения на аэродромах со средним уровнем сложности движения. Также при наличии АЗН-В в системах A-SMGCS на аэродроме улучшается ситуационная осведомленность пилотов для уменьшения времени руления, уменьшается количество столкновений на взлетно-посадочной полосе, что в свою очередь повышает безопасность полетов [Aeronautical Surveillance..., 2020; Global air..., 2016].

Но АЗН-В имеет недостатки в соответствии с [Aeronautical Surveillance..., 2020]:

а) она зависит от надлежащей оснащённости всех воздушных судов. Это может быть серьёзной проблемой, так как требуется установка и сертификация навигационного средства, способного предоставлять информацию о местоположении и скорости наряду с указанием на целостность и точность такой информации;

б) существующие установки при получении данных о местоположении и скорости полагаются исключительно на GNSS. Поэтому возможны отказы в случаях, когда уровень характеристик или геометрия спутниковой группировки недостаточны для поддержки того или иного вида применения. Этот недостаток должен быть устранен в будущих системах, позволяющих интегрировать информацию GNSS с данными от других навигационных датчиков. Кроме того, появление системы «Галилео» должно улучшить работу GNSS;

с) следует предусмотреть возможность проверки точности передаваемых данных о местоположении.

В работе предлагается математическая модель подтверждения достоверности сообщений АЗН-В на поверхности аэродрома. Эта модель с использованием формул описывает происходящие в системах АЗН-В процессы с учетом искусственных и естественных помех, влияющих на достоверность информации наблюдения, позволяет прогнозировать действия злоумышленников, пытающихся нарушить целостность систем АЗН-В и прогнозировать поведение системы АЗН-В в условиях помех. Новизна данной модели состоит в том, что она содержит модуль источника помех (спуфинга), модуль подтверждения достоверности сообщений АЗН-В и определения точности координат ВС.

Модель обеспечивает возможность разработки эффективных методов подтверждения достоверности сообщений АЗН-В и противодействия спуфингу в районе аэродрома. Это обеспечивает возможность использования АЗН-В в качестве самостоятельного средства наблюдения в аэропортах с невысокой интенсивностью воздушного движения в условиях неустойчивой работы GNSS, а также при наличии кибератак (спуфинга) на систему АЗН-В, которые могут повлечь за собой снижение уровня безопасности полетов.

Материалы и методы

Модель – это инструмент, с помощью которого можно изучать свойства интересующих нас системы или процесса.

В состав математической модели подтверждения достоверности сообщений АЗН-В на поверхности аэродрома входит:

- модуль бортового сегмента АЗН-В;
- модуль источника помех;
- модуль наземного сегмента АЗН-В, обеспечивающий подтверждение достоверности.

Рассмотрим представленную на рисунке 1 модель подтверждения достоверности сообщения АЗН-В на поверхности аэродрома, где отображены основные компоненты, а также в математической форме описаны процессы, происходящие в каждой ее составной части.

Введем условные обозначения:

$x_{ik}(t), y_{ik}(t), z_{ik}(t)$ – координата в момент времени t i -го ВС k -го сообщения, (м);

$B_i^{ист}, L_i^{ист}, H_i^{ист}$ – истинные широта, долгота и высота i -го воздушного судна (ВС) (широта, долгота [°], высота [м]);

x_0, y_0, z_0 – начальная координата, [м];

H_z – геометрическая высота [м];

V_{xi}, V_{yi}, V_{zi} – скорость ВС в данный момент времени, [м/с];

t_0 – начальный момент времени, [с];

X, Y, Z – погрешность определения места навигационной системы, случайная величина;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – среднее квадратическое отклонение погрешности определения места ВС;

c – скорость света [м/с];

B'_i, L'_i, H'_i – широта, долгота, высота ложного ВС (широта, долгота [°], высота [м]);

t – момент времени, [с];

N – радиус кривизны первого вертикала эллипсоида;

$a = 6378137$ – большая полуось Эллипсоида WGS-84 [м];

$b = 6356752,3142$ – малая полуось Эллипсоида WGS-84 [м];

$R_z = 6378136$ – радиус Земли [м];

$e^2 = 0.0066944385$ – квадрат эксцентриситета;

a – действительная полуось;

b – мнимая полуось;

x_i^{nc}, y_i^{nc} – координаты станций в прямоугольной системе координат (СК);

x_{ec}, y_{ec} – координаты ВС в прямоугольной СК;

x_k, y_k – координаты точек гиперболы;

r_1 – расстояние от первой станции до ВС [м];

r_2 – расстояние от второй станции до ВС [м];

t_{np_1}, t_{np_2} – время приема на станциях;

$t_{пер}$ – время передачи сообщения;

r_{min} – минимальное расстояние от гиперболы до ВС [м];

$r_{min\ доп}$ – минимальное допустимое расстояние от гиперболы до ВС [м].

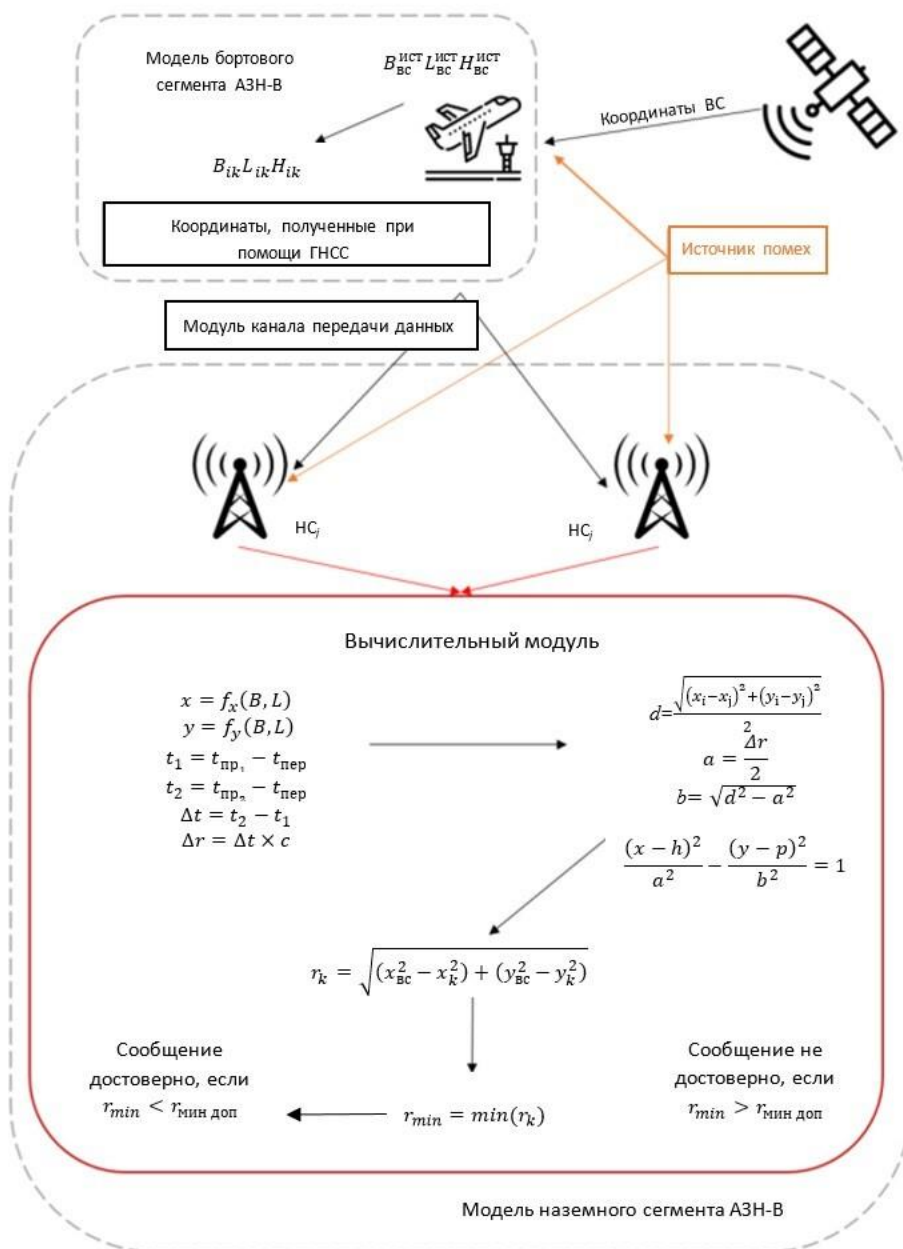


Рисунок 1 – Модель подтверждения достоверности сообщения АЗН-В на поверхности аэродрома

Для понимания работы модели подтверждения достоверности сообщения АЗН-В на поверхности аэродрома рассмотрим детально каждый из ее сегментов.

Модель бортового сегмента АЗН-В

Пусть ВС движется по поверхности аэродрома. Исходные данные для модели:

$$x_0, y_0, z_0, H_z, V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}, t_0, \Delta t, \sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$$

x_0, y_0, z_0 – начальная координата, [м];
 H_z – геометрическая высота в метрах;
 V_{xi}, V_{yi}, V_{zi} – проекция вектора скорости ВС на оси x, y, z соответственно в данный момент времени, [м/с]; t_0 – начальный момент времени, в секундах;
 t_0 – начальный момент времени;
 Δt – разница между обновлением сообщений, шаг обновления равен 1 секунде;
 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – среднее квадратическое отклонение погрешности определения места ВС.

Так как воздушное судно находится в движении, зададим уравнения движения ВС в прямоугольной системе координат. Уравнения движения выглядят следующим образом:

Уравнения движения на аэродроме:

$$x_{ik}(t) = x_0 + V_{xi} \times t_k + X \quad (1)$$

$$y_{ik}(t) = y_0 + V_{yi} \times t_k + Y \quad (2)$$

$$z_{ik}(t) = z_0 + V_{zi} \times t_k + Z \quad (3)$$

где $x_{ik}(t), y_{ik}(t), z_{ik}(t)$ – координата в момент времени t i -го ВС k -го сообщения, [м];

x_0, y_0, z_0 – начальная координата, [м];
 V_{xi}, V_{yi}, V_{zi} – проекция вектора скорости ВС на оси x, y, z соответственно в данный момент времени, [м/с];
 t_k – момент времени передачи k -го сообщения [с];
 X, Y, Z – погрешность определения места навигационной системы, случайная величина, распределенная по нормальному закону с нулевым математическим ожиданием и с.к.о. $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$.

Момент времени передачи сообщения определяется по формуле:

$$t_k = t_0 + \Delta t \times k \quad (4)$$

где t_k – время передачи k -го – сообщения;

t_0 – начальный момент времени;

Δt – шаг времени между сообщениями, равный 1 секунде;

k – номер сообщения.

Для возможности реализации процесса подтверждения достоверности сообщений, обрабатываемых АЗН-В, необходимо понимать, какая именно

информация содержится в поступающем с борта ВС сигнале [EUROCONTROL..., 2015]:

- скорость ВС (V_i);
- координаты ВС в WGS-84 ($B_i^\phi, L_i^\phi, H_i^\phi$) – фактические координаты i -го ВС;
- время передачи сообщения (t_{ijk}^{nep});
- информация о метеобстановке;
- номер борта;
- номер сообщения (k);
- магнитный курс;
- барометрическая высота (H_ϕ);
- геометрическая высота (H_z).

Все эти вышеперечисленные данные определяются на борту ВС и передаются в сообщении АЗН-В.

Согласно [EUROCONTROL..., 2015], в сообщении АЗН-В передаются координаты в системе координат WGS-84, определенные при помощи спутниковой навигационной системы, как показано на рисунке 2.

$$B_{ik} = a \tan \frac{z_{ik}}{(\sqrt{x_{ik}^2 + y_{ik}^2}) \times 1 - e^2} \quad (5)$$

$$N = \frac{R_z}{\sqrt{(1 - e^2) \times (\sin B_{ik})^2}} \quad (6)$$

где $x_{ik}(t), y_{ik}(t), z_{ik}(t)$ – координата в момент времени t i -го ВС k -го сообщения, [м];

R_z – радиус земли;

N – радиус кривизны первого вертикала эллипсоида.

После расчета широты находится геодезическая высота:

$$H_{ik} = \frac{\sqrt{x_{ik}^2 + y_{ik}^2}}{\cos B_{ik}} - N \quad (7)$$

И геодезическую долготу можно найти по формуле:

$$L_{ik} = a \cos \frac{x_{ik}}{\sqrt{x_{ik}^2 + y_{ik}^2}} \quad (8)$$



Рисунок 2 – Определение координат ВС при помощи ГНСС

На выходе бортового сегмента получают фактические геодезические координаты в системе WGS-84, полученные при помощи ГНСС в соответствии с рисунком 2:

$$B_{ik}, L_{ik}, H_{ik}$$

где B_{ik}, L_{ik}, H_{ik} – координаты, передаваемые в сообщении АЗН-В.

Ввиду того, что обрабатываемые станциями АЗН-В сообщения могут быть переданы не только ВС, но и злоумышленниками, ввиду того, что протокол передачи сообщений известен, появляется необходимость определения ложных сообщений. Рассмотрим помехи, которые могут влиять на безопасность движения на летном поле.

Модуль канала передачи данных

На входе данного модуля будет $x_{ik}, y_{ik}, z_{ik}, x_j, y_j, z_j, c, t_{ik}^{nep}$.

В качестве линии передачи данных с ВС на станцию АЗН-В используется беспроводная линия связи. В таком случае средой распространения сигнала является атмосфера. В атмосфере сообщение передается с помощью электромагнитной волны (радиоволны) с постоянной скоростью, равной скорости света ($c = 3 \times 10^8$ м/с). Необходимым условием, учет которого обязателен при рассмотрении беспроводной линии связи, информация в которой передается с использованием радиоволны, является прямолинейность ее распространения.

Таким образом:

$$t_{ijk}^{nep} = t_{ik}^{nep} + \frac{\sqrt{(x_{ik} - x_j)^2 + (y_{ik} - y_j)^2 + (z_{ik} - z_j)^2}}{c} \quad (9)$$

где t_{ijk}^{nep} – время передачи сообщения АЗН-В i -го ВС, k -го сообщения;

x_{ik}, y_{ik}, z_{ik} – координаты i -го ВС в момент передачи k -го сообщения;

x_j, y_j, z_j – координаты j -ой станции;

c – скорость света.

Источник помех

На рисунке 3 приведена простейшая схема источника помех, отражающая сущность такого процесса, как спуфинг.

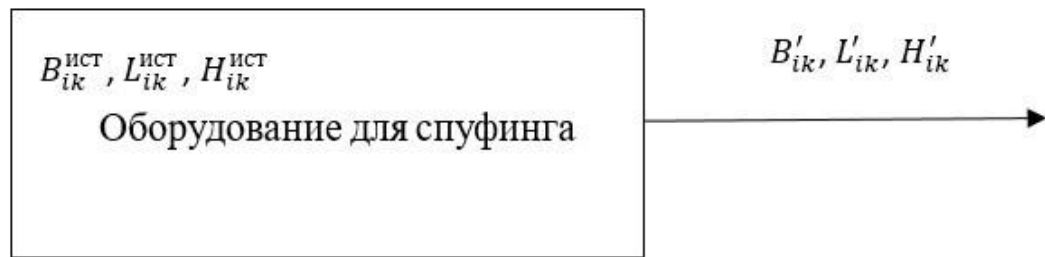


Рисунок 3 – Схема источника помех

Рассмотрим условные обозначения, отраженные на рисунке 3.

$B_{ik}^{ист}, L_{ik}^{ист}, H_{ik}^{ист}$ – истинные координаты i -го источника помех, k -го сообщения (злоумышленника);

$B'_{ik}, L'_{ik}, H'_{ik}$ – ложные координаты i -го ВС, k -го сообщения.

Источники помех могут быть разными. В данном случае рассматривается случай, когда злоумышленник вносит ложную информацию в сообщение, тем самым нанося ущерб авиационной системе и безопасности полетов. Одной из реализаций может быть спуфинг, когда в эфир передаются ранее перехваченные данные о ВС. В этом случае у диспетчера управления воздушным движением (УВД) на экране оборудования, отображающего радиолокационную обстановку, появятся две метки, обладающие одинаковыми данными, например, такими как бортовой номер. Такое вмешательство напрямую нарушает безопасность полетов, вводя диспетчера УВД в заблуждение ложной информацией.

Классификация основных атак, которые угрожают АЗН-В:

1. Рекогносцировка воздушного судна, направленная на получение информации о движении ВС.
2. Прямое подавление наземной станции, использующее источник помех на частоте передачи 1090 МГц с целью воздействия на наземное оборудование.
3. Вброс ложной цели на наземной станции, что ведет к отображению на устройстве радиолокационной обстановки несуществующих ложных целей.
4. Прямое подавление бортовой станции, использующее источник помех с целью воздействия на бортовое оборудование.
5. Вброс ложной цели на бортовой станции, что влияет на анализ воздушной обстановки, информация о которой обрабатывается на борту ВС.
6. Комбинации одного или нескольких обозначенных выше типов.

Анализируя приведенные возможные помехи, можно сделать вывод о большом спектре возможного влияния на процессы работы системы наблюдения на базе использования станций АЗН-В. Оценить влияние

спуфинга на наземное оборудование или же на бортовое является необходимым для возможности предупреждения повторения подобных ситуаций, так как, в противном случае, может быть оказано негативное влияние на систему в целом: утрата конфиденциальности, снижение доверия к системе, потеря управления [Косьянчук и др., 2019].

Предлагаемая модель может защищать от вброса ложной цели. Таким образом, при обработке данных станциями АЗН-В есть вероятность получения одинаковых данных, источниками которых будут являться как реальное ВС, так и злоумышленник. Так, на рисунке 4 отображен процесс передачи ложной информации.

Данные, сформированные на борту воздушного судна и источника помех, поступают на станции АЗН-В для дальнейшей их передачи диспетчеру УВД. В связи с этим появляется необходимость рассмотрения модели наземного сегмента АЗН-В.

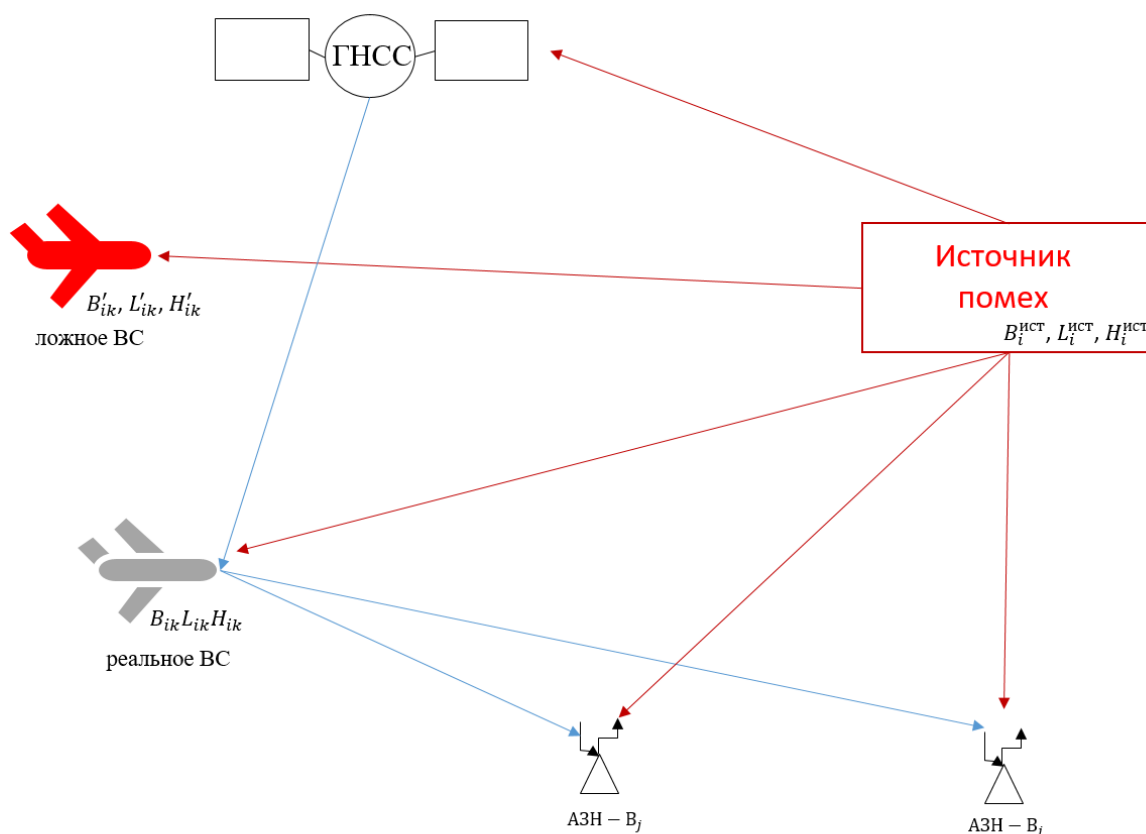


Рисунок 4 – Процесс внесения ложной информации

Модель наземного сегмента АЗН-В

Модель наземного сегмента состоит из двух модулей:

- модуля j-ых наземных станций АЗН-В;
- вычислительного модуля.

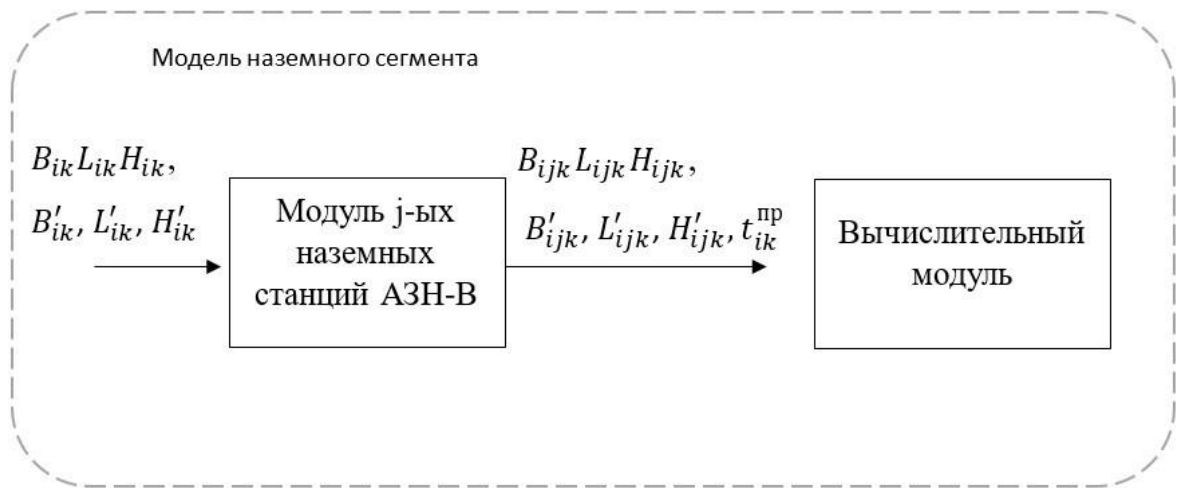


Рисунок 5 – Модель наземного сегмента

Рассмотрим модуль j -ых наземных станций АЗН-В.

На станции АЗН-В приходят сообщения с бортов ВС в формате согласно [EUROCONTROL..., 2015], описанные выше.

Поскольку подтверждение достоверности сообщения АЗН-В заключается в том, что необходимо подтвердить координатную информацию, то будем рассматривать координаты ВС.

Входом на блоке наземной станции будут координаты ВС и координаты ложного ВС:

$$B_{ik}, L_{ik}, H_{ik}, B'_{ik}, L'_{ik}, H'_{ik}$$

где $B'_{ik}, L'_{ik}, H'_{ik}$ – координаты i -го ВС в ложном сообщении АЗН-В;

B_{ik}, L_{ik}, H_{ik} – координаты, передаваемые в сообщении АЗН-В от реального ВС.

Так как сообщения поступают на станции АЗН-В, для различия сообщений к каждому из передаваемых данных будет присвоен порядковый номер приемных станций, а также будет записываться время приема сообщений, поэтому на выходе данного блока будут:

$$B_{ijk}, L_{ijk}, H_{ijk}, B'_{ijk}, L'_{ijk}, H'_{ijk}, t_{ijk}^{np}$$

где $B'_{ijk}, L'_{ijk}, H'_{ijk}$ – координаты i -го ВС в ложном сообщении АЗН-В;

$B_{ijk}, L_{ijk}, H_{ijk}$ – координаты, передаваемые в сообщении АЗН-В от реального ВС.

t_{ijk}^{np} – время приема k -го сообщения i -го ВС на j -ой станции.

Блок вычислителя

В вычислитель будут поступать данные из блока j -ых наземных станций АЗН-В, представленные выше. Координаты необходимо пересчитать на плоскость для подтверждения данных. Поэтому рассмотрим пересчет координат.

Пересчет координат из геодезической общеземной СК WGS-84 в топоцентрическую плоскую на местности

Так как в сообщении АЗН-В передаются геодезические координаты, необходимо выполнить пересчет координат в топоцентрическую систему координат (СК) для подтверждения достоверности. Для пересчета координат необходимо проанализировать координаты в геодезической СК и выбрать необходимые исходные данные.

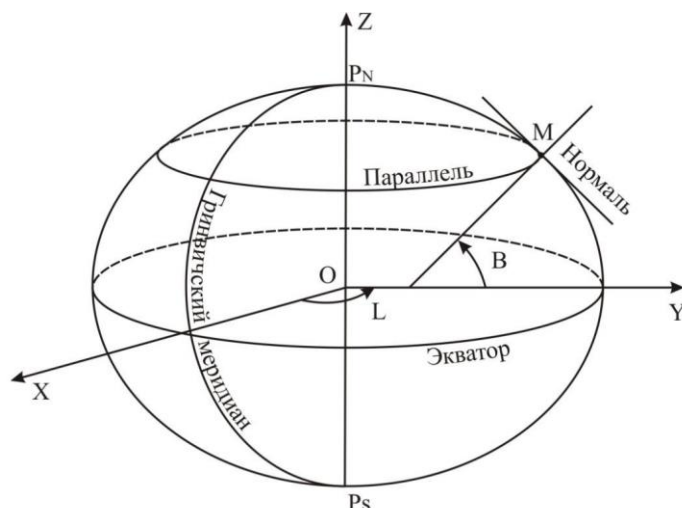


Рисунок 6 – Геодезическая система координат, *Источник:*
https://spbguga.ru/files/Geoinformatcionnye_osnovy_navigacii_uchebnoe_posobie.pdf

Рассмотрим условные обозначения, приведенные на рисунке 5.

Геодезическая широта B – это угол, заключенный между плоскостью экватора и нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке.

Геодезическая долгота L – это двугранный угол между плоскостями начального меридиана и меридиана данной точки.

Геодезическая высота H_g – расстояние от точки до поверхности эллипсоида по нормали к ней. Используется в случае, если измерения происходят не на поверхности эллипсоида [Сарайский, 2010].

Так как в сообщении АЗН-В передаются координаты в геодезической СК WGS-84, необходимо знать параметры эллипсоида WGS-84, для того чтобы перейти от СК WGS-84 к прямоугольной СК, в которой проводятся дальнейшие расчеты:

Большая полуось Эллипсоида WGS-84:

$$a = 6378137 \text{ м.}$$

Малая полуось Эллипсоида WGS-84:

$$b = 6356752,3142 \text{ м.}$$

Радиус земли:

$$R_z = 6378136 \text{ м.}$$

Квадрат эксцентриситета:

$$e^2 = 0.0066944385.$$

Геоцентрическая прямоугольная система координат имеет начало координат в центре масс Земли, а оси имеют следующие направления:

- оси X и Y лежат в плоскости Экватора перпендикулярно друг другу;
- ось Z проходит через направление вращения Земли и задает направление на север

$$X_{ijk} = (N + H) \cos B_{ijk} \cos L_{ijk} \quad (10)$$

$$Y_{ijk} = (N + H) \cos B_{ijk} \sin L_{ijk} \quad (11)$$

$$Z_{ijk} = (N \times (1 - e^2) + H) \sin B_{ijk} \quad (12)$$

$$N = \frac{R_3}{\sqrt{(1 - e^2) \times (\sin B_{ijk})^2}} \quad (13)$$

где N – радиус кривизны первого вертикала эллипсоида.

Чтобы все преобразования получились, необходимо привести систему к топоцентрической СК. Топоцентрической СК называется такая СК, начало координат которой находится на поверхности Земли. В данной модели начало системы координат необходимо привести в середину базы между станциями АЗН-В. База – это линия, на которой находятся станции.

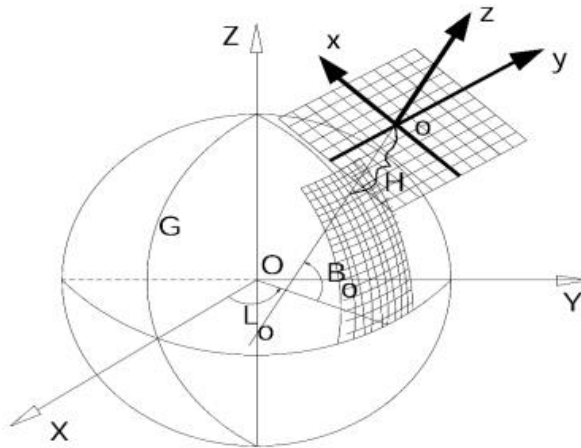


Рисунок 7 – Параллельный перенос и поворот системы координат,
 Источник: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-preobrazovaniya-koordinat-iz-geotsentricheskoy-sistemy-v-topotsentricheskuyu-i-ego-primenenie-pri-stroitelstve-vo-vietname/viewer>

На рисунке 7 представлен перенос и преобразование в плоскую систему координат. При помощи следующей матрицы преобразования [Чан и др., 2019]:

$$\begin{pmatrix} x_{ijk} \\ y_{ijk} \\ z_{ijk} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin B_{ijk} \cos L_{ijk} & -\sin B_{ijk} \sin L_{ijk} & \cos B_{ijk} \\ -\sin L_{ijk} & \cos L_{ijk} & 0 \\ \cos B_{ijk} & \cos B_{ijk} \sin L_{ijk} & \sin B_{ijk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{ijk} - (N + H) \cos B_{ijk} \cos L_{ijk} \\ Y_{ijk} - (N + H) \cos B_{ijk} \sin L_{ijk} \\ Z_{ijk} - (N(1 - e^2) + H) \sin B_{ijk} \end{pmatrix} \quad (14)$$

где $(x_{ijk}, y_{ijk}, z_{ijk})$ – координаты точки преобразования в топоцентрической системе координат, i -го ВС сообщения на j -ой станции k -го сообщения;

$(X_{ijk}, Y_{ijk}, Z_{ijk})$ – пространственные прямоугольные координаты пунктов в геоцентрической системе координат точки преобразования, i -го ВС сообщения на j -ой станции k -го сообщения;

$(B_{ijk}, L_{ijk}, Z_{ijk})$ – геодезические координаты центральной точки сетки (или начало топоцентрической системы координат);

N – радиус кривизны первого вертикала, проходящего через начало топоцентрической системы координат.

Из данной матрицы следует, что координаты на плоскости будут:

$$\begin{aligned} x_{ijk} = & (-\sin B_{ijk} \cos L_{ijk} \times (X_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \cos L_{ijk}) + \\ & ((-\sin B_{ijk} \sin L_{ijk} \times (Y_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \sin L_{ijk})) + \\ & (\cos B_{ijk} \times (Z_{ijk} - (N(1 - e^2) + H_{ijk}) \sin B_{ijk})) \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} y_{ijk} = & (-\sin L_{ijk} \times (X_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \cos L_{ijk}) + \\ & ((\cos L_{ijk} \times (Y_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \sin L_{ijk})) \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} z_{ijk} = & (\cos B_{ijk} \cos L_{ijk} \times (X_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \cos L_{ijk}) + \\ & ((\cos B_{ijk} \sin L_{ijk} \times (Y_{ijk} - (N + H_{ijk}) \cos B_{ijk} \sin L_{ijk})) + \\ & (\sin B_{ijk} \times (Z_{ijk} - (N(1 - e^2) + H_{ijk}) \sin B_{ijk})) \end{aligned} \quad (17)$$

Подставив в представленные уравнения известные значения широты и долготы станций и ВС, получаются координаты на плоскости.

После пересчета координат, для подтверждения достоверности сообщения АЗН-В необходимо использовать разностно-дальномерный метод определения координат [Плясовских и др., 2023].

Разностно-дальномерный метод определения координат

Для реализации разностно-дальномерного метода определения координат нужен передатчик, установленный на борту ВС, который будет формировать сигнал и через антенну системы излучать его в пространство. Для приема и обработки переданного с борта ВС сигнала, на земле должны быть установлены станции, способные принимать и обрабатывать сигнал для получения информации о местоположении ВС.

Для подтверждения достоверности сообщения используется разностно-дальномерный метод, основанный на построении линии с постоянной

разницей расстояний. Для получения разности расстояний воспользуемся следующими формулами²⁴.

Найдём разницу времени прихода сообщения на разные станции АЗН-В:

$$\Delta t = t_2 - t_1 \quad (18)$$

$$t_1 = t_{np_1} - t_{nep} \quad (19)$$

$$t_2 = t_{np_2} - t_{nep} \quad (20)$$

где t_1 – время на первой станции;
 t_2 – время на второй станции;
 t_{np_1}, t_{np_2} – время приема на станциях;
 t_{nep} – время передачи сообщения.

Далее определим расстояние до каждой станции АЗН-В:

$$r_1 = (t_{np_1} - t_{nep}) \times c \quad (21)$$

$$r_2 = (t_{np_2} - t_{nep}) \times c \quad (22)$$

где r_1 – расстояние от первой станции до ВС;
 r_2 – расстояние от второй станции до ВС;
 t_{np_1}, t_{np_2} – время приема на станциях;
 t_{nep} – время передачи сообщения.

Так, появляется возможность определения разности расстояний:

$$\Delta r = r_2 - r_1 \quad (23)$$

где r_1 – расстояние от первой станции до ВС;
 r_2 – расстояние от второй станции до ВС.

Представленный подход расчета разности расстояний и времени применяется при многопозиционном методе определения координат, временные диаграммы работы которого приведены на рисунке 8.

²⁴ Григорьев С. В. Теоретические основы радионавигации и радиолокации. Ч.1 Методы радионавигационных определений: Уч. пособие. СПб.: СПбГУГА, 2018. 279 с.

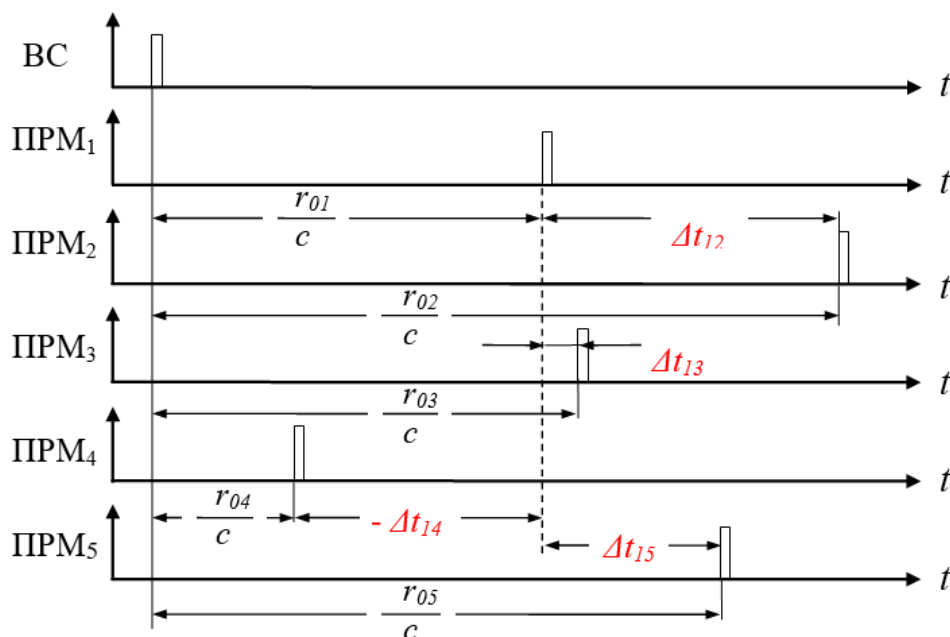


Рисунок 8 – Временная диаграмма работы многопозиционного метода определения координат, *Источник:*

<https://studylib.ru/doc/6578747/teoreticheskie-osnovy-radionavigacii-i-radiolokacii>

Обязательным условием, необходимым для получения точной информации о местоположении ВС, является временная синхронизация всех наземных станций, так как в основе разностно-дальномерного метода заложен принцип определения разницы во времени прихода сигнала на все земные станции. Разница во времени прихода сигнала на разные наземные станции обуславливается различным расстоянием от источника до приемников. Таким образом, получив сведения от ВС, возникает возможность точного нахождения координат ВС.

Так как линия положения разностно-дальномерного метода представляет собой гиперболу, рассмотрим принцип построения гиперболы для определения точного местоположения источника передаваемой информации.

Уравнение гиперболы

Линия с постоянной разницей расстояний называется гиперболой. Гипербола является частным случаем сечением конуса. Для построения гиперболы необходимо вывести ее уравнение.

Зададим начальные условия, необходимые для построения гиперболы.

Пусть $M(x, y)$ – произвольная точка, принадлежащая гиперболы, тогда, согласно известным свойствам гиперболы, можно записать условие:

$$|MF_1| - |MF_2| = \pm 2a$$

где F_1, F_2 – фокусы гиперболы;

MF_1, MF_2 – фокусное расстояние;

a – действительная полуось гиперболы.

По определению гиперболы:

$$2a < 2d$$

То есть,

$$a < d$$

где a – действительная полуось гиперболы;

d – мнимая полуось гиперболы.

Для получения канонического уравнения гиперболы выберем произвольную точку и получим для нее следующие математические выражения²⁵:

$$\begin{aligned} r_1 &= \sqrt{(x-d)^2 + y^2}, r_2 = \sqrt{(x+d)^2 + y^2} \\ \begin{cases} r_2 - r_1 = 2a \\ r_2^2 - r_1^2 = 4dx \end{cases} \\ \begin{cases} r_2 + r_1 = 2\frac{d}{a}x \\ r_2 - r_1 = 2a \end{cases} \\ \begin{cases} r_1 = \frac{d}{a}x - a \\ r_2 = \frac{d}{a}x + a \end{cases} \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} (x+d)^2 + y^2 &= \left(\frac{d}{a}x + a\right)^2 \\ x^2 + 2dx + d^2 + y^2 &= \frac{d^2}{a^2}x^2 + 2dx + a^2 \\ \left(\frac{d^2}{a^2} - 1\right)x^2 + y^2 &= d^2 - a^2 \end{aligned}$$

Упростив данное выражение, получаем каноническое уравнение гиперболы:

$$\frac{(x_{ijk} - h)^2}{a^2} - \frac{(y_{ijk} - h)^2}{b^2} = 1 \quad (24)$$

где h – это смещение центра гиперболы относительно оси абсцисс;

p – смещение центра гиперболы относительно оси ординат.

²⁵ Мышкис А. Д. Лекции по высшей математике: учебное пособие. 6-е изд., испр. СПб.: Издательство «Лань», 2009. 688 с.

На рисунке 9 представлена гипербола вероятного местонахождения источника информации, которую обрабатывает наземная станция АЗН-В.

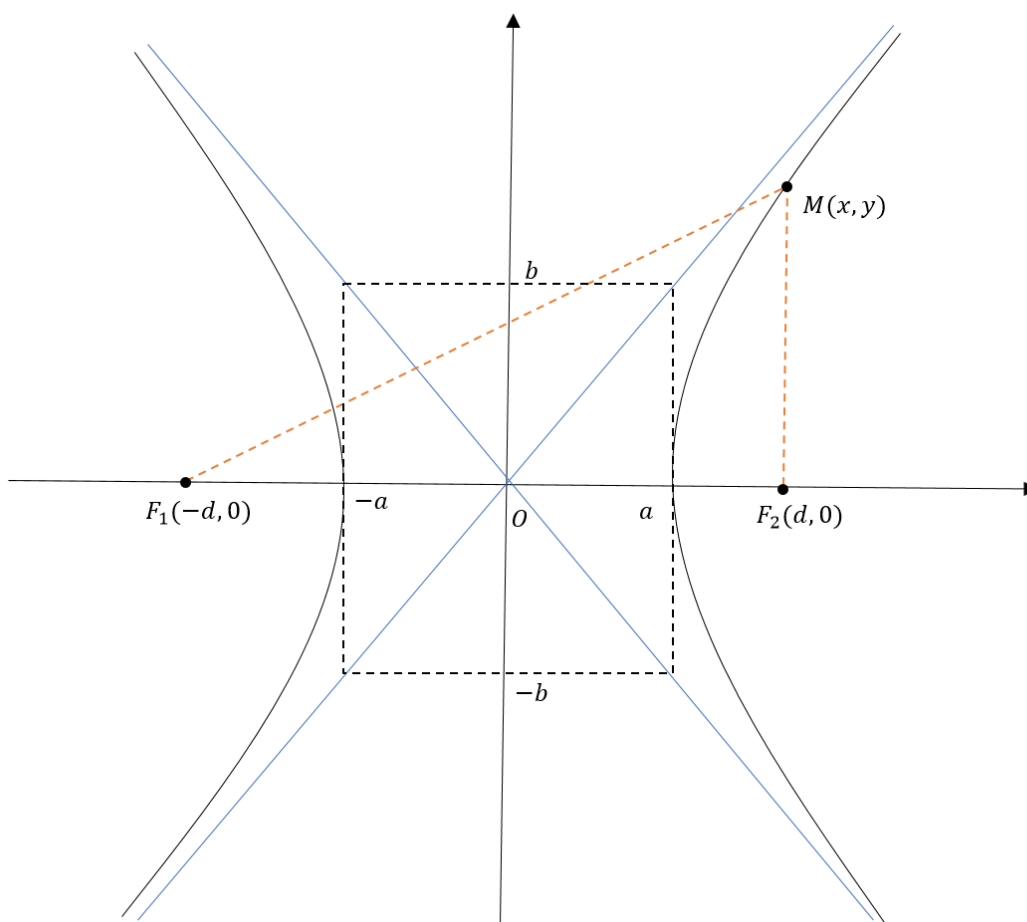


Рисунок 9 – Гипербола вероятного местоположения источника информации

Для построения гиперболы необходимо найти ее параметры, так называемое уравнение гиперболы. Чтобы найти уравнение, необходимо рассчитать параметры из формул, полученных ранее:

$$d = \frac{\sqrt{(x_j^2 - x_{j*}^2) + (y_j^2 - y_{j*}^2)}}{2} \quad (25)$$

$$a = \frac{\Delta r}{2} \quad (26)$$

$$b = \sqrt{d^2 - a^2} \quad (27)$$

где d – это полуфокусное расстояние;

a – действительная полуось;

b – мнимая полуось;

x_j, y_j, x_{j*}, y_{j*} – координаты станций при условии $x_j \neq x_{j*}, y_j \neq y_{j*}$.

После нахождения точек гиперболы необходимо определить расстояние от точек гиперболы до ВС.

Нахождение расстояния от ВС до гиперболы

Для подтверждения координат из сообщения АЗН-В необходимо найти и сравнить расстояние между координатами гиперболы и координатами из сообщения. Чтобы найти расстояние между точками гиперболы и ВС, воспользуемся следующей формулой:

$$r_k = \sqrt{(x_{ijk}^2 - x_k^2) + (y_{ijk}^2 - y_k^2)} \quad (28)$$

где x_{ijk}, y_{ijk} – координаты воздушного судна, i -го ВС сообщения на j -ой станции k -го сообщения;

x_k, y_k – координаты точек гиперболы k -го сообщения.

Из множества расстояний находится минимальное, по которому можно судить о достоверности сообщения:

$$r_{\min} = \min(r_k)$$

В таком случае, зная значение $r_{\min}$, появляется возможность оценить достоверность полученного сообщения, учитывая условия [Копосов и др. 2023]:

Если

$$r_{\min} < r_{\min \text{ доп}}$$

то принятое сообщение достоверно.

Если

$$r_{\min} > r_{\min \text{ доп}}$$

то принятое сообщение недостоверно.

Используемое для оценки достоверности принятого сообщения значение величины $r_{\min \text{ доп}}$ выбирается исходя из данных, приведенных в сертификационных требованиях (БАЗИС) к широкозонным и аэродромным МПСН. Так, для площади аэродрома значения соответствуют 7,5 м (с доверительным уровнем 95%) и 12 м (с доверительным уровнем 99%) [Сертификационные требования..., 2018].

Результаты

В результате работы были получено:

1. Получена математическая модель подтверждения достоверности сообщений АЗН-В на поверхности, отличающаяся от уже существующих

аналогов тем, что в ней присутствуют модуль подтверждения достоверности, а также модуль помех.

2. В модели рассмотрен источник помех, воздействующий на безопасность полетов. Учитывая возможность спуфинга, компоненты предложенной модели способствуют выявлению преднамеренно ложных сообщений.

3. Предложено разделение математической модели на два сегмента: бортовой и наземный для более детального рассмотрения происходящих в системе наблюдения на базе наземных станций АЗН-В процессов.

4. Учитывая возможность подтверждения достоверности сообщений АЗН-В, появляется возможность использования системы наземных станций АЗН-В в качестве самостоятельного средства наблюдения без привлечения дополнительных источников информации, таких как МПСН и ВРЛ.

Обсуждение

Вопрос достоверности сообщений АЗН-В актуален на сегодняшний день, так как системы АЗН-В являются перспективными и менее затратными средствами наблюдения [Aeronautical Surveillance..., 2020]. Так, например, организация процесса наблюдения при помощи МПСН на аэродроме Пулково стоит 130 млн рублей, а стоимость станции АЗН-В, для сравнения, составляет около 13 млн рублей [Плясовских и др., 2020]. Для организации наблюдения при использовании представленной модели понадобится минимум две станции. Соответственно, организация процесса наблюдения при помощи АЗН-В является более выгодной со стороны экономической составляющей в отличие от применения МПСН и ВРЛ.

Вопрос с подтверждением данных АЗН-В изучался в работах ²⁶ [Калинцев и др., 2021; Плясовских, 2022; Плясовских и др., 2019; A Study of..., 2013; Hammad et al., 2023], в результате были подробно рассмотрены проблемы подтверждения достоверности, а также предложены методы и методики подтверждения данных АЗН-В для полетов на эшелоне, в районе аэродрома.

Еще одним положительным аспектом использования АЗН-В является повышение ситуационной осведомленности, что, в свою очередь, позволяет увеличить пропускную способность, а также повысить уровень безопасности полетов. Как известно, повышение гибкости и эффективности использования воздушного пространства позволяет говорить о совершенствовании уже существующей авиационной системы.

Данная модель позволяет разработать методики и алгоритмы подтверждения достоверности сообщений АЗН-В, о чем планируются дальнейшие публикации.

²⁶ Григорьев С. В. Теоретические основы радионавигации и радиолокации. Ч.1 Методы радионавигационных определений: Уч. пособие. СПб.: СПбГУГА, 2018. 279 с.

Заключение

Ввиду того, что авиации, как сфере деятельности, присуще динамичное развитие, следует предпринимать шаги к решению актуальных вопросов, связанных с поддержанием высокого уровня безопасности полетов, а также учитывать возрастающие потребности в более эффективном использовании воздушного пространства.

Системы наблюдения, в особенности в аэродромной зоне, являются важным компонентом авиационной системы, который способен повлиять на безопасность в области авиации. Применение перспективных средств, таких как АЗН-В, является важным аспектом создания усовершенствованной системы контроля и управления воздушным движением.

Практическая значимость представленной работы напрямую связана с решением вопросов, касающихся безопасности, экономичности и эффективности выполнения полетов воздушных судов, что оказывает непосредственное влияние на авиационную систему в целом. Использование разработанной модели подтверждения достоверности сообщений АЗН-В на аэродроме позволяет оказать положительное влияние на существующие системы наблюдения путем использования новых методик и алгоритмов, которые позволят более эффективно использовать имеющиеся системы, а также использовать систему АЗН-В в качестве самостоятельного средства наблюдения на аэродроме.

Библиографический список

Калинцев А. С. Подтверждение данных АЗН-В в аэродромной зоне методом стробирования / А. С. Калинцев, Е. А. Рубцов, А. П. Плясовских // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2021. Т. 15. № 7. С. 39-49. DOI 10.36724/2072-8735-2021-15-7-39-49. EDN RIWKIN.

Копосов А. В. Обнаружение спуфинга АЗН-В на поверхности аэродрома с помощью двух приемных станций АЗН-В / А. В. Копосов, В. Ю. Давиденко, И. Г. Шайдуров // Радионавигация и время: труды СЗРЦ Концерна ВКО "Алмаз - Антей". 2023. № 13(21). С. 108-117. EDN VNWEHS.

Косьянчук В. В. Обзор основных путей повышения безопасности системы АЗН-В / В. В. Косьянчук, Н. И. Сельвесюк, Р. Р. Хамматов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2019. Т. 22. № 1. С. 39-50. DOI 10.26467/2079-0619-2019-22-1-39-50. EDN YXQZJB.

Плясовских А. П. Закон абберации и его приложения в навигации и управлении воздушным движением. М.: Знание-М, 2022. 70 с. EDN IEMXKB.

Плясовских А. П. Использование метода TDOA для подтверждения достоверности информации радиовещательного автоматического зависимого наблюдения / А. П. Плясовских, А. В. Копосов, В. Ю. Давиденко // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2023. № 4. С. 50-62. DOI 10.51955/2312-1327_2023_4_50. EDN MFXEKS.

Плясовских А. П. Метод оценки достоверности информации АЗН-В в системе наблюдения и контроля аэродромного движения / А. П. Плясовских, Е. А. Рубцов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2019. № 3(24). С. 90-102. EDN SMYDUH.

Плясовских А. П. Теоретическое обоснование подтверждения достоверности информации о местоположении объекта на рабочей площади аэродрома / А. П. Плясовских, Е. А. Рубцов

// Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 3. С. 32-40. DOI 10.36724/2072-8735-2020-14-3-32-40. EDN JWKVQM.

Сарайский Ю. Н. Геоинформационные основы навигации / Ю. Н. Сарайский; Ю. Н. Сарайский ; М-во трансп. Российской Федерации (Минтранс России), Федеральное агентство воздушного трансп. (Росавиация), ФГОУ ВПО "Санкт-Петербургский гос. ун-т гражданской авиации". Санкт-Петербург : Ун-т гражданской авиации, 2010. 248 с. EDN QKJUUT.

Сертификационные требования (Базис) к широкозонным и аэродромным многопозиционным системам наблюдения [согл. письмом Департамента программ развития Министерства транспорта Российской Федерации № 08-04/5228-ИС от 15 марта 2018 г.]. 2018. 7 с.

Чан Т. Ш. Алгоритм преобразования координат из геоцентрической системы в топоцентрическую и его применение при строительстве во Вьетнаме / Т. Ш. Чан, А. А. Кузин // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2019. Т. 24, № 1. С. 59-71. DOI 10.33764/2411-1759-2019-24-1-59-71. EDN KSTQGL.

A Study of ADS-B Data Evaluation and Related Problems / A. B. Syd, S. Wolfgang, O. Washington, M. A. Kian, Ch. Thiam // Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of the Institute of Navigation. San Diego, California, 2013. pp. 444-455.

Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual. Doc 9830 AN/452/ ICAO, 2004. 89 p.

Aeronautical Surveillance Manual. Doc. 9924 AN/474. ICAO, 2020. 372 p.

EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 12 Category 21 ADS-B Target Reports, 2015.

Global air navigation plan 2016–2030. Doc. 9750 AN/963, Fifth Edition. ICAO, 2016. 142 p.

Hammad A. Kh. Securing ADS-B Communications through a Novel Authentication Framework / A. Kh. Hammad, Kh. Haibat, G. Salman // IEEE Journal on selected areas in communications. 2023. vol. XX, № X. DOI 10.36227/techrxiv.24043494.v1.

References

Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems (A-SMGCS) Manual. Doc 9830 AN/452/ ICAO, 2004. 89 p.

Aeronautical Surveillance Manual. Doc. 9924 AN/474. ICAO, 2020. 372 p.

Ali Busyairah Syd, Schuster Wolfgang, Ochien Washington, Majumdar Arnab Kian, Chiew Thiam. (2013). A Study of ADS-B Data Evaluation and Related Problems // Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of The Institute of Navigation, San Diego, California, January 2013, pp. 444-455.

Certification requirements (Basis) for multi-position airfield surveillance systems [according to the letter of the Department of Development Programs of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 08-04/5228-IS of 15 March 2018]. 7 с. (in Russian)

Chan T. S., Kuzin A. A. (2019). Algorithm for converting coordinates from a geocentric system to a topocentric one and its application in construction in Vietnam. Bulletin of SGUGiT. 24(1): 59-71. (in Russian)

EUROCONTROL Specification for Surveillance Data Exchange ASTERIX Part 12 Category 21 ADS-B Target Reports 2015

Global air navigation plan 2016–2030. Doc. 9750 AN/963, Fifth Edition. ICAO, 2016. 142 p.

Guidance on Systemic Risk Management and Government Oversight (A-SMGCS). Document 9830 AN/452/ICAO, 2004. 89 p.

Hammad A. Kh., Haibat Kh., Salman G. (2023). Securing ADS-B Communications through a Novel Authentication Framework. *IEEE journal on selected areas in communications*. XX(X).

- Kalintsev A. S., Rubtsov E. A., Plyasovskih A. P. (2021). Confirmation of ADS-B data in the aerodrome traffic zone by gating method. *T-Comm*. 15(7): 39-49. DOI 10.36724/2072-8735-2021-15-7-39-49. (in Russian)
- Koposov A. V., Davidenko V. Y., Shaidurov I. G. (2023). Detection of ADS-B spoofing on the airfield surface using two receiving stations AZN-v. *Radionavigation and time: Proceedings of the NWRC of the Almaz-Antey Concern*. 13(21): 108-117. (in Russian)
- Kosianchuk V. V., Selvesiuk N. I., Khammatov R. R. (2019). An overview of the main ways to improve the ADS-B system security. *Civil Aviation High Technologies*. 22(1): 39-50. (in Russian).
- Plyasovskih A. P. Law of aberration and its applications in navigation and air traffic control. Moscow: *Znanie-M*, 2022. 70 c. (in Russian)
- Plyasovskih A. P., Rubtsov E. A. (2019). Reliability estimation method of ADS-B information for surface movement guidance and control system. *Vestnik Saint Petersburg State University of Civil Aviation*. 3(24): 90-102. (in Russian)
- Plyasovskih A. P., Rubtsov E. A. (2020). Theoretical substantiation of confirmation of the validity of information about the location of the object on the work area of the aerodrome. *T-Comm*. 14(3): 32-40. DOI 10.36724/2072-8735-2020-14-3-32-40. (in Russian)
- Sarayskiy Y. N. (2010). Geoinformation bases of navigation. Saint-Petersburg: University of Civil Aviation, 2010. 248 p. EDN QKJUUT.

УДК 04.891

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_116

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ «АВИАТЕХПОМ» ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РЕМОНТА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

*Александр Юрьевич Юрин,
orcid.org/0000-0001-9089-5730,
доктор технических наук, профессор
Иркутский национальный исследовательский
технический университет (ИРНИТУ),
ул. Лермонтова, д. 83
Иркутск, 664074, Россия
iskander@icc.ru*

*Сергей Юрьевич Утехин,
orcid.org/0009-0004-9271-3645,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
(Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, д. 3
Иркутск, 664003, Россия
s.utekhin@iraero.ru*

Аннотация. Ремонт и техническое обслуживание в гражданской авиации остаются важными для обеспечения безопасности перевозок процессами, для повышения качества и оперативности которых используются информационные технологии и методы искусственного интеллекта. При этом в условиях санкционных ограничений перспективным является расширение набора отечественного программного обеспечения, реализующего как функции электронных технических руководств, так и систем поддержки принятия решений. Одной из подобных систем является платформа Авиационный Технический Помощник (АвиаТехПом). В статье представлено описание одного из ее компонентов – настольного приложения, в структуре которого можно выделить: подсистему поддержки поиска и устранения неисправностей, использующую как локальные файлы баз знаний, так и взаимодействующую с базами веб-сервиса; модуль чтения файлов бортовой системы технического обслуживания (БСТО); анализатор дампов энергонезависимой памяти блока вычислителя-контроллера электропривода. Приведены примеры применения настольного приложения при решении задач для самолета RRJ-95.

Ключевые слова: АвиаТехПом, интеллектуальная система, диагностика авиационных систем и комплексов, Сухой Суперджет, настольное приложение, чтение дампов.

APPLICATION OF AVIATEKHPOM SOFTWARE AND ALGORITHMS IN SOLVING AIRCRAFT REPAIR AND MAINTENANCE TASKS

*Aleksandr Yu. Yurin,
orcid.org/0000-0001-9089-5730,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Irkutsk National Research Technical University,
st. Lermontov, 83
Irkutsk, 664074, Russia
iskander@icc.ru*

*Sergey Yu. Utekhin,
orcid.org/0009-0004-9271-3645,
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov str.
Irkutsk, 664003, Russia
s.utekhin@iraero.ru*

Abstract. Repair and maintenance in civil aviation are important processes for providing transportation safety. To improve the quality and efficiency of these processes is possible with the help of information technologies and artificial intelligence methods. At the same time, under the conditions of sanctions restrictions, it is urgent to expand the set of domestic software that implements both the functions of electronic technical manuals and decision support systems. One of these systems is the Aviation Technical Assistant (AviaTekhPom) platform.

The paper issues one of its components – a desktop application that contains the following subsystems: a troubleshooting support that uses both local knowledge base files and interacting with web service databases; an on-board maintenance system (OBMS) file reader; a dump analyzer of non-volatile memory of motor and actuator control electronics (MACE). The authors demonstrate the examples of the use of a desktop application for the RRJ-95 aircraft.

Keywords: AviaTekhPom, intelligent system, diagnostics of aviation systems and complexes, Sukhoi Superjet, desktop application, reading dumps.

Введение

Автоматизация и интеллектуализация технического обслуживания гражданских воздушных судов остается важной научно-практической проблемой [Кирпичев и др., 2020; Макаров, 2008; Перфильев и др., 2018; Котлов и др., 2023; Котлов и др., 2024] особенно в условиях санкционного давления и импортозамещения. Одним из перспективных способов ее решения является создание отечественного программного обеспечения для поддержки технических специалистов [Котлов и др., 2024; Сухих и др., 2022; Chiu et al., 2004; Knowledge..., 2023] в форме комплексных решений, реализующих как функции электронных руководств [AirNav-Maintenance, 2024; MyBoeingFleet, 2024], так и систем искусственного интеллекта [Зрячев и др., 2022; Перфильев и др., 2018] в совокупности с методами математической теории принятия решений [Котлов, 2022].

В Иркутском филиале МГТУ ГА в рамках инициативных НИР создается подобное программно-алгоритмическое обеспечение – Авиационный Технический Помощник (АвиаТехПом) [Towards..., 2023]. В статье

представлено описание его функциональных возможностей в части настольного приложения АвиаТехПом.Терминал [Свидетельство..., 2024].

АвиаТехПом: концепция и общее описание

Концептуально, АвиаТехПом представляет собой платформу для создания интеллектуальных систем поддержки принятия решений при поиске и устранении отказов и неисправностей воздушного судна. При этом реализуются классические методы искусственного интеллекта: рассуждения на основе прецедентов [Варшавский и др., 2009; Aamodt et al., 1994] и логических правил (продукций) [Джексон, 2001]. Комплексное применение этих методов позволяет использовать в процессе поддержки специалистов как статистику отказов в форме оцифрованных КУНАТ, так и формализованные руководства (РПУН и РЭ).

Основное назначение создаваемых на платформе систем – обеспечить оперативную информационную поддержку техников аэродромных служб и, тем самым, снизить затраты времени при поиске и устранении отказов и неисправностей, а также обеспечить фиксацию результатов диагностики и ремонта с целью их последующего повторного использования.

Структурно в составе АвиаТехПом можно выделить следующие основные подсистемы:

1) Веб-сервис (АвиаТехПом.Сервис) – обеспечивает хранение данных и знаний на сервере в базе данных с возможностью масштабирования нагрузки и контейнеризации ресурсов; использует СУБД для хранения данных и знаний; поддерживает их выгрузку в текстовые файлы формата CSV (Comma-Separated Values), которые могут быть отдельно использованы настольным приложением; для функционирования необходим доступ к Интернет; расширение и модификация базы данных осуществляется централизованно на сервере; возможна синхронизация хранимой информации с локальными (настольными) приложениями по требованию.

2) Настольное приложение (АвиаТехПом.Терминал) – использует механизм хранения данных и знаний на локальном устройстве в форме CSV-файлов, которые могут быть созданы и модифицированы в текстовых и табличных редакторах, например, Microsoft Excel; обеспечивает функционирование без доступа к Интернет; возможно расширение и модификация CSV-файлов пользователем; необходимо обновление файлов при выпуске новых редакций технической документации.

3) Виртуальный ассистент (АвиаТехПом.Ассистент) [An Intelligent Assistant..., 2023] – обеспечивает хранение данных и знаний на сервере (используется единая база данных с АвиаТехПом.Сервис); для функционирования необходим доступ к Интернет; расширение и модификация информации осуществляется централизованно на сервере; возможно общение с пользователем на естественном языке (голос или текст).

Отработка алгоритмов платформы и ее тестирование осуществляется на примере задач технического обслуживания и ремонта воздушных судов Сухой Суперджет 100 (RRJ-95). В рамках данной работы основное внимание уделено

настольной версии программно-алгоритмического обеспечения АвиаТехПом – АвиаТехПом.Терминал.

АвиаТехПом.Терминал: архитектура и функции

Настольное приложение АвиаТехПом.Терминал создано с использованием программы-оболочки iDSS.Desktop [iDSS.Desktop..., 2024], обеспечивающей возможность перенастройки создаваемой системы под различные типы воздушных судов, при этом данные и знания хранятся в форме таблиц решений [Pollack et al., 1974; Seagle et al., 1995].

Основные функции АвиаТехПом.Терминал [Котлов и др., 2024; Towards..., 2023]: ввод, редактирование и хранение информации о системах воздушного судна, технической эксплуатации, отказах, неисправностях и работах по поиску и устранению неисправностей (отказов); поиск информации об отказах и неисправностях на основе информации БСТО и системы электронной индикации (СЭИ) с целью формирования списка возможных отказавших систем-претендентов; ввод, редактирование и хранение информации о новых отказах и неисправностях, неучтенных текущей версией документации; формирование плана работ по поиску, подтверждению и устранению отказов и неисправностей; сопровождение процесса технического обслуживания на основе предметно-ориентированного интерфейса.

АвиаТехПом.Терминал включает следующие основные подсистемы (Рисунок 1):

- подсистему поддержки поиска и устранения неисправностей;
- модуль чтения файлов БСТО;
- анализатор дампов энергонезависимой памяти блока вычислителя-контроллера электропривода.



Рисунок 1 – Концептуальная архитектура AviaTechPom.Терминал

Подсистема поддержки поиска и устранения неисправностей

Подсистема поддержки поиска и устранения неисправностей предназначена для поддержки технических специалистов при поиске и устранении неисправностей воздушного судна.

Информация о кодах отказов, зафиксированных БСТО, и сообщения СЭИ используются в качестве входных данных для формирования запросов к базам знаний, которые позволяют сформировать список возможных систем-кандидатов на отказ, а также последовательность действий по устранению неисправностей (Рисунок 2).

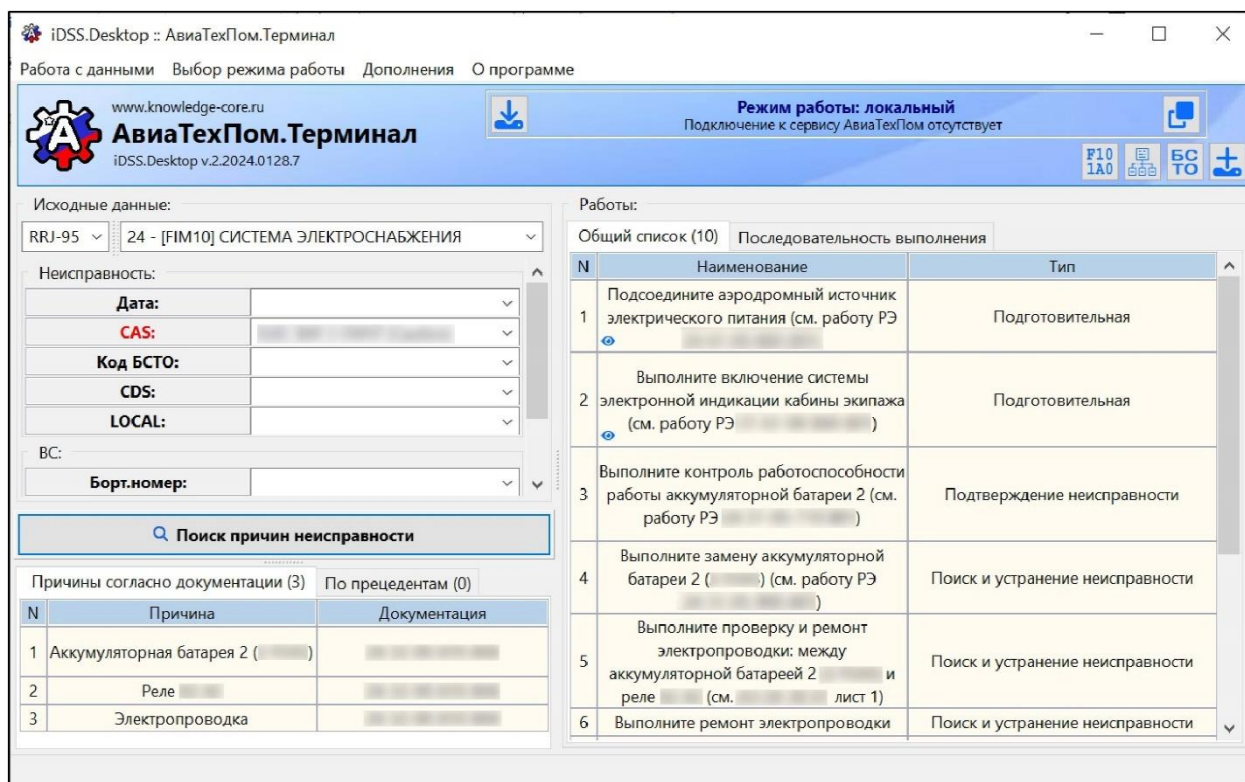


Рисунок 2 – Фрагмент экранной формы AviaTexPom.Терминал с возможными причинами неисправности и общим списком работ

Далее, при выборе начальной работы (действия) происходит последовательное сопровождение всего процесса поиска и устранения неисправности с фиксацией результата.

Подсистема поддерживает возможность обращения к серверу (Рисунок 3) и загрузку данных из его базы данных, а также подключение и отображение доступной документации в форме PDF.

Модуль чтения файлов БСТО

Модуль чтения файлов БСТО RRJ-95 функционирует в составе AviaTexPom.Терминал. Основное назначение модуля – декодирование файлов базы данных зафиксированных отказов (скриптов) БСТО с целью выявления кодов неисправностей и автоматического заполнения запросной системы подсистемы поддержки поиска и устранения неисправностей (Рисунок 4). Данный модуль является аналогом системы Release CMS [ReleaseCMS, 2024].

Анализатор дампов

AviaTexPom.ДамАнализатор является настольным приложением для анализа дампов энергонезависимой памяти вычислителя-контроллера электропривода (Motor and Actuator Control Electronic, MACE), входящего в электродистанционную систему управления самолетом (Flight Control System, FCS) RRJ-95. Обеспечивается анализ дампов энергонезависимой памяти трех

каналов блока: CC (Control Channel), MC (Monitor Channel) и MCC (Motor Control Channel).

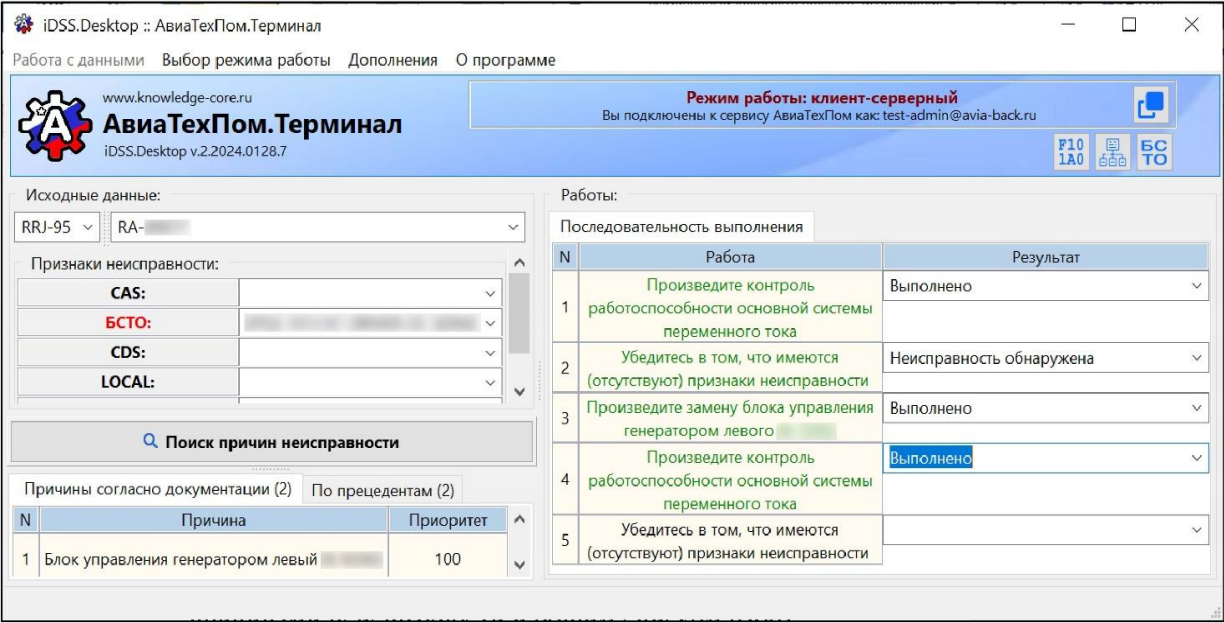


Рисунок 3 – Фрагмент экранной формы AviaTexPom.Терминал с подключением к веб-серверу

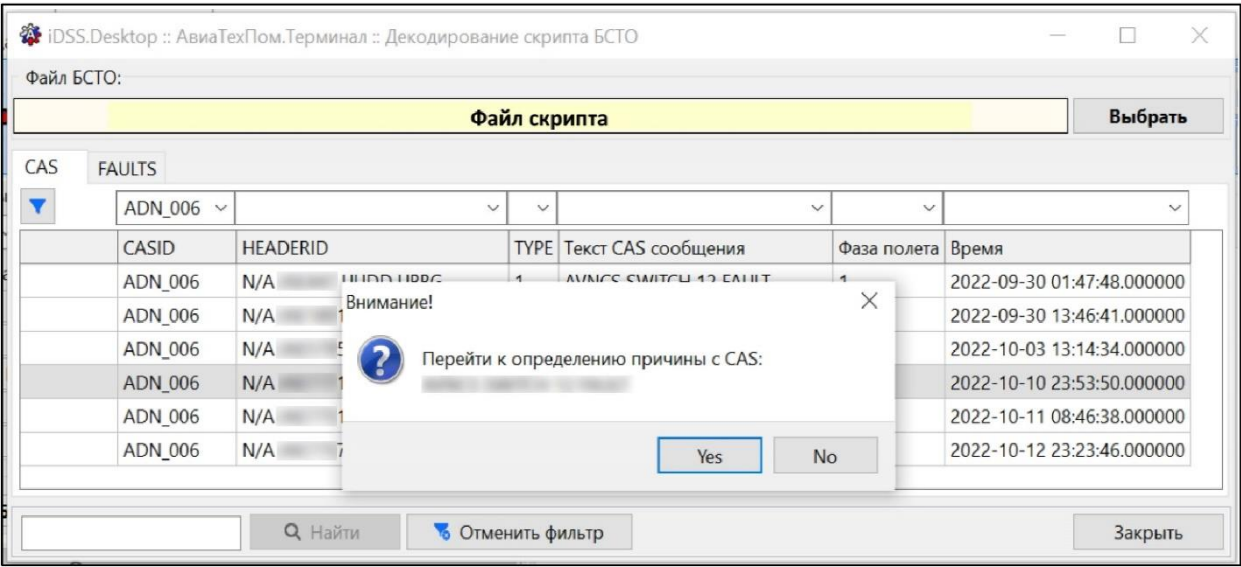


Рисунок 4 – Фрагмент экранной формы модуля чтения файлов БСТО

Программа может работать как в составе AviaTexPom.Терминал, так и отдельно, поскольку предназначена для локализации неисправностей блока при его ремонте в специализированных ремонтных организациях. Для настройки на определенные коды неисправностей используются текстовые конфигурационные файлы, благодаря которым программа позволяет находить в файле дампа заданные комбинации кодов и выводить соответствующие им описания.

Основные подсистемы (Рисунок 5):

- управления уровнем хранения данных – обеспечивает загрузку данных в формате программы и дампов;
- взаимодействия с АвиаТехПом.Сервис для сбора статистической информации об использовании программы;
- анализатор дампов;
- графический пользовательский интерфейс – обеспечивает доступ к функциям подсистем, включая: загрузку дампов-файлов, их анализ, публикацию обнаруженных ошибок в дампах.

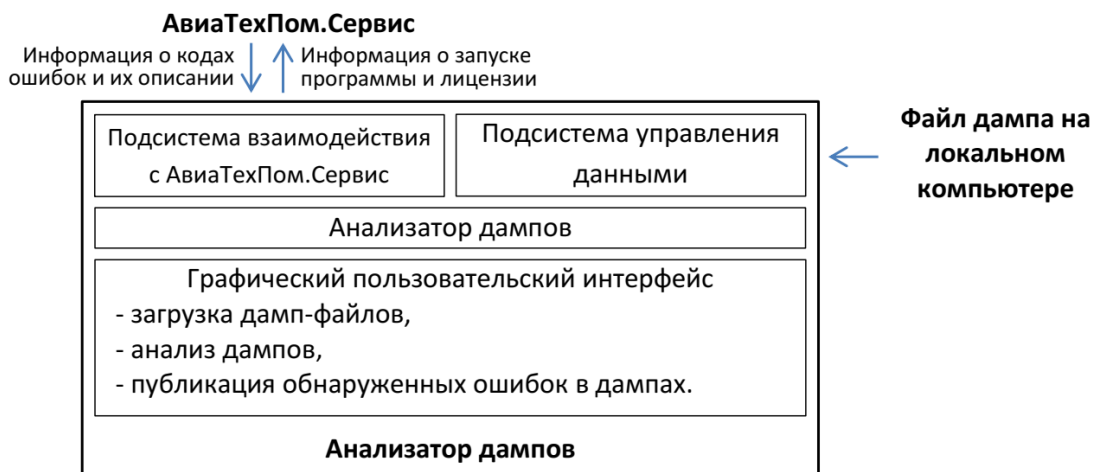


Рисунок 5 – Концептуальная архитектура анализатора дампов

Основное назначение ПО – поиск кодов ошибок в загруженных файлах дампа. Данная процедура запускается автоматически при выборе и успешной загрузке файлов (Рисунок 6). При обнаружении кодов ошибок советующая информация с описанием отображается в блоке «Список обнаруженных ошибок», где при выборе определенной ошибки происходит позиционирование на определенную строчку файла дампа.

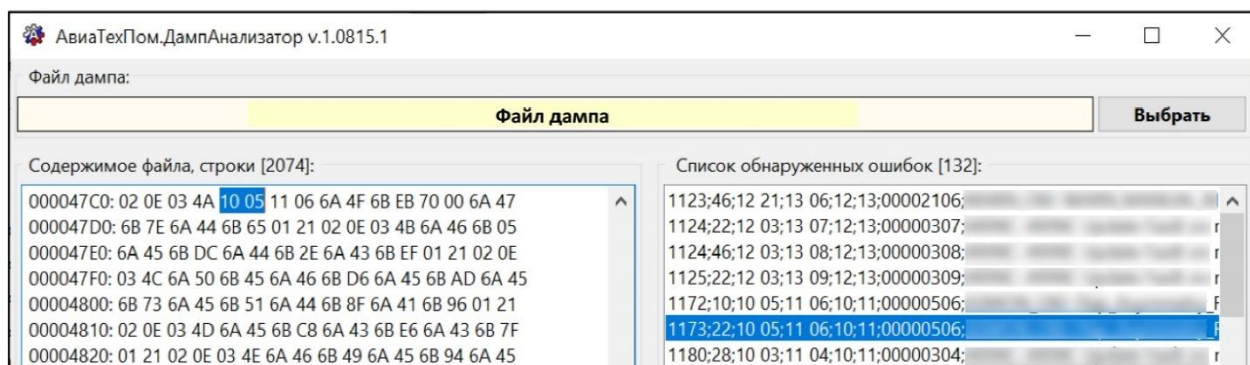


Рисунок 6 – Фрагмент экранной формы анализатора дампов с обнаруженными ошибками

Заключение

Создание отечественного программного обеспечения для поддержки специалистов является перспективным способом решения задачи автоматизации и интеллектуализации технического обслуживания

гражданских воздушных судов. Подобное программное обеспечение создается в рамках выполнения работ по инициативным НИР Иркутского филиала МГТУ ГА.

В данной работе рассматриваются результаты одного из проектов – программная платформа Авиационный Технический Помощник (АвиаТехПом), в частности, ее настольная версия. В структуре настольной версии выделяется: подсистема поддержки поиска и устранения неисправностей, которая использует как локальные файлы баз знаний, так и взаимодействует с базами веб-сервиса; модуль чтения файлов БСТО; анализатор дампов энергонезависимой памяти (АвиаТехПом.ДамАнализатор) одного из блоков вычислителя-контроллера электропривода. Приведены примеры применения настольного приложения при решении задач для RRJ-95.

В качестве дальнейшего направления работ рассматривается возможность создания диагностических моделей [Котлов, 2022], дополняющих реализованные методы искусственного интеллекта, при этом их использование обеспечит решение задачи поиска и устранения неисправностей для новых типов воздушных судов при отсутствии БСТО и РПУН.

Библиографический список

- Варшавский П. Р., Еремеев А.П.* Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П. Р. Варшавский, А. П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений. 2009. № 2. С. 45-57. EDN KWTRGZ.
- Джесксон П.* Введение в экспертные системы. М.: Вильямс, 2001. 623 с.
- Зрячев С. А.* Разработка базы знаний послепродажного обслуживания авиационной техники / С. А. Зрячев, С. Н. Ларин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. №5. С. 48-53. DOI 10.37313/1990-5378-2020-22-5-48-53.
- Кирпичев И. Г.* Многофункциональная интегрированная платформа сопровождения технической эксплуатации воздушных судов / И. Г. Кирпичев, Д. В. Петров, Ю. М. Чинючин // Научный Вестник МГТУ ГА. 2020. Т. 23. №6. С. 28-37. DOI 10.26467/2079-0619-2020-23-6-28-39.
- Котлов Ю. В.* АвиаТехПом: Состояние и перспективы / Ю. В. Котлов, А. Ю. Юрин // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2024. № 1. С. 146-156. DOI 10.51955/2312-1327_2024_1_146.
- Котлов Ю. В.* Использование деревьев событий при автоматизации и интеллектуализации диагностирования и ремонта авиационной техники / Ю. В. Котлов, О. А. Николайчук, А. Ю. Юрин // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023. № 4. С. 222-228. EDN IZWSAJ.
- Котлов Ю. В.* Модели и алгоритмы многокритериальной диагностики авиационных систем // В сборнике: Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции. Иркутск, 2022. С. 165-173. EDN AZXXRM.
- Макаров Н. Н.* Синтез алгоритма функционирования информационно-управляющей системы контроля и диагностики состояния общесамолетного оборудования // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2008. № 1. С. 46-50. EDN KEZFRN.

Перфильев О. В. Интеллектуальная система поиска неисправности на самолете / О. В. Перфильев, С. Г. Рыжаков, В. А. Должиков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. № 4(3). С. 326-331. EDN YVOAHR.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024615812 Российская Федерация. АвиаТехПом.Терминал : № 2024614860 : заявл. 13.03.2024 : опубл. 13.03.2024 / А. Ю. Юрин ; заявитель ООО «Альтаир-ИИ». EDN UKSFMB.

Сухих Н. Н. Экспертные системы – средства информационной поддержки принятия решений экипажем самолета / Н. Н. Сухих, Рукавишников В. Л. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2022. № 2. С. 19-25. EDN XYERNU.

Aamodt A. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches / A. Aamodt, E. Plaza // *AI Communications*. 1994. Vol. 7, No. 1. P. 39-59. DOI 10.3233/AIC-1994-7104.

AirNav-Maintenance // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.airnav.com> (дата обращения: 06.10.2024).

An Intelligent Assistant for Decision Support in the Case of Aircraft Troubleshooting / N. O. Dorodnykh, A. B. Stolbov, O. A. Nikolaychuk, A. Yu. Yurin. // *Proceedings of IX International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)*. 2023. P. 1–5. DOI 10.1109/ITNT57377.2023.10139242.

Chiu C., Chiu N.H., Hsu C.I. Intelligent aircraft maintenance support system using genetic algorithms and case-based reasoning / C. Chiu, N. H. Chiu, C.I. Hsu // *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2004. Vol. 24. P. 440–446. DOI 10.1007/s00170-003-1707-x.

iDSS.Desktop. Робо АвиаТех (PSS RRJ-95) // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=idss> (дата обращения: 06.10.2024).

Knowledge representation and reuse model of civil aircraft structural maintenance cases / R. Lin, H. Wang, J. Wang, N. Wang // *Expert Systems with Applications*. 2023. Vol. 216. pp. 119460. DOI 10.1016/j.eswa.2022.119460.

MyBoeingFleet // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.myboeingfleet.com> (дата обращения: 06.10.2024).

Pollack S. L. Decision Tables: Theory and Practice / S. L. Pollack, Jr. H. T. Hicks, W. J. Harrison. John Wiley & Sons Inc., 1974. 192 p.

ReleaseCMS // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: https://yakovlev.ru/upload/doc/software/Presentation-ReleaseCMS_2021_RU-new.pdf (дата обращения: 06.10.2024).

Seagle J. P. Acquiring expert rules with the aid of decision tables / J. P. Seagle, P. Duchessi // *European Journal of Operational Research*. 1995. Vol. 84(1). P. 150-162. DOI 10.1016/0377-2217(94)00323-5.

Towards an Intelligent Decision Support System for Aircraft Troubleshooting / Y. Kotlov, V. Popov, S. Mishin, A. Yurin // *Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2023. P. 77-91. DOI 10.1007/978-981-19-3788-0_7.

References

Aamodt A., Plaza E. (1994). Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. *AI Communications*. 7(1): 39-59. DOI 10.3233/AIC-1994-7104.

AirNav-Maintenance (2024). Available at: <https://www.airnav.com> (accessed 06 October 2024).

Certificate of state registration of software. № 2024615812. АвиаТехПом.Терминал. А. Ю. Юрин EDN UKSFMB. (in Russian)

Chiu C., Chiu N. H., Hsu C.I. (2004). Intelligent aircraft maintenance support system using genetic algorithms and case-based reasoning. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 24: 440-446. DOI 10.1007/s00170-003-1707-x.

- Dorodnykh N. O., Stolbov A. B., Nikolaychuk O. A., Yurin A. Yu. (2023). An Intelligent Assistant for Decision Support in the Case of Aircraft Troubleshooting. *Proceedings of IX International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT)*. 1–5. DOI 10.1109/ITNT57377.2023.10139242.
- IDSS.Desktop. Robo AviaTech (PSS RRJ-95) (2024). Available at: <http://www.knowledge-core.ru/index.php?p=idss> (accessed 06 October 2024).
- Jackson P. (2001). Introduction to expert systems. Moscow: Williams, 2001. 623 p. (in Russian)
- Kirpichev I. G., Petrov D. V., Chinyuchin Yu. M. (2020). Multifunctional integrated platform for maintenance of technical operation of aircraft. *Scientific Bulletin of MSTU GA*. 23(6): 28-37. DOI 10.26467/2079-0619-2020-23-6-28-39. (in Russian)
- Kotlov Y., Popov V., Mishin S., Yurin A. (2023). Towards an Intelligent Decision Support System for Aircraft Troubleshooting // *Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 77-91. DOI 10.1007/978-981-19-3788-0_7.
- Kotlov Yu. V. (2022). Models and algorithms of multi-criteria diagnostics of aviation systems. In the collection: Current problems and prospects for the development of civil aviation. *Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference*. 165-173. EDN AZXXRM. (in Russian)
- Kotlov Yu. V., Nikolaychuk O. A., Yurin A. Yu. (2023). Using the Event Trees in the Automation and Intellectualization of Aircraft Diagnostics and Repair. *Russian Aeronautics*. 66(4): 222-228. DOI 10.3103/S1068799823040323.
- Kotlov Yu. V., Yurin A. Yu. (2024). AviaTekhPom: State and prospects. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 1: 146-156. DOI 10.51955/2312-1327_2024_1_146. (in Russian)
- Lin R., Wang H., Wang J., Wang N. (2023). Knowledge representation and reuse model of civil aircraft structural maintenance cases. *Expert Systems with Applications*. 216: 119460. DOI 10.1016/j.eswa.2022.119460.
- Makarov N. N. (2008). Synthesis of the algorithm for the functioning of the information control system for monitoring and diagnostics of the state of general aircraft equipment. *Russian Aeronautics*. 1: 46-50. DOI 10.3103/S1068799808010108.
- MyBoeing Fleet (2024). Available at: <https://www.myboeingfleet.com> (accessed 06 October 2024).
- Perfiliev O. V., Ryzhakov S. G., Dolzhikov V. A. (2018). Intelligent fault finding system on an airplane. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 4(3): 326-331. EDN YVOAHR. (in Russian)
- Pollack S. L., Hicks Jr. H. T., Harrison W. J. (1974). *Decision Tables: Theory and Practice*. John Wiley & Sons Inc., 1974. 192 p.
- ReleaseCMS (2024). Available at: https://yakovlev.ru/upload/doc/software/Presentation-ReleaseCMS_2021_RU-new.pdf (accessed 06 October 2024).
- Seagle J. P., Duchessi P. (1995). Acquiring expert rules with the aid of decision tables. *European Journal of Operational Research*. 84(1): 150–162. DOI 10.1016/0377-2217(94)00323-5.
- Sukhoi N. N., Rukavishnikov V. L. (2022). Expert systems – means of information support for aircraft crew decision making. *Russian Aeronautics*. 2: 19-25. DOI 10.3103/s1068799822020039.
- Varshavskii P. R., Ereemeev A. P. (2010). Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems. *Scientific and Technical Information Processing*. 37(5): 336-345. EDN OMLMAZ. (in Russian)
- Zryachev S. A., Larin S. N. (2022). Development of a knowledge base for after-sales service of aviation equipment. *Izvestiya Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 5: 48-53. DOI 10.37313/1990-5378-2020-22-5-48-53. (in Russian)

ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

УДК 621.391:621.396

ББК 39.57-5

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_127

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ТОЧНОСТИ НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА DJI MAVIC 2 ZOOM*

*Роман Олегович Арефьев,
orcid.org/0000-0001-8040-6470,
кандидат технических наук, доцент
Московский государственный технический университет
гражданской авиации (Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, 3
Иркутск, 664047, Россия
aqua160905@mail.ru*

*Олег Николаевич Скрыпник,
orcid.org/0000-0002-2006-0428,
доктор технических наук, профессор
Белорусская государственная академия авиации,
ул. Уборевича, 77
Минск, 220096, Республика Беларусь
skripnikon@yandex.ru*

*Наталья Геннадьевна Арефьева (Астраханцева),
orcid.org/0000-0002-9916-1239,
кандидат технических наук, доцент
Московский государственный технический университет
гражданской авиации (Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, 3
Иркутск, 664047, Россия
n_astrahanceva_awesome@mail.ru*

Аннотация. Стремительное развитие беспилотных авиационных систем (БАС) и сфер их применения требует обеспечения безопасного и эффективного использования воздушного пространства (ВП) различными категориями его пользователей. Одной из важных задач при использовании ВП являются планирование траектории и осуществление полета беспилотных воздушных судов (БВС) с учетом точностных характеристик бортовых комплексов навигации. В данной работе представлена методика экспериментальной оценки точностных характеристик бортового навигационного комплекса квадрокоптера DJI MAVIC 2 ZOOM. Методика основана на формировании заданной траектории полета БВС, с помощью которой можно оценить погрешность отклонения по одной из горизонтальных координат, и высоты. Натурные эксперименты проведены путем реальных полетов на разных высотах и скоростях БВС. Кроме этого проведены полунатурные эксперименты с имитатором сигналов GNSS CH-3803M, позволившие определить условия работоспособности навигационного комплекса при уменьшении числа спутников рабочего созвездия.

Ключевые слова: беспилотное воздушное судно, бортовой навигационный комплекс, GNSS, точность выдерживания траектории.

THE METHOD OF EXPERIMENTAL EVALUATION OF ACCURACY OF THE DJI MAVIC 2 ZOOM NAVIGATION SYSTEM

*Roman O. Arefyev,
orcid.org/0000-0001-8040-6470,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov str.
Irkutsk, 664047, Russia
aqua160905@mail.ru*

*Oleg N. Skrypnik,
orcid.org/0000-0002-2006-0428,
Doctor of Technical Sciences, Full professor
Belarusian State Academy of Aviation,
77, Uborevich str.
Minsk, 220096, Republic of Belarus
skripnikon@yandex.ru*

*Natalya G. Arefyeva (Astrakhanceva),
orcid.org/ 0000-0002-9916-1239,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov str.
Irkutsk, 664047, Russia
n_astrahanceva_awesome@mail.ru*

Abstract. Rapid development of unmanned aircraft systems (UAS) and their application areas requires safe and efficient airspace (AS) for various categories of its users. One of the important tasks when using AS is planning a trajectory and flying the unmanned aerial vehicles (UAV) with account of the accuracy characteristics of on-board navigation systems. The paper presents a methodology for experimentally evaluating the accuracy characteristics of the on-board navigation system of the DJI MAVIC 2 ZOOM quadcopter. The methodology is based on the formation of a UAV desired track, with the help of which it is possible to estimate the deviation error in one of the horizontal coordinates and altitude. The experiments were conducted for real UAV flights at different altitudes and speeds. Semi-natural experiments were conducted with the GNSS SN-3803M signal simulator allowing us to determine the state of operability of the transport complex with a reduction in the number of the working constellation satellites.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), on-board navigation system, GNSS, trajectory accuracy.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант T23-029).

Введение

Интеграция беспилотных авиационных систем в общее с пилотируемой авиацией ВП должна опираться на технологии, предлагаемые в рамках блочной модернизации авиационной системы (ASBU – Aviation System Block Upgrades) и концепции навигации, основанной на характеристиках (PBN –

Performance Based Navigation)²⁷ [ICAO GANP..., 2024]. Согласно концепции PBN для эффективного использования ВП с требуемым уровнем безопасности полётов необходимо обеспечивать соответствующую навигационным спецификациям точность выдерживания заданной траектории полета в используемой зоне ВП. Указанное положение в полной мере относится к беспилотной авиации при её интеграции в общее ВП, когда БВС с вероятностью 95% не должно выходить за границы «коридора», установленного для конкретного маршрута полета в конкретном ВП²⁸.

Для обеспечения безопасности полетов в динамично изменяющемся ВП вокруг каждого пилотируемого и беспилотного ВС вводится виртуальная защитная область (ВЗО) в виде трехосного эллипсоида (рис. 1) в связанной со строительными осями ВС системе координат, пересечение границы которой другим объектом квалифицируется как конфликтная ситуация.

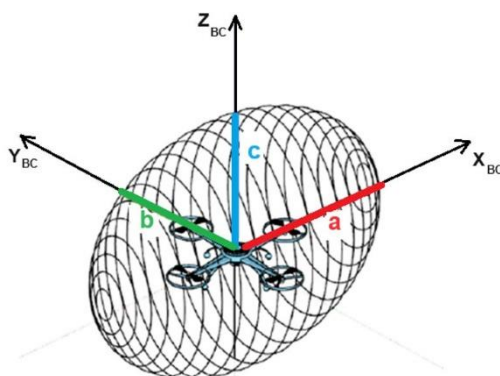


Рисунок 1 – Виртуальная защитная область в виде трехосного эллипсоида

Размеры ВЗО характеризуются длиной большой полуоси a эллипсоида, совпадающей с продольной осью (вектором воздушной скорости) ВС, длиной средней полуоси b (при $b > c$), лежащей в горизонтальной плоскости ВС, и длиной малой полуоси c , нормальной горизонтальной плоскости ВС. Ориентация ВЗО в пространстве определяется углами крена, тангажа и курса ВС.

Размеры ВЗО зависят от точности определения местоположения ВС, его скорости, маневренных характеристик, сложности выполняемой операции и других факторов. Кроме этого, при решении задач планирования траекторий и предупреждения конфликтных ситуаций параметры ВЗО будут зависеть от характеристик средств наблюдения (точность, темп обновления информации) и обмена данными (время транзакции, целостность, готовность), дополняя её буферными (защитными) зонами, размеры которых определяются характеристиками средств наблюдения и средств связи.

С учетом этого сечение ВЗО можно представить в виде эллипса (рис. 2).

²⁷ Скрыпник О. Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс: учебник. М.: ИНФРА-М», 2020. 325 с. DOI 10.12737/textbook_5d4138adbcd9c7.79696890. EDN NLQKHF.

²⁸ Скрыпник О. Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс: учебник. М.: ИНФРА-М», 2020. 325 с. DOI 10.12737/textbook_5d4138adbcd9c7.79696890. EDN NLQKHF.

При планировании траектории полета ВС в структурированном ВП предполагается, что выполняется горизонтальный полет с заданным курсом без крена, тангажа и с нулевым углом сноса. При этом следует пересчитать параметры ВЗО в горизонтальную систему координат $OXYZ$, плоскость OXY которой параллельна земной поверхности, а ось OZ направлена по местной вертикали.

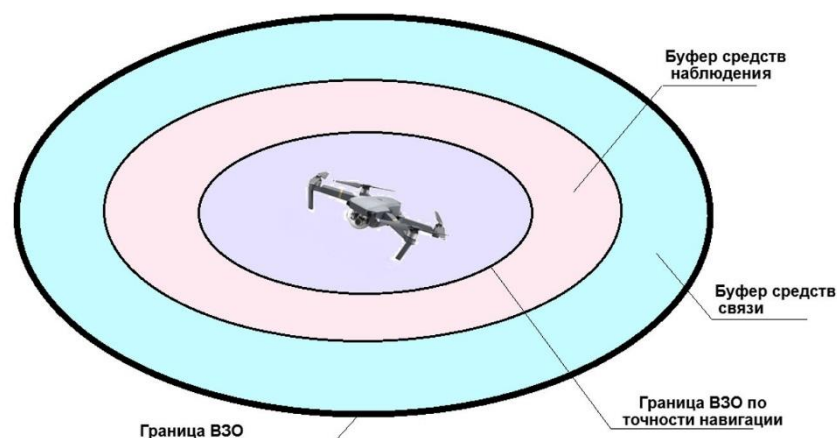


Рисунок 2 – Структура виртуальной защитной области

При решении задачи предупреждения и разрешения конфликтных ситуаций на всех уровнях рассматривается минимальное безопасное расстояние $R_{\min}$ между ВС (рис. 3).

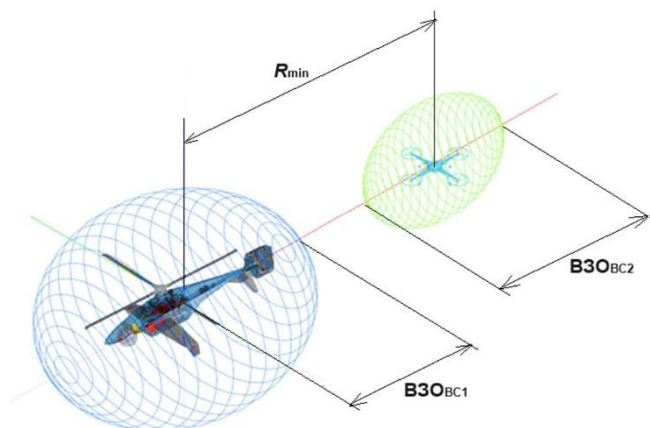


Рисунок 3 – Минимальное безопасное расстояние между ВС

Расстояние $R_{\min}$ может быть найдено путем проектирования на линию дальности (соединяющую центры масс ВС) осей их ВЗО и добавления к этому некоторого дополнительного безопасного расстояния R_6 , зависящего от характеристик используемого ВП и условий выполнения полетов.

Для определения $R_{\min}$ по аналогии с пилотируемой авиацией можно использовать требуемые навигационные характеристики для общего ВП (U-пространства) [Huttunen, 2019; SESAR Roadmap..., 2018; U-space concept..., 2020]

- RUNP (Required U-space Navigation Performance). RUNP определяются по тем же принципам, что RNP и RNAV спецификации ICAO и различны для разных операций и зон ВП. Так, например, для ВП с высокой плотностью воздушного движения может использоваться RUNP-5m, что определяет следующие характеристики навигации: точность выдерживания траектории (2σ) 5 м, целостность выше, чем $1-1\cdot 10^{-7}$ с задержкой выдачи предупреждения не более 1 сек, доступность соединения по линии C2 в нормальных условиях – не ниже 99%, непрерывность – не менее $1-1\cdot 10^{-4}$ 1 / час линии C2, область – задаваемая зона высокой плотности воздушного движения.

Для ВП над небольшим населенным пунктом может применяться спецификация RUNP-50 m, что определяет следующие характеристики навигации: точность выдерживания траектории (2σ) 50 м, целостность выше, чем $1-1\cdot 10^{-7}$ с задержкой выдачи предупреждения не более 5 сек, доступность соединения по линии C2 в нормальных условиях – не ниже 99%, непрерывность – не менее $1-1\cdot 10^{-4}$ 1 / час по линии C2, область – город и пригородная зона.

Навигационный комплекс БВС играет определяющую роль в обеспечении точного позиционирования, стабилизации БВС в полете, способности решения поставленных задач [Алгоритмы управления траекториями..., 2021; Ерохин и др., 2023]. В состав навигационного комплекса БВС массой до 30 кг входят одно- или мультисистемные приемные модули спутниковой навигации GNSS, IMU инерциальные датчики для определения ориентации и скорости БВС, датчики визуального позиционирования.

Как правило, производители БВС в эксплуатационной документации приводят характеристики точности навигации их изделий, однако обычно не указывают, какими средствами и в каких условиях эта точность обеспечивается. Поэтому представляет интерес проведение натурных экспериментов по исследованию точности выдерживания заданной траектории при выполнении БВС реального полета.

Методика проведения эксперимента по оценке точности выдерживания траектории полета БВС

Для проведения эксперимента задавался полет БВС по маршруту, показанному на рис. 4, представляющему собой квадрат со стороной 200 м. Стороны квадрата 1 и 3 ориентированы в направлении север-юг, стороны 2 и 4 – запад-восток, что позволяет оценивать погрешность бокового отклонения (выдерживания) БВС от заданной траектории по одной из горизонтальных координат (широте или долготе). На участках 1 и 3 полет осуществляется с курсами 0° и 180° , на участках 2 и 4 – с курсами 90° и 270° соответственно.

Формирование заданной траектории осуществляется заданием геодезических координат точек А (точка входа на маршрут), В, С и D на карте. При этом полет с курсами 0° и 180° характеризуется постоянным значением долготы, а с курсами 90° и 270° – широты, что позволяет определять

отклонение реальной траектории полета БВС от заданной в первом случае по широте, во втором – по долготе (рис. 5).

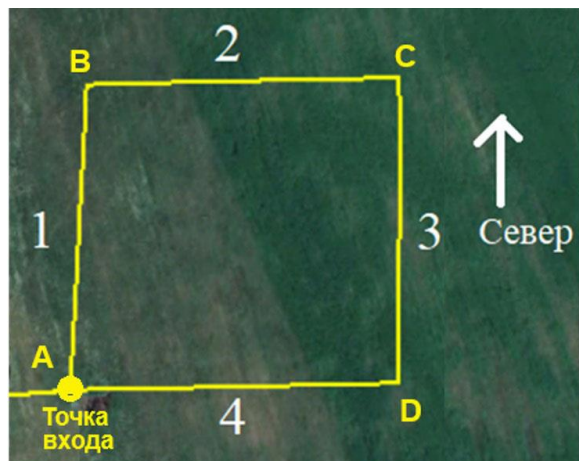


Рисунок 4 – Заданный маршрут полета

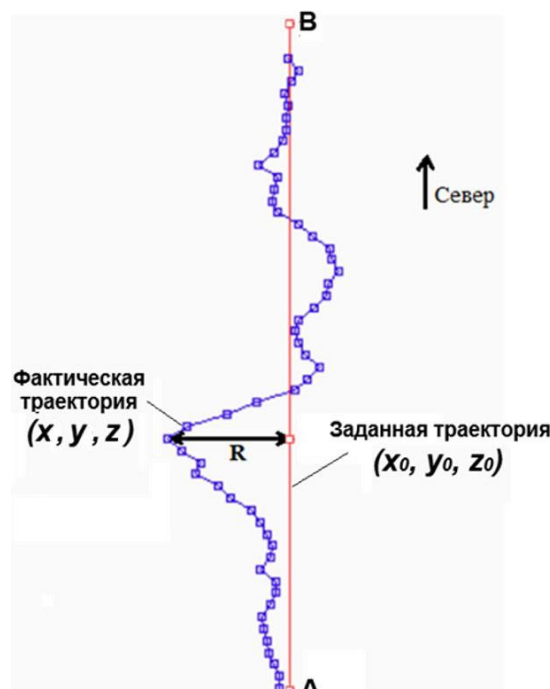


Рисунок 5 – Заданная и фактическая траектории

Оценка (среднеквадратическая погрешность, СКП) точности выдерживания траектории осуществлялась путем статистической обработки ряда зафиксированных значений отклонений фактической траектории от заданной для каждого участка маршрута. Выходные координаты формирует приемник GNSS, для которого закон распределения погрешностей определения координат соответствует нормальному, а методика расчета СКП представлена в работе [Скрыпник и др., 2019].

Для проведения исследований использовался квадрокоптер DJI MAVIC 2 ZOOM, обладающий возможностью выполнять автономный полет по запрограммированной (в нашем случае – заданной) траектории. В состав бортового навигационного оборудования данного БВС входят модули IMU, GNSS (системы ГЛОНАСС и GPS), а также система оптической стабилизации и обхода препятствий.

Согласно заявленным производителем данным точность позиционирования составляет: в вертикальной плоскости $\pm 0,1$ м (позиционирование оптической системой) и $\pm 0,5$ м (позиционирование приемником GNSS); в горизонтальной плоскости $\pm 0,3$ м (позиционирование оптической системой) и $\pm 1,5$ м (позиционирование приемником GNSS). Однако производитель не разъясняет, для какого режима полета обеспечиваются заявленные характеристики [DJI MAVIC 2, 2024]. В [Арефьев и др., 2024] проведены исследования точности пространственной стабилизации квадрокоптера DJI Air2S, показавшие соответствие полученных

экспериментальным путем характеристик заявленным. Это дает основание предположить, что и для квадрокоптера DJI MAVIC 2 ZOOM точность пространственной стабилизации будет соответствовать заявленной.

Для построения заданной траектории использовалось приложение DJI Ground Station Pro (DJI GS PRO), которое устанавливается на планшетные компьютеры фирмы Apple. В документации производителя не указывается точность вычисления заданной траектории, однако для программирования полета на расстояния порядка 200 м данную погрешность можно считать несущественной по сравнению с погрешностью позиционирования. Далее планшет подключался к пульту управления БВС, как показано на рис. 6, а. В приложении есть возможность создания и редактирования координат опорных точек заданной траектории, что позволило сформировать заданную траекторию в виде квадрата 200х200 метров.

На рис. 6, б представлено отображение заданной траектории полета БВС в DJI GS PRO.

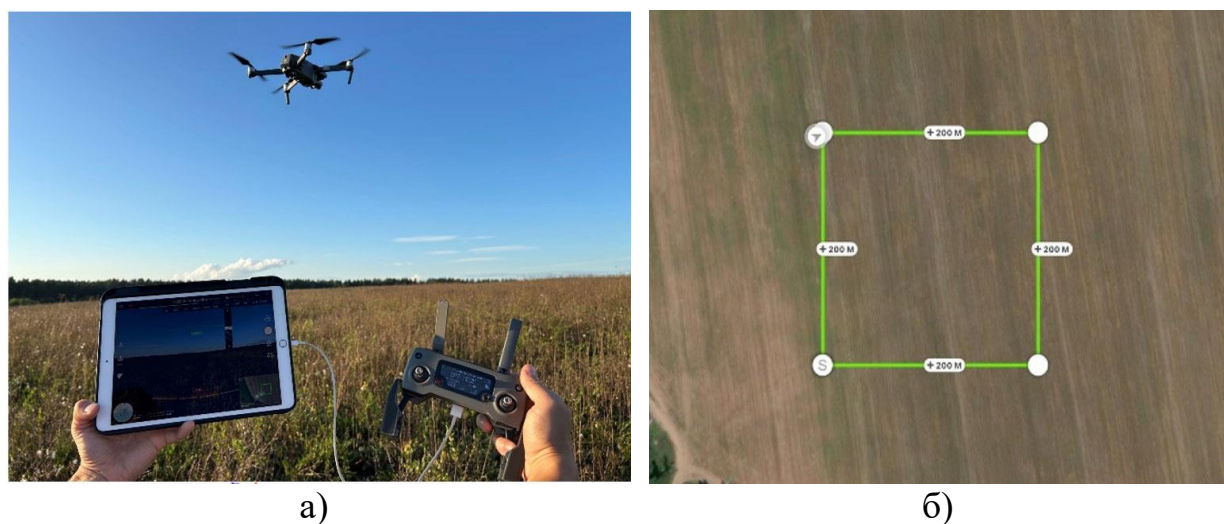


Рисунок 6 – Управление БВС (а) и интерфейс программы (б)

Эксперименты проводились в два этапа. На первом этапе при штатном функционировании навигационного комплекса выполнялись полеты квадрокоптера на высотах 30 м, 60 м и 90 м со скоростями 5 м / с, 10 м / с и 15 м / с.

На втором этапе для тех же высот и скоростей отключалась система оптической стабилизации.

Полетная и другая информация с систем БВС записывается в log-файл, который содержит координаты полета, а также данные о количестве видимых навигационных спутников (НС), которые использовались для решения навигационной задачи приемником GNSS. В ходе полетов наблюдалось 17-18 НС мультисозвездия ГЛОНАСС / GPS, но информация о геометрическом факторе GNSS в log-файле отсутствует. Более подробно о составе log-файлов DJI квадрокоптеров изложено в работе [Salamh et al., 2021].

Все эксперименты проводились в один день, в простых метеорологических условиях (скорость ветра 1,3 м/с, угол ветра – около 180 град.).

Дискуссия и результаты исследований

Исследование точности выдерживания заданной траектории при включенной системе оптической стабилизации и GNSS

На рис. 7, 8 представлены графики СКП определения координат и высоты полета квадрокоптера на разных высотах при различной скорости.

Так на рис. 7 представлены результаты экспериментов для участков полета 1 (а – СКП_Д долготы, б – СКП_Н высоты) и 3 (в – СКП_Д долготы, г – СКП_Н высоты) (см. рис. 4). Из полученных результатов следует, что при увеличении скорости полета БВС наблюдается увеличение СКП оценки координат по долготе до 15-20 см, по высоте – до 0,5 м.

Увеличение высоты полета БВС с 30 м до 90 м практически не влияет на точность выдерживания траектории БВС по долготе и высоте.

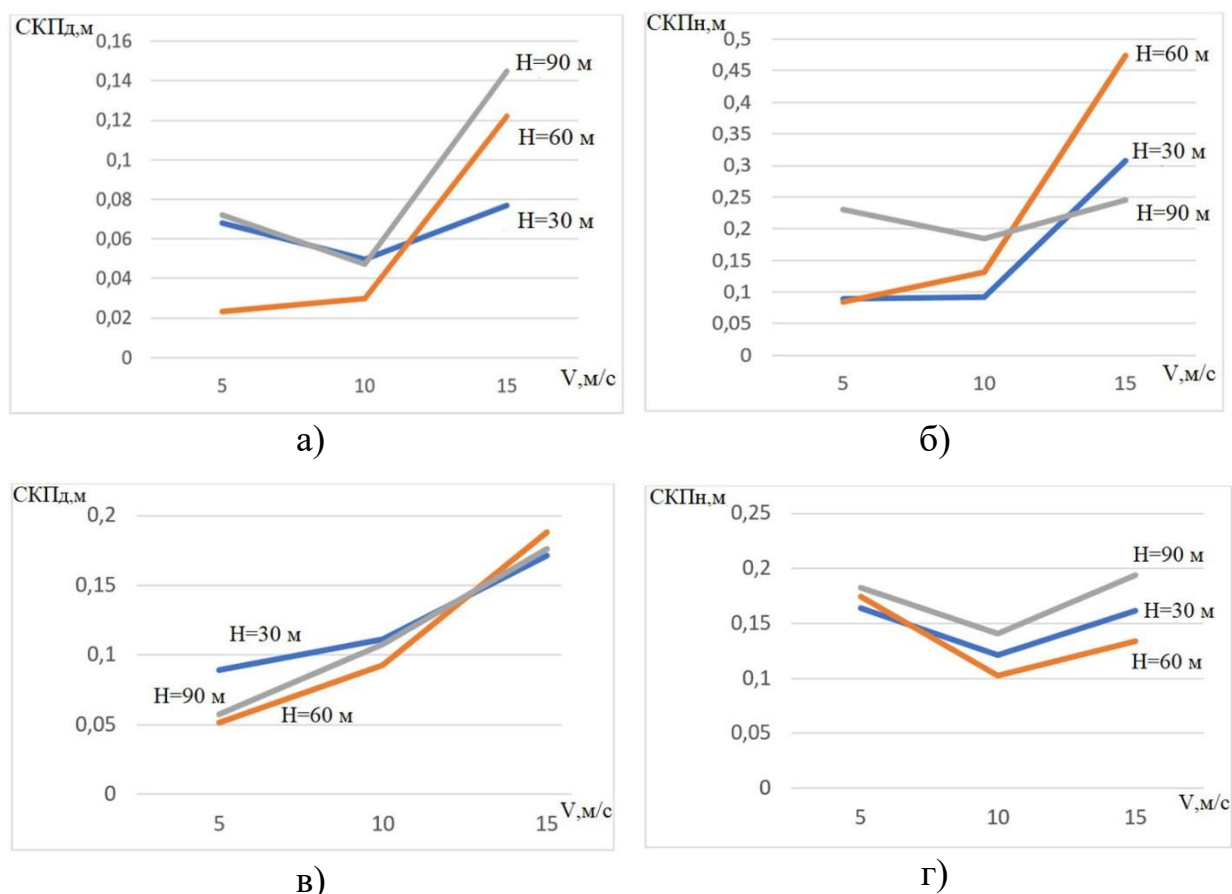


Рисунок 7 – Зависимость СКП измерения координат от скорости полета БВС:

а) СКП_Д долготы, участок 1; б) СКП_Н высоты, участок 1; в) СКП_Д долготы, участок 3; г) СКП_Н высоты, участок 3

Результаты экспериментов для участков полета 2 и 4 представлены на рис. 8. Из полученных результатов следует, что при увеличении скорости

полета БВС наблюдается увеличение СКП оценки координат по широте до 15-20 см, по высоте – до 25-40 см.

Увеличение высоты полета БВС с 30 м до 90 м практически не влияет на точность выдерживания траектории БВС по широте и высоте.

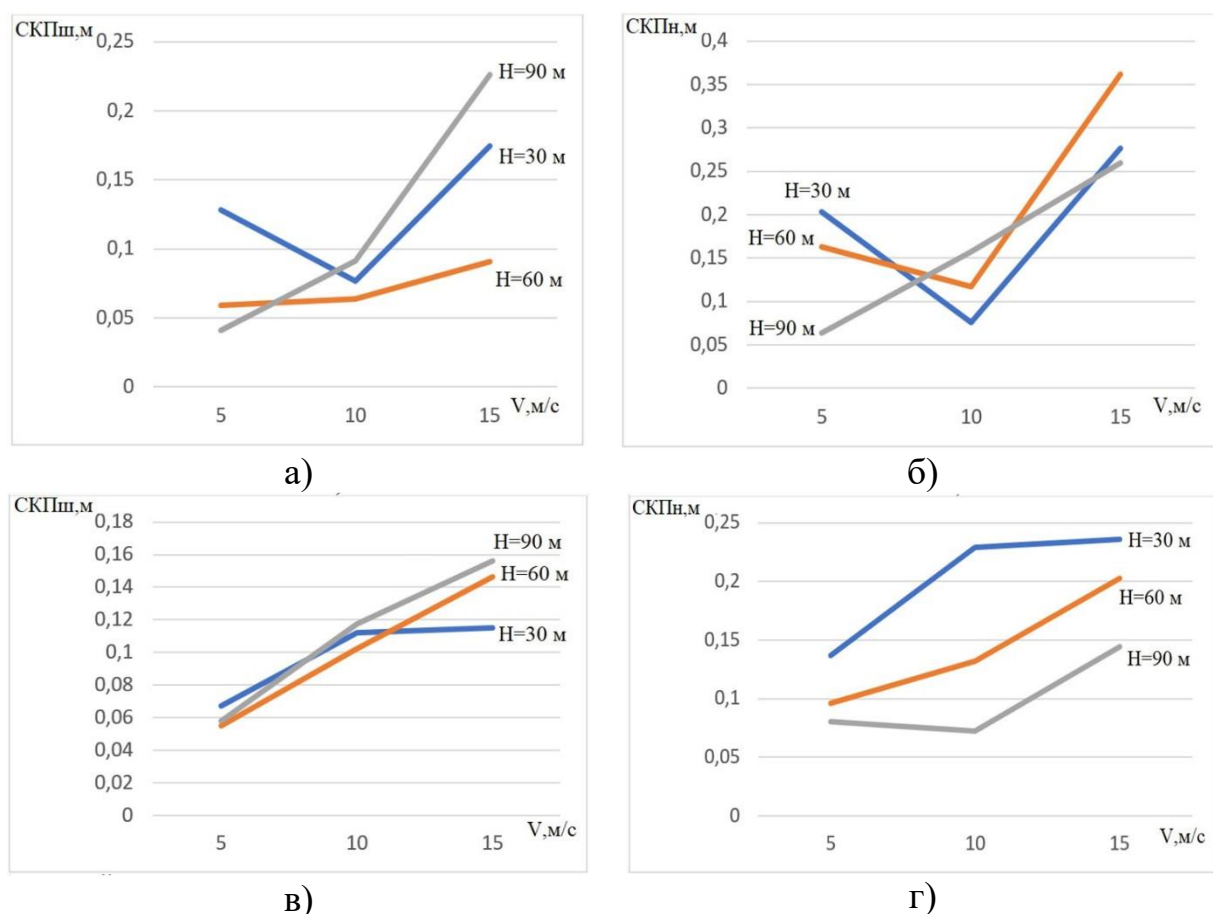


Рисунок 8 – Зависимость СКП измерения координат от скорости полета БВС:
а) СКП_Ш широты, участок 2; б) СКП_Н высоты, участок 2; в) СКП_Ш широты, участок 4; г) СКП_Н высоты, участок 4

Сравнивая СКП измерения горизонтальных координат и СКП измерения высоты, видно, что в большинстве случаев ошибка измерения высоты оказывается больше, чем горизонтальных координат, тогда как производитель заявляет о лучшей, по сравнению с горизонтальными координатами, точности измерения именно высоты.

Исследование точности выдерживания заданной траектории БВС при выключенной системе оптической стабилизации и GNSS

Для исключения из работы системы оптической стабилизации и обхода препятствий были выключены соответствующие опции в приложении DJI GS PRO. Полеты проводились на высотах 30, 60 и 90 метров со скоростью 15 м/с.

Эксперименты показали, что отключение системы оптической стабилизации не привело к значительному ухудшению СКП горизонтальных координат и высоты при полетах на высотах от 30 м и выше. Это позволяет сделать вывод, что включенные ранее опции оптической стабилизации на этих

высотах не использовались и навигация БВС осуществлялась только с использованием данных приемника GNSS (это подтверждает заявленные производителем ограничения использования оптической системы высотой 20 м). Значения СКП измерения широты и долготы составили от 4,5 до 17 см, СКП измерения высоты от 11 до 31 см.

Несмотря на высокую точность определения координат БВС при работе приемника GNSS, возможны ситуации, ухудшающие условия навигационного сеанса (ухудшение геометрического фактора, влияние помех, сбои слежения за спутниками и др.) [Веремеенко и др., 2010; A study on the..., 2015; GPS jamming..., 2009].

Поэтому представляет практический интерес исследование работоспособности приемника GNSS и всей навигационной системы квадрокоптера при ухудшении условий навигационного сеанса.

С этой целью проведены полунатурные эксперименты с использованием имитатора спутниковых сигналов СН-3803М (рис. 9), с помощью которого было воспроизведено видимое спутниковое созвездие системы ГЛОНАСС/GPS. В ходе экспериментов БВС устанавливалось рядом с антенной СН-3803М со снятыми пропеллерами для захвата формируемых радиосигналов видимого созвездия. При запуске электромоторов осуществлялась запись данных в log-файл, что позволило осуществить их последующую обработку.

Спутники видимого созвездия исключались из решения навигационной задачи путем отключения соответствующих каналов в СН-3803М.

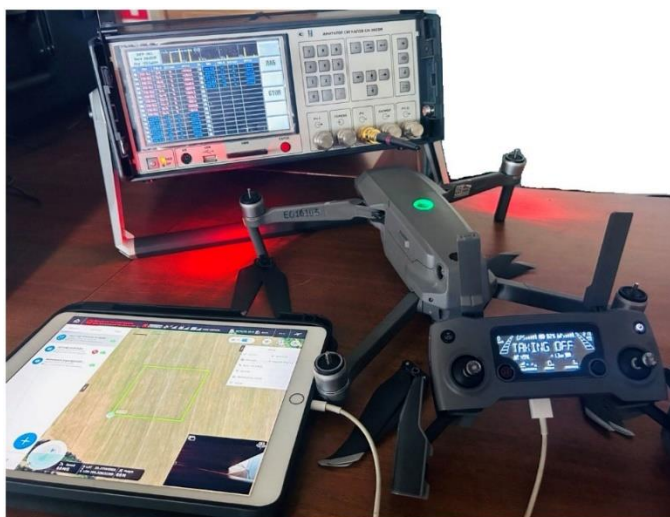


Рисунок 9 – Экспериментальная установка для полунатурных экспериментов

В результате проведенных экспериментов установлено, что минимальное количество НС рабочего созвездия, при котором возможно решение задачи комплексом по определению координат квадрокоптера, равно восьми. После перехода в режим слежения за сигналами НС решение навигационной задачи обеспечивалось при уменьшении числа НС рабочего созвездия до семи.

При уменьшении числа спутников рабочего созвездия до шести данные с приемника GNSS в навигационном комплексе квадрокоптера не используются и решение навигационной задачи становится невозможным.

Известно, что минимальное рабочее созвездие для односистемного спутникового приемника составляет четыре НС [ГЛОНАСС..., 2010; Соловьев, 2000; Hofmann-Wellenhof et al., 2007; Kaplan et al., 2005]. Исходя из этого следует вывод, что производитель вводит ограничение на работу спутникового приемника, который выдает координаты в комплекс при работе не менее, чем по восьми НС, тем самым защищая пользователя от потери БВС при эксплуатации.

Заключение

Результаты проведенных экспериментов позволяют сделать следующие выводы.

1. Навигационный комплекс DJI MAVIC 2 ZOOM обеспечивает высокую (первые десятки сантиметров) точность определения координат и выдерживания заданной траектории полета при работе мультисистемного приемника GNSS по числу спутников рабочего созвездия более восьми.

2. Отключение системы оптической стабилизации и обхода препятствий не приводит к существенному ухудшению точности выдерживания заданной траектории на высотах полета более 30 м. При этом точность измерения высоты хуже, чем горизонтальных координат, что не соответствует информации, заявленной производителем.

3. Увеличение скорости полета квадрокоптера приводит к ухудшению точности определения координат, но в пределах заявленной производителем.

4. Предложенная методика основана на данных, получаемых из log-файла, который может быть записан с погрешностями, что не позволяет оценить в полной мере реальные отклонения от заданной траектории, и требует доработки методики оценки точности выдерживания траектории.

Библиографический список

Алгоритмы управления траекториями беспилотных авиационных комплексов при полете в составе группы / А. К. Ермаков, Т. Ю. Портнова, Б. В. Лежанкин, В. В. Ерохин // Волновая электроника и инфокоммуникационные системы : Материалы XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях, Санкт-Петербург, 31 мая – 04 2021 года. Том Часть 2. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2021. С. 62-69. EDN YIEIWM.

Арефьев Р. О. Экспериментальная оценка точности пространственной стабилизации квадрокоптера DJI Air 2S / Р. О. Арефьев, О. Н. Скрыпник, Н. Г. Арефьева (Астраханцева) // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2024. № 1. С. 128-145. DOI 10.51955/2312-1327_2024_1_128. EDN UQDIOE.

Веремеенко К. К. Анализ состояния разработок интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем / К. К. Веремеенко, Б. В. Кошелев, Ю. А. Соловьев // Новости навигации. 2010. № 4. С. 32-41. EDN RBGRIF.

ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Радиотехника, 2010. 801 с.

- Ерохин В. В. Оценка параметров траекторного движения БПЛА при различной конфигурации источников навигационной информации / В. В. Ерохин, Б. В. Лежанкин, Э. А. Болелов // *Успехи современной радиоэлектроники*. 2023. Т. 77, № 6. С. 35-49. DOI 10.18127/j20700784-202306-04. EDN MVHGGW.
- Скрыпник О. Н. Оценка характеристик погрешностей позиционирования комбинированных ГЛОНАСС/GPS приемников / О. Н. Скрыпник, Р. О. Арефьев, Н. Г. Арефьева // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 10-2. С. 296-301. EDN VSQSMТ.
- Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации. М: Эко-Трендз, 2000. 270 с.
- A study on the accuracy of GPS positioning during jamming / B. Lubbers, S. Mildner, P. Oonincx, A. Scheele // 2015 International Association of Institutes of Navigation World Congress (IAIN). IEEE. 2015. pp. 1-6.
- DJI MAVIC 2 // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.dji.com/ru/mavic-2/info> (дата обращения: 10.10.2024).
- GPS jamming and the impact on maritime navigation / A. Grant, P. Williams, N. Ward, S. Baske // *The Journal of Navigation*. 2009. Т. 62, № 2. pp. 173-187.
- Hofmann-Wellenhof B. GNSS-global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle // Springer Science & Business Media, 2007. 16 p.
- Huttunen M. The u-space concept // *Air and Space Law*. 2019. Т. 44. № 1. pp. 69-89
- ICAO GANP PORTAL // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www4.icao.int/ganportal/ASBU/Thread> (дата обращения: 10.10.2024).
- Kaplan E. Understanding GPS: principles and applications / E. Kaplan, C. Hegarty. Bedford: Artech house, 2005. 723 p.
- Salamh F. E. UAV forensic analysis and software tools assessment: DJI Phantom 4 and Matrice 210 as case studies / F. E. Salamh, M. M. Mirza, U. Karabiyik // *Electronics*. 2021. Т. 10, № 6. p. 733.
- SESAR Roadmap for the Safe Integration of Drones into all Classes of Airspace; SESAR Joint Undertaking: Brussels, Belgium, 2018. pp. 1-33.
- U-space concept of operations: A key enabler for opening airspace to emerging low-altitude operations / C. Barrado, M. Boyero, L. Brucculeri, G. Ferrara, A. Hately, P. Hullah, D. Martin-Marrero, E. Pastor, A. P. Rushton, A. Volkert // *Aerospace*. 2020. № 3. p. 24.

References

- Arefyev R. O., Skrypnik O. N., Arefyeva N. G. (2024). Experimental assessment of spatial stabilization accuracy of the DJI AIR 2S quadcopter. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 1: 128-145. DOI 10.51955/2312-1327_2024_1_128. EDN UQDIOE. (in Russian)
- Barrado C., Boyero M., Brucculeri L., Ferrara G., Hately A., Hullah P., Martin-Marrero D., Pastor E., Rushton A. P., Volkert A. (2020). U-space concept of operations: A key enabler for opening airspace to emerging low-altitude operations. *Aerospace*. 3: 24.
- DJI MAVIC 2 (2024). Available at: URL: <https://www.dji.com/ru/mavic-2/info> (accessed 10 October 2024).
- Ermakov A. K., Portnova T. Yu., Lezhankin B. V., Erokhin V. V. (2021). Algorithms for controlling the trajectories of unmanned aircraft systems when flying as part of a group. *Volnovaya elektronika i infokommunikacionnye sistemy: Materialy XXIV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii. V 3-h chastyah, Sankt-Peterburg, 31 maya – 04 2021 goda. Tom Chast' 2. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet aerokosmicheskogo priborostroeniya*. 62-69. EDN YIEIWM. (in Russian)
- Erokhin V. V., Lezhankin B. V., Bolelov E. A. (2023). Estimation of UAV trajectory parameters with different configurations of navigation information sources. *Uspekhi sovremennoj radioelektroniki*. 77(6): 35-49. DOI 10.18127/j20700784-202306-04. EDN MVHGGW. (in Russian)

- Grant A., Williams P., Ward N., Baske S. (2009). GPS jamming and the impact on maritime navigation. *The Journal of Navigation*. 62(2): 173-187.
- Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. (2007). GNSS-global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. *Springer Science & Business Media*. 2007. 16 p.
- Huttunen M. (2019). The u-space concept. *Air and Space Law*. 44(1): 69-89.
- ICAO GANP PORTAL. (2024). Available at: <https://www4.icao.int/ganpportal/ASBU/Thread> (accessed 10 October 2024).
- Kaplan E., Hegarty C. (2005). Understanding GPS: principles and applications. Bedford: Artech house, 2005. 723 p.
- Lubbers B., Mildner S., Oonincx P., Scheele A. (2015). A study on the accuracy of GPS positioning during jamming. *2015 International Association of Institutes of Navigation World Congress (IAIN)*. – IEEE. 2015. 1-6.
- Perov A. I., Kharisov V. N. (2010). GLONASS. Principles of construction and operation. Moscow: Radiotekhnika, 2010. 801 p. (in Russian)
- Salamh F. E., Mirza M. M., Karabiyik U. (2021). UAV forensic analysis and software tools assessment: DJI Phantom 4 and Matrice 210 as case studies. *Electronics*. 10(6): 733.
- SESAR Roadmap for the Safe Integration of Drones into all Classes of Airspace. SESAR Joint Undertaking: Brussels, Belgium. 1-33.
- Skrypnik O. N., Arefyev R. O., Arefyeva N. G. (2019). Estimation of positioning error characteristics of combined GLONASS/ GPS receivers. *Modern high technologies*. 10-2. 296-301. (In Russian)
- Soloviev Yu. A. (2000). Satellite navigation systems. *Eko-Trendz*. 2000. 270 p. (in Russian)
- Veremeenko K. K., Koshelev B. V., Solovyev Yu. A. (2010). The analysis of development of the integrated inertial & satellite navigation systems. *Novosti navigacii*. 4: 35-49. (in Russian)

ДИСКУРС, ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕКСТ: ВЕКТОРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 811.111

ББК 81.432.1

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_140

АВТОРСКАЯ КОЛОНКА В АНГЛОЯЗЫЧНОМ МЕДИАДИСКУРСЕ: КОММУНИКАТИВНО-ПРАГМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

*Татьяна Ивановна Семенова,
orcid.org/0000-0002-8929-699X,
доктор филологических наук, профессор
Иркутский государственный университет,
ул. Карла Маркса, д. 1
Иркутск, 664003, Россия
tisemenova54@mail.ru*

*Андрей Николаевич Дутов,
orcid.org/0009-0004-0984-926X,
аспирант
Иркутский государственный университет,
ул. Карла Маркса, д. 1
Иркутск, 664003, Россия
dutovandrey72@gmail.com*

Аннотация. В статье обсуждается авторская колонка как способ выражения личностной, персонифицированной позиции колумниста в англоязычном медиадискурсе. Особое внимание в статье уделяется лексическим и синтаксическим стилистическим средствам воплощения личностной позиции и индивидуально-авторского стиля автора. На материале авторской колонки Саймона Дженкинса (*Simon Jenkins*), британского колумниста газеты *The Guardian* выявляются стилеобразующие приёмы, направленные на транслирование авторских индивидуальных интенций, эмоциональных установок и оценок относительно заявленного британским премьер-министром курса на эскалацию военного конфликта в Украине.

Ключевые слова: авторская колонка, колумнистика, колумнист, медиадискурс, медиатекст, индивидуально-авторский стиль, авторская позиция.

COLUMN WRITING IN ENGLISH MEDIADISCOURSE: COMMUNICATIVE AND PRAGMATIC ASPECTS

*Tatiana I. Semenova,
orcid.org/0000-0002-8929-699X,
Doctor of Sciences (Philology), Professor
Irkutsk State University,
1, Karl Marx Street
Irkutsk, 664003, Russia
tisemenova54@mail.ru*

Andrey N. Dytov,
orcid.org/0009-0004-0984-926X,
Graduate student
Irkutsk State University,
1, Karl Marx Street
Irkutsk, 664003, Russia
dutovandrey72@gmail.com

Abstract. The study considers column writing that is equal to personalized journalism. Of central concern in the research is the issue of the individualized tinge in the column-writing, diversity of thought, independent thinking and personal style of the columnist. The paper focuses on the thought-provoking personal style of the distinguished Guardian columnist Simon Jenkins who covers issues across politics and society. The paper reveals lexical and syntactic stylistic devices used by the columnist to offer his views and opinions on the British prime minister cheerleading for war in the Ukraine.

Kew words: column, column writing, columnist, personal journalism, mediadiscourse, mediatext, personal style, a viewpoint of a columnist.

Введение (Introduction)

Включенность настоящего исследования в лингвопрагматический контекст научного осмысления проявления субъективности в языке и ее актуализации в медиатекстах с ярко выраженным личностным началом обуславливает его *актуальность*. Статья *нацелена* на исследование формальных, композиционных и содержательных параметров авторской колонки в англоязычном медиадискурсе. *Теоретическая значимость и новизна* полученных результатов состоит в комплексном подходе к анализу авторской колонки как особому типу медиатекста, конституирующим параметром которого является личностно-маркированная позиция автора-колонниста.

Материалы и методы (Materials and methods)

Эмпирическим материалом исследования послужили 45 текстов авторских колонок, размещённых в электронных версиях газет *The New York Times*, *The Guardian*, *The Independent*. Для достижения поставленной цели были использованы методы концептуально-дефиниционного анализа, когнитивно-дискурсивного анализа, интерпретации, интроспекции.

Обсуждение (Discussion)

Изменение способов и векторов социального взаимодействия, трансформация социокультурных знаний, ценностных установок, убеждений обуславливает модификацию познавательных потребностей, информационных и коммуникативных запросов читателей как «той части аудитории, которой не интересен контент, рассчитанный на потребителей продуктов массовой культуры» [Тепляшина, 2015, с. 51]. Усиление индивидуально-личностной позиции, подчёркивание авторского Я, формирование новых авторских жанров считают важнейшим процессом,

характерным для современных средств массовой информации²⁹ [Дускаева, 2012; Тепляшина, 2015; Шмелева, б.г.]. Ответом на вызовы времени в сфере массовой коммуникации становится возможность декларировать «значимость личного мнения, позиции, убеждений, мировоззрения как автора, так и читателя» [Тепляшина, 2015, с. 51].

Заложенное традициями западной журналистики разграничение в медиаконтенте фактуальной информации и мнений, оценок коррелирует с двумя тенденциями в развитии журналистики, трактуемыми как «журналистика фактов» и «журналистика мнений» (*Facts journalism vs Opinion based journalism*) [Михайлов, 2004; Firmstone, 2019; Niblock, 1996;]. Признанной формой выражения личностной, персонифицированной позиции в англосаксонской модели западной журналистики выступает авторская колонка как атрибут качественной прессы [Игнатова, 2021; Кошкин, 2016; Михайлов, 2004; Ярцева 2011; Niblock, 1996; Feature..., 2002].

В рамках теории медиалингвистики медиадискурс как функционально-обусловленный тип дискурса представляет собой совокупность «речевых практик и продуктов речевой деятельности в сфере массовой коммуникации во всем богатстве и сложности их взаимодействия» [Добросклонская, 2020, с. 110]. Реализуется массмедийный дискурс в виде медиатекстов как дискретных единиц в единстве знаковых единиц вербального и медийного уровней [Там же].

Основой типологизации медиатекстов, предложенной Т. Г. Добросклонской, выступает параметр функционально-жанровой принадлежности текста, в соответствии с которым в содержании медиаконтента выделяются новости, информационная аналитика и комментарий, авторские тематические материалы (*features*), именуемые в российской журналистике как «публицистика» и реклама. Тексты группы *features* характеризуются направленностью на достижение воздействия «в его художественно-эстетическом проявлении» [Добросклонская, 2020, с. 38]. Понятие «*features*» в англоязычной качественной прессе выступает в качестве обобщающего или «зонтичного» термина (*umbrella term*) [Черкашина, 2015], под который подводится широкий диапазон текстов, отвечающих интересам и потребностям массового адресата [Niblock, 1996]. Несмотря на вариативность тематики, структуры, протяжённости текстов данного жанра, их объединяющим признаком является указание авторства, соотнесённость с одним из устойчивых медиатопиков, экспрессивность языка [Добросклонская, 2020, с. 78]. Однако в типологии авторских текстов в англоязычных медиа разграничивают понятия «*features*» и «*column*» [Feature..., 2002; Niblock, 1996], грань между которыми лежит в плоскости авторства: не всякий автор в жанре *features* имеет статус колумниста. Как дискурсивная личность колумнист должен быть признанным авторитетом в профессиональной сфере, свободно выражающим личностную позицию в индивидуально-авторской

²⁹ Тимченко И. С. Авторская колонка в современных СМИ: учеб.-метод. пособие. СПб.: Филологический ф-т СПбГУ, 2011. 172 с.

манере [Высоцкая и др., 2020; Казиминова, 2022; Niblock, 1996]. Авторской колонке, как и любому другому типу медиатекста³⁰ [Игнатова, 2021; Куницына, 2016;], присущ определённый формат как «устойчивое сочетание формальных признаков медиатекста с определённым содержанием» [Добросклонская, 2020, с. 55].

В концепции медиатекста выделяют систему параметров, позволяющих представить тот или иной текст с точки зрения особенностей его производства, канала распространения и лингвоформатных признаков: 1) способ производства текста (авторский – коллегияльный); 2) форму создания (устная – письменная); 3) форму воспроизведения (устная – письменная); 4) канал распространения; 5) функционально-жанровый тип текста; 6) тематическая доминанта [Добросклонская и др., 2023]. Экстраполируя универсальные параметры типологизации медиатекстов на авторскую колонку в англоязычном медиадискурсе, попытаемся выявить специфику терминологической сущности данного типа медиатекста. Опираясь на работы, посвящённые формальным, содержательным, стилеобразующим, жанрообразующим характеристикам авторской колонки³¹ [Гордеев, 2015; Игнатова, 2021; Кошкин, 2016; Тепляшина, 2015; Ярцева, 2011; Niblock, 1996; Standring, 2007], обобщим значимые признаки авторской колонки в англоязычном медиaprостранстве.

Формальными признаками колонки являются следующие: 1) конкретное расположение материала на полосе издания. Так, например, в шапке электронных версий американских и британских интернет-изданий размещаются тематические разделы (*sections*) с авторским контентом, вербализуемые как *OPINION* (*The Guardian*, *The New York Times*, *The Washington Post*), *VOICE* (*The Independent*), *COMMENT* (*The Times*); 2) определённая периодичность публикаций; 3) персонифицированный характер публикации (*byline /columnist's name*), эксплицируемый элементами паратекста, который содержит информацию о статусе, должности, профессиональной деятельности автора, о его включенности в редакционный коллектив в качестве колумниста. В англоязычной колумнистике практикуется формат «приглашённый автор» (*Guest columns / Guest essay / Guest opinion*), в качестве которого выступают медиаперсоны, политические акторы, признанные специалисты, эксперты в узких областях, авторитетное мнение которых реализует воздействующий потенциал [Niblock, 1996, p. 33].

Медийная составляющая авторской колонки проявляется в использовании визуального компонента (фотографий, иллюстраций, политических карикатур, видеоряда, инфографики, медиа-комментария). Важным медийным признаком колонки признается интерактивное участие читателей в обсуждении, оценке той или иной темы. Так, интерактивный характер заложен в авторских колонках советов (*Advice columns*), например, в

³⁰ Барашкина Е. А. Колонка как вид медиатекста: учебное пособие / Е. А. Барашкина, Е. В. Выровцева. Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. 116 с.

³¹ Тимченко И. С. Авторская колонка в современных СМИ: учеб.-метод. пособие. СПб.: Филологический ф-т СПбГУ, 2011. 172 с.

рубрике *LIFESTYLE* газеты *The Guardian* колумнист Анналиса Барбьери ведет еженедельную интерактивную колонку *Ask Annalisa Barbieri*, помогая читателям в решении личных проблем, о которых они могут написать, заполнив предлагаемую анкету и отправив ее по указанному в колонке адресу ask.annalisa@theguardian.com.

В **содержательном** плане колонка представляет собой авторский по способу производства медийный текст. Важнейшим текстообразующим и жанрообразующим фактором газетной или журнальной колонки признается авторская личность, ее взгляды, ценностные установки, личностная интерпретация той или иной информации, положения дел. Категория авторства в колонке терминологически представлена как «авторское начало»³¹ [Гордеев, 2015; Шмелева, б.г.; Тепляшина, 2015], «авторская позиция» [Казиминова, 2022].

Категория субъекта как «центральная категория современной прагматики» [Степанов, 1981, с. 326] обуславливает лингвостилистические и лингвопрагматические особенности авторского медиатекста^{32, 33} [Шмелева, б.г.; Feature, 2002; Niblock, 1996]. Выявление потенциала средств формирования авторского начала постулируется как «одна из задач медиалингвистики» [Шмелева, б.г.]. Т.В. Шмелева выделяет наиболее существенные в стилистическом плане параметры авторского начала медиатекста: 1) выявленность автора и его роли; 2) степень сложности авторского начала; 3) удельный вес автора [Там же].

Опора на вышеуказанные параметры позволит выявить смысловые и композиционные характеристики авторского начала в дискурсе англоязычной колумнистики на примере авторской колонки Саймона Дженкинса (*Simon Jenkins*), колумниста газеты *The Guardian*. Содержание текстов колонки Саймона Дженкинса отражает личностную позицию автора по злободневным социально-политическим проблемам, которые вызывают живой отклик аудитории, как например, вопрос о неэффективности оппозиционной борьбы в парламенте: *Labour to win, Tories to lose: but why can't Britain have radical MPs free to speak their minds?* [Jenkins, 2024a], или призыв к лейбористам не повышать стоимость обучения в частных школах, ср: *Message to Labour: don't tax school fees. Make private schools work for the public good* [Jenkins, 2024b].

Ярким примером проявления авторского начала выступает медиатекст *It's worrying to see the prime minister cheerleading for war. Will Ukraine turn into Starmer's Iraq?* [Jenkins, 2024c] – *Вызывает тревогу то, что премьер-министр поддерживает войну. Превратится ли Украина в Ирак Стармера?* Информационным поводом вышеназванной статьи послужило выступление нового премьер-министра Кира Стармера на саммите НАТО 11 июля 2024 года, в ходе которого политик заявил о готовности Великобритании увеличить военный бюджет и заверил Украину в выделении 3 миллиардов фунтов

³² Барашкина Е. А. Колонка как вид медиатекста: учебное пособие / Е. А. Барашкина, Е. В. Выровцева. Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. 116 с.

³³ Тимченко И. С. Авторская колонка в современных СМИ: учеб.-метод. пособие. СПб.: Филологический ф-т СПбГУ, 2011. 172 с.

стерлингов военной помощи – *He visited a Nato summit and promised to spend more on defence. He pledged £3bn a year for Ukraine.* Интерпретирующая деятельность, направленная на транслирование личностной эмоционально-экспрессивной оценки внешнеполитического курса правительства лейбористов, выступает доминирующей интенцией в содержании анализируемого авторского текста Саймона Дженкина.

Неотъемлемым признаком авторской колонки является индивидуальный способ репрезентации смысловых векторов текста и выбор языковых средств для воплощения личностной позиции. В данном тексте авторским стилеобразующим приёмом выступает, в терминах Т. А. ван Дейка, «структурирование по принципу релевантности» [Дейк ван, 1989, с. 132], общим правилом которого является выдвигание важной информации на первое место. Формальным показателем важности в структуре релевантности анализируемой статьи выступает заголовок, выполняющий прогностическую функцию «настраивать определённым образом понимание остальной части сообщения» [Там же, с. 145]. Заголовок анализируемого текста, занимающий прагматически сильную позицию, оформлен двумя предложениями, первое из которых содержит в эксплицитной форме модус и диктум – *It's worrying to see the prime minister cheerleading for war*, а второе предложение представляет собой вопрос с имплицитным модусом, апеллирующим к мнению адресата – *Will Ukraine turn into Starmer's Iraq?* Модусная семантика риторического вопроса создаёт имитацию полемичности и диалогичности, побуждая адресата к совместному с адресантом рассуждению и размышлению.

Наличие в заголовке модусных компонентов, соотносимых с автором, с его ментальным и/или эмоциональным состоянием, свидетельствует о значимости роли модуса в выражении коммуникативной интенции колумниста. Модус признается не только частью семантики высказывания, но и текста, обеспечивая его локальную и глобальную связность [Копытов, 2015]. В авторской колонке именно модусные компоненты текста, «модусная тональность» [Тупикова, 2014] эксплицируют личностное начало и определяют иллокутивную силу авторского текста. Из трактовки Т. В. Шмелевой авторского начала сквозь призму категории модуса следует, что «краеугольным камнем авторского начала текста оказывается цепь модусов высказываний, которые его составляют» [Там же, с. 16].

Посредством модуса эмотивного плана в заголовке автор актуализирует личностную пристрастность, вовлекая читателя в сферу своего ментально-эмоционального состояния, ср.: *It's worrying to see the prime minister cheerleading for war.* В типологии эксплицитных модусов Н. Д. Арутюновой элементом эмотивного модуса выступают каузальные прилагательные, суть которых состоит в квалификации объекта «через ту психологическую реакцию, которую они способны вызывать у человека» [Арутюнова, 1999, с. 169]. Прилагательное *worrying* в позиции эксплицитного модуса вербализует эмоциональное состояние тревожности, каузированное воинственной риторикой британского премьер-министра, вектор которой направлен на поддержку Украины в эскалации конфликта. Призывы политика

к дальнейшей военной конфронтации автор интерпретирует в терминах спортивной метафоры, сферой-источником которой выступает чирлидинг (*cheerleading*), сочетающий элементы зрелищных видов спорта для привлечения внимания зрителей к спортивному мероприятию, как например, *cheerleading for football, basketball*. Используя интерпретативный потенциал спортивной метафоры, автор конструирует негативный имидж Кира Стармера, интенцией которого является поддержка дальнейшей эскалации военных действий – *cheerleading for war*.

Вербализованная в заголовке авторская негативная тревожно-депрессивная тональность репрезентируется в содержании текста лексико-синтаксическими средствами. Воплощению оценочной позиции автора относительно воинственной риторики премьер-министра служит языковой механизм «обманутого ожидания», когда ожидаемое положение дел опровергается последующей пропозицией, ср.: *The Nato summit offered a chance to work towards resolution. But instead, Starmer talked about long-range missiles missiles* – Саммит НАТО предоставил **шанс урегулирования. Но вместо этого Стармер заговорил о ракетах большой дальности**. Сдвиг фокуса внимания на парцеллы ***But instead***, отделённый от базовой части высказывания, оказывается значимым в смысловом плане, поскольку часть высказывания, вводимая союзом *but*, «служит сигналом неожиданного поворота в ходе рассуждения» [Карлсон, 1986, с. 293]. Приём противопоставления автор применяет и в выражении оценочного мнения относительно заявления Стармера о применении британских ракет для нанесения ударов в глубь российской территории, которое, в интерпретации автора, «прозвучало, хотя и смело, самоуверенно, но оно не отражало политику НАТО», ср.: *He wanted to see British missiles for Ukraine fired deep into Russian territory. It sounded macho, but it was not Nato policy*. Заложенные в семантике слова *macho* оценочные характеристики «брутальность, доминирующая маскулинность, мощь и напор победителя, культ силы» [Зыкова, 2009] направлены на формирование в сознании читателя негативного образа британского премьер-министра, который в своём выступлении создаёт лишь кажимость, видимость решительного политика. Оценочная номинация британского премьер-министра *macho*, как и номинация *cheerleader*, вносят семантический и прагматический «вклад» в метафорическую интерпретацию политического имиджа политика, для которого на первый план выходят смыслы создания видимости, кажимости, публичности политической деятельности.

Свою позицию неодобрения по отношению к заявленному Стармером курсу внешней политики автор аргументирует, апеллируя к прецедентной ситуации участия Великобритании в вооружённом конфликте в Ираке, ср.: *Britain's war in Iraq was dressed up – like Starmer's missiles – as vital to national security. In reality it was a bombastic gesture intended to make Blair look good in American eyes*. В ходе рассуждения колумнист вновь обращается к приёму противопоставления, выражая свою политическую позицию по вторжению британской армии в Ирак, которое, в оценке автора, было закамуфлировано

под защиту национальной безопасности (*dressed up as vital to national security*), как и современный призыв Стармера наносить удары по России британскими ракетами (*like Starmer's missiles*). В данном случае средством «развенчания видимости» [Булыгина и др., 1997, с. 469] служит языковая единица *In reality* (*на самом деле, в действительности*), которая вводит метафорическую интерпретацию политического решения Тони Блэра, возглавлявшего правительство в тот период, как помпезного, напыщенного жеста (*bombastic gesture*). Автор метафорически подводит читателя к аналогии между политической судьбой Тони Блэра, популярность которого значительно упала из-за признания ошибочности, неоправданности вторжения в Ирак (*under a dark cloud marked "Iraq"*), к воинственной риторике Кира Стармера. В контексте медиадискурса аналогия, основанная на прецедентном феномене, функционирует как «свернутая аргументация» [Азначеева, 2017]. Экстраполируя прецедентную ситуацию военной операции в Ираке на призывы нынешнего британского лидера к эскалации военных действий, автор прогнозирует «Ирак Стармера» – *Will Ukraine turn into Starmer's Iraq?*

Выражая в образно-эмоциональной форме свою позицию неодобрения политических заявлений Кира Стармера по внешнеполитическому курсу Великобритании как «нарушение ожиданий», автор предлагает полемичное по своей тональности видение военно-политической обстановки сквозь призму модальности долженствования. Помещая пропозицию в рамку деонтической модальности, автор эксплицирует свою политическую позицию, которая явно расходится с воинствующей риторикой главы правительства Великобритании, ср: *Vladimir Putin should not be provoked into a wider conflict. This has meant no Nato weapons should be used against targets deep inside Russia* – *Владимира Путина не следует провоцировать на более широкий конфликт <...>, никакое оружие НАТО не должно использоваться против целей глубоко внутри России*. В своей оценке выступления главы правительства на саммите НАТО колумнист дистанцируется от заявленного политиком жестко-политизированного курса, утверждая, что НАТО уже вовлечено в войну – *This is already Nato's war*; заявляя о провале введенных против России санкций – *Non-military sanctions against Russia have failed*; выражая обоснованное мнение об отсутствии доказательств относительно стремления Путина к военному конфликту с Западом – *There is no evidence that Putin was ever seeking a hot war with the west*.

С точки зрения воплощения индивидуальной манеры выражения авторской позиции, важно отметить, что в анализируемом тексте параметр структурирования по принципу степени релевантности пронизывает весь авторский текст, обеспечивая его локальную и глобальную связность. Проявлением когерентности служит приём повторной номинации заголовка в финальной сильной позиции, что трактуется как «важное средство глобальной связности» [Корнев, 2009]. Риторическая функция повтора, как отмечает Т. А. ван Дейк, состоит в приписывании дополнительного «веса» или «значимости» повторённой пропозиции [Дейк ван, 1989, с. 288]. Отметим, что вектор заданного в заголовке эмотивного модуса тревожности сдвигается в

финальной части статьи в сторону модуса депрессивности, безнадежности, негативного восприятия будущего при сохранении пропозиционального содержания – *It is **depressing**, that a British prime minister should be a **cheerleader** for war*, а модусную семантику риторического вопроса второй части заголовка усиливает его повторная номинация *Is Ukraine **really to be** Starmer's Iraq?* Повторная номинация заголовка в сильных позициях текста выступает как дополнительный «узелок на память» [Дейк ван, 1989, с. 288], интенсифицируя коммуникативную интенцию эмоционального воздействия на адресата.

Заключение (Conclusion)

Итак, в результате проведённого исследования получено новое знание о формальных и содержательных признаках авторской колонки как о монологической форме англоязычного медиатекста, доминирующим параметром которого является проявление личностно-маркированного начала. В научном освещении интерпретирующей деятельности колумниста обоснована значимость категории модуса в выражении субъективной оценочности, личностной пристрастности колумниста. Выявленные речевые приёмы моделирования интерактивного взаимодействия автора и адресата (риторические вопросы, парцелированные конструкции, апелляция к прецедентным феноменам, аналогия, сравнение) выполняют прагматическую функцию воздействия на читателя. Результаты исследования вносят вклад в дальнейшее изучение принципов и языковых средств проявления личностной позиции автора в англоязычной колумнистике.

Библиографический список

- Азначеева Е. Н. Аналогия как средство речевого воздействия в публицистическом дискурсе // Аналоговые процессы в лингвокреативной деятельности языковой личности: коллективная монография. Челябинск: Челябинский государственный университет, 2017. С. 109-140. EDN XRJBRZ.
- Арутюнова Н. Д. Язык и мир человека. М.: Языки русской культуры, 1999. 896 с.
- Булыгина Т. В. Языковая концептуализация мира (на материале русской грамматики) / Т. В. Булыгина, А. Д. Шмелев. М.: Языки русской культуры, 1997. 576 с. EDN RBBSFH.
- Высоцкая И. В. Метатекст и речевая маска автора (на примере жанра колонки) / И. В. Высоцкая, В. А. Марьянчик // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: История, Филология. 2020. Т.19. №6. С. 180-193. DOI 10.25205/1818-7919-2020-19-6-180-193. EDN DLQIXP.
- Гордеев Ю. А. Колумнистика в печатных и интернет-изданиях: жанровый аспект // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Филология. Журналистика. 2015. № 3. С. 136-139. EDN VWNBOD.
- Дейк ван Т. А. Язык. Познание. Коммуникация. М.: Прогресс, 1989. 312 с.
- Добросклонская Т. Г. Медиалингвистика: теория, методы, направления. М.: «КДУ», «Добросвет», 2020. 178 с. DOI 10.31453/kdu.ru.91304.0107. EDN CQKWES.
- Добросклонская Т. Г. Медиатекстология: системный подход к изучению форматно-жанрового разнообразия современной медиаречи / Т. Г. Добросклонская, Н. Б. Смольская // Вестник Московского университета. Серия 19: Лингвистика и межкультурная коммуникация. 2023. № 4. С. 118-135. DOI 10.55959/MSU-2074-1588-19-26-4-8. EDN LWEEQQO.

- Дускаева Л. Р. Диалогическая природа газетных речевых жанров: монография. Изд. 2-е, доп., испр. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет, 2012. 274 с. EDN YPCBGY.
- Зыкова С. А. Способы выражения доминирующей маскулинности в лексическом фонде испанского языка // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 318. С. 25-28. EDN LHQMCL.
- Игнатова И. Б. Колумнистика в современном публицистическом дискурсе // Наука и школа. 2021. № 1. С. 22-28. DOI 10.31862/1819-463X-2021-1-22-28. EDN FQUZSC.
- Казимирова О. В. Дискурсивно-содержательный анализ компонента «позиция» в англоязычной колумнистике // Вестник Минского государственного лингвистического университета. Серия 1: Филология. 2022. № 3 (118). С. 28-35. EDN BEMVFF.
- Карлсон Р. Соединительный союз but // Новое в зарубежной лингвистике. Вып. XVIII. Логический анализ естественного языка. М.: Прогресс, 1986. С. 277-299.
- Копытов О. Н. Концепция модуса на пространстве текста и ее возможности для исследования медиатекста // Медиалингвистика. 2015. № 4(10). С. 69-82. EDN VCFQBJ.
- Корнев В. Н. Повтор заголовка как средство глобальной связности публицистического текста // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2009. № 89. С. 231-235. EDN JWNVYZ.
- Кошкин П. Г. Тенденции в колумнистике США на примере материалов «Нью-Йорк Таймс», посвящённых Китаю и России (2008 – 2013 гг.): специальность 10.01.10 «Журналистика»: автореф. дис. ... канд. филол. наук / Павел Геннадьевич Кошкин. Москва. 2016. 22 с. EDN ZQASBJ.
- Кунцына Н. В. Авторская колонка как тип медиатекста // Жанры и типы текста в научном и медийном дискурсе: Межвузовский сборник научных трудов. Орёл: Орловский государственный институт искусств и культуры, ООО «Горизонт», 2016. Вып. 14. С. 99-109. EDN YJNK TJ.
- Михайлов С. А. Журналистика Соединённых Штатов Америки. СПб.: Изд-во Михайлова В. А. (гп техн. кн.), 2004. 447с.
- Степанов Ю. С. В поисках прагматики (Проблема субъекта) // Известия АН СССР. Сер, лит. и яз. 1981. Т. 40. № 4. С. 325-332.
- Тепляшина А. Н. Жанровая модель авторской журналистики // Журналистский ежегодник. 2015. № 4. С. 49-53. DOI 10.17223/23062096/4/11. EDN VPIN YD.
- Тушикова С. Е. Модусная категория тональности и языковые способы ее реализации в публицистическом дискурсе // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Филология. Журналистика. 2014. Т. 14, № 1. С. 20-25. EDN VHPJDJ.
- Черкашина А. А. Контент и композиционные элементы англоязычных медиатекстов группы «feature» (на примере качественной периодики Великобритании) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. 2015. № 12 (209). С. 120-128. EDN UILJGZ.
- Шмелева Т. В. Медийное речеведение: электронный сборник статей за 2010-2012 гг. // [Электронный ресурс]. – URL. https://jf.spbu.ru/upload/files/file_1354569984_6705.pdf. (дата обращения: 08.09.2024).
- Ярцева С. С. Колумнистика: история возникновения и перспективы развития: специальность 10.01.10 «Журналистика»: автореф. дис. ... канд. филол. наук / Софья Сергеевна Ярцева, Воронеж. 2011. 22 с. EDN ZOJGUZ.
- Feature & Column Writing // [Электронный ресурс]. – 2002. URL: <https://ia801306.us.archive.org/18/items/IntroductionToMassCommunicationMCM101Handouts/Feature%20%26%20Column%20Writing%20-%20MCM514%20> (дата обращения: 08.09.2024).
- Firmstone J. Editorial Journalism and Newspapers' Editorial Opinion // [Электронный ресурс]. – 2019. URL.

https://www.researchgate.net/publication/339886788_Editorial_journalism_and_newspapers_editorial_opinions (дата обращения: 08.07.2024).

Jenkins S. It's worrying to see the prime minister cheerleading for war. Will Ukraine turn into Starmer's Iraq? // [Электронный ресурс]. – 2024c URL: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jul/15/prime-minister-cheerleading-war-ukraine-starmer-iraq-nato> (дата обращения: 03.08.2024).

Jenkins S. Labour to win, Tories to lose: but why can't Britain have radical MPs free to speak their minds? // [Электронный ресурс]. – 2024a URL: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jul/01/labour-tories-britain-mps-commons> (дата обращения: 10. 09.2024).

Jenkins S. Message to Labour: don't tax school fees. Make private schools work for the public good // [Электронный ресурс]. – 2024b. URL: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jun/27/message-to-labour-dont-tax-school-fees-make-private-schools-work-for-the-public-good> (дата обращения: 13. 09.2024).

Niblock S. Inside Journalism. London: Blueprint, 1996. 222 p.

Standring S. The Art of Column Writing: Insider Secrets from Art Buchwald, Dave Barry, Arianna Huffington, Pete Hamill and Other Great Columnists. Oak Park: Marion Street Press. 2007. 200 p.

References

- Arutjunova N. D. (1999). Language and the human world. Moscow: *Jazyki russkoj kul'tury*, 1999. 896 p. (In Russian).
- Aznacheeva E. N. (2017). Analogy as a means of speech influence in journalistic discourse. *Analogue processes in the linguistic creative activity of a linguistic personality: a collective monograph*. Chelyabinsk. pp.109-140. (In Russian).
- Bulygina T. V., Shmelev A. D. (1997). Linguistic conceptualization of the world (based on Russian grammar). Moscow: *Jazyki russkoj kul'tury*, 1997. 576 p. (In Russian).
- Cherkashina A. A. (2015). Content and compositional elements of English-language media texts of the "feature" group (using the example of high-quality UK periodicals). *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Gumanitarnye nauki*. 12(209): 120-128. (In Russian).
- Dejk van T. A. (1989). Language. Cognition. Communication. Moscow: *Progress*, 1989. 312 p. (In Russian).
- Dobrosklonskaja T. G. (2020). Medialinguistics: theory, methods, directions. Moscow: «KDU», «Dobrosvet», 2020. 178 p. (In Russian).
- Dobrosklonskaja T. G., Smol'skaja N. B. (2023). Mediatextology: a systematic approach to the study of format and genre diversity of modern media speech. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Serija 19: Lingvistika i mezhkul'turnaja kommunikacija*. 4: 118-135. (In Russian).
- Duskaeva L. R. (2012). Dialogical nature of newspaper speech genres: monograph. Saint Petersburg: *SPbGU: Filol. fakul'tet*, 2012. 274 p. (In Russian).
- Feature & Column Writing (2002). Available at: <https://ia801306.us.archive.org/18/items/IntroductionToMassCommunicationMCM101Handouts/Feature%20%26%20Column%20Writing%20-%20MCM514%20> (accessed 08 September 2024).
- Firmstone J. (2019). Editorial Journalism and Newspapers' Editorial Opinion. Available at: https://www.researchgate.net/publication/339886788_Editorial_journalism_and_newspapers_editorial_opinions (accessed 08 July 2024).
- Gordeev Ju. A. (2015). Columnism in print and online publications: genre aspect. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Filologija. Zhurnalistika*. 3: 136-139. (In Russian).
- Ignatova I. B. (2021). Columnism in modern journalistic discourse. *Nauka i shkola*. 1: 22-28. (In Russian).

- Jarceva S. S. (2011). Columnism: history of origin and development prospects. Autoref. diss. ...cand. philol. sciences: 10.01.10. Voronezh. 22 p. (In Russian).
- Jenkins S. (2024). It's worrying to see the prime minister cheerleading for war. Will Ukraine turn into Starmer's Iraq? Available at: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jul/15/prime-minister-cheerleading-war-ukraine-starmer-iraq-nato> (accessed 03 August 2024).
- Jenkins S. (2024). Labour to win, Tories to lose: but why can't Britain have radical MPs free to speak their minds? Available at: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jul/01/labour-tories-britain-mps-commons> (accessed 10 September 2024).
- Jenkins S. (2024). Message to Labour: don't tax school fees. Make private schools work for the public good. Available at: <https://www.theguardian.com/commentisfree/article/2024/jun/27/message-to-labour-dont-tax-school-fees-make-private-schools-work-for-the-public-good> (accessed 13 September 2024).
- Karlson R. (1986). Conjunction but. *Novoye v zarubezhnoy lingvistike Vyp. XVIII. Logicheskij analiz estestvennogo jazyka*. 277-299. (In Russian).
- Kazimirova O. V. (2022). Discourse and content analysis of the "position" component in English-language columnism. *Vestnik Minskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Serija 1: Filologija*. 3 (118): 28-35. (In Russian).
- Kopytov O. N. (2015). The concept of mode in the space of text and its possibilities for studying media texts. *Medialingvistika*. 4 (10): 69-82. (In Russian).
- Kornev V. N. (2009). Title repetition as a means of global coherence of a journalistic text. *Izvestija Rossijskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gercena*. 89: 231-235. (In Russian).
- Koshkin P. G. (2016). Trends in US columnism using the example of New York Times materials on China and Russia (2008 – 2013). Autoref. diss. ...cand. philol. sciences: 10.01.10. Moscow. 22 p. (In Russian).
- Kunicyna N. V. (2016). Author's column as a type of media text. Genres and types of text in scientific and media discourse. 14: 99-109. (In Russian).
- Mihajlov S. A. (2004). Journalism of the United States of America. Saint Petersburg: *Izd-vo Mihajlova V.A. (gp tehn. kn.)*. 2004. 447 p. (In Russian).
- Niblock S. (1996). Inside Journalism. London: *Blueprint*, 1996. 222 p.
- Shmeleva T. V. (2012). Media speech science: electronic collection of articles for 2010-2012. Available at: https://jf.spbu.ru/upload/files/file_1354569984_6705.pdf. (accessed 08 September 2024). (In Russian).
- Standring S. (2007). The Art of Column Writing: Insider Secrets from Art Buchwald, Dave Barry, Arianna Huffington, Pete Hamill and Other Great Columnists. Oak Park: *Marion Street Press*, 2007. 200 p.
- Stepanov Ju. S. (1981). In search of pragmatics (The problem of the subject). *Izvestija AN SSSR. Ser, lit. i jaz.* 40(4): 325-332. (In Russian).
- Tepljashina A. N. (2015). Genre model of author journalism. *Zhurnalistskij ezhegodnik*. 4: 49-53. (In Russian).
- Tupikova S. E. (2014). Modus category of tonality and linguistic methods of its implementation in journalistic discourse. *Izvestija Saratovskogo universiteta. Novaja serija. Serija: Filologija. Zhurnalistika*. 14 (1): 20-25. (In Russian).
- Vysockaja I. V., Mar'janchik V. A. (2020). Metatext and the author's speech mask (using the example of the column genre). *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Istorija, Filologija*. 19(6): 180-193. (In Russian).
- Zykova S. A. (2009). Ways of expressing dominant masculinity in the lexical fund of the Spanish language. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 318: 25-28. (In Russian).

ЭМОТИВНЫЙ КОД АНГЛОЯЗЫЧНОГО ТУРИСТСКОГО ДИСКУРСА

*Андрей Борисович Евсеев,
orcid.org/0000-0001-9155-1518,
кандидат педагогических наук, доцент
Владимирский государственный университет
имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
ул. Горького, 87
Владимир, 600000, Россия
andrej.yevsejev@rambler.ru*

Аннотация. Статья посвящена исследованию эмотивного кода англоязычного туристского дискурса. Целью данной работы является комплексное исследование языковых средств реализации лингвистической категории эмотивного кода, определяющего особенности туристского дискурса. В работе автором использованы общенаучные методы (синтез, обобщение), анализ содержания текстового массива, метод филологического анализа, которые необходимы в реализации поставленных задач. Актуальность настоящей статьи обоснована растущим интересом лингвистов по всему миру к исследованию проблем эмотивности и эмоциональности, имплицитированных в различных модусах и жанрах дискурса, а также наличием широкого исследовательского потенциала дискурсивной коммуникации, как совокупности способов и приемов интеракции между адресатом и адресантом.

Ключевые слова: англоязычный туристский дискурс, эмоция, эмоциональность, эмотивность, эмотив, эмотиология, эмотивный код, лингвистическая категория, тропы, грамматический уровень, стилистика.

EMOTIVE CODE OF THE ENGLISH TOURISM DISCOURSE

*Andrey B. Evseev,
orcid.org/0000-0001-9155-1518,
Candidate of Pedagogical Sciences, assistant professor
Vladimir State University
named after Alexander and Nikolay Stoletovs,
87, Gorkiy Street
Vladimir, 600000, Russia
andrej.yevsejev@rambler.ru*

Abstract. The article is devoted to the enquiry into the category of the emotive code of the English tourism discourse. The paper aims at a comprehensive inquiry into the linguistic means dealing with the category of emotive code which identifies specificity of the tourism discourse. To solve the problem raised, we utilized general scientific methods (synthesis, generalization), analysis of the text corpus, method of linguistic analysis. The relevance of the paper is justified by the growing interest of linguists across the globe in the study of problems of emotivity and emotionality implied in various modes and genres of discourse, as well as the presence of a wide research potential of discursive communication, as a set of methods and techniques of interaction between the addresser and the addressee.

Key words: The English tourism discourse, emotion, emotionality, emotivity, emotive, emotiology, emotive code, linguistic category, tropes, grammatical level, stylistics.

Introduction

Human life is immanently linked with emotions. Being a subject and an object of cognition, a human expresses his emotions as an addresser or interprets them, as an addressee. On a linguistic level, emotions are manifested via emotives, which come as strata in emotiology (emotion linguistics). Currently there is a stunning, everlasting interest in emotivity as a linguistic category across the globe. Emotion linguistics studies the connections between emotions and language. Linguists peer into a wide range of emotions and feelings from the perspective of linguistic means used to directly express feelings, emotions and emotional assessment, as well as to influence the emotional state of the listener or reader. Many Russian and overseas scholars such as I.V. Arnold, L.G. Babenko, C. Izard, V.I. Shakhovsky, A. Wierzbicka, P.M. Jakobson etc. researched into the field. The main aim of our study is concerned with a comprehensive inquiry into the linguistic means dealing with the category of emotive code, which identifies specificity of the tourism discourse. As well as that, we tried out to utter a more accurate definition of “emotive code” as a linguistic category; identify, describe and analyse the place of grammatical and stylistic emotives of the Australia.com website in the structure of the emotive code of the text corpus; select the main ways of using the category of emotivity in the context of the “addresser-addressee” cognitive link. The object of the present research is the English tourism discourse that comes as a corpus of texts placed with the Australia.com website. Linguistic means of emotivity implementation in the English tourism discourse make the subject of the study. The novelty of our investigation deals with researching into the tourism discourse from the positions of emotiology in order to identify and substantiate its emotive code. Ranking of the expressive linguistic means and stylistic devices in the study may become of practical significance in drafting and developing forthcoming tourist products.

Materials and methods

According to the Cambridge Academic Content Dictionary, an emotion comes as “a strong feeling, such as of love, anger, fear, etc.” [Cambridge Dictionary, 2024]. The Oxford Advanced Learner’s Dictionary identifies an emotion as “a strong feeling such as love, fear or anger; the part of a person’s character that consists of feelings” [Oxford..., 2024]. Longman Dictionary of Contemporary English sees an emotion like “a strong human feeling such as love, hate, or anger” [Longman Dictionary..., 2024]. The Collins English Dictionary finds an emotion as “1) a feeling such as happiness, love, fear, anger, or hatred, which can be caused by the situation that you are in or the people you are with; 2) the part of a person's character that consists of their feelings, as opposed to their thoughts” [Collins..., 2024]. In the business context, an emotion is “a feeling that someone has about a product or service that can influence their decision whether to buy it or not” [Cambridge Business English Dictionary..., 2024]. Thus, emotions trigger mechanisms of the internal regulation of mental activity and behavior in a human being [Трубкина, 2022].

Identified by an American research psychologist Carroll Ellis Izard as “an interdisciplinary science based on psychology and linguistics”, emotiology comes as an integral element of the semantic system of language. There is a range of Soviet and Russian scholars who researched into the field. S.L. Rubinshtein described an emotion as “a subjective reaction of humans and animals to the influence of internal and external stimuli, manifested in the form of joy, fear, pleasure or displeasure” [Рубинштейн, 2000, с. 128]. P.M. Yakobson believed that an emotion is “a form of a person’s active relationship to the world around him, since during active interaction with the external environment, or its cognition, the individual subjectively experiences his personal relationship to certain objects, facts, and phenomena of the real world” [Якобсон, 1958, с. 167]. V.I. Shakhovskiy adhered to a linguistic approach to the study of emotions. He believed that emotions are “a mediator between the world and its reflection in human language”. He emphasizes the ambivalent nature of emotions, i.e. the addressee can simultaneously experience two polar opposite emotions, for instance, love and hatred [Шаховский..., 2008а, с. 5]. Y.U. Myagkova defined emotions on a psycholinguistic level, having described the sources of emotions as ‘needs, motives, and cognitive processes’. According to her, “emotional processes can occur at a conscious and unconscious level” [Мягкова, 2000, с. 56]. As V.Y. Maslova says in her research work dedicated to linguoscopy that emotions are “one of the most complex human systems, since almost all human systems take part in the development and appearance, namely perception, physiological reactions, intelligence, etc. They arise as a result of perception and contemplation of the world” [Маслова, 2007, с. 208]. The Polish and Australian linguist Anna Wierzbicka finds emotions as “emotions associated with “bad things”; emotions linked with “virtues”; emotions dealing with people who have committed poor deeds and cause a negative reaction; self-thinking emotions (self-esteem); emotions towards other people” [Вежбицкая, 1996, с. 85].

Since there is no unified view on interpretation of emotions as a linguistic category, the problem poses a scientific interest. C. Izard identified a range of fundamental emotions, namely interest, excitement, joy, surprise, grief, suffering, anger, disgust, contempt, fear, shame, guilt. Sophisticated emotional states arise from the combination of fundamental emotions, such as anxiety, which can combine fear, anger, guilt and interest. Complex emotional experiences include love and hostility [Изард, 1980, с. 129].

It should be noted that the category of emotivity has not been comprehensively studied in spite of a number of works dedicated to the issue. In this regard, the issue of clarifying the categorical apparatus acquires significant relevance and novelty.

One should distinguish between emotionality and emotivity. According to E.I. Gerasimenko, the linguistic category of emotionality is associated with the psychological characteristics of the addressee, the state of his emotional sphere. Emotivity is used to express emotions in a speech act and capable of producing an emotional effect on the addressee [Герасименко и др., 2016]. E.V. Sazhina et al. adds that emotionality and emotivity refer to two different scientific fields. Emotionality adheres to psychology while emotivity to linguistics. Under emotions, the scholar understands the manifestation of a person’s sensory reaction to a

stimulus, which is expressed in non-verbal manifestations, when the human body becomes an instrument of communication: gesticulation, facial expressions, postures, movements, gazing. On the contrary, emotivity is precisely referred to as “the verbal expression of emotions”, hence being a linguistic phenomenon. Consequently, emotions, having a verbal embodiment, are manifested at the linguistic level through emotivity [Сажина et al., 2019, с. 567]. A.V. Kunin believes that emotivity is “emotionality in linguistic refraction”, i.e. sensory assessment of an object, expression by linguistic means of a person’s feelings, moods, experiences. V.I. Shakhovskiy notes that emotivity is a linguistic category, which is “an immanently inherent semantic property of language to express emotionality through a system of its means as a fact of the mentality, social and individual emotions reflected in the semantics of linguistic units” [Шаховский, 2009]. The scholar distinguished special linguistic means called “an emotive”. He characterized the emotive as a linguistic unit that performs the function of expressing the emotions of the addresser and/or emotional impact on the addressee. It includes any lexemes that can be used to express emotions, i.e. an underlying word or a derivative word, a phraseological unit, synonymic/antonymic rows. Emotives are most widely represented at the lexical level of language. There are three groups of lexical emotives: vocabulary denoting emotions (connotatives), vocabulary expressing emotions (affectives), vocabulary describing emotions (evocatives) [Шаховский, 20086, с. 129]. Emotives, as a whole, comprise the emotive code. Based on the research by E.Y. Yudina, we see it as a set of emotive descriptors which, acting on semantic, morphological, stylistic and grammatical strata, create a varied psychic response in a human being (an addressee) produced in a verbal form. When scientifically researching, we utilized a number of methods, namely, general scientific methods (synthesis, generalization), analysis of the text corpus, method of linguistic analysis to analyse the implementation of the emotive code after the example of the English tourism discourse used for promotion of tourist products to customers.

The tourism discourse is a special type of communicative activity, which includes a corpus of various texts that operate in the tourism sector. Its key goal is to increase an interest in tourism as a form of leisure activity.

The communication field in the tourism discourse is tourism business, being one of the sectors of world economy [Тарнаева и др., 2013]. Based on the studies of L.R. Sakaeva and L.V. Bazarova, the Russian scholar T.V. Anikina identifies the following specifics of tourism discourse: media, interculturality and the predominance of conversational style. Owing to its first trait, tourism discourse interacts with other types (interviews, reports, reviews, etc.) [Филатова, 2012]. It results in the use of strategies and values in tourism discourse that belong to the above types of discourse. The second feature reflects the ideas and images already shaped in the national character of different peoples. The third characteristic of tourism discourse as a phenomenon is associated with the need to establish a more trusting atmosphere between communicants, i.e., addressers and addressees of tourism discourse. Hence, tourism discourse is a corpus of texts presented as a result of speech activity acts which occurred among the addresser and the addressee. The

texts are used in the tourist sector (tours, travellogues, guidebooks, brochures, posters, fliers, reminders, tips etc.) which results in mutual benefit in the form of a tour product purchased.

Discussion and results

Let us now consider Australia.com (<https://www.australia.com/en>), an official website of Tourism Australia (earlier the Australian Tourist Commission). It is designated to promote Australia, as a tourist destination, to businesses and leisure travellers. The organisation is active in fifteen key markets and its activities include advertising, PR and media programmes, trade shows and industry programmes, consumer promotions, online communications and consumer research. We analysed the corpus of texts published on the aforementioned web resource both grammatically and stylistically to pick out instances of emotives, which shape the emotive code of the tourism discourse.

The category of emotivity is implemented on Australia.com on the grammatical level via the use of degrees of comparison of adjectives, instances of imperative mood and passive voice. Most frequent is the use of the superlative degree of adjectives which describes something as being of the highest degree or extreme. As such, we use superlative adjectives when making comparisons of three or more people or things. The addresser uses the superlative degree when he needs to show his emotional assessment regarding the phenomena being described. He puts emphasis on the delivered message to provide exceptional importance, value, or prominence of the promoted product and increase the emotional impact on the addressee:

*"...to swim with **the world's largest** fish – the whale shark..."*

*"The Great Barrier Reef... is **the world's biggest** coral reef system."*

*"Saltwater crocodiles are one of Australia's **most intriguing** marine predators."*

*"...they're **the largest** reptile on Earth."*

*"The Eyre Peninsula is your **best** bet for a meet and greet."*

*"Friendly sea lions are one of Australia's **most interactive** marine animals."*

*"...come mask-to-fin with **the largest** fish in the sea."*

*"...this not-so-little species of whale is one of **the rarest** marine animals to encounter."*

*"Queensland's Moreton Island and Western Australia's Coral Coast are two of **the best** known places..."*

*"Ningaloo Reef is one of **the most incredible** diving destinations in the world."*

*"A tiny cousin of the kangaroo and known as "**the world's happiest animal**"..." [Australia.com..., 2024]*

Yet another emotive means of the grammatical level is the use of the imperative mood. Imperative statements are highly emotional since they have a strong impact and direct effect on the addressee's emotions. As to the tourism discourse, imperatives induce positive emotions (e.g. joy, excitement, anticipation of relaxation etc.), on the one hand, and deliver the message of something being of vital importance, crucial:

"Spend your days exploring the marvels of Ningaloo Reef..."
"Switch off and unwind at one of these back-to-nature escapes in Australia!"
"Wake up to whales at Ningaloo Reef!"
"Don't miss the chance..."
"Simply stroll the beaches, toss in a line..."
"Start the day by snorkelling above colourful marine life..."
"Take in an epic sunset as you climb through the roof of a cable car hung above the valley."
"Lower into the water and prepare for an epic adrenaline rush."
"Embark on an exclusive, multi-day tour from Cairns..." [Australia.com..., 2024]

In the passive, the person or thing that the action was done to becomes the topic or theme. We use the passive when we want to change the focus of a clause, or if the doer of the verb is not important or not known or if we do not want to say who the doer is [Cambridge Dictionary, 2024]. The passive instances on Australia.com deepen the advantages of the promoted product, peering into the thing itself, hence, making it more beneficial and creating vivid, rich, colourful and ingrained emotions in the addressee:

"The two tents here are named after winemakers Edgar and Frank..."
"Melbourne is known as Australia's coffee capital."
"Torquay is where the Great Ocean Road begins and is often dubbed the 'Surf Capital of Australia'."
"Descend the 86 stairs, which are carved into the cliff face..."
"Shipwreck Coast is named after the wild seas..."
"It was turned into a picturesque garden by James Umpherston around 1886..."
"The seaside town is famed for its horse-drawn tramway..."
 [Australia.com..., 2024]

Stylistically, emotivity is embedded into the tourism discourse through the use of phrasal verbs, idioms, neologisms, dialecticisms, metaphors, epithets and, finally, toponyms.

Phrasal verbs are widely used in everyday communication to make the speech more natural, flexible, and diverse. Phrasal verbs are emotionally coloured and may convey a spectrum of feelings, for instance:

"What sets it apart: a road made for escaping the everyday..." ('to set apart' means 'to show someone or something to be different or special')
"Unwind on a tropical island" ('to unwind on' stands for 'to gradually relax after doing something that has made you tired or worried')
"Drift off to sleep..." ('to drift off' implies 'to gradually start to sleep')
"Yet when you are holed up at Kittawa Lodge..." ('to hole up' means 'to stay in a safe place, often as a way of avoiding something or hiding from someone')
"Tucked away on South Australia's stunning Eyre Peninsula..." ('to tuck away' stands for 'to put something in a private, safe place')
"Cradle Mountain draws in the most adventurous of travellers." ('to draw in' denotes 'to attract')

"Book a tour and slide into the water, **hanging onto** the boat as it cruises along." ('to hang onto' implies 'to keep to')

"**Pull on** your fins and **paddle away** from your tour boat."

"...so **settle in** to watch these breathtaking animals..." ('to settle in' means 'to become familiar with somewhere new, such as a new house, job, or school, and to feel comfortable and happy there')

"Here you can take a tour **to delve into** the maritime history of the region." (to delve into' stands for 'to search in order to find a thing or information') [Australia.com..., 2024]

Idioms, as a group of words established by usage as having a meaning not deducible from those of the individual words, are occasionally spotted as part of the tourism discourse on Australia.com. Their usage adds opulence to the narrative, as they are always stylistically coloured (as well as phraseological units):

"Set on a secluded headland **just a stone's throw from** Freycinet National Park..."

"You can **try** your **luck at** spotting them on a snorkelling tour" (to try to achieve something although you know you might not succeed)

"**Feast your eyes on** groopers..." (to look at someone or something with great enjoyment)

"King Island feels like it could be **the end of the Earth**."

"...**making the satisfaction** of finding them even **sweeter**." [Australia.com..., 2024]

A set of subjacent emotives show the range of addresser's emotions such as delight, obligingness, light-heartedness transmitted onto the addressee.

"Top-notch?" (to divers on the Great Barrier Reef)

"Looking for a travel deal?" (to tourists trying to save up)

"Wishing to enjoy snorkelling?" (to tourist who marvel at the marine life)

"Why bother about meals?" (to tourists on board the luxurious yacht) [Australia.com..., 2024]

Oxymoron, as a sharp opposition of concepts and images, gives greater brightness to the tourism discourse, thus, enhancing the expressiveness of speech. They emphasize the main idea and enhance the emotional content of the statement, i.e.

"...you still need to exercise caution – even with the **intoxically cute** creatures."

"...their **infectious excitement**." [Australia.com..., 2024]

Newly coined words, or neologisms, carry intensive emotional colouring in themselves making the narrative more lively and dramatic. Australia.com flourishes with neologisms, which attract tourists to the island:

"No **Wi-Fi**, no worries: where to go **off-grid** in Australia."

"A **glamping tent**" ('glamping' is a mixture of 'glamorous' and 'camping')

"At Bremer Island's Banubanu Beach Retreat, which features **glamping-style** bungalows..."

"...this **eco-friendly** dome looks like something from outer space..."

"This **low-key** bush retreat..." ('low-key' stands for 'quiet and not attracting a lot of attention or excitement')

"...this **laid-back** Tasmanian island..." ('laid-back' denotes 'relaxed in manner and character')

"...this region boasts a unique combination of coast and **outback**." ('outback' means 'a space open to and not protected from strong winds')

"The balmy weather and **down-to-earth** locals might make Darwin a laidback town..." ('down-to-earth' means 'practical, reasonable, and friendly')

"...this region is rich with **adrenaline-inducing** experiences."

"The **heart-pounding** experiences continue..."

"Swimming with dolphins is a **bucket-list-worthy** moment..."

"...this **awe-inspiring** species."

"...graceful, **bird-like** movements."

"**Heading off** in search of them takes several days of snorkelling..." ('to head off' denotes 'to start a journey or leave a place')

"Getting **spine-tinglingly** close to gentle grey nurse sharks."

"The thrill of cage diving with great white sharks is not for **the faint-hearted**."

[Australia.com..., 2024]

Metaphor has become the most common way of expressing the category of emotivity. Being one of the most striking tropes, a metaphor helps the addresser to both express his attitude and emotions and evoke a certain response and reaction. Metaphors can influence the feelings and subliminal consciousness of the addressee generating various associations:

"Tasmania's **pure air** invites you to breathe deep and take moments to be mindful..."

"Mount Majura Vineyard **takes things back to basics**..."

"...its designer interiors **evoke the warmth of home**."

"...while **the breeze dances** through the palm trees overhead."

"...the wind-, and solar-powered Thalia Haven cottage **lets you immerse yourself in nature**."

"...the experiences here will **get your heart racing**."

"As you stare at the millions of **stars hung above** you in the dark outback sky..."

"...but the surrounding national **parks are calling**..."

"**Great white sharks** come here to feed, **giving you the chance**..."

"Lady Elliot Island **takes the crown** as their favourite underwater home..."

"Ningaloo Reef is **a heaven** for underwater wildlife."

"The abundant corals **are peppered with life**..."

"The Great Barrier Reef is **the heart and soul** of diving in Australia."

"Stop at Mount Gambier, which **sits on** an ancient extinct volcano and **is circled by** vivid crater lakes." [Australia.com..., 2024]

Dialecticisms are means of artistic expression used to convey the speech characteristics of residents of a certain area. They are used in order to convey the original culture of the native peoples. Despite the common statement that dialecticisms may make the discourse more complicated, the instances found on

Austalia.com enliven the narrative and add to the emotive code of the tourism discourse:

*"Come and say **G'Day** in 2024" (G'Day means 'Good day', an exclamation typical for Australian English)*

*"**Yambara**" (meaning 'away, out of sight' in Barngarla language)*

*"The gentle rays can be found in several **Aussie** locations" ('Aussie' is 'Australian, or an Australian person')*

*"Enjoy your **Barbie**..." ('Barbie' stands for 'barbecue')*

*"Don't forget your **sunnies**..." ('sunnies' are 'sunglasses')*

*"The Eyre Peninsula is a place you want to dive into – the clear ocean, the fresh seafood, "...the rugged **outback** adventures." ('the outback' means 'the remote bush country of Australia')*

*"...spend the night in a **bush** camp." ('the bush' (esp. in Australia, Africa, and Canada) is 'a wild or uncultivated country') [Australia.com..., 2024]*

Toponyms (place names) found on Australia.com bear the function of an emotional trigger. The addresser tries to impress the addressee, intensify the emotions since many of place names are commonly encountered in mass media, sporting events, festivals, books, films, documentaries, works of art etc. Tourists may have read or seen something before travelling to the unique standalone place like Australia. Being both a country and a continent, its speciality adds to the unicity of the toponyms:

***Sal Salis** eco-luxury camp is hidden away on the coast of **Cape Range National Park**, nestled amongst sand dunes on the shore of **Ningaloo Reef**.*

*Combining contemporary design, world-class dining and a personal connection with nature, **Southern Ocean Lodge** celebrates the resilient spirit of Kangaroo Island, its wildlife and its community.*

Mount Majura Vineyard

***The Great Barrier Reef** offers an abundance of coastal experiences unlike anywhere else in the world, e.g. you can swim amongst the stunning coral formations, giant clams, encounter rare species of whales, and six of the world's seven marine turtle species.*

***King Island** is more creative, more honest, more cooperative, more delicious, more fun and more meaningful.*

*Swap the crowds for pristine landscapes, rich wildlife and great seafood on **the Eyre Peninsula**.*

*Dramatic, serrated peaks, glacial-carved lakes, unique grasslands and ancient rainforest define **Cradle Mountain-Lake St Clair National Park**.*

*... **the Three Sisters** is an iconic formation that you must see at least once in your lifetime [Australia.com..., 2024].*

One cannot underestimate the emotive load carried by epithets. As a linguistic phenomenon, an epithet is used as a way of criticizing or praising someone. It is the most frequent trope found in the tourism discourse. Epithets enhance picturesqueness, expressiveness of the statement, emphasizes the properties or qualities of the described objects or phenomena. They encode additional information and emotions:

*"...Listening to **crashing** ocean waves..."*
*"...that's the kind of freedom that only comes from an **epic** road trip."*
*"it's the **wholesome** nature of this island that will leave you restored."*
*"...snorkelling with **colourful** fish and floating above **vibrant** corals."*
*"...Dinny (named after the vineyard's first owner) is a **charming tiny** home, complete with an en-suite shower."*
*"A 15-minute flight from Gove Airport brings you to this **unspoilt** island."*
*"Looking up at a **strikingly bright** Milky Way..."*
*"...as you set out on **scenic** walks looking for wildlife."*
*"the **iconic** Great Ocean Road"*
*"the **lush** Otway Ranges"*
*"...Tasmanian island is also home to three **superb** golf courses..."*
*"a **luxe** off-grid abode..."*
*"...this is the **perfect** place to reconnect with nature."*
*"...face with these **apex** predators..." [Australia.com..., 2024]*

Conclusion

Being a constantly boosting global industry, tourism maintains its brisk demand levels. Advertising, as an imminent component of tourism, needs to expand its influence on worldwide consumers of tourist products. Since communication is an integral part of interaction among tourist employees and prospective customers, linguists pay an unfailing interest in researching the tourism discourse that keeps its emotive function. The work presents various approaches to defining the concepts of "emotion", "emotionality", "emotivity", "emotiology" stipulated by domestic and foreign linguists. We analysed the corpus of advertising materials published on the Australia.com website. As a result, we identified the main means of representing emotivity grammatically and lexically, i.e. emotives (connotatives, affectives, evocatives). In their turn, the emotive descriptors or emotives shape the emotive code of the English tourism discourse. It drives us to the conclusion that the tourism discourse used as an advertising means to invite tourists to visit certain places in Australia is very expressive and carries emotional potential. It influences the cognitive aspects of perception and understanding, thus forming a positive image of local tourist destinations and increasing the flow of visitors to the country.

Библиографический список

- Вежбицкая А. Толкование эмоциональных концептов: Язык. Культура. Познание М.: Русские словари. 1996. 197 с.
 Герасименко И. Е. Эмотивность как лингвистическая категория / И. Е. Герасименко, О. М. Тютрина // Молодой ученый. 2016. № 13-2 (117). С. 23-25. EDN WGGASR.
 Изард К. Эмоции человека. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1980. 440 с.
 Маслова В. А. Homo Lingualis в культуре: монография. М.: Гнозис. 2007. 320 с. EDN UEOZQZ.
 Мягкова Е. Ю. Эмоционально-чувственный компонент значения слова. Курск : Курский государственный университет, 2000. 110 с. EDN HZYLDL.
 Рубинштейн С. Л. Основы общей психологии. СПб. : Питер. 2000. 720 с. EDN MBNCMQ

- Сажина Е. В. "Эмоциональность" и "эмотивность" в лингвистике: к разграничению понятий / Е. В. Сажина, Д. С. Семак // Эпоха науки. 2019. № 20. С. 571-574. DOI 10.24411/2409-3203-2019-12119. EDN EESTFK.
- Тарнаева Л. П. Туристический дискурс: лингвопрагматические характеристики / Л. П. Тарнаева, В. В. Дацюк // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 9. Филология. Востоковедение. Журналистика. 2013. № 3. С. 229-235. EDN RLYJCB.
- Трубкина А. И. Эмотивный код художественного текста: лингвопрагматический аспект // Гуманитарные и социальные науки. 2022. Т. 94, № 5. С. 104-110. DOI 10.18522/2070-1403-2022-94-5-104-110. EDN FTTLOE.
- Филатова Н. В. Жанровое пространство туристического дискурса // Вестник Московского государственного гуманитарного университета им. М.А. Шолохова. Филологические науки. 2012. № 2. С. 76-82. EDN PAVBTN.
- Шаховский В. И. Лингвистическая теория эмоций: монография. М., 2008. 414 с.
- Шаховский В. И. Что такое лингвистика эмоций // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. 2008. № 12. С. 22-30. EDN JYAIXP.
- Шаховский В. И. Эмоции как объект исследования в лингвистике // Вопросы психолингвистики. 2009. №9 // [Электронный ресурс]. – 2009. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/emotsii-kak-obekt-issledovaniya-v-lingvistike/viewer> (дата обращения: 16.03.2024).
- Якобсон П. М. Психология чувств. 2-е изд. доп. М.: Изд-во АПН РСФСР, 1958. 441 с.
- Australia.com. Travel to Australia. Australian tourism Information [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.australia.com/en> (дата обращения: 01.03.2024).
- Cambridge Business English Dictionary [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.cambridge.org/gb/cambridgeenglish/catalog/business-professional-and-vocational/cambridge-business-english-dictionary/components> (дата обращения: 18.03.2024).
- Cambridge Dictionary [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://dictionary.cambridge.org> (дата обращения: 01.03.2024).
- Collins English Dictionary [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english> (дата обращения: 14.03.2024).
- Longman Dictionary of Contemporary English [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://ldoceonline.com> (дата обращения: 04.03.2024).
- Oxford Advanced Learner's Dictionary [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://oxfordlearnersdictionaries.com/> (дата обращения: 10.03.2024).

References

- Cambridge Business English Dictionary (2024). Available at: <https://www.cambridge.org/gb/cambridgeenglish/catalog/business-professional-and-vocational/cambridge-business-english-dictionary/components> (accessed 18 March 2024).
- Cambridge Dictionary (2024). Available at: <https://dictionary.cambridge.org> (accessed 01 March 2024).
- Collins English Dictionary (2024). Available at: <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english> (accessed 14 March 2024).
- Filatova N. V. (2012). Genre range of the tourism discourse. *Philological sciences*. 2: 76-82. (In Russian)
- Gerasimenko I. Y., Tyutrina O. M. (2016). Emotivity as a linguistic category. *Young scientist*. 13-2 (117): 23-25. (In Russian).
- Izard C. (1980). Human emotions. Moscow: Moscow State University publishing house, 1980. 440 p. (In Russian).
- Longman Dictionary of Contemporary English (2024). Available at: <https://ldoceonline.com> (accessed 04 March 2024).
- Maslova V. A. (2007). Homo Lingualis in culture: monograph. Moscow: Gnozis, 2007. 320 p. (In Russian).

- Myagkova E. Y. (2000). Emotional-sensory component of the meaning of the word. Kursk: *Kursk State Pedagogical University*, 2000. 110 p. (In Russian).
- Oxford Advanced Learner's Dictionary (2024). Available at: <https://oxfordlearnersdictionaries.com/> (accessed 10 March 2024).
- Rubinstein S. L. (2000). Fundamentals of general psychology. St Petersburg: *Piter*, 2000. 720 p. (In Russian).
- Sazhina E. V., Semak D. S. (2019). "Emotionality" and "emotivity": to differentiation of the notions. *Epoch of science*. 20: 571-574. (In Russian).
- Shakhovskiy V. I. (2008). Linguistic theory of emotions: monograph. Moscow: *Gnozis*, 2008. 414 p. (In Russian).
- Shakhovskiy V. I. (2008). What is the linguistics of emotions? *Rusistika*. 8: 4-7. (In Russian).
- Shakhovskiy V. I. (2009). Emotions as an object of research in linguistics. *Issues of psycholinguistics*. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/emotsii-kak-obekt-issledovaniya-v-lingvistike/viewer> (accessed 16 March 2024). (In Russian).
- Tarnayeva L. P., Datsyuk V. V. (2013). Tourism discourse: linguistic and pragmatic aspects. *Bulletin of SPbGU. Language and literature*. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/turisticheskii-diskurs-lingvopragmaticheskie-harakteristiki> (accessed: 17 March 2024). (In Russian).
- Trubkina A. I. (2022). Emotive code of the literary text: linguistic and pragmatic aspects. *Humanitarian and social sciences*. 5: 104-110. (In Russian).
- Wierzbicka A. (1996). Interpretation of emotional concepts: Language. Culture. Cognition. Moscow: *Russian dictionaries*, 1996. 197 p. (In Russian).
- Yakobson P. M. (1958). Psychology of feelings. Moscow: *APN RSFSR*, 1958. 441 p. (In Russian).

**ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СУБСТАНДАРТНОЙ
ЛЕКСИКИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ПОДЪЯЗЫКЕ
АВИАСПЕЦИАЛИСТОВ (НА МАТЕРИАЛЕ РУССКОГО ЯЗЫКА)**

*Андрей Геннадьевич Фомин,
orcid.org/0000-0002-2742-7747,
доктор филологических наук, профессор
Кемеровский государственный университет,
ул. Красная, 6
Кемерово, 650000, Россия
andfomin67@mail.ru*

*Анастасия Вячеславовна Андреяшина^{1,2},
orcid.org/0009-0000-7794-4737,
¹соискатель*

*¹Кемеровский государственный университет,
ул. Красная, 6
Кемерово, 650000, Россия*

*²Новосибирский государственный технический университет,
ул. Карла Маркса, 20
Новосибирск, 630073, Россия
xpylyax99@mail.ru*

Аннотация. Изучение особенностей функционирования субстандартной лексики в подъязыке авиаспециалистов непосредственно связано с установлением статуса отобранных языковых единиц, что позволяет проклассифицировать их на профессионализмы, интерпрофессионализмы, депрофессионализмы, жаргонизмы, интержаргонизмы. В результате анализа формальной структуры субстандартных лексических единиц были выделены однословные и составные субстандартные лексические единицы. Благодаря анализу семантической структуры субстандартная лексика была разделена на моносемантические и полисемантические наименования. Преобладание моносемантических субстандартных лексических единиц объясняется тенденцией к однозначности субстандартной лексики, которая обладает точностью определения выражаемых ею понятий. Классификация субстандартной лексики в профессиональной коммуникации авиаспециалистов по лексико-семантическим группам позволяет выявить мотивировочный признак, который лежит в основе наименования предмета. Преобладание метафорически мотивированных слов обусловлено метафорическим переносом, который основывается на сходстве номинируемых предметов с другими, имеющими общие черты и характеристики. Функциями субстандартной лексики выступают номинативная, как базовая функция, встречающаяся в любой субстандартной лексической единице, а также компрессивная, эмотивная и людическая функции, как вторичные функции, которые делают процесс коммуникации доступным, приближенным к жанру профессиональной разговорной речи.

Ключевые слова: субстандартная лексика, профессионализмы, интерпрофессионализмы, депрофессионализмы, жаргонизмы, интержаргонизмы,

подъязык, игровая функция, эмотивная функция, номинативная функция, компрессивная функция.

FEATURES OF THE SUBSTANDARD VOCABULARY IN THE PROFESSIONAL SUBLANGUAGE OF AVIATION SPECIALISTS

*Andrey G. Fomin,
orcid.org/0000-0002-2742-7747,
Doctor of philology, professor
Kemerovo State University,
6, Krasnaya
Kemerovo, 650000, Russia
andfomin67@mail.ru*

*Anastasia A. Andreyashina^{1,2},
orcid.org/0009-0000-7794-4737
¹Applicant
¹Kemerovo State University,
6, Krasnaya
Kemerovo, 650000, Russia
²Novosibirsk State Technical University,
20, K. Marx street
Novosibirsk, 630073, Russia
xpylyax99@mail.ru*

Abstract. The study of the peculiar features of the substandard vocabulary in the sublanguage of aviation specialists is directly related to the establishment of the status of selected language units, which allowed us to classify them into professionalisms, interprofessionalisms, deprofessionalisms, jargonisms, interjargonisms. As a result of the analysis of the formal structure of sub-standard lexical units, single-word and compound sub-standard lexical units were identified. The analysis of the semantic structure shows that the sub-standard vocabulary can be divided into monosemantic and polysemantic names. The predominance of monosemantic substandard lexical units can be explained by the tendency to unambiguity of substandard vocabulary, which is characterized by the accuracy of defining the concepts expressed by it. The classification of substandard vocabulary in the professional communication of aviation specialists by lexico-semantic groups allows us to identify a motivational feature, which is the basis of the name of the item. The predominance of metaphorically motivated words is due to metaphorical transfer, which is based on the similarity of the nominated objects with others having common features and characteristics. The functions of sub-standard vocabulary are nominative, as a basic function found in any sub-standard lexical unit, as well as compressive, emotive and human functions, as secondary functions that make the communication process accessible, close to the genre of professional colloquial speech.

Keywords: substandard vocabulary, professionalisms, interprofessionalisms, deprofessionalisms, jargonisms, interjargonisms, sublanguage, game function, emotion function, nominative function, compressive function.

Introduction (Введение)

Сфера профессиональной коммуникации, по сути, являющаяся индикатором всех изменений, затрагивающих как технологические процессы производства, так и организацию производственной деятельности сотрудников, вполне обоснованно выступает объектом изучения многих

лингвистических исследований, каждый раз подтверждая необходимость исследования рефлексии языка.

Языковая рефлексия как совокупность социально-оценочных метаязыковых высказываний позволяет диагностировать состояние языка, лингвистических компетенций его носителей, а также изменения, происходящие в языке или речи, в частности в профессиональной коммуникации авиаспециалистов.

Профессиональная коммуникация имеет сугубо практическую направленность – достижение взаимопонимания между профессионалами, решение конкретных практических, рабочих вопросов и обмен умениями и навыками в какой-либо профессиональной сфере.

Любая область знаний предполагает развитие, сопровождающееся появлением чего-то нового, требующего в той или иной мере языкового осмысления и закрепления. Поэтому возникает потребность использовать язык не только как средство коммуникации общества, но и как средство фиксации новых понятий путем образования новых слов или расширения значений уже имеющихся в арсенале, что находит отражение в специальных языковых подсистемах.

Язык как структура – сложное образование, составные части которого зависят друг от друга. В. Раскин считает, что язык нужно понимать не как единый набор лексики и грамматических конструкций, а как структурную совокупность подсистем [Раскин, 2007, с. 10].

Корифеи лингвистики и их последователи, такие как Ф. де Соссюр, В. Матезиус, А. Мейе, М. Грамон, Д. Ферс и М. Холлидей полагают, что язык представляет собой систему систем [Firth, 1957, с. 108; Grammont, 1933, с. 153; Halliday, 1975, с. 151; Mathesius, 1961, с. 169; Meillet, 1903, с. 158; Meillet, 1921, с. 16; Saussure, 1983, с. 206], включающую определенное множество элементов-подсистем, взаимосвязанных друг с другом.

Л. Л. Нелюбин одну из таких подсистем называет *подъязыком* и дефинирует его как «определенную жанрово-тематическую совокупность текстов (подъязык электроники, устной речи, газетных текстов и т. д.), как малую лингвистическую подсистему, содержащую набор языковых структур и единиц, заданных тематически однородной областью социального или профессионального функционирования языка, обладающую функционально-стилистической направленностью и обслуживающую определенную сферу общения» [Нелюбин, 2003, с. 157].

В отечественной лингвистике понятие *подъязыка* берет свое начало в 60 годы 20 века. Одно из первых упоминаний подъязыка в профессиональной литературе осуществил Н. Д. Андреев, который определяет его как «набор языковых элементов и их отношений в текстах с однородной тематикой» [Андреев, 1965, с. 91].

Л. В. Прибытова считает, что профессиональный подъязык – профессионально ограниченная форма существования языка, эффективно реализующаяся в устной и письменной коммуникации, представляет собой

достаточно развитую функционально-семиотическую подсистему [Прибытова, 2023, с. 48-49].

Зарубежные лингвисты, дефинируя «подъязык», высказывают похожую точку зрения. Так, Л. В. Хоффманн и В. Шмидт определяют его как «единство всех языковых средств, употребляемых в профессионально ограниченной области коммуникации с целью более точной передачи знаний в определенной сфере и достижения взаимопонимания между профессионалами в этой области» [Hoffmann, 1976, с. 170; Schmidt, 1968, с. 123]. Однако, в отличие от вышеприведённых дефиниций, данное определение включает в себя цель коммуникации – успешное профессиональное общение.

С функциональной точки зрения специальный подъязык подразделяется на два слоя (функциональных регистра): верхний (зона нормы) и нижний (зона узуса). Верхний регистр – это терминология и терминосистема, а нижний регистр – это профессиональная или профессионально-жаргонная лексика [Фельде, 2015, с. 180]. Кодифицированная лексика, характеризующая подъязык верхнего регистра, и некодифицированная / субстандартная лексика, описывающая подъязык нижнего регистра, являются неотъемлемой частью профессиональной коммуникации. Субстандартная лексика играет особую роль в коммуникативном акте, так как ее отличительной чертой является экспрессивность, которая позволяет четко маркировать отношение говорящего к объекту высказывания. А. Э. Мезит такую функцию субстандартной лексики называет *эмотивной* и утверждает, что она проявляется в выражении эмоций говорящего. Кроме того, она выделяет также *людическую (игровую), номинативную и компрессивную* функции субстандартной лексики [Мезит, 2020, с. 23].

Людическая (игровая) функция проявляется в языковой игре, под которой понимается «форма лингвокреативного мышления, эксплуатирующая механизмы ассоциативного переключения узуального стереотипа восприятия, создания и употребления языковых единиц с установкой на творчество на основе различных лингвистических приемов его трансформации и интерпретации [Гридина, 1996, с. 12].

Выполняя *номинативную* функцию, субстандартная лексика дает явлениям окружающей среды вторичные наименования, которые сосуществуют со стандартными лексемами литературного языка.

Компрессивная функция субстандартной лексики проявляется в экономии языковых средств. Данная функция реализуется за счет таких языковых средств, как аббревиация, усечение и сокращение [Зоркина, 2020, с. 39].

Materials and methods (Материалы и методы)

Для выявления и описания особенностей функционирования субстандартной лексики в профессиональном подъязыке авиаспециалистов методом целенаправленной выборки с подтверждением статуса каждой отобранной языковой единицы в словарях жаргонизмов и сленгизмов было отобрано 237 русских субстандартных лексических единиц (СЛЕ).

Источниками языкового материала послужили русскоязычные чаты авиационной тематики в сети Telegram: «Авиаболталка», «Fightbomber», «DJI Lab», «Скромный работник гражданской авиации», «Дрон-чат», «Вертолатте», «Авиадиспетчер».

В работе были использованы следующие методы исследования: **метод классификационного анализа** для систематизации отобранных языковых единиц и определения их статуса, **метод структурного анализа** для определения типов лексических единиц по числу компонентов и выделения структурных моделей составных субстандартных лексических единиц, **метод морфологического анализа** для деления субстандартных лексических единиц на производные, непроизводные и сложные, **метод функционального анализа** для выделения функций, выполняемых субстандартной лексикой, **лексикографический метод** для рассмотрения семантической структуры слов, **метод компонентного анализа** для распределения лексики на разные лексико-семантические группы.

Discussion and Results (Дискуссия и результаты)

К субстандартной лексике профессионального подязыка авиаспециалистов относятся профессиональное просторечие и профессиональный жаргон. Профессиональное просторечие – это особая функционально-семиотическая область языка для специальных целей, границы которой открыты на всей их протяженности [Фельде, 2010, с. 49]. Действительно, профессиональное просторечие включает в себя профессиональные языковые единицы, обладающие определённым функциональным назначением и представляющие собой открытую подсистему, которая характеризуется возможностью включения в себя новых профессиональных языковых единиц. Носителями профессионального просторечия в разговорной речи являются все представители отрасли, вне зависимости от образовательного ценза или должности. Маркирующими единицам профессионального просторечия являются профессионализмы, интерпрофессионализмы, депрофессионализмы.

Профессиональный жаргон представляет собой микросистему просторечия с профессионально ограниченной лексикой, окрашенной шутливо-иронической экспрессией. Профессиональный жаргон обладает основной коммуникативной функцией, используется различными социально-профессиональными группами в профессиональной среде общения [Хомяков, 1971, с. 39]. Единицами профессионального жаргона являются профессиональные жаргонизмы и профессиональные интержаргонизмы.

Ядро профессионального просторечия в рассматриваемом подязыке составляют **профессионализмы (89%** из числа отобранных СЛЕ, здесь и далее), под которыми понимаются полуофициальные слова, распространенные в разговорной речи людей какой-либо профессии, но не являющиеся строгим обозначением понятия [Калинин, 1978, с. 134]. Как отмечают лингвисты: «Профессионализмы – слова и словосочетания, связанные с производственной деятельностью людей определенной

профессии или сферы деятельности. В отличие от терминов, профессионализмы являются специализированной частью разговорной лексики, а не литературной» [Юсупова и др., 2016, с. 175]. Таким образом, профессионализмы возникают в силу существования социальных групп, выделяющихся на основании профессиональной принадлежности, и функционируют в разговорной речи людей.

С точки зрения функционально-нормативного подхода, профессионализмы, в отличие от терминов, являются вторичными, то есть неофициальными и принадлежат разговорному стилю языка [Сердобинцева, 2012, с. 399], например: *горбатый* – Боинг-747 (профессионализм), является производными, так как образован в результате метафорического переноса, и в силу своей экспрессивности используется в устной речи; *лонжерон* – основной элемент продольного набора конструкции крыла, лопасти или поверхности управления [РАСАТТ, 1995] (термин используется в научной и технической литературе).

Профессионализмы не зафиксированы в словаре, следовательно, отсутствие словарной дефиниции можно рассматривать как еще одну их отличительную особенность. Таким образом, профессиональные наименования выполняют только номинативную функцию, то есть являются средством четкого обозначения, а термины выполняют еще и дефиниционную функцию, требующую однозначности терминологического названия в пределах рассматриваемой терминологии [Сердобинцева, 2012, с. 399]. Например, *колесья* – шасси (профессионализм), не имеет дефиниции; *дельтаплан* – балансирный планёр с гибким крылом, имеющим в плане форму греческой буквы «дельта» [СТОС, б.г.] (термин с дефиницией).

Следующим отличием профессионализмов от терминов выступает их экспрессивность, которая противопоставляется точности и стилистической нейтральности терминов [Прохорова, 1973, с. 117]. Е. Н. Сердобинцева поддерживает это мнение и убеждена, что профессиональные наименования дают характеристику именуемому объекту и выражают отношение говорящего к нему [Сердобинцева, 2012, с. 400]. Например, *весёлый* – Миг-21, профессионализм, экспрессивно окрашен; *лопухи* – закрылки, интерцепторы, профессионализм, содержит эмоциональную оценку; *акселерометр* – прибор для измерения ускорений, термин, стилистически нейтрален [РАССАТ, 1995].

Отличительной особенностью **интерпрофессионализмов (1,8%)** является употребление лексических единиц в ряде профессиональных подязыков. Интерпрофессионализмы – это некодифицированные наименования, которые характерны для устной формы бытования двух или более профессиональных подязыков [Фельде, 2010, с. 50]. Например, *банка* в авиационной области – салон самолета / *банка* в автомобилестроении – расширенная часть глушителя, заключающая в себе устройство глушения, обычно состоящее из нескольких перегородок / *банка* в морской области – 1. Пост дневального. 2. Скамья, на которой сидят гребцы в лодке. 3. Подводная мель [ИЭСЯ, б.г.].

В исследуемом материале, отобранном из подязыка авиаспециалистов, выявлены **депрофессионализмы (0,9%)**, для которых характерно использование единиц профессионального языка, значения которых не имеют параллелей в терминосистеме соответствующего вида деятельности [Казачкова, 2008, с. 14]. О. В. Фельде характеризует депрофессионализмы как лексические единицы, которые называют объекты непрофессиональной сферы с использованием материальной основы LSP [Фельде, 2010, с. 50]. Таким образом, депрофессионализмы – это профессиональные лексические единицы, которые номинируют понятия общелитературного языка, используя материальную основу профессионального языка. Например, *вертолет* – пустой, ненадежный человек, *полет* – побег [ИЭСЯ, б.г.].

В нижний регистр подязыка специалистов в области авиации включены также **профессиональные жаргонизмы (7%)**, которые представляют собой профессиональные лексические единицы, применяемые (обычно в общении) отдельной социальной группой с целью языкового обособления, отделения от остальной части данной языковой общности, иногда в криптолалических целях [Ахманова, 1969, с. 148]: *кишка* – телетрап неземного питания, *пузо* – нижняя часть самолета, *рыло* – нос самолета и др. В современной лингвистике под понятием «профессиональный жаргон» понимаются «слова и выражения, характерные для определенной профессии или рода занятия. Представители одной профессии могут употреблять жаргон, если для обозначения специальных явлений нет названия в стандартной лексике, или же если имеющиеся названия для данных понятий слишком сложные для восприятия» [Малюга, 2010, с. 12].

К профессиональным жаргонизмам обычно относятся специальные наименования, обладающие яркой, обычно сниженной стилистической окраской, так что их «ненормативность» ясно осознается говорящими или пишущими [Борхвальдт, 2000, с. 160]. Профессиональные жаргонизмы отличаются от других разрядов специальной лексики стилистической сниженностью и наличием коннотативного компонента в лексическом значении. Обычно это коннотация насмешки, неодобрения и уничижения: *срань* – плохая погода, *толстяк* – Ил-76. Многие профессиональные жаргонизмы образованы в результате ассоциативной метафоризации [Фельде, 2015, с. 182]: *сиська* – топливозаправщик, *баба* – Ту-154.

Профессиональные жаргонизмы противопоставляются терминам по тем же признакам, что и профессионализмы.

В нижнем регистре подязыка специалистов в авиации также можно выделить и профессиональные **интержаргонизмы (0,9%)**. Интержаргонизмы – жаргонизмы, имеющие аналогичное значение в разных профессиональных языках [Мезит, 2018, с. 68]. Например, *морда* – передняя часть автомобиля / передняя часть самолета, *баранка* – орган управления транспортным средством в автомобильной и авиационной области.

Далее представим характеристику функционирования субстандартной лексики на лексическом и грамматическом уровнях языка, начав с рассмотрения источников ее формирования.

Главным источником субстандартной лексики подъязыка авиаспециалистов выступают **исконно русские специализированные слова**. Они переходят из пласта общеупотребительной лексики, подвергаясь семантической специализации (**98%**): *расчёска* – Су 25, *лапы* – шасси, *ведро* – сопло и т. д. Исконно русская субстандартная лексика выполняет функцию языковой игры на лексико-семантическом уровне, которая выступает средством активизации языковой рефлексии, то есть оценки языковых фактов. Приемом создания языковой игры в профессиональной разговорной речи является метафорический перенос, осуществляющийся на основе сходств предметов или явлений (сходств по функции, по внешнему признаку, по расположению, форме и т. д.). Например, профессионализм *кончик* (хвост самолета) выполняет функцию языковой игры, которая проявляется в комической номинации объекта *хвост самолета*, в основе которой лежит остроумное наблюдение как результат сравнения специального объекта *хвост самолета* и общеизвестного объекта *кончик*. Профессионализм *жерло* (сопло двигателя) – результат метафорического переноса наименования по сходству функций сравниваемых объектов (жерло, отверстие в вулканической горе, по которому вулканический материал поступает на землю, сравнивается с соплом двигателя, функция которого – подача газового потока с определенной скоростью, в требуемом направлении).

Специальная лексика нижнего регистра может включать в себя и **заимствованную лексику**. В данном подъязыке одни лексические единицы изначально были общеупотребительными, а затем стали использоваться в подъязыке авиации: *супермен* – супервайзер на перроне. Другие были научными терминами какой-либо области знания, а потом были перенесены в подъязык авиации: *летающий компьютер* – ЯК-130. Данных лексических единиц насчитывается около **1,4%**.

Таким образом, профессиональные названия в подъязыке *авиация* представляют собой интеграцию неоднородных по происхождению номинативных единиц. Анализ показал, что в пласте субстандартной лексики преобладают исконно русские слова, взятые из общелитературного языка и подвергшиеся семантической специализации. Функция таких лексических единиц заключается в создании языковой игры на лексико-семантическом уровне. Например, для номинирования *военно-транспортного вертолета Ми-26* в профессиональной речи авиаспециалистов используется общелитературное слово «журавль», которое подверглось семантической специализации, так же как сверхзвуковой боевой самолет *МиГ-25* в профессиональной речи авиаспециалистов получил наименование *бурёнка*, заимствованное из общелитературного языка и подвергшееся специализации значения.

Анализ семантической структуры позволяет разделить субстандартную лексику в профессиональной коммуникации авиаспециалистов на **моносемантические и полисемантические наименования**.

В подъязыке авиаспециалистов есть профессиональные лексические единицы, которые имеют одно лексическое значение: *тряска* – это

турбулентность, *самосвал* – Ан-26, *полуботинок* – Ан-24 и др. Такие слова называются моносемантическими наименованиями, они преобладают в исследуемом подъязыке, их общее количество составляет **98%**.

Моносемантические наименования противопоставляются другой группе профессиональных лексических единиц – словам полисемантическим (имеющим несколько значений), общее количество которых составляет **1,4%**: *сарай* – 1) транспортный самолет, 2) бомбардировщик 3) военно-транспортный самолет; *горшок* – 1) цилиндр, 2) поршень. Все значения слов при этом между собой, так или иначе, связаны, образуя сложное семантическое единство, которое называется семантической структурой профессиональной лексической единицы [Пуртова, 2015, с. 299]. Так, например, семантическая структура профессионализма *коробочка* состоит из двух значений, объединенных общей семой «маршрут» – 1. Приборная доска; 2. Аэродромный круг полетов. *Приборная доска* в авиации – это панель, которая показывает *маршрут* следования самолета. *Аэродромный круг полетов* – *маршрут*, осуществляемый при заходе самолета на посадку.

Исследование семантической структуры в составе субстандартной лексики профессионального подъязыка авиации выявило значительное преобладание моносемантических профессиональных единиц над полисемантическими. Это означает, что в данном подъязыке наблюдается тенденция к однозначности субстандартной лексики, которая обладает точностью и четкостью определения выражаемых ею понятий, что в целом характеризует профессиональную коммуникацию в исследуемой сфере.

Отражая определенным образом те или иные «отрезки действительности», слова связаны между собой. Благодаря данной связи лексические единицы объединяются в группы, называемые тематическими [Сердобинцева, 2011, с. 15].

Отобранные субстандартные специальные наименования в подъязыке специалистов в авиационной области можно разделить на следующие **лексико-тематические группы**: «Наименование субъектов» (**13%**) (*сапог* – пилот военно-транспортной авиации, *блудила* – штурман), «Наименование ЛА» (**42%**) (*пилорамы*, *лохмата*, *юнкерс* – Ил-114, Ил-18), «Наименование оснащения самолета» (**6%**) (*баранка* – штурвал), «Наименование погоды» (**5%**) (*чехол* – погода ниже минимума), «Наименование деталей самолета» (**14%**) (*мясорубка* – винтовой двигатель).

Самой многочисленной тематической группой в подъязыке авиации является группа «Наименование летательного аппарата», так как особое значение в авиационной профессиональной сфере отводится именно разным видам летательных аппаратов.

Классификация субстандартной лексики в профессиональной разговорной речи авиаспециалистов по лексико-семантическим группам позволяет выявить мотивировочный признак, положенный в основу наименования объектов и понятий авиационной сферы.

В составе субстандартной лексики подъязыка авиаспециалистов выделяются наименования полностью мотивированные, полностью немотивированные и ложномотивированные.

Наименования с прозрачной внутренней формой являются полностью *мотивированными (98%)*, их лексическое значение складывается из значения элементов их структуры [Мезит, 2020, с. 22].

В исследуемом материале, отобранном из подъязыка авиаспециалистов, преобладает мотивированность метафорическая (**98%** из всех отобранных СЛЕ), при которой значение производного слова (мотивемы) основывается на переносном значении мотивирующего слова (мотиватора). Мотивирующая часть полностью совпадает со звуковой оболочкой профессиональной единицы, так как мотивировочный признак представлен в названии соответствующего носителя признака. Мотивировочный признак таких профессиональных единиц является метафорическим. Он не совпадает с номинационным признаком и содержит в своем составе компонент, связывающий две лексические единицы: *как, как бы, будто, похожий на*. Номинационный признак выражен опосредованно, ассоциативно [Перфильева, 2010, с. 10-11]. Например, *пальма* (несущий винт вертолета на стоянке) – мотивировочный признак: «нечто разветвленное, как пальма», номинационный признак: «воздушный винт, состоящий из множества лопастей». В данном случае сопоставление происходит на основе внешнего сходства по форме. Так же и с профессионализмом *крокодил* «Ми-24» (мотивировочный признак: «нечто, похожее на крокодила», номинационный признак: вертолет с вытянутым корпусом, хвостом и выпуклой нижней частью), метафорическим мотиватором которого выступает лексема *крокодил*, обозначающая отряд вторично-водных животных класса пресмыкающихся, особенность которых – вытянутый корпус и большое брюхо. Метафорическая мотивированность устанавливается на основе общности признаков формы.

В исследуемом материале выявлена разновидность метафорической мотивированности – символическая мотивация, в основе которой лежат образные стратегии номинации, в которой реализуются установки не на конкретные физические свойства, а на представление об объекте в сознании говорящих [Сидорова, 2016, с. 68]. Символическая мотивация наблюдается в профессионализме *пчелка* (Ми-8), в котором мотивационный код базируется на символическом осмыслении образа пчелки (пчелка – символ трудолюбия). В качестве мотивационного кода выступает соотнесение особенностей функционирования вертолета «Ми-8» с качествами «трудолюбие» и «усердие». Действительно, вертолет Ми-8 «трудолюбив», как пчелка, так как используется для выполнения разных боевых и гражданских задач, может взлетать с неподготовленных площадок и работать в труднодоступных для других видов транспорта местностях.

В исследуемом подъязыке метафорическая мотивированность преобладает, что обусловлено ограниченным лексическим составом языка и необходимостью создавать новые значения для обозначения сходных явлений и предметов, что также демонстрирует особенности функционирования

субстандартной лексики, которая отражает образность и метафоричность мышления.

Мотивированность может быть словообразовательной (2%) – семантическая обусловленность значения деривата значением мотивирующего слова³⁴. Например, профессионализм *помахало* (воздушный винт) считается мотивированным на словообразовательном уровне, так как он семантически выводится из мотивирующего слова «махать». Так же как и профессиональное слово *мигарь* (самолет фирмы Миг) семантически обусловлено производящим (мотивирующим) словом «Миг».

К *немотивированным* профессиональным лексическим единицам относят слова, условно обозначающие действительность³⁴. В исследуемом материале, отобранном из подязыка авиаспециалистов, количество таких профессиональных слов составляет всего 1%: *Иван Иванович* – манекен, который вместо человека выбрасывается с парашютом при испытании. Данная лексическая единица не содержит в своей структуре и семантике никаких указаний на признаки называемого объекта.

Некодифицированная профессиональная лексика называется ложномотивированной (0,4%), если мотивировка противоречит обозначаемым понятиям: *брюхо* – фюзеляж (фюзеляж – это не только нижняя часть самолета, это весь корпус самолета).

Как показал анализ, большую часть лексики занимают мотивированные наименования, которые включают в себя слова не только с прямым, но и с переносным значением, основанным на сходстве, сравнении двух предметов или явлений (*белый лебедь* – Ту 160, *батон* – Ил-96 и т.д.). Преобладание метафорической мотивированности слов в данном подязыке обусловлено ориентацией человека на различные аспекты предмета или фрагмента действительности в процессе их номинации.

Далее представим характеристику функционирования субстандартной лексики на грамматическом уровне, начав с рассмотрения ее формальной структуры, по которой субстандартные лексические единицы делятся на:

1) *однословные* лексические единицы: *какашка* – Ка-26, *котёл* – блок цилиндра (87%);

2) *составные (комплексные)* профессиональные наименования. Составные лексические единицы различны по количественному составу и имеют следующие названия:

а) *двухкомпонентные*, находящиеся в разных синтаксических отношениях: *паровозные гайки* – Ми-6, *Иванушка-дурачок* – Ка-26 (11%);

б) *многокомпонентные*, состоящие из 3 или 4 компонентов: *идти против шерсти* – лететь на эшелоне с курсом, для которого эшелон не предназначен, *принять боевое крещение* – участвовать в первом бою, *мотать глиссаду на винт* – «вешать лапшу на уши» собеседнику, обманывать, лгать (1,8%) [Сердобинцева, 2011, с. 14].

³⁴ Санникова Н. Ю. Мотивированность и производность слов в современном русском языке: Методические рекомендации. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2006. 17 с.

В отобранном материале однословные специальные субстандартные лексические единицы составляют **87%**. Составные профессиональные наименования представляют **12,8%** СЛЕ.

Анализ структуры лексических единиц показал, что в подъязыке авиации наблюдается стремление закрепить новые понятия однословными обозначениями. Данное явление объясняется экономией времени во время обмена специальной информацией между специалистами. В этой связи рассмотрим морфологическую структуру отобранных однословных языковых единиц.

Среди **однословных** субстандартных лексических единиц в профессиональной коммуникации можно выделить:

1) непроизводные лексические единицы: *рыло* – нос самолета, *мослы* – шасси;

2) производные лексические единицы: *дырка* – иллюминатор, *слойка* – слоистые облака;

3) сложные лексические единицы [Головин, 1987, с. 20]: *Спиртовоз* – Миг-25.

В исследуемом материале непроизводные профессиональные единицы доминируют – **47%**, производные лексические единицы составляют **23%**, сложные – **7%**. Преобладание непроизводных субстандартных лексических единиц в подъязыке авиаспециалистов может быть объяснено тем, что рассматриваемый подъязык является открытой подсистемой и находится на зрелой стадии развития, так как непроизводные слова обладают большими словообразовательными возможностями, нежели слова производные.

Все заимствованные профессиональные некодифицированные лексические единицы в подъязыке авиаспециалистов имеют статус непроизводных, в то же время исконно русские слова могут быть как производными, так и не производными. Например, *лапти* (исконно русское слово, непроизводное) – колодки под колёса ВС; *бульвар* (заимствованное слово, непроизводное) – проход между креслами в самолете; *пепелац* – самоходный трап (заимствованное, непроизводное слово); *мишка* (исконно русское слово, производное) – Ми-6.

Признак производности тесно связан с представлением о мотивированности слова. Оба признака лексической единицы указывают на ее положение в контексте родственных единиц, то есть близких по смыслу слов, имеющих один корень (*кучки* – кучевые облака – мотивированное, производное слово). Но при этом характеристика производности рассматривается на морфемном уровне, а характеристика мотивированности – на семантическом уровне, указывая на то, как связаны единицы языка в сознании профессионала [Казкенова, 2006, с. 51]. Например, профессионализм *браток* (Су-47) является немотивированным, но производным от слова *брат*, а профессионализм *мыло* (туман) является непроизводным, но мотивирован на семантическом уровне на основе сходства внешних признаков. Так, если вспенить мыло в воде, вода станет мутной,

напоминающей туман, основная особенность которого – пониженная видимость.

При рассмотрении мотивированности всего корпуса заимствованных субстандартных лексических единиц установлено, что, несмотря на свою непроизводность, заимствованные слова представляют собой мотивированные комплексы звуков, которым произвольно приписываются некоторые значения. Например, *штурман* (из голландского *stuur* – руль и *man* – человек) – специалист по вождению летательных аппаратов, *факел* (из немецкого языка *Fackel*) – свеча зажигания в топливной системе.

При рассмотрении **составных субстандартных лексических** единиц можно выделить следующие модели:

1) прилагательное + существительная: *маленькая тушка* – Ту-144, *правая чашка* – кресло второго пилота, *гадкий утенок* – Ан 24, *двухместный унитаз* – МИ-1, *паровозные гайки* – Ми-6, *маленький физкультурник* – МиГ-23, *беременный таракан* – Як-42, *большая тушка* – Ту-154;

2) числительное + существительное: *четыре девятки* – хорошая погода;

3) существительное + глагол: *палки встали* – отказ двигателя;

4) существительное + предлог + существительное: *камни с неба* – сильный дождь, *кирпич с бантиком* – Ми-26, *бочонок с пивом* – МиГ-15;

5) глагол + предлог + существительное: *лететь в струе* – попасть в струйное течение воздуха; *идти против шерсти* – лететь на эшелоне с курсом, для которого эшелон не предназначен;

6) глагол + существительное + предлог + существительное: *мотать глissаду на винт* – обманывать;

7) глагол + прилагательное + существительное: *принять боевое крещение* – участвовать в первом бою.

Анализ структурных типов двухкомпонентных и многокомпонентных субстандартных лексических единиц показал, что преобладает структурная модель «Прилагательное + существительное». Это объясняется тем, что в рассматриваемом подъязыке важное значение придается описательному элементу различных объектов, понятий и явлений. Прилагательные характеризуют качества, описывают признаки предметов, что может сопровождаться и экспрессивной функцией, указывая на эмоциональное состояние специалиста, его отношение к предмету речи в ходе профессиональной коммуникации.

Таким образом, анализ профессиональных языковых единиц на всех уровнях языковой структуры демонстрирует принцип системности рассматриваемого подъязыка, так как все языковые уровни находятся в состоянии постоянной корреляции, проявляющейся в том, что профессиональная лексическая единица на каждом языковом уровне выполняет свою функцию, которая только в единстве с другими функциями обеспечивает полное описание подъязыка.

Функции субстандартной лексики в профессиональной коммуникации авиаспециалистов

Субстандартная лексика, бытующая в речи авиаспециалистов, в первую очередь выполняет *номинативную функцию*, то есть называет явления действительности. Номинативная функция является базовой или эксплицитной, так как она репрезентируется в каждой единице [Титаренко, 2021, с. 117].

1) «Я сразу схватился за *рога*» [Авиаболталка, б.г.].

В данном предложении профессионализм *рога* заменяет лексему литературного языка *штурвал*. Это подтверждает тот факт, что субстандартная лексика подъязыка авиации является вторичной лексической системой, в которой явления профессиональной жизни получают свои наименования, сосуществующие со стандартами литературного языка.

В рассматриваемом подъязыке субстандартная лексика выполняет также *компрессивную, игровую и эмотивную функции*, которые С. А. Титаренко именует имплицитными или вторичными функциями. Их появление в высказывании полностью зависит от интенций автора достичь посредством передаваемого сообщения конкретного прагматического эффекта. Рассмотрим каждую из этих функций подробнее.

Компрессивная функция заключается в экономии языковых средств.

1) «Вроде бы ничего интересного, просто инженер по эксплуатации авиационного оборудования (а на человеческом языке «*аошник*») подключает к шарабану *аккумы*» [Fightbomber, б.г.].

В данном предложении использовано 2 профессионализма (*аошник* и *аккумы*), в которых воплощается функция компрессии (экономии языковых средств) за счет разных лингвистических приемов. Профессионализм *аошник* образован в результате такого подтипа аббревиации, как универбация, которая проявляется в сокращении словосочетания (инженер по авиационному оборудованию) в одно слово (*аошник*). Профессионализм *аккумулятор* образован в результате сокращения терминологической единицы *аккумулятор*.

Во многих работах, посвященных исследованию профессионального просторечия и профессионального жаргона, в качестве ключевой особенности данных языковых образований указывают на их связь с *языковой игрой*: профессиональный жаргон или просторечие формируются благодаря человеческой потребности в языковой игре [Кудинова, 2010, с. 14], которая является результатом языковой рефлексии участников профессиональной коммуникации.

Языковая игра – определенный вид речевого поведения, основанный на преднамеренном нарушении системных отношений языка [Данилевская, 2011, с. 657]. Приемы языковой игры в рассматриваемом языке были выделены на фонетическом, лексическо-семантическом и словообразовательном уровне.

Рассмотрим реализацию данной функции на разных языковых уровнях на конкретных примерах.

2) «Пишут вам более успешные коллеги с нормальных самолетов и с нормальными зарплатами и часами, которых в народе называют пилотами

«бобиков» и «арбузов» [Fightbomber, б.г.]. В примере 2 в качестве лексем субстандартной лексики выступают жаргонизмы *бобик* и *арбуз*. Языковая игра на *фонетическом уровне* реализуется посредством обыгрывания звуковой оболочки слов, основанного на фонетическом сходстве русских и английских слов: *бобик* – Boeing, *арбуз* – Airbus.

3) «Был бы спрос, бизнес бы любые преграды преодолел. А делать программу, чтобы выпустить 10 человек в год на *гидриках* – такое себе» [Авиаболталка, б.г.]. В данном примере языковая игра возникает на *словообразовательном уровне* в результате создания нового слова, образованного путем *усечения*: *гидрики* – гидрокомпенсаторы.

Языковая игра на *словообразовательном уровне* в рассматриваемом подъязыке проявляется и в результате создания нового слова посредством суффиксации:

4) «Из *слоечки* дрон вернется мокрым, инфа сотка» [DJI Lab, б.г.]: *слоечка* – слоистые облака. Суффикс с соответствующим значением придает слову уменьшительно-ласкательное значение, что делает слово эмоционально окрашенным.

5) «Хотя этот самолет Яковлева получил среди авиаторов обидную кличку “*беременный таракан*”, но брат моего отца Искандер Фаткулов не имел с ним никаких проблем» [Скромный работник..., б.г.]. В примере 5 функция языковой игры выражена на *лексико-семантическом уровне* жаргонизмом *беременный таракан* (Як-42), который образован в результате метафорического переосмысления.

На *лексическо-семантическом уровне* самым распространенным приемом создания игрового характера речи в подъязыке авиаспециалистов является использование *метафор*.

Метафорические переносы в исследуемом подъязыке основаны на сенсомоторном опыте человека, то есть сенсорном взаимодействии человека с окружающим миром. Это могут быть зрительные ощущения формы, размера, внешнего вида, цветовых характеристик, пространственная ориентация и т. д. Метафорические производные образуются в результате уподобления человеческим сознанием свойства одного предмета свойствам других на основе их сходств [Бучина, 2003, с. 12-13]. Так, например, на основе подобия по расположению предметов произошла метафоризация значения следующего слова: *пятак* – нос самолета.

6) «*Пятак* самолета был поврежден из-за столкновения» [DJI Lab, б.г.].

На основе сходств по внешнему признаку метафорический перенос произошел в следующих словах: *гребло* – винт, *лопухи* – закрылки, *бревно* – Ил-62.

7) «Ил-62 получил в разговорной речи название «*бревно*» [DJI Lab, б.г.].

В исследуемом материале выявлена модель переноса на основании сходств функций: *сердце* – двигатель (двигатель выполняет самую важную функцию в самолете, приводя его в движение, сердце тоже является жизненно необходимым органом в человеческом теле), *глаза* – стекло (глаза позволяют человеку видеть, наблюдать что-либо, как и через стекло мы можем увидеть

что-либо), *котел* – блок цилиндра (в блоке цилиндра в поршневом двигателе происходит сжигание топлива, как и в котле происходит процесс горения).

8) «У меня есть синхронизатор на 4 *котла*» [Авиаболталка, б.г.].

Языковая игра, которую образуют профессиональные лексические единицы, является результатом языковой рефлексии профессионалов, которая определяет особый тип отношения к используемым лексическим единицам, предполагающий их употребление для выражения экспрессии и создания эффекта принадлежности к профессиональному сообществу. Выступая в качестве инструмента реализации основной функции языка – коммуникативной и экспрессивной, языковая рефлексия является особенностью профессиональной разговорной речи авиаспециалистов.

Таким образом, *игровая (людическая) функция* является одной из ключевых. Профессионализмы и профессиональные жаргонизмы, порожденные языковой игрой, экономят речевые и когнитивные усилия и помогают укрепить профессиональные связи специалистов сферы авиации.

Еще одна важная функция некодифицированной лексики рассматриваемого подъязыка – *эмотивная функция*.

Эмотивная функция слов заключается в выражении оценочных и экспрессивных компонентов семантики слов, связанных с состоянием человека и его отношением к предмету речи в ходе возникновения и развития эмоций.

Многие слова помимо обозначения предметов и понятий показывают отношение говорящего к ним. Наличие оценочного смысла у слова определяет наличие эмоциональной окраски. В теории выразительных средств близкие по выразительности слова объединяются в две группы:

- 1) слова, характеризующиеся положительной оценкой;
- 2) слова, характеризующиеся отрицательной оценкой [Хефни, 2023, с. 23].

Положительную эмоциональную окрашенность придают словам уменьшительно-ласкательные суффиксы с определенными значениями: *тушки* – самолеты «Ту», *сушки* – самолеты ОКБ Сухого, *солдатик* – механический дублёр указателя выпущенного положения стойки шасси. Данные суффиксы придают словам ласкательное значение. Однако среди исследуемого материала удалось выявить и профессионализмы с уменьшительно-ласкательными суффиксами, имеющие отрицательную коннотацию: *удавка* – ремень безопасности.

9) «*Удавку* позже затянуть надо» [Дрон-чат, б.г.].

Положительную эмоциональную окрашенность имеют и слова-прономинанты, образованные в результате олицетворения: *Аннушка* – Ан-2, *Петрович* – стрелок самолета, *Василиса Прекрасная* – Ми 8 и т.д. Стоит отметить, что замена имени нарицательного именем собственным происходит по разным причинам: Ан-2 называли *Аннушкой* на основе языковой игры на фонетическом уровне, в то время как стрелку самолета дали название *Петрович* на основе языковой игры на лексико-семантическом уровне, в результате подобию качеств и характера стрелка и мужчины с отчеством

Петрович. В русскоязычной культуре *Петрович* вызывает ассоциации храброго и сильного мужчины, а стрелок самолета и должен обладать такими качествами. Ласковым именем *Василисой Прекрасной* прозвали вертолет *Ми-8* за свои прекрасные летные характеристики и удобство эксплуатации. Так, в последних двух рассмотренных примерах используется языковая игра на лексико-семантическом уровне с целью придать словам положительную коннотацию.

10) «Они сожгли *Василису Прекрасную* прямо около аэропорта» [Вертолатте, б.г.].

Выражение отрицательной насмешливой экспрессивной окраски относится к наименованию летного экипажа: (РС) *рогатый скот* – летный состав, (КРС) *крупный рогатый скот* – командно-руководящий состав.

11) «Какой *рогатый скот* сидел в том самолете?» [Авиаболталка, б.г.].

В исследуемом подязыке встречается субстандартная лексика с пренебрежительной окраской (*скотовоз* – Ан-12, *пенёк* – специалист пилотажно-навигационного комплекса) и вульгарной окраской (*жопа* – хвост самолета).

12) «Ан-12 прозвали *скотовозом* за свою громоздкость» [Авиадиспетчер, б.г.].

Несмотря на то, что негативные эмоции у человека выражаются сильнее, нежели положительные, в профессиональной коммуникации авиаспециалистов наименований с отрицательной оценкой намного меньше, чем с положительной (3,3% – отрицательно окрашенные субстандартные лексические единицы, 10% – положительно окрашенные).

Таким образом, цель использования субстандартной лексики в рассматриваемом подязыке – сделать процесс коммуникации доступным, приближенным к жанру профессиональной разговорной речи, а также более выразительным, эмоционально напряженным, иногда шутливым.

Conclusion (Заключение)

Исследование показало, что субстандартная лексика дифференцируется по источнику формирования, функциональному, словообразовательному, семантическому, морфемному и синтаксическому признакам. Описанные признаки демонстрируют системность и структуру подязыка авиаспециалистов. Возможность проанализировать субстандартную лексику по разным признакам подтверждает, что подязык авиаспециалистов находится на зрелой стадии развития.

Источником образования большинства профессиональных лексических единиц являются исконно русские специализированные слова, взятые из общелитературного языка и подвергшиеся семантической специализации. Исконно русская субстандартная лексика выполняет функцию языковой игры, выступающей средством активизации языковой рефлексии, то есть оценки языковых фактов.

Выделенные лексико-тематические группы очерчивают информационное поле рассматриваемой профессиональной деятельности

человека, в котором наиболее важная роль отводится летательным аппаратам и их наименованиям, так как именно разные виды летательных аппаратов имеют ключевое значение в авиационной профессиональной сфере.

Разные типы мотивированности слова позволяют узнать, что легло в основу номинации при образовании лексического значения профессионального слова. Преобладание метафорической мотивированности в исследуемом подязыке доказывает, что человек ориентируется на различные особенности предмета или явления в процессе их наименования.

Структурный состав профессиональной лексики на 87% состоит из односложных слов, что свидетельствует о необходимости экономии времени в ходе профессиональной коммуникации. Преобладание непроемных субстандартных лексических единиц среди односложных доказывает, что подязык авиаспециалистов является открытой подсистемой, так как непроемные слова обладают большими словообразовательными возможностями.

Исследование семантической структуры выявило значительное преобладание моносемантических профессиональных единиц над полисемантическими в составе лексики нижнего регистра профессионального подязыка авиации, что свидетельствует о стремлении к однозначности субстандартной лексики, которая обладает точностью и четкостью определения выражаемых ею понятий.

Субстандартная лексика в профессиональном подязыке авиаспециалистов содержит не только информацию о профессиональной деятельности человека, но и эмоциональную оценку его состояния, что и характерно для лексики, используемой в профессиональной разговорной речи. Это означает, что помимо номинативной функции, субстандартная лексика выполняет эмотивную, игровую (людическую) и компрессивную функции, которые делают процесс коммуникации доступным, приближенным к жанру профессиональной разговорной речи.

Библиографический список

- Андреев Н. Д.* Статистико-комбинаторное моделирование языков. М.: Наука, 1965. 502 с.
- Ахманова О. С.* Словарь лингвистических терминов. М.: Советская Энциклопедия, 1969. 608 с.
- Борхвальдт О. В.* Лексика золотопромышленности в аспекте исторического терминоведения русского языка : специальность 10.02.01 «Русский язык» : диссертация на соискание ученой степени доктора филологических наук / О. В. Борхвальдт. Красноярск, 2000. 517 с. EDN UJYHOP.
- Бучина Г. А.* Роль метафоры в структурировании и функционировании лексики ограниченного употребления (на материале военной лексики в русском и английском языках : специальность 10.02.19 «Теория языка» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук / Г. А. Бучина. Саратов, 2003. 18 с. EDN ZMSISN.
- Головин Б. Н.* Лингвистические основы учения о терминах. М.: Высшая школа, 1987. 104 с.
- Гридина Т. А.* Языковая игра: стереотип и творчество: монография. Екатеринбург: Уральский гос. педагог. Университет. 1996. 214 с.
- Данилевская Н. В.* Стилистический энциклопедический словарь русского языка / под ред. М. Н. Кожинной. 2-е изд., стереотип. М.: Флинта: Наука, 2011. 696 с.

- Зоркина К. В.* Лингвопрагматические характеристики молодежного сленга (на материале немецкого языка) : специальность 10.02.04 «Германские языки» : диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / К. В. Зоркина, 2021. 213 с. EDN GKSWTL.
- Казачкова М. Б.* Профессиональный язык как отражение профессиональной культуры (на материале русского и английского вариантов профессионального языка авиации : специальность 10.02.20 «Сравнительно-историческое, типологическое и сопоставительное языкознание» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук / М. Б. Казачкова. Казань, 2008. 28 с. EDN ZNTUEN.
- Казкенова А. К.* Производность / непроизводность как функциональная характеристика слова. На материале современного русского языка // Мир русского слова. 2006. № 4. С. 50-55.
- Калинин А. В.* Лексика русского языка. М: Московский университет, 1978. С. 134–140.
- Кудинова Т. А.* Онтология и функционирование жаргона // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2010. № 10(54). С. 13-17.
- Малюга Е. Н.* Англоязычный профессиональный жаргон в деловом дискурсе // Научный Вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. 2010. № 14. С. 11-17. EDN NAXOAJ.
- Мезит А. Э.* Некодифицированная лексика в языке гидроэнергетиков // Вестник Томского государственного университета. 2020. № 453. С. 20-28. DOI 10.17223/15617793/453/3. EDN HTJJHI.
- Мезит А. Э.* Подъязык и профессиональная языковая картина мира работников гидроэнергетической отрасли (функциональный и лексикографический аспект) : специальность 10.02.01 «Русский язык» : диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / А. Э. Мезит. Красноярск, 2018. 249 с. EDN IXDKZC.
- Нелюбин Л. Л.* Толковый переводческий словарь. М: Флинта. 2003. 318 с.
- Перфильева А. В.* Лексика глинозёмной промышленности в мотивологическом аспекте : специальность 10.02.01 «Русский язык» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата филологических наук / А. В. Перфильева. Абакан, 2010. 22 с. EDN QGVLCD.
- Прибытова Л. В.* Субстандартная лексика в подъязыке угледобывающей отрасли // Филология: научные исследования. 2023. № 9. С. 47-59. DOI 10.7256/2454-0749.2023.9.43478. EDN ZFORGG.
- Прохорова В. Н.* Актуальные проблемы современной русской лексикологии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1973. С. 117.
- Пуртова Л. В.* Слова однозначные или моносемантические. Сущность полисемии // Экономика и социум. 2015. № 1-4 (14). С. 298-304.
- Раскин В.* К теории языковых систем. 2-е изд., доп. М.: Эдиториал УРСС, 2007. 14 с.
- Сердобинцева Е. Н.* Профессионализмы в системе специальной лексики и системе национального языка // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2012. № 27. С. 396–401. EDN PKVCKL.
- Сердобинцева Е. Н.* Профессиональная лексика русского языка: структурно-семантический, функционально-стилистический и когнитивный аспекты : специальность 10.02.01 «Русский язык» : диссертация на соискание ученой степени доктора филологических наук / Е. Н. Сердобинцева. Москва, 2011. 549 с. EDN QFLQJH.
- Сидорова Т. А.* Типология мотивированности слова в когнитивном аспекте. // Актуальные проблемы филологии и педагогической лингвистики. 2016. № 4 (24) С. 65-72. EDN XBEVBT.
- Титаренко С. А.* Полифункциональность субстандартной лексики в процессе коммуникативного акта (на материале английского языка) // Гуманитарные и социальные науки. 2021. Т. 89, № 6. С 115-122. DOI: 10.18522/2070-1403-2021-89-6-115-122. EDN EOTTUB.
- Фельде О. В.* Профессиональные подъязыки и терминологии русского языка как объекты научного изучения // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2015. № 4 (157). С. 178–184. EDN TRJYLT.

Фельде О. В. Русское профессиональное просторечие в свете теории LSP (Language for special purposes) // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 9(66). С. 48-52. EDN NCHVIN.

Хефни Х. А. Х. Зооморфизмы как эмотивные эталоны в современной русской лингвокультуре (на фоне арабской лингвокультуры): диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / Х. А. Х. Хефни, 2023. 346 с. EDN KCOPXR.

Хомяков В. А. Введение в изучение слэнга – основного компонента английского просторечия. Вологда: ВГПИ, 1971. 104 с.

Юсупова Л. Г. Особенности профессиональной лексики и ее отличие от терминов / Л. Г. Юсупова, Г. Х. Казыханова // [Электронный ресурс]. – 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-professionalnoy-leksiki-i-eyo-otlichie-ot-terminov/viewer> (дата обращения: 04.04.2024).

Firth J. Papers in Linguistics. London. Oxford University Press, 1957. 233 p. (In English).

Grammont M. *Traité de phonétique avec 179 figures dans le texte*. Paris: Librairie Delagrave, 1933. 480 p. (In French).

Halliday M. A Learning How to Mean. Explorations in the Development of Language. N.Y.: Elsevier, 1975. 164 p. (In English).

Hoffmann L. Kommunikationsmittel.Fachsprache. Eine Einführung. Berlin: Akademie-Verlag, 1976. 498 p. (In German).

Mathesius V. Obsahový rozbor současné angličtiny na základě obecně lingvistickém. Prague: Nakl. Československé akademie věd, 1961. 279 p. (in Czech).

Meillet A. Introduction à l'étude comparative des langues indeuropéennes. Paris: Hachette, 1903. 516 p. (In French).

Meillet A. L'inguistique historique et l'inguistique générale.Paris: Champion, 1921. 360 p. (In French).

Saussure F. Course in general linguistics / translated by Harris R. London: Bloomsbury Academic, 1983. 288 p. (In English).

Schmidt W. Deutsche Sprachkunde. Berlin: Akademie-Verlag, 1968. 240 p. (In German).

Источники языкового материала

Авиаболталка // [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/aviaforfun> (дата обращения: 08.05.2024).

Авиадиспетчер // [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/aviadispet4er> (дата обращения: 07.08.2024)

Вертолатте // [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/vertolatte> (дата обращения: 08.06.2024)

Дрон-чат // [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/droneschat> (дата обращения: 09.06.2024)

Скромный работник гражданской авиации [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/heliman86> (дата обращения: 08.05.2024).

DJI Lab // [Электронный ресурс]. URL: <https://t.me/djilab> (дата обращения: 08.05.2024).

Fightbomber // [Электронный ресурс]. URL: https://t.me/fighter_bomber (дата обращения: 08.05.2024).

Словари

ИЭСЯ – Интерактивная энциклопедия современного языка. Жаргон. Ру [Электронный ресурс].URL: <https://jargon.ru/>.

РАСАТТ – Афанасьев Г. И. Русско-английский сборник авиационно-технических терминов. М.: Авиаиздат, 1995. 640 с.

СТОС – Справочник по терминологии в оборонной сфере. [Электронный ресурс]. URL: <https://dictionary.mil.ru/dictionary/Terminy-vozdushno-desantnyh-vojsk/item/141874/>.

References

Akhmanova O. S. (1969). Dictionary of linguistic terms. Moscow: Sovetskaya Enciklopediya. 1969. 608 p. (In Russian).

- Andreev N. D. (1965). Statistical-combinatorial modeling of languages. Moscow: Nauka, 1965. 502 p. (In Russian).
- Borkhvaldt O. V. (2000). The vocabulary of the gold industry in the aspect of historical terminology: dis. ... dr. philol. sciences: 10.02.14. Krasnoyarsk, 2000, 513 p. (In Russian).
- Buchina G. A. (2003). The role of metaphor in the structuring and functioning of vocabulary of limited use (based on the material of military vocabulary in Russian and English): autoref. diss. ...cand. philol. sciences: 02.10.19. Saratov, 2003, 20 p. (In Russian).
- Danilevskaya N. V. (2003). Stylistic encyclopedic dictionary of the Russian language. Edited by M. N. Kozhina. 2nd ed., stereotyp. Nauka: Flint. Moscow, 2003. pp. 657-660 (In Russian).
- Felde O. V. (2010). Russian professional vernacular in the light of the theory of LSP (Language for special purposes). *Vestnik Zabajkal'skogo universiteta*. 9 (66): 48-52. (In Russian).
- Felde O. V. (2015). Professional sublanguages and terminologies of the Russian language as objects of scientific study. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 4 (157). 178-184. (In Russian).
- Firth J. (1957). Papers in Linguistics. London: Oxford University Press, 1957. 233 p.
- Golovin B. N. (1987). Linguistic foundations of the doctrine of terms. Moscow: Vysshaya shkola, 1987. 104 p. (In Russian).
- Grammont M. (1933). *Traité de phonétique avec 179 figures dans le texte*. Paris: Librairie Delagrave, 1933. 480 p. (In French).
- Gridina T. A. (1996). Language game: stereotype and creativity: Monograph. Yekaterinburg: Ural'skij gos. pedagog. Universitet, 1996. 214 p. (In Russian).
- Halliday M. A. (1975). Learning How to Mean. Explorations in the Development of Language. N.Y.: Elsevier, 1975, 164 p.
- Hefni K. A. (2023). Zoomorphisms as emotive standards in modern Russian linguoculture (against the background of Arabic linguoculture): dis. cand. philol. sciences: 5.9.5. St. Petersburg, 2023. 346 p. (In Russian).
- Hoffmann L. (1976). Kommunikationsmittel.Fachsprache. Eine Einführung. Berlin: Akademie-Verlag, 1976. 498 p. (In German).
- Kalinin A. V. (1976). Vocabulary of the Russian language. Moscow: Moscow University, 1976. 134-140. (In Russian).
- Kazachkov M. B. (2008). Professional language as a reflection of professional culture (based on the material of Russian and English versions of the professional language of aviation): author's abstract. dis. ... cand. philol. sciences: 10.02.20. Kazan, 2008. 29 p. (In Russian).
- Kazkenova A. K. (2006). Derivation / non-derivation as a functional characteristic of a word. In Russian. *Mir russkogo slova*. 4: 50-55. (In Russian).
- Khomyakov V. A. (1971). Introduction to the study of slang, the main component of the English language. Vologda: VGPI, 1971. 104 p. (In Russian).
- Kudinov T. A. (2010). Ontology and functioning of jargon. *Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*. 10(54): 13-17 (In Russian)
- Malyuga E. N. (2010). English-speaking professional jargon in business discourse. *Nauchnyj Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arxitekturo-stroitel'nogo universiteta*. 2 (14). 11-17. (In Russian).
- Mathesius V. (1961). Obsahový rozbor současně angličtiny na základě obecně lingvistickém. Prague: Nakl. Československé akademie věd, 1961. 279 p. (in Czech).
- Meillet A. (1903). Introduction à l'étude comparative des langues indeuropéennes. Paris: Hachette, 1903. 516 p. (In French).
- Meillet A. (1921). L'inguistique historique et l'inguistique générale. Paris: Champion, 1921. 360 p. (In French).
- Mezit A. E. (2020). Uncodified vocabulary in the language of hydropower engineers. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*. 453. 20-28. DOI 10.17223/15617793/453/3 (In Russian)
- Mezit A. E. (2018). Sublanguage and the professional linguistic picture of the world of workers in the hydropower industry (functional and lexicographic aspect): dis. cand. philol: 10.02.01. Krasnoyarsk, 2018. 249 p. (In Russian).

- Nelyubin L. L. (2003). Explanatory translation dictionary. Moscow: *Flint*, 2003. 318 p.
- Perfilieva A. V. (2010). The vocabulary of the alumina industry in the motivological aspect: author's abstract. dis.... cand. philol. sciences: 10.02.01. Abakan, 2010. 22 p. (In Russian).
- Pribytova L. V. (2023). Substandard vocabulary in the sublanguage of the coal mining industry. *Filologiya: nauchny'e issledovaniya*. 9: 47-51. DOI 10.7256/2454-0749.2023.9.43478 EDN ZFORGG (In Russian).
- Prokhorova V. N. (1973). Actual problems of modern Russian lexicology. Moscow: *Izd-vo Mosk. un-ta*. 117 p. (In Russian).
- Purtova L. V. (2015). The words are unambiguous or monosemantic. The essence of polysemy. *E'konomika i socium*. 1-4(14). P. 298-304. (In Russian).
- Raskin V. (2007). On the theory of language systems: 2nd edition, supplement. Moscow: E'ditorial URSS, 2007. 14 p. (In Russian).
- Saussure F. (1983). Course in general linguistics / translated by Harris R. London: *Bloomsbury Academic*, 1983. 288 p. (In English).
- Schmidt W. (1968). Deutsche Sprachkunde. Berlin: *Akademie-Verlag*, 1968. 240 p. (In German).
- Serdobintseva E. N. (2012). Professionalism in the system of special vocabulary and the system of national language. *Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo*. 27: 396-401. (In Russian).
- Serdobintseva E. N. (2011). Professional vocabulary of the Russian language: structural-semantic, functional-stylistic and cognitive aspects: dis. ...dr. philol. sciences. Moscow, 2011. 42 p. (In Russian).
- Sidorova T. A. (2016). Typology of word motivation in the cognitive aspect. *Aktual'ny'e problemy' filologii i pedagogicheskoy lingvistiki*. 4 (24): 65-72. (In Russian).
- Titarenko S. A. (2021). Polyfunctionality of substandard vocabulary in the process of a communicative act (based on the material of the English language). *Gumanitarny'e i social'ny'e nauki*: 6 (89). 115-122. DOI 10.18522/2070-1403-2021-89-6-115-122 (In Russian).
- Yusupova L. G., Kazykhanova G. H. (2016). Features of professional vocabulary and its difference from terms. *Dostizhenie vuzovskoy nauki*. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-professionalnoy-leksiki-i-eyo-otlichie-ot-terminov/viewer> (accessed 04 April 2024). (In Russian).
- Zorkina K. V. (2020). Linguopragmatic characteristics of youth slang (based on the material of the German language): dis. cand philol. sciences: 10.02.04. Volgograd, 2020. 213 p. (In Russian).

Language material resources

- A humble civil aviation worker*. Available at: <https://t.me/heliman86> (accessed 08 May 2024).
- Air traffic controller*. Available at: <https://t.me/aviadispet4er> (accessed 07 August 2024).
- Avia chatter*. Available at: <https://t.me/aviaforfun> (accessed 08 May 2024).
- Drone chat*. Available at: <https://t.me/droneschat> (accessed 09 June 2024).
- DJI Lab*. Available at: <https://t.me/djilab> (accessed 08 May 2024).
- Fightbomber*. Available at: https://t.me/fighter_bomber (accessed 08 May 2024).
- Vertolatte*. Available at: <https://t.me/vertolatte> (accessed 08 June 2024).

Dictionaries

- Afanasyev G. I. (1995). Russian-English collection of aviation technical terms. Moscow: *Aviazdat*. 640 p. (In Russian).
- Handbook of Terminology in Russia. Available at: <https://dictionary.mil.ru/dictionary/Terminy-vozdushno-desantnyh-vojsk/item/141874/> (accessed 08 June 2024).
- Jargon.ru*: An Interactive Encyclopedia of the Russian Language. Available from: <http://jargon.ru/> (accessed 08 June 2024).

УДК 82.09

ББК 83.3(2)

DOI 10.51955/2312-1327_2024_4_186

ЦЕННОСТНЫЕ ОРИЕНТИРЫ ЛИРИКИ МУСТАЯ КАРИМА

*Андрей Николаевич Безруков,
orcid.org/0000-0001-7505-3711,
кандидат филологических наук, доцент
Уфимский университет науки и технологий
(Бирский филиал)
ул. Интернациональная, 10
Бирск, 452453, Россия
in_text@mail.ru*

Аннотация. В статье представлена парадигма базовых ценностных ориентиров лирики башкирского поэта Мустая Карима. Творчество М. Карима является достоянием отечественной литературы, его произведения не теряют актуальности и в настоящем. Анализ текстов дает основание обозначить наиболее важные для автора темы, вопросы, проблемы. Примечательно, что даже в режиме художественного перевода форма и содержательная суть стихотворений Мустая Карима остаются практически неизменными. Играть роль мастерство автора, его умение обобщать, типизировать, определяться с правильным направлением мысли, объективировать мудрость. Поэзия Мустая Карима ориентирована на наиболее сложные категории бытия: это реальное, знаковое, вековечное. Для поэта донести правду жизни являлось некоей первостепенной задачей. Можно констатировать, что его поэтические формы стали моделями правильной организации жизни.

Ключевые слова: Мустай Карим, лирика, аксиология, поэтический дискурс, ценностные концепты.

AXIOLOGICAL FRAMEWORK OF MUSTAI KARIM'S POETIC OEUVRE

*Andrey N. Bezrukov,
orcid.org/0000-0001-7505-3711,
Candidate of Philological Sciences, Associate Professor
Ufa University of Science and Technology
(Birsk Branch),
10 Internatsionalnaya str.
Birsk, 452453, Russia
in_text@mail.ru*

Abstract. The article presents the paradigm of the basic value orientations of the lyrics of the Bashkir poet Mustai Karim. The poetic oeuvre of M. Karim is the property of Russian literature, his works do not lose their relevance in the present. The analysis of the texts provides a basis to identify the most important topics, questions, and problems for the author. It is noteworthy that even in the mode of literary translation, the form and meaningful essence of Mustai Karim's poems remain almost unchanged. The author's skill plays a role, his ability to generalize, type, determine the right direction of thought, objectify wisdom. Mustai Karim's poetry is focused on the most complex categories of existence: real, iconic, and eternal. To convey the truth of life was

a kind of paramount task for the poet. It can be stated that his poetic forms have become models of the correct organization of life.

Key words: Mustai Karim, lyrics, axiology, poetic discourse, value concepts.

Введение (Introduction)

Литература XX века в большинстве основных имен ориентирована на манифестацию жизненной правды, поиск смысловых координат, открытие эстетических и смысловых границ оценки бытия. Стоит предположить, что актуальность анализа художественных моделей данного периода заключается в вероятной пролонгации проблем и для настоящего времени, ибо явно ощущается диалог творческих точек зрения. Писатели, поэты, драматурги XX века задали тот необходимый ценз аксиологических барьеров, которые являются вековыми, значимыми, должными. Для читателей имена Максима Горького, Ивана Бунина, Александра Куприна, Валерия Брюсова, Анны Ахматовой, Леонида Леонова, Александра Твардовского, Михаила Шолохова, Мусы Джалиля, Расула Гамзатова, Чингиза Айтматова, Булата Окуджавы, Мустая Карима и других художников слова стали нарицательными. Практически каждый есть эмблема времени, сложная, но значимая фигура, дающая выверенный ориентир при выстраивании собственного пути.

Стоит отметить, что 2024 год является юбилейным для Виктора Астафьева, Бориса Васильева, Владимира Богомолова, несомненно, Александра Пушкина, Евгения Замятина, Юрия Бондарева, Исаака Бабеля, Василия Шукшина, Михаила Зощенко, Михаила Лермонтова, Георгия Иванова, Зинаиды Гippiус. 105 лет со дня рождения отмечает Россия и в связи с именем Мустая Карима – башкирского поэта, писателя, драматурга, общественного деятеля.

Творчество Мустая Карима стоит рассматривать не только в рамках региональной литературы, не только в статусе республиканской личности, он масштабен, велик, значим для советской, да и российской словесности. Его наследие активно переводится, экранизируется, изучается, драматургия ставится на сцене, суждения в СМИ приводятся как образец гуманистического толка, как некий образец непрямого назидания потомкам. Мустай Карим для широкой аудитории все же больше поэт, да и особую ценность, на наш взгляд, представляют его лирические формы. В рамках данной статьи обозначены основные ценностные [Хализев, 2005] ориентиры его лирики, определены значимые концепты творчества. Локация оценки близка рецептивному прочтению текстов, системной и целостной объективации приоритетов поэта. На наш взгляд, поэзия Мустая Карима – это не только творчество в чистом виде, это философия поведенческих поступков, это сопряжение настоящего с вековым. Настоящий поэт, а так и следует воспринимать М. Карима, практически всегда является пророком. Произнося и создавая тексты, художник слова говорит о важном, о значимом, о том, что явно необходимо людям. Читатель в свою очередь подключается к этому диалогу, соглашаясь и с номинацией, и с коннотацией, и со смысловой дисперсией. Поэзия в данном

случае близка верификации поиска, ибо путь выбора ценностных пределов сложен.

Материалы и методы (Materials and methods)

Основной, базовый набор эмпирических форм анализа данной работы состоит из стихотворений Мустая Карима. Думается, что серьезные и качественные переводы его текстов не искажают смысловую наполненность, наоборот, вектор дополнения значений срабатывает в процессе транслитерации художественных форм. Методы рецептивной и герменевтической трактовки являются наиболее объективными, выверенными. Они позволяют конкретизировать магистраль приоритетных стержней художественного сознания поэта, конструктивно оценить значимость вопросов, которые являются наиболее чувственно пережитыми. Не исключается в процессе анализа стихотворений М. Карима и применение когнитивного метода оценки дискурсивной практики.

Обсуждение (Discussion)

Поэтические тексты есть лучшее выражение души народа, в них проявляется характер, особое состояние души, воспроизводится ряд переживаний, воссоздается неповторимость оттенков развития и становления внутреннего мира. Мустай Карим – поэт национального самосознания, при этом универсал, мыслитель, устроитель т.н. новой правды, хотя его тексты широко популярны и сегодня. Исследователи касаются разных граней творчества М. Карима, дискуссия ведется относительно становления литературного башкирского языка, выработки принципов художественного рисования, фиксации ментального, поэтики и организации авторского стиля [Безруков, 2016], музыкальности слога. Не исключается при этом и разбор тематических пластов его творчества, которые сопоставляются с мировыми литературными образцами. Мустай Карим дает возможность читателю полюбить родную природу, понять трудности жизни, пережить испытания, которые возникают, почувствовать некую «настоящность» человека. Его поэзия ориентирована как на старшее поколение, так и на молодое. Отмечается в критике [Валеев, 2019; Гареева и др., 2023; Гильманова, 2019; Fazlutfidinov, 2019] живописный пласт текстов, художественность, искренность проговаривания фраз, строф. Мустай Карим добр душой, ценен своим умением успокоить и обеспечить надежду и веру, при этом делается это не назидательно и строго, но спокойно, эмоционально ровно, взвешенно. Поэтический мир его лирики не утяжелен какими-либо буквально формальными философскими формулами, хотя метафизика стихов явно ощутима. «Прекрасное» как базовая категория многолико представлена в его поэтическом наследии. Стоит отметить, что лирический персонаж Мустая Карима неодинаков, и это открыто ценностный предел; герой не тождественен автору, но ряд автобиографических черт поэта замечает даже неподготовленный читатель. Следовательно, фактор типизации становится главным, даже доминантным. Переводы с башкирского языка на русский язык

не лишаются прелести и красоты первоосновы, ибо подлинность искусства устранить практически невозможно. Мустай Карим прошел серьезный путь взросления, достиг популярности не только в Башкортостане, но и по всей России, да и за рубежом. Ценят автора за его культурный [Кильмухаметов, 2019; Хайруллин и др., 2020] багаж, гуманистическую позицию, преданность русской литературе. У Мустая Карима приоритетами творчества стали т.н. поиск и новизна, желание стать совершенней и правдоподобней, не потерять родное, национальное, но и приобщиться к уже классическому, образцовому. Для XX века наследие поэта концентрично, конденсируя опыт, М. Карим выработал свой принцип оценки реалий, сформировал свой мировоззренческий комплекс, обладающий серьезным весом, значимостью. Ценностные ориентиры его лирики созвучны правильному устройству жизни. Нет в стихах М. Карима буквально чего-то лишнего, мешающего воспринимать реальность полновесно и целостно. Любовь к людям, любовь к своему читателю, любовь к Родине – все это и определило путь М. Карима в отечественную литературу. Характер его лирики стоит оценивать с позиций экзистенциального вектора, магистрали человечности. Стихи Мустая Карима заставляют читателей думать, размышлять, определяться с приоритетами и ориентирами. Художественный мир лирики поэта открывается в удивительных оттенках и полутонах. Для автора важно создать картину полновесной жизни, в которой события следуют друг за другом, чувства сменяются действиями, сложное в начале постепенно раскрывается, да и человек обретает опыт, движется далее, взрослеет, обретает некую мудрость. В данной работе фокус внимания направлен на аксиологию поэзии Мустая Карима, думается, что спектральная оценка модели художественного мира является наиболее конструктивной.

Результаты (Results)

Мустай Карим является определенным личностным ориентиром для достаточно широкой читательской аудитории. Интерес к его текстам замечен с самого начала творчества, а это середина 1930-х годов. Первая книга «Отряд тронулся» вышла в свет в 1938 году, вторая – «Весенние голоса» была издана в 1941. Практически с юношеских экспериментов [Безруков, 2020] в лирике Мустай Карим объективирует как для себя, так и для читателя свой закон жизненной правды, которой он был верен до конца. Стихотворения периода Великой Отечественной войны наиболее открыто это фиксируют: стоит признать, что ситуация, в которой оказался автор, была тяжелой, сложной [Магадеева, 2019], страшной. Тема войны у Мустая Карима – это не только переживание, это внушение веры, сопровождение лирического героя, оберег солдат, и, конечно, мысли о родном крае – Башкортостане. Немаловажен факт присутствия в стихах целостного видения Родины от Урала до Москвы, от восточных границ до западных фронтиров. Поэт весьма умело даже в ранней лирике оценивает всю сложность ситуации, при этом говорит, пожалуй, с перспективой, о том, что родную землю нужно спасти любой ценой, даже

ценой жизни. Ярким примером служат следующие строки стихотворения «Я ухожу на фронт», написанные в 1941 году:

Я ухожу, товарищи, на фронт,
Чтоб стариков текла спокойно старость,
Чтоб нашим девушкам краса осталась,
Чтоб наш Урал всегда стоял могучий,
Чтобы над Белой не сгущались тучи.

Товарищи, я ухожу на фронт
За ту весну, что навсегда настанет,
За светлый сад, которым край наш станет,
За маленького сына моего
И родины любимой торжество [Карим, 1973, с. 27].

Видно, что автор, а вместе с ним и лирический герой понимают значимость своей миссии, не просто совершить подвиг, но приложить все усилия, чтобы жизнь России стала спокойной и счастливой. Ценностная вариация данного стихотворения спектральна – это и старшее поколение, и женщины, и родная земля, и близкие поэта. Номинация пределов Родины, родного края также метафорически расширена, не мыслит себя вне ее автор, что, безусловно, мудро и правильно. Стоит заметить, что пока нет в тексте серьезной литературной огранки, это будет чуть позже.

Для Мустая Карима свойственен взгляд на многое; практически все, что составляет жизнь человека, вбирают его стихи. Природа, общество, люди, животный мир, чувства, жизнь как таковая, смерть, общественные изменения, история – это тот срез тем, который волнует автора. Притяжением читательского внимания может стать интернациональный пафос поэта. Для него русский мир является единым, нет в нем разницы между башкирами, калмыками, горцами, аварцами, татарами. Некое единение народов России солидаризируется в стихотворении 1942 года «Русская девочка». Война не оставляет ничего живого, она убивает, уничтожает, лишает дома, близких людей. Но для лирической героини, да и для читателя все – «это Наши!». После освобождения села по сюжету текста перед бойцами стоит только «одна девочка», но она рада тому, что солдаты спасли её, сохранили её жизнь, а далее спасут и жизни других:

Она от нас не отрывала глаз.

Та девочка была душой России,
Живым цветком, что был сильнее мук.
Москва, Урал и дали все родные
Улыбкой этой озарились вдруг [Карим, 1973, с. 31].

Тяжелый груз переживаний Мустай Карим не нивелирует, он говорит об этом открыто, честно, справедливо. Поэтический язык может быть и не так образен, но сюжетика многогранна, вариативна, трагична. Сила слова Мустая

Карима в явном доверии к слушателю, для поэта читатель становится другом, соратником, отчасти и помощником. Подобный формат диалога можно встретить и у Александра Твардовского, и у Сергея Михалкова, и у Константина Симонова, и у Юлии Друниной, и у Сергея Орлова. Поэтов-фронтовиков объединяет единое желание внушить людям веру, веру в Победу, в правду, которая должна быть восстановлена на земле.

Естественная жизнь в стихах Мустая Карима чаще всего сопоставляется с животным миром. Не может поэт без любимого коня (акбуза), ведь для кочевого племени это практически все. Ценит герой в своем любимом коне преданность, интуитивные моменты дружбы, наивность, силу, даже некую зависимость друг от друга. В стихотворении «Мой конь» (1942) этот образ олицетворяется, конь начинает разговор с хозяином. В данном случае «человеческая речь» есть форма непосредственного контакта, озвучивая мысли лошади, автор реализует и свою страсть говорить:

Заржал он, рад со мною встрече,
И пена капала с удил.
И человеческою речью
Со мной мой конь заговорил [Карим, 1973, с. 35].

Философская красота мира у Мустая Карима сводится к тому, что не только природа в целом, но и объекты, предметы, растения гармоничны с действиями людей. Человек [Самирханова и др., 2023] в концепции поэта явно не одинок, ему помогают, берегут, охраняют. Такой же вариант отношений автор переносит и на социальный мир.

Любовь как ценностный ориентир не так часто открыто встречается в стихах М. Карима, но определенный намек, оттенок чувств звучит в ряде текстов. Семья, любимая, сын, дочь – вот те, кого откровенно любит поэт. Забота о спокойствии любимой воспроизведена в стихотворении «Ты опять покидаешь меня...» (1949). На первый взгляд текст не имеет яркой эмоциональной окраски, но нарочито повторяемая лексема-обращение «дорогая» усложняет данный эффект. К финалу данного стихотворения (третье-четвертое четверостишие) трепетное колебание отношений прописывается наиболее открыто:

Коль умчит меня ввысь самолет,
Золотых облаков достигая,
Все равно я на землю спущусь,
Я к тебе возвращусь, дорогая...

Где б я ни был, но в сердце моем
Вся вместится отчизна большая!
Значит ты, дорогая, со мной,
Не грусти же, меня провожая [Карим, 1973, с. 71].

Поэту важно показать в режиме срабатывания поэтической формы не буквальные отношения как таковые, не живой контакт, но идеализированный, художественный, эстетически правильный. Как не вспомнить в этом случае классика XIX века: А.С. Пушкина, М.Ю. Лермонтова, А.А. Фета,

Ф.И. Тютчева, Н.А. Некрасова. Аксиологический приоритет этой темы также может быть зафиксирован как действенный.

Творческий диалог у Мустая Карима устанавливается и в режиме дружбы с современниками. Ряд стихотворений имеют посвящение Назару Наджми, Сайфи Кудашу, Расулу Гамзатову, Чингизу Айтматову, Шахрудину Шамхалову, Ахмету Файзи и т.д. Верность дружбе – еще один приоритет поэта. Эта тема достаточно конструктивно разобрана в стихотворных строчках. Встречи, расставания, беседы, диалоги с друзьями облагораживают, наставляют, воспитывают, прививают внимание и нетривиальное уважение. Открыто восхищается, например, Мустай Карим дружбой с Расулом Гамзатовым в стихотворении «Прощание с Кавказом» (1956):

О, Кавказ! Для друзей не страшны расстоянья,
Ты мне в память вошел, ты мне в сердце проник.
И «прощай» в этот тягостный миг расставанья
На прощанье не может промолвить язык [Карим, 1973, с. 85].

Стоит заметить, что обращается в одном из стихотворений М. Карим и к своей жене Раузе. Этот текст в большей степени не признание в любви, но признание в добрых чувствах, отчасти схожих с верной дружбой. На наш взгляд, способность поэта сказать о чем-то правильном и верном весьма сильна и актуальна для современного читателя. Это свидетельствует о безусловном мастерстве Мустая Карима.

Концентрация философских идей, которые находятся во взаимосвязи с ценностными ориентирами, особым образом представлена в стихотворении 1961 года «Бежит мальчишка босоногий...»:

Бежит мальчишка босоногий
По кромке синевы морской,
Цветная галька, словно звезды,
Сверкает под его пятой.

А дни идут. В иные дали
Мальчишку Млечный Путь зовет,
Где по его следам, как гальку,
Рассыплет звезды небосвод [Карим, 1973, с. 111].

Поэтический мир этого текста имеет расширительные, условно видимые границы. Горизонталь пространства совмещается с вертикалью, земное сближается с космическим, как таковая глобальность вселенной в пределах жизни является главной коннотацией этого стихотворения. Поэт стягивает в единую точку детство, юность, взрослую жизнь, и мечты / желания, и веру в достижимость цели, и надежду. Безусловно, авторский взгляд на вековую проблему счастья раскрыт очень самобытно и оригинально.

Для Мустая Карима сама жизнь становится ценностью, он ее и бережет, и растрчивает, и дарит близким: все, как правило. Не огорчается лирический герой тому, что с ним происходило на протяжении жизненного пути. Радости встреч, обретение ряда умений, стадийное взросление, испытания –

практически все это для поэта не в тягость. В 1971 году М. Карим написал стихотворение «Не блещу я...», которое близко сократическим идеям. И это тоже закономерный аксиологический итог:

Солнцу я кричу: «Ровесник, встань же!»
Дерзко?.. От себя куда я денусь!
Просто я доверчив, как и раньше,
Медленно седеющий младенец...

Что ж, и впредь, мне, если живы будем,
Разума, как видно, не набраться!..
Подлинной цены вещам и людям
Так и не узнаю, может статья [Карим, 1973, с. 207].

Сила поэта в данном случае заключается в буквальном признании своего несовершенства, должная самокритика есть граница мудрости. Стремление обрести истину, достичь совершенства, понять неизведанное для Мустая Карима было важным. При этом поэт внутренне благодарен, что живет, творит и полезен людям.

Заключение (Conclusion)

Таким образом, подводя итог исследованию, можно отметить, что поэзия Мустая Карима понятна, доступна для современного читателя. Поэт определил в ходе своей творческой эволюции наиболее важные ценностные приоритеты, усложнил их трактовку, сформировал художественное обобщение, проиллюстрировал нетривиальными сюжетами. Для Мустая Карима было важным проговорить, даже пробеседовать со своим слушателем. Его наследие ценно для России, отечественной словесности, тем более что здесь не субъективная оценка реалий, но обобщающий мудрый взгляд. Вариант творческого диалога с наследием XIX столетия у М. Карима предопределяет и преемственность развития художественной литературы. Качественные переводы его текстов не утрачивают значимости рассматриваемых вопросов. Главной отличительной чертой стихов Мустая Карима является их высокий гуманистический пафос, а также универсальность и осмысленность позиции. Прислушиваясь к голосу поэта, можно обрести все, что так необходимо человеку для взвешенного преодоления жизни.

Библиографический список

- Безруков А. Н.* Поэтика парадокса в системе литературных экспериментов Игоря Губермана // Вестник Государственного гуманитарно-технологического университета. 2020. № 2. С. 15-21. EDNYACWEE.
- Безруков А. Н.* Поэтический стиль и художественный дискурс: проблема соотношений // Слово, высказывание, текст в когнитивном, прагматическом и культурологическом аспектах : материалы VIII Международной научной конференции, Челябинск, 20-22 апреля 2016 года. Том 2. Челябинск: Энциклопедия, 2016. С. 169-172. EDNWLOQNN.
- Валеев И. И.* Мустай Карим и его эпоха. Уфа: Государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан "Башкирская энциклопедия", 2019. 300 с. EDN TQPBCB.

- Гареева Г. Н. Философская суть поэзии Мустая Карима / Г. Н. Гареева, Н. С. Идрисова // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 97-4. С. 44-47. DOI 10.18411/trnio-05-2023-192. EDN ZFHINO.
- Гильманова Ш. Золотое наследие Мустая. // Ватандаш. 2019. № 10(277). С. 163-173. EDN SCONEH.
- Карим М. Избранное. Стихотворения. Поэмы. Сказки. Трагедии / Пер. с баш., вступ. ст. К. Кулиева. М.: Художественная литература, 1973. 512 с.
- Кильмухаметов Т. А. Мустай Карим и национальная культура Башкортостана. Уфа: Государственное автономное учреждение науки Республики Башкортостан "Башкирская энциклопедия", 2019. 220 с. EDN XWOERZ.
- Магадеева Р. Мустай Карим – военный корреспондент // Ватандаш. 2019. № 2(269). С. 3-7. EDN YXTSFN.
- Самирханова Г. Х. Образ человека в творчестве Мустая Карима / Г. Х. Самирханова, А. Р. Султангареева, А. Р. Умуткужина // Казанская наука. 2023. № 10. С. 120-122. EDN LZDNEF.
- Хайруллин Р. З. Синтез восточной и западной культур в стихотворном цикле Мустая Карима "Европа-Азия" / Р. З. Хайруллин, И. А. Таирова, Л. Ф. Суржикова // Этнодиалоги. 2020. № 4(62). С. 133-141. DOI 10.37492/ETNO.2020.62.4.005. EDN PBWEFA.
- Хализев В. Е. Ценностные ориентации русской классики. М.: Гнозис, 2005. 432 с.
- Fazludinov I.K. Mustay Karim and Tatar literature: literary mastery and mentoring // Tatarica. 2019. № 1(12). P. 32-48. EDN GIEVBS.

References

- Bezrukov A.N. (2016). Poetic style and artistic discourse: the problem of relationships. *Word, utterance, text in cognitive, pragmatic and cultural aspects: materials of the VIII International scientific conference*. Chelyabinsk, April 20-22, 2016. Volume 2. Chelyabinsk: Encyclopedia, 2016. 169-172. EDN WLOQNN. (In Russian).
- Bezrukov A.N. (2020). Poetics of paradox in the system of literary experiments by Igor Guberman. *Bulletin of the State Humanitarian and Technological University*. 2: 15-21. (In Russian).
- Fazludinov I. K. (2019). Mustay Karim and Tatar literature: literary mastery and mentoring. *Tatarica*. 1(12): 32-48.
- Gareeva G. N., Idrisova N.S. (2023). The philosophical essence of Mustai Karim's poetry. *Trends in the development of science and education*. 97-4: 44-47. DOI 10.18411/trnio-05-2023-192. (In Russian).
- Gilmanova Sh. (2019). Golden heritage of Mustai *Vatandash*. 10(277): 163-173. (In Russian).
- Karim M. (1973). Favorites. Poems. Poems. Fairy tales. Tragedies. Moscow: *Fiction*, 1973. 512 p. (In Russian).
- Khairullin R. Z., Tairova I. A., Surzhikova L. F. (2020). Synthesis of Eastern and Western Cultures in the Poetic Cycle of Mustai Karim «Europe-Asia». *Ethn dialogues*. 4 (62): 133-141. DOI 10.37492 / ETNO.2020.62.4.005. (In Russian).
- Khalizev V. E. Value orientations of Russian classics. Moscow: *Gnosis*, 2005. 432 p. (In Russian).
- Kilmukhametov T. A. (2019). Mustai Karim and the national culture of Bashkortostan. Ufa: *State Autonomous Scientific Institution of the Republic of Bashkortostan "Bashkir Encyclopedia"*, 2019. 220 p. (In Russian).
- Magadeeva R. (2019). Mustai Karim – War Correspondent. *Vatandash*. 2 (269): 3-7. (In Russian).
- Samirkhanova G. Kh., Sultangareeva A. R., Umutkuzhina A. R. (2023). The Image of Man in the Works of Mustai Karim. *Kazan Science*. 10: 120-122. (In Russian).
- Valeev I. I. (2019). Mustai Karim and his era. Ufa: *State Autonomous Institution of Science of the Republic of Bashkortostan "Bashkir Encyclopedia"*, 2019. 300 p. (In Russian).

НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ КАК ФОРМА НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ

*Зульфия Абдулловна Аксютина,
orcid.org/0000-0003-2548-4673,
кандидат педагогических наук, доцент
Омский государственный педагогический университет,
наб. Тухачевского, д. 14
Омск, 644099, Россия
aksutina_zulfia@mail.ru*

Аннотация. Наиболее крупными формами научно-педагогического знания считаются научные методологические подходы, педагогические теории, педагогические концепции и научно-педагогические понятия. Научные методологические подходы и педагогические концепции как формы научно-педагогического знания достаточно полно обоснованы. Педагогическая теория как один из элементов педагогического знания выполняет функцию объяснения сущности педагогических фактов, явлений, процессов и зависимостей между ними. Цель статьи заключается в теоретическом анализе научного понятия как формы научно-педагогического знания с опорой на свойства его научности. В ходе исследования выделены пять стадий развития научно-педагогического понятия посредством использования различных содержательных форм слова в научном дискурсе: возникновение, концептуализация, категориальное наполнение, преобразование, терминологическое закрепление. Доказано, что научные понятия обладают такими свойствами, как объективность, общезначимость, системность и универсальность, поэтому они являются формой научно-педагогического знания. В условиях множественности смыслов научно-педагогических понятий требуется большая четкость и однозначность в их формировании с восхождением к более высокому уровню абстрагирования при их оформлении. Научно-педагогические понятия остаются одной из значимых форм научно-педагогического знания, так как обладают свойствами объективности, общезначимости, системности и универсальности.

Ключевые слова: педагогическая наука, научно-педагогическое знание, структура, педагогическая категория, научно-педагогическое понятие, формы научно-педагогического знания, свойства, объективность, общезначимость, системность, универсальность.

SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL CONCEPT AS A FORM OF SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL KNOWLEDGE

*Zulfiya A. Aksyutina,
orcid.org/0000-0003-2548-4673,
Candidate of Sciences in Pedagogy, associate professor
Omsk State Pedagogical University,
14, naberezhnaya Tukhachevskogo
Omsk, 644099, Russia
aksutina_zulfia@mail.ru*

Abstract. The largest forms of scientific and pedagogical knowledge are considered to be scientific methodological approaches, pedagogical theories, pedagogical concepts and scientific and pedagogical concepts. Scientific methodological approaches and pedagogical concepts as forms of scientific and pedagogical knowledge are quite fully substantiated. Pedagogical theory as one of the elements of pedagogical knowledge performs the function of explaining the essence of pedagogical facts, phenomena, processes and dependencies between them. The purpose of the article is a theoretical analysis of the scientific concept as a form of scientific and pedagogical knowledge based on the properties of the scientific nature of pedagogical knowledge. In the course of the study, five stages of development of scientific and pedagogical concepts through the use of various meaningful forms of the word in scientific discourse were identified: emergence, conceptualization, categorical filling, transformation, terminological consolidation. It is proved that scientific concepts have such properties as objectivity, general significance, systematicity and universality, therefore they are a form of scientific and pedagogical knowledge. In the conditions of the multiplicity of meanings of scientific and pedagogical concepts, greater clarity and unambiguity are required in their formation with an ascent to a higher level of abstraction in their design. Scientific and pedagogical concepts remain one of the significant forms of scientific and pedagogical knowledge, since they have the properties of objectivity, general significance, systematicity and universality.

Key words: pedagogical science, scientific and pedagogical knowledge, structure, pedagogical category, scientific and pedagogical concept, forms of scientific and pedagogical knowledge, properties, objectivity, general validity, consistency, universality.

Introduction (Введение)

Положение педагогической науки связано с разнонаправленностью ее оценки в науке. И. А. Соловцова и Н. М. Боротко полагают: «Потребность в педагогическом знании появилась вместе с зарождением человеческого общества ... Первоначально педагогическое знание оформлялось в устном народном творчестве (сказках, мифах, легендах, преданиях), затем – в философских учениях. В качестве самостоятельной науки педагогика выделилась из системы философского знания в XVII в. ... Научное знание потребовалось для того, чтобы технологизировать ... процесс обучения. За последующие почти четыре столетия проблематика педагогики существенно расширилась и усложнилась. Педагогика стала, по сути, системой наук»³⁵. Данная позиция указывает на исторически сложившуюся научную обоснованность педагогики. Однако, В. В. Сериков ссылается на существующее мнение о ненаучности педагогики, что находит выражение в методологическом кризисе, дающем «основания говорить о «ненаучности» педагогики, о ее не востребованности как области науки» [Сериков, 2015, с. 9]. Данное положение обусловлено тем, что многие методологические аспекты педагогики имеют многоплановый характер, а роль педагогической науки, по мнению В. В. Серикова, выражена в ее исключительно практической направленности [Сериков, 2015]. Эта же мысль звучала и у В. В. Краевского, справедливо замечавшего: «Педагогика наука о практике»³⁶.

Остается открытым вопрос и о структуре научно-педагогического

³⁵ Соловцова И. А. Общие основы педагогики: учебник для студентов педагогических вузов / И. А. Соловцова, Н. М. Боротко; под ред. Н. М. Боротко. Волгоград: Изд-во ВГИПК РО, 2006. 60 с.

³⁶ Краевский В. В. Методология педагогики: Пособие для педагогов-исследователей. Чебоксары: Изд-во Чуваш., ун-та, 2001. 244 с.

знания, способной выступить доказательной составляющей научности педагогики. В. Е. Гмурман считал: «За основу выделения структурных элементов принимается взаимосвязь теоретического и прикладного знания, в других – взаимосвязь проблем методологии, теории, методики и педагогической техники, в-третьих – характер научно-педагогических исследований (степень их фундаментальности), в-четвертых – возрастные критерии, в-пятых – профессионально-трудовые и т. д.» [Гмурман, 1971, с. 14]. Многообразие в выделении структурных элементов научно-педагогического знания подчеркивает сложность педагогики, множественность в ее трактовании, определении состава и критериальном наполнении. Это явление было обнаружено еще И. М. Кантором, понимавшим «под структурой педагогической науки ... связь и взаимозависимость теорий различных уровней и значений» [Кантор, 1980, с. 64]. Такое отношение привело к тому, что в учебных изданиях структура педагогики чаще всего представляется через ее отрасли. Хотя более очевидна необходимость определения структуры научно-педагогического знания посредством выделения и описания его форм. Различные формы научно-педагогического знания создают фундаментальную основу для структурного построения педагогики, способов понимания и функционирования педагогической деятельности, сохранения различных педагогических идей.

Наиболее крупными формами научно-педагогического знания традиционно считаются научные методологические подходы, педагогические теории, педагогические концепции и научно-педагогические понятия. Выделяются и иные формы научно-педагогического знания, например, у Н. А. Лызь это «законы, модели, понятия, теории» [Лызь, 2014, с. 40]; у Е. Овсяницкой – «учебные предметы, построенные на базе существующих научных дисциплин» [Овсяницкая, 1998, с. 84].

Научные методологические подходы и педагогические концепции как формы научно-педагогического знания достаточно полно обосновала Е. В. Гелясина. Научные методологические подходы как формы педагогического знания доказаны посредством определения их «сущности, структуры, места подхода в системе педагогического методологического знания, раскрытия их методологических функций, выявления особенностей компонентов, обоснования этапов разработки подхода» [Гелясина, 2020а, с. 19]. При обосновании педагогической концепции как формы научно-педагогического знания был проведен «методологический анализ концепции как его ключевой структурной единицы» [Гелясина, 2020б, с. 38]. Педагогическая теория в структуре научно-педагогического знания нашла отражение в работе З. М. Большаковой, Н. Н. Тулькибаевой и Г. С. Голошумовой. Они пришли к выводу: «Педагогическая теория как один из элементов педагогического знания выполняет функцию объяснения сущности педагогических фактов, явлений, процессов и зависимостей между ними» [Большакова и др., 2018, с. 65].

Научное понятие как форма научно-педагогического знания требует современного научного анализа, что обусловлено сложившимся проблемным

полем. Так, В. П. Вейдт выделила наиболее острые проблемы, связанные с педагогическими понятиями: «1) многозначность педагогических терминов, или полисемия педагогической терминологии; 2) пополнение отечественной терминосистемы педагогики иноязычными заимствованиями; 3) дублетность, или синонимия педагогических понятий; 4) несоответствие содержания понятий, употребляемых в нормативных документах, содержанию научных понятий» [Вейдт, 2020, с. 4]. Указанные проблемы возможно разрешить лишь посредством постоянного тщательного анализа научно-педагогических понятий.

На необходимость анализа и систематизации научно-педагогических понятий обратили внимание исследователи из России и Белоруссии. Они рассматривают такую систематизацию сквозь призму сочетания теории и практики для достижения понимания и подкрепления теоретических идей педагогики [Невдах и др., 2022]. Необходимостью общетеоретического анализа научно-педагогических понятий выступает и то, что они являются важнейшим инструментом в профессиональной коммуникации педагогов [Дорохова и др., 2024], а точность их употребления «может свидетельствовать как о степени погружения ... в предметную область, так и о ... профессиональной осведомлённости» [Никитина, 2023, с. 2].

Группа российских и белорусских исследователей рассматривает систематизацию педагогической терминологии «в качестве одной из методологических проблем педагогики» и «основой понимания механизмов развития и функционирования педагогического знания, повышения эффективности обобщения педагогических терминов» [Егорова и др., 2021, с. 15]. Данный факт является свидетельством необходимости анализа и инвентаризации научного знания о педагогических понятиях.

Цель статьи заключается в теоретическом анализе научного понятия как формы научно-педагогического знания с опорой на свойства научности педагогического знания.

Для достижения целевого ориентира данного исследования последовательно опишем проявление таких свойств научно-педагогических понятий в структуре педагогического знания, как объективность, системность, общезначимость и универсальность. Отметим, что выделение свойства *объективности* базировалось на идеях Н. Л. Коршуновой о существовании определенных границ объективности в педагогической науке [Коршунова, 2010], понимаемой «как обусловленный особенностями объекта (которые в полной мере нам неизвестны) характер его ответной реакции на познавательные действия субъекта» [Коршунова, 2010, с. 58]. Опора на свойство *системности* предполагала повышение результативности и доказательности данного исследования [Перминова, 2024]. Идеи необходимости педагогического знания для всех людей и его всеобщность находят отражение в свойствах *общезначимости* и *универсальности*. Данные свойства рассматриваем как наиболее общие, поэтому опора на них позволит осуществить общий теоретический анализ научно-педагогического понятия как формы научно-педагогического знания.

Materials and methods (Материалы и методы)

В качестве исследовательских методов используются теоретические методы, а именно теоретический анализ и синтез, сравнение и классификация.

Discussion (Дискуссия)

Наличие форм научно-педагогического знания свидетельствует о множественности понимания и отражения педагогической реальности. Полагаем, что среди всех форм научно-педагогического знания понятия имеют первостепенное значение. Этот факт справедливо описали И. А. Соловцова и Н. М. Борытко: «Становление любой области научного знания, в том числе и педагогики, связано с развитием понятий, которые, с одной стороны, устанавливают связи данной области знаний с другими областями, с другой – определяют специфику данной области научного знания. Система терминов, понятий и категорий составляет категориальный аппарат педагогической науки (он именуется также понятийным или терминологическим)»³⁷. Именно специфика и основные свойства научного знания позволяют говорить о педагогике как науке в целом, о ее состоятельности как отдельной научной области, обладающей собственным предметом, объектом, методами, понятийным аппаратом и пр.

Г. И. Ибрагимов, описывая суть понятия, указывал: «как две его стороны выражают собой определенную ступень познания круга охватываемых данным понятием объектов (объем) и существенных, определяющих признаков этих объектов (содержание)» [Ибрагимов, 2011, с. 13]. Фактически сущностная сторона научного понятия сводима к его объему и содержанию.

Л. Д. Устьянцева, рассматривая научные понятия, обнаружила основные их характерологические особенности, способствующие описанию отдельно взятой педагогической категории или понятия, проникновения в его содержание:

«– по своему происхождению понятие является обобщением опыта и результатом исследований;

– по содержанию и гносеологическому значению понятие есть отражение объекта в сознании субъекта;

– по структуре понятие выступает как система взаимосвязанных существенных признаков, в которых раскрывается его содержание;

– по своему значению понятие является инструментом теоретического мышления» [Устьянцева, 1998, с. 9-10]. Исследование Л. Д. Устьянцевой наглядно демонстрирует выраженность свойств объективности и системности у научно-педагогических понятий. Объективность рассматривается посредством связи с педагогической практикой, а системность через взаимосвязанность структурных признаков понятий.

Н. А. Лызь полагает, что функционально педагогические понятия «концентрируют в себе содержание предметного знания» и «служат

³⁷ Соловцова И. А. Общие основы педагогики: учебник для студентов педагогических вузов / И. А. Соловцова, Н. М. Борытко; под ред. Н. М. Борытко. Волгоград: Изд-во ВГИПК РО, 2006. 60 с.

организаторами производства научно-педагогического знания» [Лызь, 2014, с. 41]. По ее мнению, в последнее время происходит «трансформация смысла категорий педагогики», что «может свидетельствовать об изменении картины изучаемой сферы реальности» [Лызь, 2005, с. 17]. Данная позиция сравнительно часто звучит в научных работах современных авторов, что указывает на наличие кризиса в понятийной области педагогики, который выражается в отставании науки от практики, в формировании нового взгляда на педагогическую действительность, связанного с переходными явлениями общества и его трансформационными процессами.

Н. М. Боротко, размышляя о требованиях к определению педагогических категорий, приходит к трем составляющим: «выявить сущностные характеристики определяемого педагогической категорией объекта; выделить ... функции определяемого объекта; проанализировать содержание определяемого объекта» [Боротко, 2012, с. 14]. Такой подход к анализу научно-педагогического понятия (через анализ категорий) будет способствовать его более полному раскрытию и обоснованию содержания и объема.

«Любая педагогическая категория может быть рассмотрена, определена и проанализирована в трех аспектах: как явление (социальное, культурное и др.); как процесс; как деятельность»³⁸ – пишут И. А. Соловцова и Н. М. Боротко. Указанное ими положение будет способствовать и приводить к ряду следствий: формированию значительного многообразия определений категорий, закреплению многоаспектности в понимании педагогических категорий и понятий.

В данном контексте особый интерес представляет работа Н. Л. Коршуновой «Зачем нужна однозначность научных понятий», в которой она формирует правила пользования научно-педагогическими понятиями: строго придерживаться заданного понимания термина, использовать научный стиль изложения во избежание трансформации смысла понятия, избегать редукции «смыслового поля термина» [Коршунова, 1992]. Первоначально может показаться, что позиции указанных выше авторов противоположны, но это не так, они взаимодополняемы и не исключают одно и другое.

В педагогике сложилось несколько подходов к систематике научных понятий:

- по сочетанию историко-педагогического и семантического подходов [Комаровский, 1969];
- с позиции логико-гносеологического подхода [Кантор, 1980];
- по интеграции системно-логического и содержательного подходов [Безрукова, 1983];
- по предметной области [Гинецинский, 1992];
- на основе исторического подхода [Коршунова, 1992];
- с опорой на научно-методологическую базу [Галагузова и др., 2020];

³⁸ Соловцова И. А. Общие основы педагогики: учебник для студентов педагогических вузов / И. А. Соловцова, Н. М. Боротко; под ред. Н. М. Боротко. Волгоград: Изд-во ВГИПК РО, 2006. 60 с.

– по классификационному признаку [Кошкина, 2012].

Вместе с тем, вопрос о классификации и систематике научно-педагогических понятий остается нерешенным, хотя попытки поиска научно-методологических подходов продолжаются. Так, группа ученых из Белоруссии и России на протяжении нескольких лет проводила крупное исследование понятийного аппарата современной педагогики на основе интеграции дисциплинарного, феноменологического и когнитивного подходов. Систематика терминологического аппарата осуществлялась с выделением:

– тематических кластеров («Теоретико-методологические основы педагогики», «Дидактика», «Дидактика обучения взрослых», «Основы управления педагогическими системами», «Дополнительное образование») [Систематизация..., 2018];

– понятийно-терминологического поля («Профессиональная педагогическая деятельность», «Непрерывное образование», «Воспитание и социализация», «Современный процесс обучения», «Содержание образования», «Современные формы образовательной деятельности», «Технологии и методы обучения», «Образовательная диагностика», «Педагогическая инноватика») [Развитие..., 2022].

Специальному изучению на основе графов был подвержен кластер «Дидактика», в котором были описаны меньшие по объему кластеры: «Дидактика как наука», «Обучение», «Преподавание», «Учение», «Содержание образования», «Метод обучения», «Формы обучения», «Средства обучения», «Оценивание», «Воспитывающее обучение», «Педагогическая технология», «Инновации в дидактике», «Дидактика взрослых» [Систематика ..., 2019].

Кластеризация понятийного аппарата педагогики явление достаточно новое. Кластеры характеризуют педагогические понятия связанностью, взаимодополняемостью и взаимозависимостью. Особо отметим тот факт, что в последнее время прослеживается явная дефицитарность исследований такого уровня, позволяющих оценить изменения в понятийном аппарате педагогики, своевременно рефлексировать, давать педагогическому сообществу ориентиры в понимании тех явлений, которые оказывают существенное влияние на изменения в терминологическом и понятийном аппарате педагогики. Систематика терминологического аппарата педагогики позволяет своевременно обновлять научно-педагогическое знание, сохранять его актуальность.

Педагогические понятия и категории обладают рядом свойств, к которым относятся взаимосвязанность, взаимообусловленность и соподчиненность. Взаимосвязанность отслеживается в тесном переплетении категорий/понятий. Взаимообусловленность рассматриваем в качестве взаимных влияний одних понятий и категорий на другие. Соподчиненность прослеживается в возможности построения уровневой иерархии категорий, где отдельно взятая категория/понятие способна подчиняться группе категорий более высокого уровня.

В работе Г. Н. Серикова предпринимается попытка трехуровневой классификации педагогических понятий. Выделены следующие группы: «понятия, характеризующие виды образования; понятия, связанные с видами образовавшегося ресурса человека; система обобщенных понятий, объединяющих два предыдущих уровня и отражающих их бинарные отношения» [Сериков, 2013, с. 19]. В данной классификации понятия построены с учетом общеуниверсальных правил систематики. Вместе с тем понятийный аппарат воспитания «выпал» из классификации.

В. В. Краевский все категории педагогики делил на разные уровни: философские, общенаучные и собственно педагогические³⁹. В основу данной классификации заложена уровневая иерархичность. Данная классификация имеет общий характер и представляет интерес в большей мере для исследователя, практикам же данная систематика представляется сложной и наукообразной.

И. А. Соловцова и Н. М. Борытко выделили тенденции в современном развитии категориального аппарата педагогики: заимствование понятий из философии; заимствование общенаучных понятий; включение понятий, не являющихся строго научными; «переформатирование» фундаментальных понятий; наделение понятий новыми смыслами⁴⁰. Е. А. Кошкина выделила тенденции в развитии понятийного аппарата дидактики: «Возникновение дидактических понятий и терминов обусловлено в первую очередь потребностью в фиксации и осмыслении опыта обучения, накопленного в разных культурах и в разных образовательных системах; сохранение относительной стабильности ее структурной организации; формирование категориального аппарата теории и практики обучения; развитие структурных компонентов дидактической терминологии» [Кошкина, 2016]. Е. А. Кошкина указывает на наличие свойства общезначимости у педагогических понятий, что важно для данного исследования.

Российские ученые уделяют значительное внимание исследованию педагогических понятий. Так, например, Е. А. Кошкина разработала авторскую «концепцию выделения основных этапов генезиса терминологии отечественной дидактики», определяя «изменения состояния употребления дидактических понятий и терминов» [Кошкина, 2015]. Вместе с тем необходимость более целостного и системного анализа понятийного аппарата педагогики вполне очевидна.

В настоящее время «отечественная педагогическая терминология ... пополняется новыми лексическими единицами. Данный процесс зачастую происходит стихийно и лавинообразно, что приводит к трудностям в систематизации научно-педагогической лексики» [Кошкина и др., 2022, с. 133]. Данное явление неизбежно как в силу развития педагогики как науки, так и обогащения научно-педагогического знания новым содержательным

³⁹ Краевский В. В. Методология педагогики: пособие для педагогов-исследователей. Чебоксары: Изд-во Чуваш., ун-та, 2001. 244 с.

⁴⁰ Соловцова И. А. Общие основы педагогики: учебник для студентов педагогических вузов / И. А. Соловцова, Н. М. Борытко; под ред. Н. М. Борытко. Волгоград: Изд-во ВГИПК РО, 2006. 60 с.

наполнением, связанным с бурным развитием информационных технологий, поиском новых более продуктивных образовательных технологий.

Results (Результаты)

Обращаясь к научно-педагогическим понятиям, отметим наличие у них свойства объективности. Научные понятия всегда соотносятся с педагогической реальностью, они ее суть, ее содержательное воплощение, их истинность базируется не столько на теоретизации и абстрагировании, сколько на анализе педагогической действительности и практики.

Объективность научно-педагогических понятий можно отследить и в процессе их развития. Полагаем, что можно выделить пять стадий развития научно-педагогических понятий посредством использования различных содержательных форм слова в научном дискурсе: возникновение, концептуализация, категориальное наполнение, преобразование, терминологическое закрепление. На стадии возникновения формируется словесная форма как языковая единица, отражающая некое педагогическое явление, процесс или состояние. На стадии концептуализации слово преобразуется в дефиницию. Далее происходит категориальное наполнение педагогического термина общим содержанием. На стадии преобразования категория приобретает статус научного понятия. Завершается весь процесс стадией закрепления научного понятия как термина педагогики. Это целостный путь образования научно-педагогического понятия с плавным переходом от одной стадии к другой, с восхождением от общего к частному. Данные стадии имеют идеализированный характер, вполне возможны и другие сценарии развития научно-педагогических понятий.

Приведенные примеры систематики и классифицирования (В. В. Краевский, Г. Н. Сериков, И. А. Соловцова и Н. М. Боротко и др.) научно-педагогических понятий доказывают наличие в их организации свойства системности.

Педагогические понятия обладают свойствами взаимосвязанности, взаимообусловленности и соподчиненности, поэтому можно говорить и о наличии у них свойства общезначимости как пригодности для применения. В процессе систематики научно-педагогических понятий свойство общезначимости прослеживается при выборе исследователями научно-методологических подходов (В. С. Безрукова, М. А. Галагузова, В. И. Гинецинский, И. М. Кантор, Б. Б. Комаровский, Н. Л. Коршунова, Е. А. Кошкина, Г. Н. Штинова и др.).

Универсальность как свойство научного знания по отношению к научно-педагогическим понятиям отслеживается в переносе знаний в смежные научные области. Например, достаточно часто педагогическая терминология используется в социологии воспитания и философии образования.

Наличие у научно-педагогических понятий выраженности свойств объективности, общезначимости, системности и универсальности доказывает – научные понятия остаются одной из значимых форм научно-педагогического знания.

Работа по обновлению понятийного аппарата педагогики требует осторожности и разумности, в противном случае можем столкнуться с сатирическими явлениями, описанными В. С. Безруковой: «Совсем недавно нам пришлось сравнить понятийно-терминологический аппарат теории коллектива, созданный лабораторией Л. И. Новиковой ..., и тем, что излагается в современных учебниках, пособиях и статьях (монографий о коллективе за двадцать лет, кажется, не издано ни одной). Теория коллектива уже подменена психологической теорией групп, коллективизм – корпоративностью, нет ничего о самоуправлении, на место соревнований пришла конкурентоспособность, во главу угла поставлено достижение личного успеха. Ничего нет о традициях, братстве в труде, взаимовыручке и прочих «нежностях» старой теории» [Безрукова, 2012, с. 7]. Гонка за новизной через тотальное обновление научных понятий, некритичное их использование, слепое внедрение научных понятий из других наук могут привести к выхолащиванию всего педагогического. Именно тогда научные понятия и перестанут быть научно-педагогическим знанием. В работе над научно-педагогическими понятиями необходимо стремление к устранению допущенных ошибок и неточностей, исправлению заблуждений и иллюзий.

Conclusion (Заключение)

Педагогические понятия несут строго заданную смысловую нагрузку посредством отражения содержания и объема, вкладываемого в них. Педагогические понятия выступают средством отражения научной позиции автора, использующего те или иные термины. Строгость и стройность использования научно-педагогических понятий указывает на точность и уровень понимания педагогических идей. Педагогические понятия выступают индикаторами в определении педагогической парадигмы, которой придерживается их носитель.

Требуется дальнейший анализ выделенных стадий развития научно-педагогических понятий. В данном исследовании они выделены посредством использования различных содержательных форм слова в научном дискурсе: возникновение, концептуализация, категориальное наполнение, преобразование, терминологическое закрепление. Анализ указанных стадий позволит выявить сценарии развития научно-педагогических понятий.

Научно-педагогические понятия остаются одной из значимых форм научно-педагогического знания, так как обладают свойствами объективности, общезначимости, системности и универсальности. Перспективным представляется дальнейшее исследование научно-педагогических понятий как значимой формы научно-педагогического знания посредством анализа выраженности других свойств, например, **доказательности, проверяемости, воспроизводимости, рациональности, использования специального языка и др.**

Развитие педагогических понятий не стоит на месте, а продолжается. Явно прослеживается влияние социальных изменений на понятийный аппарат педагогики. Интенсивное развитие цифровой среды привело к появлению

новых терминов, категорий и понятий. «... Рост числа IT-технологий и расширение их дидактических функций, адаптация зарубежного педагогического опыта, многозначность и синонимия используемых лексических средств, а также высокая скорость их обновления» приводят к обогащению терминологического аппарата новыми терминами [Кошкина, 2023, с. 20]. В настоящее время формируется новая отрасль педагогики, связанная с информатизацией: цифровая педагогика. Полагаем, что при более осмысленном формировании понятийного аппарата данной отрасли педагогики, возможно ее структурированное развитие с учетом имеющихся проблем.

Библиографический список

- Безрукова В. С.* В поисках новой педагогики // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии. 2012. № 2(12). С. 4-11. EDN PVRMEZ.
- Безрукова В. С.* Основные категории теории воспитания и их функции в развитии педагогической науки: специальность 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук / Безрукова Валентина Сергеевна. Казань, 1983. 42 с.
- Большакова З. М.* Развитие педагогической теории / З. М. Большакова, Н. Н. Тулькибаева, Г. С. Голошумова // Проблемы современного образования. 2018. № 6. С. 65-79. EDN YTGTKH.
- Борытко Н. М.* Системность определения педагогической категории // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2012. Т. 71. № 7. С. 8-15. EDN PCRJUL.
- Вейдт В. П.* Проблемы современной педагогической терминологии // Калининградский вестник образования. 2020. № 4(8). С. 4-14. EDN BFXKLQ.
- Галагузова М. А.* Эволюция понятийного аппарата педагогики и образования : монография / М. А. Галагузова, Г. Н. Штинова. М.: ИНФРА-М. 2020. 137 с.
- Гелясина Е. В.* Концепция как форма научно-педагогического знания // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. 2020. № 4 (106). С. 38-43. EDN MDYEZS.
- Гелясина Е. В.* Подход как форма методологического знания в педагогике // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. 2020. № 1 (103). С. 19-22. EDN EZVFCD.
- Гинецинский В. И.* Основы теоретической педагогики. СПб.: Изд-во СПбУ, 1992. 154 с.
- Гмурман В. Е.* Предмет, структура и категории педагогической науки // Материалы IV сессии Всесоюзного методологического семинара. М.: [б. и.], 1971. С. 12-15.
- Дорохова Т. С.* О создании русско-китайского словаря по педагогике и образованию / Т. С. Дорохова, Ю. Н. Галагузова, Н. В. Карнаух // Педагогика. 2024. Т. 88, № 4. С. 118-124. EDN ZBJEVM.
- Егорова Ю. Н.* Систематизация новой педагогической терминологии на основе содержательной структуры образовательной ситуации / Ю. Н. Егорова, С. И. Невдах, О. Н. Шилова // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. 2021. № 2(108). С. 15-19. EDN RNLEPP.
- Ибрагимов Г. И.* Методологические основы и факторы развития дидактических понятий // Педагогика. 2011. № 10. С. 12-19. EDN NBNMTW.
- Кантор И. М.* Понятийно-терминологическая система педагогики. М.: Педагогика, 1980. 157 с.
- Комаровский Б. Б.* Русская педагогическая терминология. М.: Просвещение, 1969. 311 с.
- Коришунува Н. Л.* Зачем нужна однозначность научных понятий? // Педагогика. 1992. № 3-4. С. 48-52.

- Коршунова Н. Л. Объективность знания в педагогике и ее объект в контексте развития современной науки // Психолого-педагогический поиск. 2010. № 14. С. 43-61. EDN NBRSHN.
- Кошкина Е. А. О периодизации развития отечественной дидактической терминологии (XVIII – начало XX вв.) // Европейский журнал социальных наук. 2015. № 12. С. 266-274. EDN XGYWER.
- Кошкина Е. А. Понятийно-терминологический аппарат педагогики как предмет историко-педагогического исследования // Образование и наука. 2012. № 5 (94). С. 83-89. EDN OZAOVP.
- Кошкина Е. А. Проблемы систематизации терминологии цифровой дидактики // Непрерывное образование. 2023. № 1(43). С. 20-29. EDN IDYSNU.
- Кошкина Е. А. Структурная организация терминологии советской дидактики 20-30-х гг. XX в. / Е. А. Кошкина, С. В. Ядренникова // Научно-педагогическое обозрение. 2022. № 1(41). С. 132-141. DOI 10.23951/2307-6127-2022-1-132-141. DOI 10.23951/2307-6127-2022-1-132-141. EDN HEZOCM.
- Кошкина Е. А. Тенденции исторического развития терминологии отечественной дидактики (XVIII – начало XX вв.) // Общество: социология, психология, педагогика. 2016. № 2. С. 119-124. EDN VOOALT.
- Лызь Н. А. Взгляд на парадигмы и изменения в педагогике // Педагогика. 2005. № 8. С. 16-26. EDN NCMDVD.
- Лызь Н. А. Виды и формы педагогического знания // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. 2014. №6. С. 40-45. EDN TCVFPR.
- Невдах С. И. Тенденции взаимодействия теории и практики образования в условиях обновления тезауруса педагогической науки / С. И. Невдах, Т. Е. Титовец, Ю. Н. Егорова // Вестник Белорусского государственного педагогического университета. Серия 1. Педагогика. Психология. Филология. 2022. № 1(111). С. 6-11. EDN FGGBHJ.
- Никитина Е. А. Освоение студентами понятийного аппарата педагогики как проблема современного высшего образования // Мир науки. Педагогика и психология. 2023. Т. 11, № 6. С. 1-12. EDN LEMRHR.
- Овсянникова Е. К вопросу о природе и структуре педагогического знания // Вопросы методологии. 1998. №1/2. С. 84-93.
- Перминова Л. М. Фактор системности в повышении доказательности результатов педагогических исследований по проблемам высшего образования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2024. № 1. С. 73-76. EDN NHUPBE.
- Развитие педагогического знания в условиях изменения терминологии: монография / Н. А. Вершинина, О. Б. Даутова, М. Г. Ермолаева [и др.]. СПб.: Свое издательство, 2022. 178 с. EDN ETNIO.
- Сериков В. В. Поиск педагогического знания: к преодолению методологического кризиса в педагогике // Грани познания. 2015. № 7 (41). С. 9-18. EDN VKDBJF.
- Сериков Г. Н. О систематизации понятий педагогики // Образование и наука. 2013. № 4 (103). С. 19-30. EDN OJNIZQ.
- Систематизация педагогического знания: методология исследования терминологии / О. Б. Даутова, Н. А. Вершинина, М. Г. Ермолаева [и др.]. СПб.: Буквально, 2018. 216 с. EDN OVAMAC.
- Систематика терминологического аппарата современной парадигмы образования как методология отбора содержания педагогического образования / О. Б. Даутова, А. И. Жук, А. В. Торхова [и др.]. СПб.: Буквально, 2019. 320 с. EDN QQYNWQ.
- Устьянцева Л. Д. Формирование педагогических понятий у студентов колледжа: специальность 13.00.01 «Общая педагогика, история педагогики и образования» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Устьянцева Людмила Даниловна. Екатеринбург, 1998. 24 с.

References

- Bezrukova V. S. (1983). Basic categories of the theory of education and their functions in the development of pedagogical science: abstract of thesis. diss. ... Dr. of Pedagogical Sciences: 13.00.01. Kazan. 42 p. (In Russian)
- Bezrukova V. S. (2012). In Search of New Pedagogy. *Theory and Practice of Service: Economics, Social Sphere, Technology*. 2(12): 4-11. (In Russian)
- Bolshakova Z. M., Tulkibaeva N. N., Goloshumova G. S. (2018). Development of Pedagogical Theory. *Problems of Modern Education*. 6: 65-79. (In Russian)
- Borytko N. M. (2012). Systematic Definition of a Pedagogical Category. *News of the Volgograd State Pedagogical University*. 71(7): 8-15. (In Russian)
- Dautova O. B., Vershinina N. A., Ermolaeva M. G. [et al.]. (2018). Systematization of pedagogical knowledge: methodology for researching terminology. Saint Petersburg: 2018. 216 p. (In Russian)
- Dautova O. B., Zhuk A. I., Torkhova A. V. [et al.]. (2019). Systematics of the terminological apparatus of the modern paradigm of education as a methodology for selecting the content of teacher education. Saint Petersburg: *Literally*, 2019. 320 p. (In Russian)
- Dorokhova T. S., Galaguzova Yu. N., Karnaukh N. V. (2024). On the creation of a Russian-Chinese dictionary on pedagogy and education. *Pedagogy*. 88 (4): 118-124. (In Russian)
- Egorova Yu. N., Nevdakh S. I., Shilova O. N. (2021). Systematization of new pedagogical terminology based on the substantive structure of the educational situation. *Bulletin of the Belarusian State Pedagogical University. Series 1. Pedagogy. Psychology. Philology*. 2 (108): 15-19. (In Russian)
- Galaguzova M. A., Shtinova G. N. (2020). Evolution of the conceptual apparatus of pedagogy and education: monograph. Moscow: INFRA-M, 2020. 137 p. (In Russian)
- Gelyasina E. V. (2020). Approach as a form of methodological knowledge in pedagogy. *Bulletin of the Belarusian State Pedagogical University. Series 1. Pedagogy. Psychology. Philology*. 1 (103): 19-22. (In Russian)
- Gelyasina E. V. (2020). Concept as a Form of Scientific and Pedagogical Knowledge. *Bulletin of the Belarusian State Pedagogical University. Series 1. Pedagogy. Psychology. Philology*. 4 (106): 38-43. (In Russian)
- Ginetsinsky V. I. (1992). Fundamentals of theoretical pedagogy. Saint Petersburg: Publishing house of SPbU, 1992. 154 p. (In Russian)
- Gmurman V. E. (1971). Subject, structure and categories of pedagogical science. *Proceedings of the IV session of the All-Union methodological seminar*. 12-15. (In Russian)
- Ibragimov G. I. (2011). Methodological foundations and factors of development of didactic concepts. *Pedagogy*. 10: 12-19. (In Russian)
- Kantor I. M. (1980). Conceptual and terminological system of pedagogy. Moscow: *Pedagogy*, 1980. 157 p. (In Russian)
- Komarovsky B. B. (1969). Russian pedagogical terminology. Moscow: Education, 1969. 311 p. (In Russian)
- Korshunova N. L. (1992). Why is the unambiguity of scientific concepts necessary? *Pedagogy*. 3-4: 48-52. (In Russian)
- Korshunova N. L. (2010). Objectivity of knowledge in pedagogy and its object in the context of development of modern science. *Psychological and pedagogical search*. 14: 43-61. (In Russian)
- Koshkina E. A. (2012). Conceptual and terminological apparatus of pedagogy as a subject of historical and pedagogical research. *Education and Science*. 5 (94): 83-89. (In Russian)
- Koshkina E. A. (2015). On the periodization of the development of domestic didactic terminology (XVIII - early XX centuries). *European Journal of Social Sciences*. 12: 266-274. (In Russian)
- Koshkina E. A. (2016). Trends in the historical development of terminology in domestic didactics (XVIII – early XX centuries). *Society: sociology, psychology, pedagogy*. 2: 119-124. (In Russian)
- Koshkina E. A. (2023). Problems of systematization of digital didactics terminology. *Continuing Education*. 1(43): 20-29. (In Russian)
- Koshkina E. A., Yadrennikova S. V. (2022). Structural organization of the terminology of Soviet

- didactics of the 20-30's XX century. *Scientific and Pedagogical Review*. 1(41): 132-141. DOI 10.23951/2307-6127-2022-1-132-141. (In Russian)
- Lyz N. A. (2005). A look at paradigms and changes in pedagogy. *Pedagogy*. 8: 16-26. (In Russian)
- Lyz N. A. (2014). Types and forms of pedagogical knowledge. *Municipal education: innovation and experiment*. 6: 40-45. (In Russian)
- Nevdakh S. I., Titovets T. E., Egorova Yu. N. (2022). Trends in the interaction of theory and practice of education in the context of updating the thesaurus of pedagogical science. *Bulletin of the Belarusian State Pedagogical University. Series 1. Pedagogy. Psychology. Philology*. 1(111): 6-11. (In Russian)
- Nikitina E. A. (2023). Students' mastery of the conceptual apparatus of pedagogy as a problem of modern higher education. *World of Science. Pedagogy and psychology*. 11(6): 1-12. (In Russian)
- Ovsyanitskaya E. (1998). On the question of the nature and structure of pedagogical knowledge. *Methodological Issues*. 1/2: 84-93. (In Russian)
- Perminova L. M. (2024). The factor of systematicity in increasing the evidence of the results of pedagogical research on the problems of higher education. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Problems of Higher Education*. 1: 73-76. (In Russian)
- Serikov G. N. (2013). On the systematization of pedagogy concepts. *Education and Science*. 4 (103): 19-30. (In Russian)
- Serikov V. V. (2015). Search for pedagogical knowledge: towards overcoming the methodological crisis in pedagogy. *Frontiers of Cognition*. 7 (41): 9-18. (In Russian)
- Ustyantseva L. D. (1998). Formation of pedagogical concepts among college students: abstract of thesis. diss. ... cand. ped. Sciences: 13.00.01. Ekaterinburg. 24 p. (In Russian)
- Veidt V.P. (2020). Problems of modern pedagogical terminology. *Kaliningrad Bulletin of Education*. 4(8): 4-14. (In Russian)
- Vershinina N. A., Dautova O. B., Ermolaeva M. G. [et al.]. (2022). Development of pedagogical knowledge in conditions of changing terminology: monograph. Saint Petersburg: Own publishing house, 2022. 178 p. (In Russian)

РАЗВИТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПЕДАГОГА В УСЛОВИЯХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*Любовь Енжаповна Халудорова,
orcid.org/0000-0003-4527-7460,
доктор педагогических наук, доцент
Бурятский республиканский институт образовательной политики,
ул. Советская, 30
Улан-Удэ, 670010, Россия
l.e.khaludorova@mail.ru*

Аннотация. В современном динамично развивающемся мире изменяется парадигма дополнительного профессионального педагогического образования. Большое внимание направлено на совершенствование профессиональных компетенций педагогов, связанных с навыками будущего, в том числе, и на один из топ-навыков – эмоциональный интеллект. В статье рассматривается понятие «эмоциональный интеллект», его компоненты, особенности и возможность развития этих компонентов в условиях дополнительного профессионального образования. Цель написания статьи – актуализация необходимости развития эмоционального интеллекта педагога посредством разработки и реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации. В работе использован комплекс теоретических и эмпирических методов исследования: анализ и обобщение научной литературы, исследование уровня развития компонентов эмоционального интеллекта, наблюдение. Результатом явилась дополнительная профессиональная программа повышения квалификации, реализация которой продемонстрировала и подтвердила повышение уровня развития компонентов эмоционального интеллекта педагога. В исследовании сделан вывод о том, что выявлена возможность эффективного развития эмоционального интеллекта педагога в результате изучения, анализа и решения предложенных образовательных задач, изложенных в дополнительной профессиональной программе повышения квалификации.

Ключевые слова: эмоции, мышление, интеллект, эмоциональный интеллект, компоненты, педагог, дополнительное профессиональное образование, повышение квалификации, навыки, образовательная задача.

DEVELOPMENT OF A TEACHER'S EMOTIONAL INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION

*Liubov E. Khaludorova,
orcid.org/0000-0003-4527-7460,
Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor
Buryat Republican Institute of Educational Policy,
30 Sovetskaya Street
Ulan-Ude, 670010, Russia
l.e.khaludorova@mail.ru*

Abstract. In today's dynamically developing world, the paradigm of additional professional pedagogical education is changing. Much attention is paid to improving the

professional competencies of teachers related to the skills of the future, including one of the top skills - emotional intelligence. The article discusses the concept of "emotional intelligence", its components, features and the possibility of developing these components in the context of additional professional education. The purpose of writing the article is to actualize the need to develop the emotional intelligence of a teacher through the development and implementation of an additional professional advanced training program. The work uses a set of theoretical and empirical research methods: analysis and generalization of scientific literature, study of the level of development of emotional intelligence components, observation. The result was an additional professional advanced training program, the implementation of which demonstrated and confirmed an increase in the level of development of the emotional intelligence components of a teacher. The study concluded that the possibility of effective development of the emotional intelligence of a teacher was revealed as a result of studying, analyzing and solving the proposed educational problems set out in the additional professional advanced training program.

Key words: emotions, thinking, intelligence, emotional intelligence, components, teacher, additional professional education, advanced training, skills, educational task.

Введение

В последние годы активно обсуждается феномен эмоционального интеллекта, который рассматривается нами как педагогическая проблема. Это, на наш взгляд, связано с умением педагога эффективно решать свои профессиональные задачи. Также многие исследователи утверждают, что эмоциональный интеллект, уровень его развития является средством достижения значительных успехов в жизни. В этой связи появилась потребность глубже изучить историю возникновения этого понятия, выявить его особенности и ответить на вопросы: что такое эмоциональный интеллект, как правильно понимать собственные эмоции и эмоции окружающих людей, какую роль играют эмоции в личностном развитии человека, как относиться к своим эмоциям и строить эффективные отношения с окружающими людьми, конструктивно общаться и взаимодействовать.

Деятельность педагога очень часто сопровождается напряженными ситуациями, появляется необходимость эмоционального реагирования и эмоционального напряжения, что мешает его качественной деятельности на рабочем месте.

В случае, когда уровень развития эмоционального интеллекта повыше, то, по нашему мнению, тем легче избежать стрессовых ситуаций, повысить эффективность организации процессов обучения и воспитания, понять душевное состояние, понимать не только свои мотивы, цели, стремления и желания, но и другого человека.

Таким образом, целью написания данной статьи стала актуализация необходимости развития эмоционального интеллекта педагогов посредством разработки и реализации дополнительной профессиональной программы их повышения квалификации.

Материалы и методы

Основу исследования составил деятельностный подход, использованный при разработке и реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации педагогов. В

исследовании использованы как теоретические, так и эмпирические методы: анализ и обобщение научной литературы по вопросам развития эмоционального интеллекта.

Дискуссия

Из истории вопроса мы понимаем, что еще философия начала рассматривать феномен интеллекта. Например, Аристотель раскрывал возможности отвлеченного мышления через понятия, суждение, умозаключение. Декарт считал рационалистическое мышление истинно научным, для него чувства и эмоции были второстепенными. Эпоха Просвещения знаменательна тем, что разум доминировал над эмоциональной сферой. С эпохи Романтизма начали осознавать важность роли разума и эмоций в жизнедеятельности человека, их единства. Таким образом, эмоции и интеллект первоначально рассматривались отдельно, хотя и было осознание их взаимозависимости. Но гораздо позже в психологии утвердилось мнение, что сочетание интеллекта и эмоции как отдельные свойства человеческой психики составляют эмоциональный интеллект.

Понятие «эмоциональный интеллект» впервые появилось в докторской диссертации У. Пейна в 1985 году. Многие исследователи эмоциональный интеллект связывали с социальным интеллектом, концепцию которого разработали Дж. Гилфорд, Х. Гарднер, Г. Айзенк. У истоков становления теории эмоционального интеллекта стояли Дж. Майер и П. Сэловей. Дж. Майер определил пять этапов становления и развития понятия «эмоциональный интеллект», начиная с исследования особенностей эмоций и интеллекта до осознания его сути и сущности [Mayer et al., 1997]. Дж. Майер и П. Сэловей определили эмоциональный интеллект как «способность отслеживать собственные и чужие чувства и эмоции, различать их и использовать эту информацию для направления мышления и действий» [Mayer et al., 1997]. Это было первоначальное определение.

Рувен Бар-Он с эмоциональным интеллектом связывает некогнитивные способности, компетенции, умения, которые влияют на способность быть успешным в условиях изменений окружающей среды [Бар-Он, 1997]. Эмоциональный интеллект в данной ситуации отождествляется с эмоциональной и социальной компетентностями.

Д. Гоулман, Бояцис Р., Макки Э., американские психологи, придерживаются точки зрения о том, что эмоциональный интеллект можно рассматривать как интеллектуальное использование эмоций, компетенций, способностей, необходимых для управления собой и другими людьми [Гоулман и др., 2005]. Исследования К. Яколино, Б. Червеллионе, Р. Истро и др. показывают важность эмоциональных и метакогнитивных навыков учителей для повышения качества жизни и психологического благополучия [Iacolino et al., 2023]

В отечественной психологической науке о взаимосвязи эмоций и интеллекта писали Л.С. Выготский, С.Л. Рубинштейн, А.Н. Леонтьев, в современной психологии эмоциональный интеллект исследуют

И.Н. Андреева, Е.В. Балганова, О.А. Береговая, И.П. Бушуева,
Е.А. Сергиенко, Е.В. Волохова, Т.С. Киселева, Г.Г. Гарскова,
М.А. Манойлова, Л.М. Наймушина, Е.А. Хлевная, Т.С. Киселева [Андреева, 2020; Балганова и др., 2022, Волохова и др., 2022, Гарскова, 1999; Манойлова, 2004, Наймушина, 2020, Сергиенко и др., 2020] и др.

А.Г. Асмолов утверждает, что в рамках «неклассической рациональности» появляется потребность обращения к эмоциональному интеллекту, который является составляющей нового стиля мышления в условиях неопределенности. При этом важна, по его мнению, обращенность научной мысли к невербальным способам передачи информации [Асмолов, 2002а]. Рассматривая эмоциональный интеллект в структуре индивидуальности, А.Г. Асмолов трактует индивидуальность как «совокупность смысловых отношений и установок человека, которые присваиваются в ходе жизни в обществе, обеспечивают ориентировку в иерархии ценностей и овладение поведением в ситуации борьбы мотивов; воплощаются через деятельность и общение в продуктах культуры, других людях, себе самом ради продолжения существования образа жизни, являющегося ценностью для данного человека» [Асмолов, 2002б, с. 348]. Все перечисленное, безусловно, связано с мышлением и проявлением эмоций.

Эмоциональный интеллект также активно изучается в связи с тем, что сегодня в системе общего и дополнительного профессионального образования практикуются исследовательские, творческие методы, нежели информативные, отказываются от репродуктивных методов обучения как детей, так и взрослых, которые опираются на конвергентное мышление с его главным показателем – IQ, и все чаще обращаются к творческим методам, основанным на исследовательской деятельности, поскольку при поисковой активности важную роль играет эмоциональный фактор. Таким образом, в образовательной деятельности важную роль играет не только когнитивный, но и эмоциональный фактор, значит, исследуемая нами проблема является актуальной.

Результаты

В региональной системе дополнительного профессионального образования большое внимание обращается на развитие у педагогов эмоционального интеллекта. В этой связи в исследовании приняли участие 60 учителей, преподающих разные учебные предметы. Были использованы стандартизированные методики, чтобы определить результаты: опросник эмоционального интеллекта «ЭмИн» Д.В. Люсин [Люсин, 2006]; методика Н. Холла оценки «эмоционального интеллекта» (опросник EQ), Е.И. Ильин [Ильин, 2001]. Статистическая обработка результатов (сопоставление двух выборок по частоте встречаемости необходимого для нас эффекта), была проведена по Критерию ϕ^* – угловому преобразованию Фишера, т. е. методом критических значений. На констатирующем этапе при входной диагностике были получены результаты, которые представлены в таблице №1.

Таблица 1 – Результаты входной диагностики (%)

Компоненты эмоционального интеллекта	Уровни эмоционального интеллекта		
	высокий	средний	низкий
Когнитивный	20	39	41
Аффективный	18	37	45
Поведенческий	23	44	33
Общий показатель	20,6	39,7	39,7

Анализ результатов входной диагностики показывает, что у педагогов, несмотря на их возраст, имеющуюся психологическую подготовку по когнитивному компоненту эмоционального интеллекта выявлен низкий уровень (41%). Значит, большинство из них не понимают эмоции свои и эмоции других людей, отмечается слабая осведомленность. У 45% педагогов низкий уровень по аффективному компоненту эмоционального интеллекта, они не понимают внешние проявления эмоций человеком и на этой основе его эмоциональное состояние, не рефлексировать свои эмоции, плохо словесно их описывают. Педагоги не всегда умеют контролировать свои эмоции и управлять эмоциями других людей. Это подтверждают результаты (доминирующие 44%, средний уровень) по поведенческому компоненту эмоционального интеллекта. Статистически значимые различия обнаружены между показателями низкого уровня поведенческого и аффективного компонентов эмоционального интеллекта у учителей ($F^*_{эмп} = 1,879$). Это доказывает, что у них более развит поведенческий компонент эмоционального интеллекта.

На этапе формирующего эксперимента были организованы курсы повышения квалификации педагогов по разработанной дополнительной профессиональной программе «Эмоциональный интеллект: движение к познанию себя». Новизна этой программы заключается в том, что она, в отличие от традиционных программ повышения квалификации, полностью посвящена практическим занятиям, содержание которых реализуется через решение так называемых ситуационных задач (СЗ), она структурирована по модулям (стадиям) и рассчитана на 16 часов.

Первая стадия называется *ситуацией-определением*. На этой стадии все обучающиеся педагоги знакомятся друг с другом, рассказывают друг другу про свои интересы, предпочтения, согласовывают свои цели обучения и дальнейшего взаимодействия. Вся деятельность строится на решении ситуационных задач (далее – СЗ), ориентированных на развитие эмоционального интеллекта. Так, на этой стадии были предложены для решения такие ситуационные задачи, как «Мои достижения», «Мой опыт», «Мой мышлеобраз». Все эти ситуации направлены на снятие эмоционального напряжения при первой встрече.

На второй стадии *ситуации-осмысления* создаются специальные ситуации, направленные на лабилизацию участников. Предлагаются такие ситуационные задачи, как «Затянувшийся спор», «Это депрессия?», «Я хочу изменить себя и мир, окружающий меня». Это множество стандартных и нестандартных ситуаций, которые представлены в виде описанных, имитируемых и не всегда положительно окрашенных ситуаций, требующих разрешения конфликтов,

которые нужно исследовать, решать, разрешать, предлагать выходы из нее. Это ситуации проявления эмоций, при решении которых развиваются умения реагировать на происходящее. К примеру, ситуации, направленные на развитие готовности и способности быть терпимым и проявлять эмпатию к ошибкам и стилям неадекватного поведения других людей.

Во время третьей стадии, *ситуации-отношения*, педагог уже начинает демонстрировать знания того, что собой представляет эмоциональный интеллект, свой сложившийся опыт взаимоотношений, владение навыками свободного общения, высказывая при этом свою точку зрения. Такое поведение можно назвать ассертивным поведением. Здесь предлагаются такие ситуации, как «Мои ценности», «Вопросы самому себе». Необходимо отметить, что участники при работе с этими ситуациями уже начинают проявлять уверенное, уравновешенное отношение к происходящему, порождая положительные эмоции.

На четвертой стадии, т. е. в условиях *ситуации-осознания*, происходит погружение в себя. Такую ситуацию можно назвать рефлексией, т.е. осознанием самого себя, своих мыслей, своих эмоций, своего поведения. На этой стадии заводится дневник размышлений о себе. Этот дневник внутри себя содержит небольшие тексты по проблеме развития эмоционального интеллекта для обсуждения его смысла наедине с самим собой. Главное, все записывается, чтобы можно было возвращаться, перечитывать, рефлексировать. На этом этапе также используется методика «Автопортрет» с разработанными специальными заданиями, связанными с проявлением тех или иных чувств.

После формирующего эксперимента была проведена выходная диагностика, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты выходной диагностики (%)

Компоненты эмоционального интеллекта	Высокий уровень		Средний уровень		Низкий уровень	
Когнитивный (экспер. гр.)	16	40	40	50	44	10
Когнитивный (контр. гр.)	12	15	40	42	48	43
Аффективный (экспер. гр.)	16	42	34	35	50	23
Аффективный (контр. гр.)	10	15	42	47	48	38
Поведенческий (экспер. гр.)	17	38	42	51	41	11
Поведенческий (контр. гр.)	20	20	44	47	36	33

Из данной сравнительной характеристики результатов контрольной и экспериментальной групп мы видим, что есть изменения и динамика результатов в экспериментальной группе в отличие от контрольной, отмечаем у педагогов этой группы повышение уровня компонентов эмоционального интеллекта. В экспериментальных группах когнитивный компонент эмоционального интеллекта повысился на 24%, аффективный компонент эмоционального интеллекта – на 26%, менее выражены изменения в поведенческом компоненте эмоционального интеллекта – на 21%. Это нашло отражение в средних и высоких значениях его сформированности по когнитивному ($\varphi^*_{\text{эмп}} = 1,701$) и

аффективному ($\phi^*_{\text{эмп}} = 2,430$) компонентам, немного слабее выражены изменения поведенческого компонента ($\phi^*_{\text{эмп}} = 1,17$).

В целом, необходимо отметить, что произошло развитие всех составляющих эмоционального интеллекта педагогов. Организованное интерактивное участие педагогов в решении предложенных образовательных задач позволило повысить у них уровень сформированности эмоционального интеллекта, уровень осведомленности о своих эмоциональных качествах. Более того, в ходе эксперимента оттачивалось умение отстаивать собственную точку зрения и добиваться намеченных целей, было обращено внимание на развитие умения адекватно и объективно принимать себя и работать над формированием реалистичных притязаний.

Заключение

Изучение и анализ теоретических источников, эмпирическое исследование проблематики позволили нам прийти к выводу о том, что необходимо овладение такими навыками, как понимание своих эмоций, также эмоций других людей, способность управлять ими, применять эти знания и возможности в качестве основы для организации образовательной деятельности в школе. Это и есть уровень сформированности эмоционального интеллекта.

Полученные данные подтвердили эффективность целенаправленной реализации разработанной нами программы повышения квалификации для развития эмоционального интеллекта педагогов.

Библиографический список

- Андреева И. Н.* Эмоциональный интеллект и эмоциональная креативность: специфика и взаимодействие. Новополюк: Учреждение образования «Полуцкий государственный университет имени Евфросинии Полуцкой, 2020. 356 с. EDN EALLCB.
- Асмолов А. Г.* По ту сторону сознания: методологические проблемы неклассической психологии. М.: Смысл, 2002. 479 с. EDN TSYUSA.
- Асмолов А. Г.* Психология личности: Принципы общепсихологического анализа. М.: Академия, 2002. 416 с.
- Балганова Е. В.* Развитие эмоционального интеллекта в процессе подготовки будущих HR-менеджеров / Е. В. Балганова, О. А. Береговая, И. П. Бушуева // Лидерство и менеджмент. 2022. Т. 9. № 4. С. 1101-1114. DOI 10.18334/lim.9.4.116480. EDN INMMFM.
- Бар-Он Р.* Эмоциональный коэффициент. М.: Мультимедийные системы, 1997. 216 с.
- Волохова Е. В.* Динамика эмоционального интеллекта студентов в процессе изучения дисциплины «Эмоциональный интеллект» / Е. В. Волохова, Е. В. Любимова // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2022. № 4(41). С. 50-53.
- Гарскова Г. Г.* Введение понятия «эмоциональный интеллект» в психологическую теорию // Ананьевские чтения: тезисы научно-практической конференции. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 1999. С. 25-26.
- Гоулман Д.* Эмоциональное лидерство: искусство управления людьми на основе эмоционального интеллекта / Д. Гоулман, Р. Бояцис, Э. Макки. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 432 с.
- Ильин Е. И.* Методика Н. Холла оценки «эмоционального интеллекта» (опросник EQ) // Эмоции и чувства. СПб.: Питер, 2001. С. 633-634.

- Люсин Д. В. Новая методика для измерения эмоционального интеллекта: опросник ЭМИн // Психологическая диагностика. 2006. № 4. С. 3-22.
- Манойлова М. А. Развитие эмоционального интеллекта будущих педагогов. Псков: ПГПИ, 2004. 60 с.
- Наймушина Л. М. История становления понятия «эмоциональный интеллект» в психологической науке // Педагогика: история, перспективы. 2020. Том. 3. № 4. С. 63-70.
- Сергиенко Е. А. Роль эмоционального интеллекта в эффективности деятельности и психологического благополучия человека / Е. А. Сергиенко, Е. А. Хлевная, Т. С. Киселева // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. 2020. Т. 26. № 1. С. 46-53.
- Iacolino C. The Role of Emotional Intelligence and Metacognition in Teachers' Stress during Pandemic Remote Working: A Moderated Mediation Model / C. Iacolino, B. Cervellione, R. Isgrò // European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education. 2023. Vol. 13. № 1. P. 81-95. DOI 10.3390/ejihpe13010006.
- Mayer John. D. What is emotional intelligence? Emotional development and emotional intelligence: educational implications / J. D. Mayer, P. Salovey; ed. by P. Salovey, D. Slater. New York: Perseus Books, 1997. P. 3-31.

References

- Andreeva I. N. (2020). Emotional intelligence and emotional creativity: specificity and interaction. Novopolotsk: *Polockiy gosudarstvenniy universitet*, 2020. 356 p.
- Asmolov A. G. (2002). Beyond Consciousness: Methodological problems of non-classical psychology. Moscow: *Smysl*, 2002. 479 p.
- Asmolov A. G. (2002). Psychology of personality: Principles of general psychological analysis. Moscow: *Academy*, 2002. 416 p.
- Balganova E. V., Beregovaja O. A., Bushueva I. P. (2022). Developing Emotional Intelligence in the Process of Training Future HR Managers. *Liderstvo i menedzhment*, 9(4): 1101-1114.
- Bar-On R. (1997). Emotional coefficient. Moscow: *Mul'timediinye sistemy*, 1997. 216 p.
- Volokhova E. V., Lyubimova E. V. (2022). Dynamics of students' emotional intelligence in the process of studying the discipline "Emotional Intelligence". *Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology*. 4(41): 50-53.
- Garskova G. G. (1999). Introduction of the concept of "emotional intelligence" into psychological theory. *Ananyevsky readings: abstracts of the scientific and practical conference*. 25-26.
- Goulman D., Boyatsis R., Makki E. (2005). Emotional Leadership: The art of managing people based on emotional intelligence. Moscow: *Al'pina Biznes Buks*, 2005. 432 p.
- Ilyin E. I. (2001). N. Hall's method for assessing "emotional intelligence" (EQ questionnaire). *Emotions and feelings*. 633-634.
- Lyusin D.V. (2006). A new technique for measuring emotional intelligence: The EmIn questionnaire. *Psychological diagnostics*. 4: 3-22.
- Manoilova M. A. (2004). Development of emotional intelligence of future teachers. Pskov: *PGPI*, 2004. 60 p.
- Naimushina L. M. (2020). The history of the formation of the concept of "emotional intelligence" in psychological science. *Pedagogika: istoriya, perspektivy*. 3(4): 63-70.
- Sergienko E. A., Khlevnaya E. A., Kiseleva T. S. (2020). The role of emotional intelligence in the effectiveness of human activity and psychological well-being. *Bulletin of Kostroma State University. Series: Pedagogy. Psychology. Sociokinetics*. 26(1): 46-53.
- Mayer J. D., Salovey P. (1997). What is emotional intelligence? Emotional development and emotional intelligence: educational implications. New York: *Perseus Books*, 1997. P. 3-31.
- Iacolino C., Cervellione B, Isgrò R. (2023). The Role of Emotional Intelligence and Metacognition in Teachers' Stress during Pandemic Remote Working: A Moderated Mediation Model. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*. 13(1): 81-95. DOI 10.3390/ejihpe13010006.

Международный информационно-аналитический журнал «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык»

Заместитель главного редактора по развитию

Н. А. Аксаментова (Иркутск),
И. В. Гладкая (Санкт-Петербург)

Web-администратор:

М. В. Скоробогатова (Иркутск)

Стилистическое редактирование английских текстов:

А. А. Занкова (Уилмингтон)
И. Б. Кривченко (Самара)
Т. Ю. Портнова (Иркутск)
Н. Б. Кузнецова (Иркутск)
Ю.Р. Лемешко (Иркутск)
З. И. Трубина (Нижний Тагил)

Литературный редактор

С. Т. Какаулина (Иркутск)

Выпуски электронного журнала регистрируются в ФГУП НТЦ «Информрегистр»

Дата выхода в свет: 11.12.2024

Учредитель журнала – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

Издатель журнала – Иркутский филиал ФГБОУ ВО «МГТУ ГА». Официальный сайт:
<http://if-mstuca.ru/>