

Иркутский филиал
Московского
государственного
технического
университета
гражданской
авиации



CREDE EXPERTO:

транспорт, общество, образование, язык

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫПУСК 3

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.Гузий, д.т.н., профессор (Москва), В.В.Ерохин, д.т.н, доц. (Иркутск), В.М.Курганов, д.т.н., профессор (Тверь), С.М.Кривель, к.т.н., доцент (Иркутск), Е.М.Лунёв, к.т.н. (Москва), Е.С.Неретин, к.т.н., доцент (Москва), Г.И.Нечаев, д.т.н., профессор, академик транспортной академии Украины (Луганск), 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), Димитър Русев, д.т.н., доцент (Бургас), А.И.Сухоруков, д.т.н., доцент (Москва), 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), А.Р.Габидуллина, д.ф.н., профессор (Горловка), К.Дюк, д.филос.н. (Маннгейма Маннгейм), Ева Жебровска, д.ф.н., профессор, Ординарный профессор (professor ordinarius) (Варшава), 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), Протоиерей Владимир (Алексеев), д.богосл.н. (Нью-Йорк), 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), 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), М.П.Целых, д.пед.н., профессор (Ростов-на-Дону), А.В.Шумакова, д.пед.н., доцент (Ставрополь).

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

Адрес учредителя

Россия, 125993, г. Москва, б-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.aero

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, 2022

**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), 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), E.M. Lunev, Candidate of Technical Sciences (Moscow), E.S. Neretin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor (Moscow), G.I. Nyechayev, Doctor of Technical Sciences, professor, academician of Transport Academy of Ukraine (Luhansk), 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), O.N. Skrypnik, Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary worker of Higher Professional Education of the Russian Federation (Minsk), A.I. Suhorukov, Doctor of Technical Sciences, associate professor (Moscow), 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), Archpriest Vladimir (Alekseev), Doctor of Theology (New-York), 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), A.R. Gabidullina, Doctor of Philological Sciences, professor (Horlivka), N.S. Ivanova, Doctor, Professor (Bourgas), 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. Verkhovykh, candidate of Philological Sciences, associate Professor (Moscow), Lanju Wang, Candidate of Philological Sciences, associate professor (Baoding), Ewa Żebrowska, Doctor of Philological Sciences, professor, professor ordinarius (Warsaw).

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), V.V. Voronkova, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Moscow), M.P. Vojushina, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (St. Petersburg), 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), J.A. Komarova, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (St. Petersburg), 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), 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), A.V. Fedorov, Doctor of Pedagogical Sciences, professor (Rostov-on-Don), A.V. Shumakova, Doctor of Pedagogical Sciences, associate professor (Stavropol).

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

Address of the Founder

20 Kronshadtsky 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.aero

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 № ФС 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

БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Евгений Юрьевич Старков, Николай Иванович Николайкин, Елена Эдуардовна Сигалева, Галина Павловна Степанова

Шум как условие, способствующее авиационным событиям6

Николай Сергеевич Херсонский, Людмила Геннадьевна Большедворская

Методические основы создания интегрированной системы управления безопасностью поставщика авиационных услуг21

Денис Александрович Евсевичев

Оценка утомления авиационного специалиста методом случайного леса33

Полина Игоревна Беньяминова, Оксана Геннадьевна Феоктистова

Анализ методов оценки рисков в области производственной безопасности на авиапредприятии45

СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОЛОКАЦИИ, РАДИОНАВИГАЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Николай Павлович Малисов

Анализ методологических основ управления траекторией полета воздушного судна59

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Дмитрий Юрьевич Урбанский

Анализ принципов обработки навигационной информации и построения рабочей зоны многопозиционной системы наблюдения76

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Геннадий Владимирович Коваленко, Иван Stanisлавович Муравьев, Илья Александрович Ядров

Применение методов теории важности критериев для определения оптимальных видов деятельности при управлении воздушным судном103

АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА

Анатолий Филиппович Пенно

Применение пороховых зарядов в системе аварийного выпуска шасси воздушного судна117

ТРАНСПОРТ

Владимир Павлович Горбунов

Методы оптимизации модельного ряда при формировании состава и структуры парка воздушных судов в рамках создания единой дальневосточной авиакомпании134

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕВОЗОК

Алёна Александровна Вишнякова

Повышение эффективности использования парковочной зоны привокзальной площади аэропорта144

ДИСКУРС, ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕКСТ: ВЕКТОРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Надежда Николаевна Казыдуб, Анна Борисовна Тимошева

Аксиологические стратегии в масс-медиаальном дискурсе157

ЛИНГВОКУЛЬТУРОЛОГИЯ

Софият Алиевна Атмурзаева

Лингвопортретистика и археология знания: венские оригиналы в интеллектуальном дискурсе оккупированной Австрии167

Екатерина Олеговна Туманова

Семантико-стилистические особенности эпонимов-эпитетов в немецком языке179

АЛТАИСТИКА

Иннокентий Николаевич Новгородов, Анна Андреевна Васильева

Устойчивый словарный фонд дунсянского языка: сходства и различия источников XX и XXI веков192

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Анна Альбертовна Занкова

Методологическое обоснование организации неформального онлайн-обучения взрослых русскому языку как иностранному (РКИ)212

БУРЯТСКИЙ ЯЗЫК И ЛИТЕРАТУРА: ТЕОРИЯ И МЕТОДИКА

Сономбал Цыденович Содномов

Пути и способы сохранения бурятского языка в детской среде.....226

УДК 331.452:351.814.2:612.85
DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_6

ШУМ КАК УСЛОВИЕ, СПОСОБСТВУЮЩЕЕ АВИАЦИОННЫМ СОБЫТИЯМ*

*Евгений Юрьевич Старков,
orcid.org/ 0000-0003-0380-2714,
кандидат технических наук
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125493, Россия
starkoff89@mail.ru*

*Николай Иванович Николайкин,
orcid.org/0000-0001-9867-2208,
доктор технических наук, профессор
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125493, Россия
nikols_n@mail.ru*

*Елена Эдуардовна Сигалева,
orcid.org/0000-0001-9899-1604,
доктор медицинских наук, профессор РАН
Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем РАН,
Хорошевское шоссе, д. 76А
Москва, 123007, Россия
sigaleva@mail.ru*

*Галина Павловна Степанова,
orcid.org/0000-0003-2594-3702,
кандидат медицинских наук
Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем РАН,
Хорошевское шоссе, д. 76А
Москва, 123007, Россия
gallog15@mail.ru*

Аннотация. В статье приводятся данные статистики пассажирооборота воздушного транспорта в сравнении с иными видами транспорта России, а также показатели безопасности полётов за последнее десятилетие. Определены лидирующие типы событий, приводящих к авиационным происшествиям. Выявлено, что причиной многих произошедших негативных авиационных событий являлись нарушения функционального состояния, потеря работоспособности и ошибки членов экипажа, которым способствуют условия пребывания человека.

Исследовалась вариабельность ритмов сердца, отражавшая изменения в психоэмоциональном состоянии человека при шуме. Экспериментально подтверждено изменение активности симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы организма человека-оператора, что свидетельствует о развитии стресса

под воздействием шума. Показана важность парирования негативного действия шума на авиаперсонал для повышения безопасности полётов и снижения травматизма. Предложено для концентрации внимания экипажа в экстремальных ситуациях использовать отопротекцию кислородно-аргоновой газовой смесью.

Ключевые слова: воздушный транспорт, авиационные происшествия, человеческий фактор, шум, отопротекция, аргон.

*Работа выполнена в рамках фундаментальных исследований по базовой тематике РАН: FMFR-2024-0039.

NOISE AS A CONTRIBUTING TO AVIATION EVENTS CONDITION

*Evgeniy Yu. Starkov,
orcid.org/0000-0003-0380-2714,
Candidate of Sciences in Technology
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493 Russia
starkoff89@mail.ru*

*Nikolay I. Nikolaykin,
orcid.org/0000-0001-9867-2208,
Doctor of Sciences in Technology, Professor
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493 Russia
nikols_n@mail.ru*

*Elena Ed. Sigaleva,
orcid.org/0000-0001-9899-1604,
Doctor of Sciences in Medicine, Russian Academy of Sciences Professor
Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
76A, Khoroshevskoe shosse
Moscow, 123007, Russia
sigaleva@mail.ru*

*Galina P. Stepanova,
orcid.org/0000-0003-2594-3702,
Candidate of Sciences in Medicine
Institute of Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
76A, Khoroshevskoe shosse
Moscow, 123007, Russia
gallog15@mail.ru*

Annotation. The article provides statistical data on passenger turnover of air transport in comparison with other types of transport in Russia, as well as flight safety indicators over the last decade. The leading types of events leading to aviation accidents have been identified. It has been revealed that the cause of many of the negative aviation events that have occurred are violations of the functional state, loss of performance and errors of crew members, which are facilitated by the conditions of the person's environment.

The authors study the variability of heart rhythms, reflecting changes in the psycho-emotional state of a person during noise. The results of the study confirm that a change in the activity of the sympathetic and parasympathetic parts of the autonomic nervous system of the human operator. This indicates the development of stress under the influence of noise.

The authors demonstrate the importance of counteracting the negative effects of noise on aviation personnel to improve flight safety and reduce injuries and propose to use otoprotection with an oxygen-argon gas mixture to concentrate the attention of the crew in extreme situations.

Key words: air transport, aviation accidents, human factor, noise, otoprotection, argon.

Введение (Introduction)

Роль гражданской авиации (ГА) в экономике нашей страны значительна, она постоянно увеличивалась с момента окончания Великой Отечественной войны. Последние десятилетия для огромной территории РФ воздушный транспорт (ВТ) во многих случаях стал основным связующим звеном, обеспечивающим целостность государства, особенно в деле освоения восточных и приполярных территорий, арктической зоны Дальнего Востока [Полешкина и др., 2023]. Доля ВТ при перевозках грузов незначительна, преимущественно перевозятся особо ценные грузы и почта. При этом, по данным Росстата [Пассажиروоборот..., б.г.], ВТ занимает ведущее место в пассажирообороте¹ в нашей стране, что иллюстрирует рисунок 1. Несмотря на снижение объемов деятельности отечественной ГА из-за «ковидных» и «санкционных» ограничений, суммарный ежегодный пассажирооборот отечественных авиакомпаний сохранился на уровне 200 млрд пассажиро-километров в год, что иллюстрирует рисунок 2.

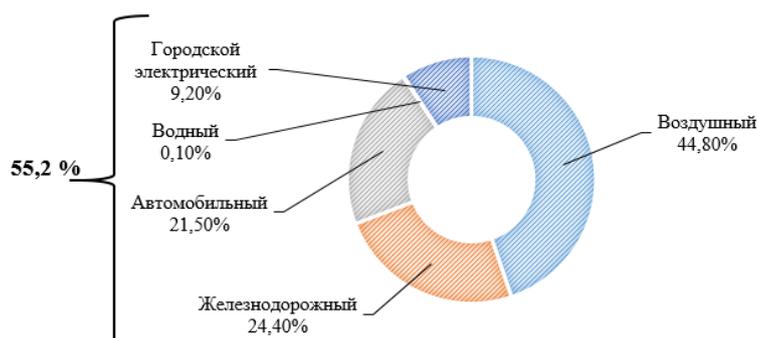


Рисунок 1 – Структура пассажирооборота по видам транспорта в РФ за 2022 г.

В целом, по данным ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» и Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиация), за последнее десятилетие отечественная авиация ежегодно в среднем обслуживала около 1,5 млн полетов.

¹ Пассажиروоборот транспорта общего пользования – объем работы транспорта по перевозке пассажиров. Определяется умножением числа пассажиров на расстояние перевозки по каждой позиции перевозки с последующим суммированием указанных произведений [Пассажирооборот..., б.г.].

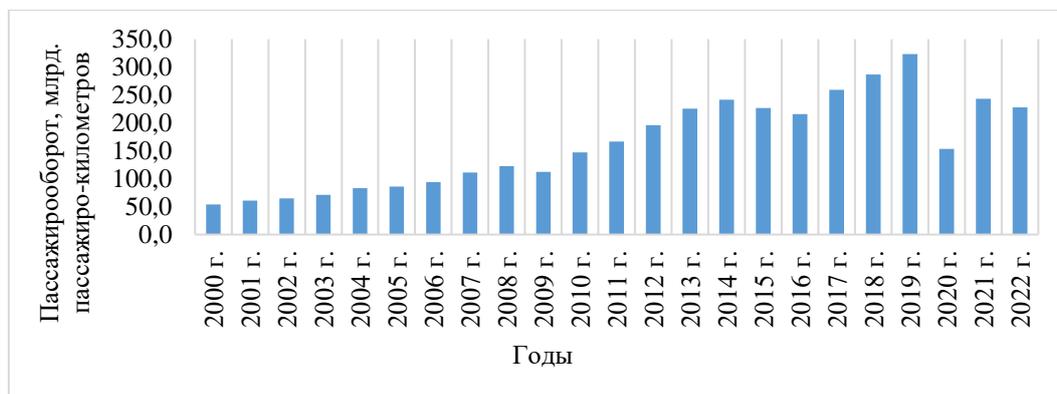


Рисунок 2 – Пассажирооборот отечественного воздушного транспорта, по годам

Деятельность гражданской авиации постоянно анализируется, затем на основании анализа подбираются и проводятся корректирующие мероприятия по повышению уровня безопасности, присутствует регулярный контроль вопросов безопасности. Показателями качества авиатранспортных услуг являются характеристики безопасности полетов [Safety..., 2017], авиационной безопасности, производственной безопасности [Николайкин и др., 2013], экологической безопасности [Николайкин и др., 2015], часто объединяемые в единое понятие «комплексная безопасность»².

С момента появления в начале XX в. и с первых шагов авиация оценивалась по критериям безопасности полётов. С середины XX в. большое внимание стали уделять также производственной безопасности технического обслуживания и ремонта (ТОиР) воздушных судов (ВС) и процессов организации перевозок. В конце XX в. была признана ведущая роль участия человека в причинах негативных событий на воздушном транспорте [Human Factors ..., 1998].

В последние годы стали акцентировать внимание [Гузий и др., 2023] на динамике изменения функционального состояния авиационных специалистов, отмечая проблемы утомляемости, потери внимания и т. п., снижения работоспособности в целом. Признано, что необходимо учитывать факторы среды, способствующие психофизиологическим изменениям в состоянии работника и сказывающиеся на соразмерности его поведения, особенно в критически ответственных ситуациях.

В данной работе решались следующие, нацеленные на повышение безопасности полетов, задачи:

- оценить влияние на авиационный персонал шума внешней среды на их рабочих местах, как условия, которое может способствовать возникновению негативных авиационных событий (АС) вследствие воздействия человеческого фактора;

² Безопасность полетов гражданских воздушных судов: Учебник / Л. Г. Большедворская, В. В. Воробьев, Б. В. Зубков [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2024. 424 с. EDN COWWUM.

– определить возможность превентивного уменьшения негативного действия шума путём индивидуальной защиты работника инновационным методом отопротекции ингаляцией кислородно-аргоновой смесью.

Дискуссия (Discussion)

Эксплуатация ВТ неразрывно связана с влиянием различных факторов (вредных и/или опасных), действие которых приводит к возникновению разнообразных АС. Риск реализации опасностей и возникновения всевозможных негативных событий, прежде всего отражающихся на безопасности полётов (БП), должен находиться под разумным контролем [Safety ..., 2017]. За последние 10 лет количество авиационных происшествий (АП) с ВС России в среднем было на уровне 35-37 в год (рис. 3). По данным МАК [Состояние..., 2023], в авиации общего назначения (АОН) государственных участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства (Азербайджан, Армения, Беларусь, Грузия, Казахстан, Молдова, Россия, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан, Украина³) в 2023 г. произошло 12 АП, а в коммерческой авиации – 14 АП.

Наиболее негативными АС в ГА являются АП с человеческими жертвами (катастрофы). Полностью исключить гибель людей при АП на ВТ пока не удалось ни одной авиакомпании, ни в одной стране. Специалисты в сфере обеспечения безопасности полётов (БП) ведут активную работу по достижению приемлемого уровня риска для БП [Safety..., 2017]. За 2022 г. в России в авиакатастрофах погибло 24 чел. (рис. 4), при том, что в стране в целом ушло из жизни 1 898 644 чел. [Официальная..., б.г.].

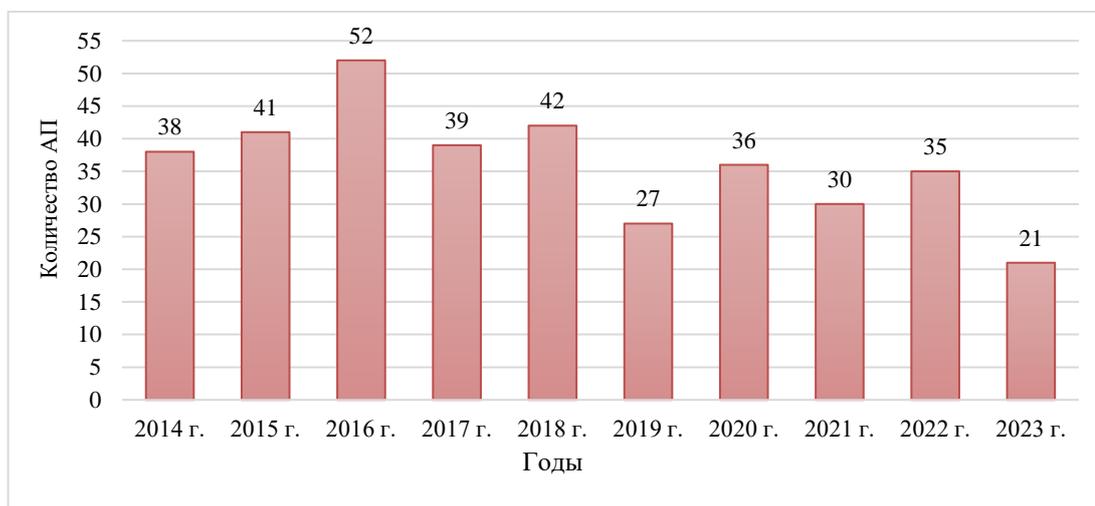


Рисунок 3 – Распределение абсолютных показателей безопасности полетов в ГА РФ за последнее десятилетие

³ Без учета за 2022-2023 гг.

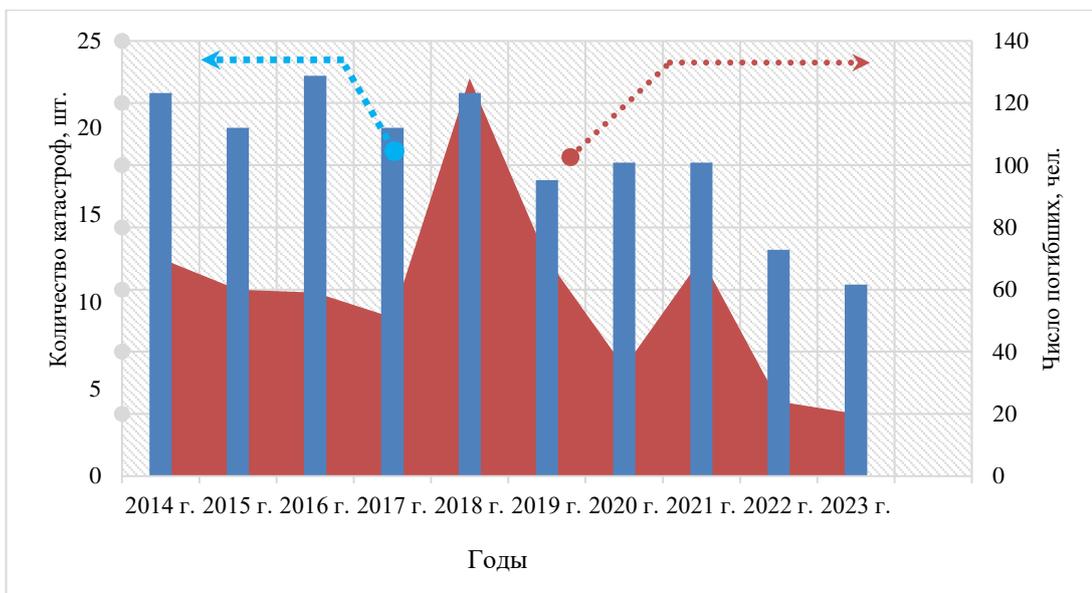


Рисунок 4 – Количество катастроф с ВС ГА России и число погибших в них, по годам

Анализ причин АС показал некоторые различия между причинами АП и инцидентов, произошедших с вертолетами и самолетами. Так, за последнее десятилетие основными типами событий, приведших к АП в эксплуатации самолетов коммерческой авиации (по данным [База..., 2024]), являются: столкновения с землей в управляемом полете, выкатывания, потери управления в полете и нештатные касания ВПП в эксплуатации вертолетов – столкновения с землей в управляемых полётах, потери управления в полетах, нештатные касания ВПП или посадочных площадок (рис. 5).

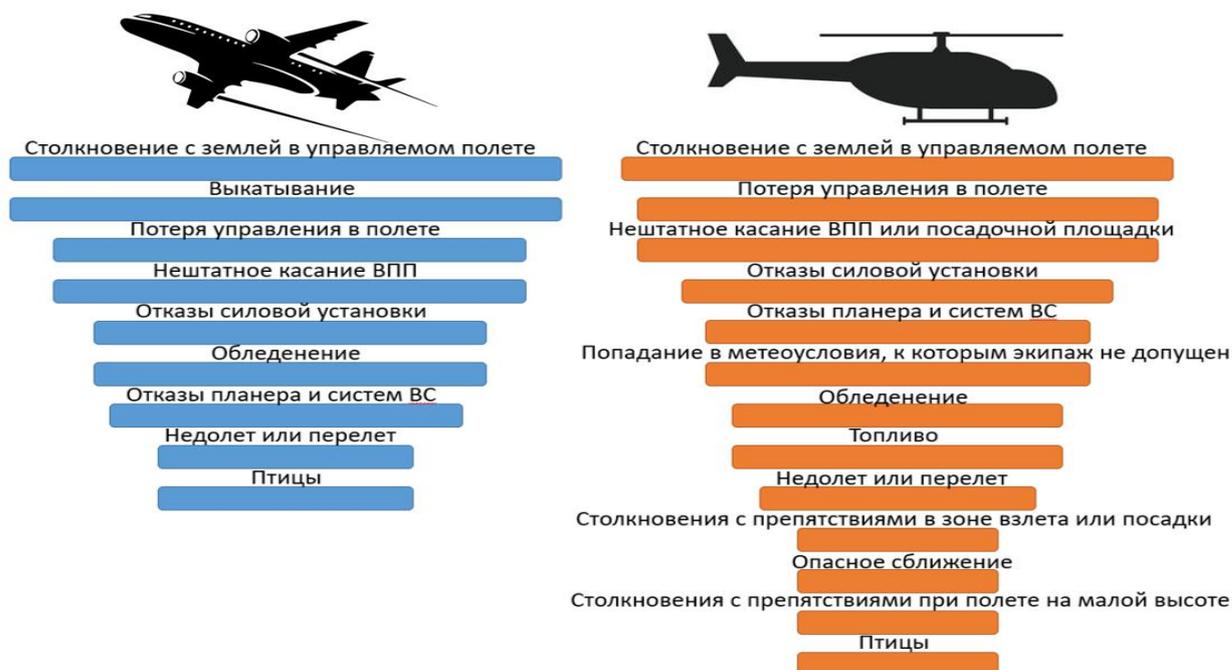


Рисунок 5 – Основные типы событий, приводящие к АП с самолетами и вертолетами коммерческой авиации

Авиационному персоналу приходится работать в условиях влияния различных факторов, включая факторы внешней среды, которые, если и не являются основной причиной АС, но способствуют ухудшению общей ситуации. Это, в частности, воздействие звуков от различных источников. В авиации главным источником шумового воздействия являются силовая установка ВС (авиационный двигатель), а также несущий и рулевой винты (для вертолетов). По результатам расследования произошедших АП, причинами которых являлись особенности поведения человека и его функционального состояния, в частности потеря работоспособности членов экипажа, ошибки в пилотировании, из-за которых далее произошло⁴:

- «столкновение с препятствиями при полете на малой высоте» (например, «при преждевременном снижении при заходе на посадку»);
- «столкновение с землей в управляемом полете»;
- «грубое приземление или нештатное касание земли/водной поверхности»;
- «столкновение с препятствиями в зоне взлета или посадки».

Сбои в физиологическом состоянии летного состава (особенно в критических ситуациях пилотирования, сложившихся по иным причинам) не могут не способствовать таким последующим действиям, как:

- «непринятие своевременного решения об уходе на второй круг или набор безопасной высоты полета»;
- «нереагирование на срабатывание предупреждающей сигнализации»;
- «непринятие своевременного решения о прекращении полетного задания»;
- «неготовность командира вертолета к переходу с визуального на приборный полет, недостаточные навыки пилотирования по приборам»;
- «отсутствие контроля за высотой полета при потере визуального контакта с наземными ориентирами»;
- «отклонение от летных ограничений – выход за ограничения по скорости, углам крена и т.п. при маневрировании» (резком маневрировании).

Необходимо также учитывать условия, при которых принимаются решения до начала выполнения полёта. Под воздействием неблагоприятных факторов человек может ошибиться в:

- «принятии решения о вылете по нелетному прогнозу погоды»;
- «оценке подготовленности к полету с учетом прогнозируемых метеоусловий по маршруту и на аэродроме назначения», радио- и светотехнического оборудования аэродрома и «особенностей рельефа местности в районе аэродрома»;
- «своевременности и надлежащей реакции на факторы опасности, возникающие в процессе деятельности».

⁴ Далее по тексту в кавычках приведены формулировки терминов, понятий и оборотов речи, касающиеся БП, регулярно встречающиеся в материалах расследований АП, а также в отчетах МАК и Росавиации.

Примером является АП с вертолетом AS-350 (2022 г.), связанное с потерей командиром воздушного судна (КВС) пространственной ориентировки после выполнения взлета в ночное время. Комиссия, проводившая расследование, не исключила накопление усталости и переутомление КВС.

Примеров с влиянием человеческого фактора на безопасность полетов очень много. Важно при этом учитывать различные условия, в которых происходили авиационные события, например, такое условие внешней среды, как наличие шума, присутствующее постоянно и вызывающее негативные эффекты в поведении человека. В последнее время пристальное внимание уделяется перспективе увеличения скорости полёта ВС путём создания сверхзвуковых пассажирских самолетов [Путин предложил..., 2018; Overture..., б.г.], что ещё более усугубит проблему зашумлённости рабочих мест на авиапредприятиях [Шапкин и др., 2022; Donaldson, 2024; Quesst..., s.a.]. Таким образом, необходимо изучать феномен шумового воздействия на организм, влияющего на физиологию и функциональное состояние авиационного персонала, на последствия этого воздействия.

В целом в ГА изучение и анализ влияния факторов опасности на уровень безопасности полетов производятся в рамках функционирования системы управления безопасностью полетов (СУБП)⁵ [Гузий и др., 2023], однако, в [Гузий и др., 2023] отдельно акцентируется необходимость управления рисками, связанными с утомляемостью человека (СУРУ), рассматриваемая авторами работы [Гузий и др., 2023] как интегрированная СУБП-СУРУ.

Целесообразно обратить внимание и на такие АС, как чрезвычайные происшествия (ЧП), связанные с травмированием человека на земле. В частности, были случаи попадания работников в плоскость вращения воздушного винта авиационного двигателя и, как следствие, получение смертельной травмы. Причинами таких ЧП являются различные факторы и их сочетания, в их числе невнимательность различного рода.

Данные отраслевого мониторинга [План НИОКР ФАВТ..., 2020] свидетельствуют о том, что за последнее тридцатилетие на авиапредприятиях ГА произошло очень резкое (почти трехкратное) уменьшение числа ежегодно страдающих в несчастных случаях на производстве (рис. 6) и на порядок сократилась число летальных случаев.

Статистические данные Росстата и Минтруда за соответствующие годы свидетельствуют о том, что за последнее десятилетие почти каждый пятый работающий в нашей стране в рабочее время подвергается сверхнормативному воздействию шума, ультра- и инфразвуков, соответствующие данные приведены в таблице 1. Проблема повышенного уровня авиационного шума волнует людей с середины прошлого века, задача создания малошумящих воздушных судов решается уже не первое десятилетие [Мельников и др., 2010]. Для защиты от шума разрабатываются разнообразные методы. В последнее время внимание, в частности медиков,

⁵ Безопасность полетов гражданских воздушных судов: Учебник / Л. Г. Большедворская, В. В. Воробьев, Б. В. Зубков [и др.]. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2024. 424 с. EDN COWWUM.

привлечено к изучению органопротективных свойств аргона [Argon inhibits..., 2021] и газовых смесей с ним [Боева и др., 2022; Возможности применения..., 2024; Перспектива использования..., 2023].

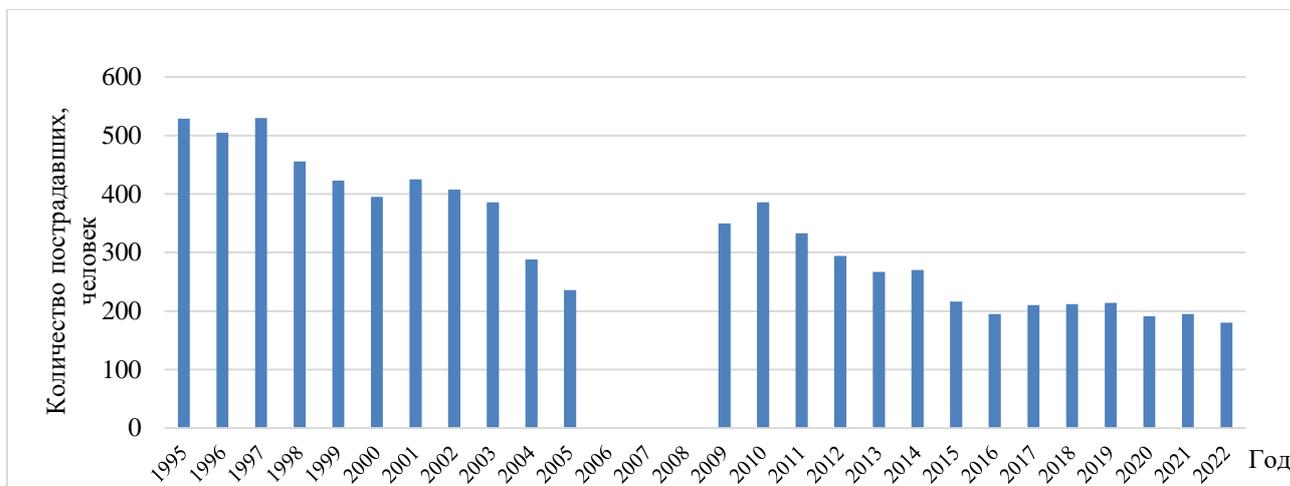


Рисунок 6 – Статистика производственного травматизма (число пострадавших общее) на авиапредприятиях ГА (без числа пострадавших в АП), по годам

Таблица 1 – Соотношение долей работников, занятых в условиях с некоторыми вредными условиями труда, относительно общего количества работающих в 2012 – 2022 гг., в %

Год	Повышенный уровень шума, ультразвука, инфразвука		Повышенный уровень вибрации	
	РФ	ГА	РФ	ГА
2012	17,7	22,98	5	5,72
2013	17,8	21,25	5	4,77
2014	18,8	20,34	5,3	4,93
2015	17,7	17,8	5,1	3,65
2016	18,2	19,52	5	3,56
2017	18,4	18,45	5	4,02
2018	19,1	17,88	5	3,42
2019	19,5	16,96	5,1	2,53
2020	19,4	16,85	5	2,89
2021	19,1	16,94	4,8	3,35
2022	19,1	17,39	4,8	2,6

Материалы и методы (Materials and methods)

Исходные статистические материалы для последующего анализа и обобщения заимствованы из данных официальных интернет-источников (информационных ресурсов) государственных органов нашей страны, а именно Росстата, Минтруда, Росавиации, Межгосударственного авиационного комитета (МАК), Единой общероссийской справочно-информационной системы по охране труда (ЕИСОТ).

Использовались результаты опубликованных (в традиционном и в электронном виде) диссертационных исследований, статей, монографий, учебников, проводились необходимые вычисления.

Экспериментальная оценка значимости влияния производственного фактора «шум» на изменения функционального состояния слуховой системы человека и его поведение проведена по традиционным методикам Государственного научного центра РФ – Института медико-биологических проблем Российской академии наук (ГНЦ РФ – ИМБП РАН).

Ингаляции кислородно-аргоновой газовой смесью «КАргС» (Ar – 80%, O₂ – 20%) осуществлялись в течение 30 минут, далее испытуемый 2 часа непрерывно пребывал в условиях широкополосного белого шума с уровнем интенсивности 85 дБ, после чего проверялось функционирование его слуховой системы.

Для оценки у испытуемых активности вегетативной нервной системы исследовалась вариабельность сердечных ритмов (ВСР), что, в свою очередь, может отражать изменения в психоэмоциональном состоянии человека.

Измерения индикаторов ВСР (heart rate variability, HRV) осуществлялись в процессе опытов по Стандартам Американской ассоциации изучения сердца и Европейского общества кардиологов.

Результаты (Results)

Объективный анализ нарушений состояния вегетативной нервной системы, возможных психосоматических и психоэмоциональных расстройств принято проводить, оценивая баланс (нарушения баланса) активности отделов вегетативной нервной системы (симпатического, парасимпатического и надсегментарного эрготропного). Метод ВСР, в частности, позволяет выявить депрессивные расстройства средней тяжести [Антипова и др., 2013].

На рисунке 7 представлены полученные экспериментально результаты изменений функционирования организма работника под воздействием белого шума – в виде реакции высокочастотного компонента HF (*High Frequency*), который отражает влияние на работу сердца блуждающего нерва и среднечастотного LF (*Low Frequency*), характеризующего влияние на сердце симпатического отдела нервной системы.

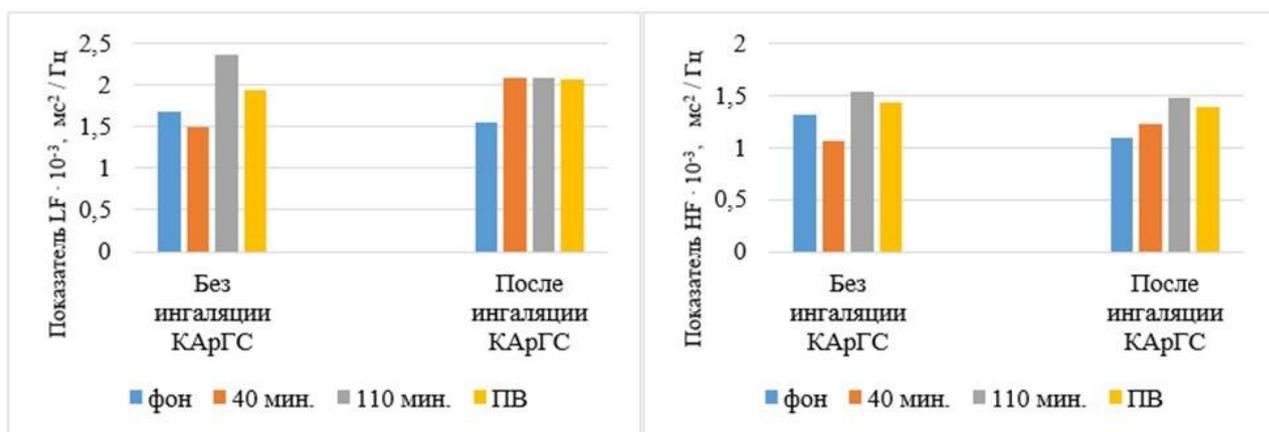


Рисунок 7 – Влияние отопротекции ингаляциями КАрГС на высоко- и среднечастотные показатели HF и LF частоты сердечных сокращений испытуемых после воздействия шума: в фоновом режиме (ФОН); с экспозицией 40-минут (40 мин); с экспозицией 110-минут (110 мин); через 5 ... 10 мин после воздействия (ПВ)

При анализе полученных данных следует помимо частотных характеристик, отражающих влияние симпатической и парасимпатической систем, принять во внимание долю очень медленных (низкочастотных) волн ритма сердца VLF < 0,04 Гц (*Very Low Frequency*). Происхождение этих волн чаще связывают с колебаниями концентрации гуморальных факторов в крови, в частности катехоламинов (адреналина) и отражающих реакцию организма на стресс. Динамика VLF при воздействии шума без предварительных ингаляций КАрГС и после воздействий КАрГС отображена на рисунке 8.

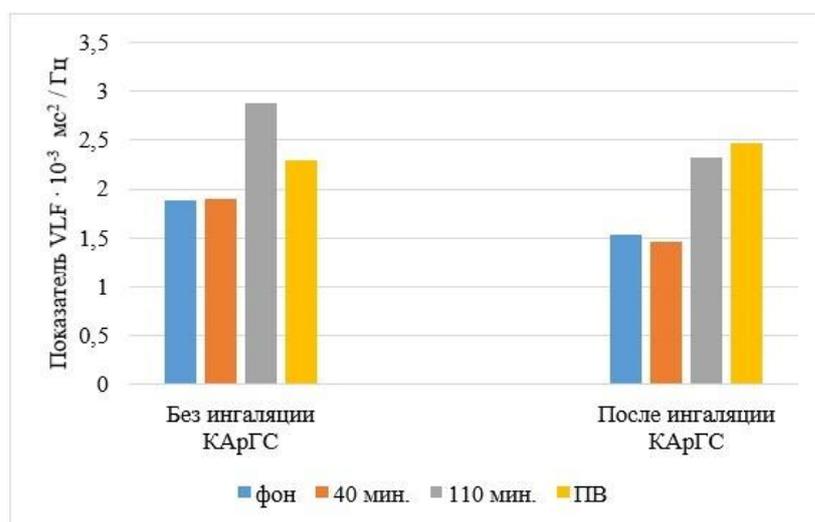


Рисунок 8 – Влияние отопротекции ингаляциями КАрГС на очень низкочастотный показатель VLF частоты сердечных сокращений испытуемых после воздействия шума (обозначения см. на рис 7).

Сформировавшийся в первые минуты эксперимента очаг возбуждения в коре больших полушарий к концу двухчасового воздействия шума – как следует из диаграмм (рис. 7) – привел к выраженной активизации

симпатоадреналовой системы. Начинает работать механизм адаптации (стадия тревоги), что и подтверждается данными VLF на рисунке 8.

Анализируя те же показатели ВСР при том же воздействии шума, но после предшествующих ингаляций кислородно-аргоновой смеси, можно отметить менее выраженную ответную реакцию организма испытуемого на стресс, что говорит об эффективности применения КАРГС перед решениями поставленных задач в условиях повышенной стрессовой обстановки.

Заключение (Conclusion)

Глобальный план обеспечения безопасности полетов Международной организации гражданской авиации ИКАО [Ensuring Safe..., 2023; Global Aviation..., 2022] ставит перед государствами-участниками соглашения ряд задач, в том числе необходимость постоянного снижения эксплуатационных рисков для безопасности полетов. В целом при коммерческих перевозках необходимо к 2030 году стремиться к сведению числа погибших в происшествиях до нуля и к поддержанию такого уровня в дальнейшем.

Таким событиям, как столкновение исправного ВС с землей, потеря управления в полете, столкновение в воздухе, выезд за пределы взлётно-посадочной полосы, несанкционированный въезд на взлётно-посадочную полосу и им подобным, способствуют различные факторы, объединяемые понятием «человеческий фактор» (дезориентация пилота, неверные действия пилота, чрезмерная рабочая нагрузка на пилота и прочее). Ошибкам человека способствуют условия, в которых происходят события, то есть внешние условия на месте его пребывания (на рабочем месте), одним из которых практически всегда является зашумленность среды пребывания человека-оператора.

Медицина давно обеспокоена решением проблемы минимизации воздействия на человека агрессивных параметров внешней среды. От быстроты принятия профессионалом, которому доверили свои жизни другие люди, правильных решений зависит очень многое. Выявление и устранение или, по крайней мере, нивелирование стрессовых влияний на организм человека во время его профессиональной деятельности – одна из главнейших задач научной деятельности как инженеров, так и медиков.

Для снижения влияния шума следует применять различные мероприятия проактивного или реагирующего характера. Так, в случаях, когда требуется повышенная концентрация внимания экипажа (полеты в условиях плохой видимости из-за ухудшающихся погодных условий, полеты санитарной авиации в экстренных случаях и тому подобные), на основании результатов проведенных экспериментов рекомендуется проводить отопротекцию кислородно-аргоновой газовой смесью.

Библиографический список

Антипова О. С. Изменения вегетативной регуляции при депрессивных расстройствах умеренной тяжести. / О. С. Антипова, В. Н. Краснов, О. С. Трофимова // Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски. 2013. № 113(11-2). С. 65-73.

База по расследованиям Межгосударственного авиационного комитета // [Электронный ресурс]. 2024. – URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (дата обращения: 05.04.2024).

Боева Е. А. Органопротективные свойства аргона (обзор) / Е. А. Боева, О. А. Гребенчиков // *Общая реаниматология*. 2022. № 18(5). С. 44-59. DOI 10.15360/1813-9779-2022-5-44-59. EDN OBWACU.

Возможности применения смесей, содержащих кислород и аргон, в целях кардиопротекции в раннем послеоперационном периоде при ИБС / Е. Г. Агафонов, Л. С. Золотарева, Д. И. Зыбин [и др.] // *Московский хирургический журнал*. 2024. № 2. С. 101-115. DOI 10.17238/2072-3180-2024-2-101-115. EDN BNNPXU.

Гузий А. Г. Интеграция системы управления риском, связанным с утомляемостью, и системы управления безопасностью полетов эксплуатанта воздушных судов / А. Г. Гузий, А. В. Богомолов, А. П. Костина // *Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации*, Москва, 18–19 мая 2023 года. М.: ИД Академии имени Н. Е. Жуковского, 2023. С. 165-166. EDN HLRNWI.

Мельников Б. Н. Перспективы создания малолучных самолетов гражданской авиации / Б. Н. Мельников, Ю. А. Большунов, Н. И. Николайкин // *Безопасность в техносфере*. 2010. № 2. С. 32-37. EDN MBFSNZ

Николайкин Н. И. Методология оценки влияния условий труда персонала авиапредприятий на риски в авиатранспортных процессах / Н. И. Николайкин, Ю. Г. Худяков // *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. 2013. № 197. С. 115-119. EDN RSMULB.

Николайкин Н. И. Оценка экологической опасности авиационных событий на воздушном транспорте / Н. И. Николайкин, Е. Ю. Старков // *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. 2015. № 218(8). С. 17-23. EDN UHPYGR.

Официальная статистика / Демография / Рождаемость, смертность и естественный прирост населения // Федеральная служба государственной статистики // [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата обращения: 06.06.2024).

Пассажиरोоборот: пассажирыоборот по видам транспорта общего пользования / Росстат – Транспорт: // [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport#> (дата обращения: 11.06.2024).

Перспектива использования метода дыхания нормоксической кислородно-аргоновой газовой смесью в целях шумовой отопротекции / Е. Э. Сигалева, Л. Ю. Марченко, О. Б. Пасекова [и др.] // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2023. Т. 57, № 2. С. 65-73. DOI 10.21687/0233-528X-2023-57-2-65-73. EDN FNIRSM.

План НИОКР ФАВТ на 2020 г. и на плановый период 2021 и 2022 гг. / Приказ Росавиации от 22.12.2020 № 1584-П // [Электронный ресурс]. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Rosaviatsii-ot-22.12.2020-N-1584-P/> (дата обращения: 02.06.2024).

Полешкина И. О. Развитие сети посадочных площадок и вертодромов: обеспечение авиационной доступности населенных пунктов арктических регионов / И. О. Полешкина, В. В. Воробьев // *Мир транспорта*. 2023. Т. 21. № 2 (105). С. 28-38. DOI 10.30932/1992-3252-2023-21-2-3. EDN QXNVJB.

Путин предложил создать гражданскую версию Ту-160 // Деловой авиационный портал АТО.ru: Новости. [Электронный ресурс]. 2018. – URL: <http://www.ato.ru/content/putin-predlozhit-sozdat-grazhdanskuyu-versiyu-tu-160> (дата обращения: 15.03.2024).

Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников Соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2023 г // межгосударственный авиационный комитет // [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://mak-iac.org/upload/iblock/a83/461q7yqknbro9bcmzvc7izlx7hay2efm/bp-23.pdf> (дата обращения: 05.03.2024)

Шапкин В. Современные факторы создания сверхзвукового гражданского самолета нового поколения / В. Шапкин, А. Пухов // Авиасоюз. 2022. № 3/4 (90). С. 4-9.

Argon inhibits reactive oxygen species oxidative stress via the miR-21-mediated PDCD4/PTEN pathway to prevent myocardial ischemia/reperfusion injury / H. Qi, J. Zhang, Y. Shang, S. Yuan, C. Meng // Bioengineered. 2021. V. 1. P. 5529-5539.

Donaldson A. A. NASA, Lockheed Martin Reveal X-59 Quiet Supersonic Aircraft / A. A. Donaldson // [Электронный ресурс]. 2024. – URL: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-lockheed-martin-reveal-x-59-quiet-supersonic-aircraft/> (дата обращения: 21.06.2024).

Ensuring Safe Skies with this Global Aviation Safety Plan: Uniting Aviation: News and Features // [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://unitingaviation.com/news/safety/ensuring-safe-skies-with-this-global-aviation-safety-plan/> (дата обращения: 23.06.2024).

Global Aviation Safety Plan: 2023–2025. Doc 10004. Montréal, Quebec, Canada: ICAO, 2022 // [Электронный ресурс]. 2022. – URL: https://www.icao.int/safety/GASP/Documents/10004_en.pdf (дата обращения: 23.06.2024).

Human Factors Training Manual (Doc 9683-AN/950) // [Электронный ресурс]. 1998. – URL: <https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf> (дата обращения: 20.11.2023).

Overture: The World’s Fastest Airliner // Boom - Supersonic Passenger Airlines. [Электронный ресурс]. – URL: <https://boomsupersonic.com> (дата обращения: 15.03.2024).

Quesst: The Vehicle // [Электронный ресурс]. [s.a.]. – URL: <https://www.nasa.gov/quesst-the-vehicle/> (дата обращения: 21.06.2024).

Safety Management Manual (SMM). Doc 9859-AN/474. Fourth edition // [Электронный ресурс]. 2017. – URL: https://www.aex.ru/imgupl/files/ICAO%20Doc%209859%20-%20SMM_Edition%204%20-%20Peer%20Review.pdf (дата обращения: 17.03.2024).

References

Agafonov E. G. Zolotareva L. S., Zybin D. I. [et al]. (2024). Possibility of using mixtures containing oxygen and argon for the purpose of cardioprotection in the early postoperative period for coronary artery disease. *Moscow Surgical Journal*. 2: 101–115. (in Russian)

Antipova O. S., Krasnov V. N., Trofimova O. S. (2013). The changes in the autonomic regulation in depressive disorders of moderate severity. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 113(11-2): 65-73. (in Russian)

Boeva E. A., Grebenchikov O.A. (2022). Organoprotective properties of argon (review). *General resuscitation*. 18(5): 44–59. (in Russian)

Civil aviation flight safety of the Agreement on Civil Aviation and the Use of Airspace member states in 2023 // *Interstate Aviation Committee*. Available at: <https://mak-iac.org/upload/iblock/a83/461q7ykqnbro9bcmzvc7izlx7hay2efm/bp-23.pdf> (accessed 5 March 2024). (in Russian)

Donaldson A. A. (2024). NASA, Lockheed Martin Reveal X-59 Quiet Supersonic Aircraft. Available at: <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-lockheed-martin-reveal-x-59-quiet-supersonic-aircraft/> (accessed 21 June 2024).

Ensuring Safe Skies with this Global Aviation Safety Plan: Uniting Aviation: News and Features. (2023). Available at: <https://unitingaviation.com/news/safety/ensuring-safe-skies-with-this-global-aviation-safety-plan/> (accessed 2 June 2024).

Global Aviation Safety Plan: 2023–2025. Doc 10004 (2022). Available at: https://www.icao.int/safety/GASP/Documents/10004_en.pdf (accessed 23 June 2024).

Guziy A. G. Bogomolov A. V., Kostina A. P. (2023). Integration of the risk management system associated with fatigue and the flight safety management system of the aircraft operator. *CA at the current stage of science, technology and society development*. 165-166. (in Russian)

Human Factors Training Manual (Doc 9683-AN/950) (1998). Available at: <https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf> (accessed 2 June 2024)

Interstate Aviation Committee Investigation Base (2024). Available at: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (accessed 5 April 2024). (in Russian)

Melnikov B. N., Bolshunov Yu. A., Nikolaikin N. I. (2010). The creation of low-noise civil aviation aircraft prospects. *Safety in the technosphere*. 2: 32-37. (in Russian)

Nikolaikin N. I., Khudyakov Yu. G. (2013). Methodology for assessing the impact of working conditions of airline personnel on risks in air transport processes. *Scientific Bulletin of MSTU GA*. 197: 115-119. (in Russian)

Nikolaikin N. I., Starkov Y. Yu. (2015). Assessment of the environmental hazard of aviation events in air transport. *Scientific Bulletin of MSTU GA*. 218: 17-23. (in Russian)

Official statistics / Demography / Fertility, mortality and natural population growth. Federal State Statistics Service. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (accessed 6 June 2024). (in Russian)

Overture: The World's Fastest Airliner. Boom - Supersonic Passenger Airlines. Available at: <https://boomsupersonic.com> (accessed 15 March 2024).

Passenger turnover: passenger turnover by types of public transport. Rosstat – Transport. Available at: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (accessed 11 June 2024). (in Russian)

Poleshkina I. O., Vorobyov V. V. (2023). Development of a network of landing sites and heliports: ensuring aviation accessibility of settlements in the Arctic regions. *World of Transport*. 21(2/105): 28-38. (in Russian)

Putin proposed to create a civilian version of the Tu-160. (2018). Available at: <http://www.ato.ru/content/putin-predlozhil-sozdat-grazhdanskuyu-versiyu-tu160> (accessed 15 March 2024).

Qi H., Zhang J., Shang Y. [et al.] (2021). Argon inhibits reactive oxygen species oxidative stress via the miR-21-mediated PDCD4/PTEN pathway to prevent myocardial ischemia/reperfusion injury. *Bioengineered*. 1: 5529–5539.

Quesst: The Vehicle ([s.a.]). Available at: <https://www.nasa.gov/quesst-the-vehicle/> (accessed 21 June 2024).

Safety Management Manual (SMM). Doc 9859-AN/474. Fourth edition. ICAO, 148 p. (2017) Available at: https://www.aex.ru/imgupl/files/ICAO%20Doc%209859%20-%20SMM_Edition%204%20-%20Peer%20Review.pdf (accessed 2 June 2024).

Shapkin V., Pukhov A. (2022). Modern factors in the creation of a supersonic civil aircraft of a new generation. *Aviasoyuz*. 3/4(90): 4-9. (in Russian)

Sigaleva E. E., Marchenko L. Yu., Pasekova O. B. [et al.] (2023). The prospect of using the method of breathing with a normoxic oxygen-argon gas mixture for the purpose of noise otoprotection. *Aviation and environmental space medicine*. 57(2): 65-73. (in Russian)

The FAVT R&D plan for 2020 and for the planning period 2021 and 2022. Order of the Federal Air Transport Agency dated 12/22/2020 No. 1584-P (2020) Available at: <https://rulaws.ru/acts/PrikazRosaviatsii-ot-22.12.2020-N-1584-P/> (accessed 2 June 2024). (in Russian)

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОСТАВЩИКА АВИАЦИОННЫХ УСЛУГ

*Николай Сергеевич Херсонский,
orcid.org/0000-0003-1296-7131,
кандидат технических наук,
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 кафедры БПиЖД
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский бульвар, д. 20
Москва, 125493, Россия
l.bolshedvorskaya@mstuca.aero*

Аннотация. Необходимость данного исследования назрела на фоне анализа многочисленных публикаций, стандартов и выявления противоречий, затрагивающих жизненно важные проблемы оценки эффективности и результативности качества работ и услуг в авиатранспортной отрасли. Основной задачей, для решения которой проведен анализ теоретических и практических подходов в исследуемой области, явились выработка корректной терминологии и доведение понятийного аппарата до практической применимости к новым методическим подходам создания и внедрения интегрированной системы управления безопасностью поставщика авиационных услуг.

Ключевые слова: качество продукции, поставщик авиационных услуг, безопасность, интегрированная система.

METHODOLOGICAL BASIS FOR CREATING AN INTEGRATED SAFETY MANAGEMENT SYSTEM FOR AN AVIATION SERVICE PROVIDER

*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 of the Department of Flight Safety and Vital Activity
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493, Russia
l.bolshedvorskaya@mstuca.aero*

Abstract. The need for this study arose against the background of the analysis of numerous publications, standards and identification of contradictions affecting vital problems of assessing the efficiency and effectiveness of the quality of work and services in the air transport industry. The analysis of theoretical and practical approaches in the studied area was carried out for solving the main task which is the development of correct terminology and practical introduction of the conceptual apparatus into new methodological approaches to creation and implementation of an integrated safety management system for an aviation service provider.

Keywords: product quality, aviation service provider, safety, integrated system.

Введение

Одной из основных задач воздушного транспорта, как одного из элементов единой транспортной системы, является безопасность перевозки пассажиров и грузов, решение которой зависит от разных факторов.

Прежде всего, это знание и учет факторов, влияющих на безопасность полетов (БП): состояния взлетно-посадочных полос (ВПП) и их длины, метеорологической обстановки в районе аэродрома, наличия птиц, подготовки пилотов и др.

Эти факторы являются составной частью Системы управления безопасностью полетов (СУБП). Также к ним относятся факторы нормативно-законодательного характера, обусловленные выполнением нормативных требований, регламентирующих различные процессы менеджмента, включая подготовку ВС к полету, ВПП, обеспечение работоспособности светотехнического оборудования, эффективность технического обслуживания ВС и многое другое.

Эти требования являются составной частью Системы менеджмента оператора аэродрома, в частности Системы менеджмента качества СМК, в рамках которой происходит их управление.

В настоящее время эксплуатанты гражданских воздушных судов и поставщики авиационных услуг выстраивают свою деятельность в формате двух подсистем: Система управления безопасностью полетов и Система менеджмента качества.

Качество состоит из совокупности характеристик или отличительных свойств объекта, соответствующих предъявляемым требованиям ISO 9000:2015¹. Требования к качеству имеют особое значение в авиатранспортной отрасли, поскольку направлены на удовлетворение внешних и внутренних потребителей гражданской авиации. Прежде всего это авиакомпании –

¹ ГОСТ Р ИСО 9000–2015 Национальный стандарт Российской Федерации. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартинформ. 2015. 53 с.

эксплуатанты воздушных судов (ВС), тесно взаимодействующие с операторами аэродромов, предоставляющих набор авиационных услуг для осуществления безопасных перевозок пассажиров и грузов (рис. 1).



Рисунок 1 – Классификация авиационных услуг оператора аэродрома

Анализируя представленную классификацию, следует отметить, что выполнение требований стандарта и контроля качества предполагает наличие количественных и качественных параметров, одним из которых в гражданской авиации является уровень обеспечения безопасности полетов (БП).

Под термином «безопасность полетов» понимается состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации ВС или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются².

Обеспечение авиационной безопасности поставщика авиационных услуг можно объективно отнести к отдельной самостоятельной подсистеме, характеризующейся особыми требованиями и условиями их выполнения, которые дополняют совокупность характеристик или отличительных свойств объекта, соответствующих предъявляемым требованиям стандарта. Однако, в стандартах и результатах научных исследований, посвященных интеграции Системы управления безопасностью полетов, данная подсистема практически не рассматривается.

В связи с этим, требуется глубокий анализ взаимосвязи подсистем авиационных услуг оператора аэродрома с целью разработки интегрированной системы и методических рекомендаций по ее применимости.

Материалы и методы

² Международные стандарты и рекомендуемая практика. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов. 2013. 159 с.

Первые попытки по созданию интегрированной системы безопасности проявились в начале девяностых годов и носили весьма ограниченный характер, поскольку были направлены на обеспечение безопасности наземных объектов, включая: охранно-пожарную систему; систему контроля и управления доступом; систему охранного телевидения и систему жизнеобеспечения. Результатом дальнейшего развития стало объединение функциональных задач и возможностей данных систем в единую систему управления, получившую название «Комплексные системы обеспечения безопасности» [Леонтьева и др., 2017]. Значимость данного подхода подчеркивается в работе, направленной на разработку интегрированной системы контроля и обеспечения безопасности, как одного из способов предотвращения внепланового экономического ущерба [Амирханов и др., 2022; Щеголев и др., 2024]. Активное обсуждение в научном сообществе проблемы интеграции системы менеджмента качества и системы управления безопасностью полетов возникло с выходом третьего издания Руководства по управлению безопасностью полетов в 2013 году³.

Одним из базовых принципов разработки интегрированной системы управления, предлагаемого в современных исследованиях, является использование процессного подхода [Асеев, 2022; Федотов и др., 2018; Юрин, 2022]. Разработка и внедрение такой системы должны выстраиваться с учетом международных и отечественных стандартов ИСО серии 9000, придерживаясь процессного и системного подхода, что позволит наиболее эффективным образом интегрировать различные стандарты в единую систему.

В связи с этим в формате проводимого исследования особого внимания заслуживают выводы авторов, в работе которых подчеркивается, что взаимодействующие и взаимосвязанные процессы, составляющие основу деятельности предприятия, можно представить в виде системы, направленной на достижение главной цели – получение прибыли посредством повышения качества и безопасности продукции и услуг. Для достижения этой цели требуется повышение эффективности управления экологическими аспектами, ресурсами, персоналом, финансами, рисками и безопасностью на основе современных информационных технологий [Дрофа и др., 2009; О моделировании..., 2021].

Границы практической применимости систем менеджмента в последние годы расширены посредством разработки новых подходов, отражающих требования реализации интегрированной системы безопасности полетов и безопасности поставщика авиационных услуг [Барсуков, 1999; Васильков и др., 2007; Ситниченко и др., 2004; Умарова и др., 2018]. Главной целью данных подходов является предоставление эксплуатантам и поставщикам авиационных услуг возможности выстраивать взаимоотношения и взаимосвязи на основе применения нового метода оценки эффективности

³ Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Дос 9859 / Международная организация гражданской авиации (ИКАО). 3-е изд. Монреаль, 2013.

обеспечения безопасности полетов посредством риск-ориентированного подхода [Мельник, 2015; О моделировании..., 2021; Правила..., 2014].

Дискуссия

Анализируя сущность метода оценки эффективности обеспечения безопасности полетов посредством риск-ориентированного подхода, следует отметить, что отдельные выводы и рекомендации носят противоречивый характер, что может вызвать серьезные сложности по их применимости⁴ [Мельник, 2015; Рухлинский и др., 2019]. Так, например, в рассматриваемых работах заявлено, что предлагаемый метод «позволяет эффективно обеспечивать безопасность полетов в условиях неопределенности состояния элементов производственной системы посредством применимости алгоритмов нечеткого вывода, что обусловлено отсутствием вероятностных показателей процессов», предлагая при этом введение дополнительного показателя типа «эффективности обеспечения безопасности полетов в интегрированной системе» без обоснования его расчета. Можно предположить, что эксплуатант или поставщик авиационных услуг, получивший такие рекомендации, серьезно задумается о способах расчета показателя и степени достоверности полученного результата, рассчитанного подобным образом.

В проекте Национального стандарта⁴ в качестве новизны предлагается новая трактовка физического понятия «риск», но, по мнению автора, не связанного с безопасностью полетов. В этом случае возникает вопрос о необходимости этого понятия в стандарте, направленном на повышение эффективности безопасности полетов на основе риск-ориентированного подхода.

Но главным недостатком представленного стандарта является сфера его применимости. Автором подчеркивается, что он распространяется на широкий круг пользователей и заинтересованных лиц, включая: разработчиков и изготовителей воздушных судов; юридических лиц и предпринимателей, осуществляющих коммерческие перевозки и техническое обслуживание авиационной техники; специалистов в области аэронавигационного обслуживания; образовательные учреждения по подготовке пилотов гражданских воздушных судов и операторов сертифицированных аэродромов.

Каким образом можно по единому показателю типа «обеспечения эффективности безопасности полетов в интегрированной системе» провести оценку выполнения требований стандарта столь разных по количеству, взаимодействию и взаимозависимости процессов, реализуемых в каждом из направлений деятельности?

Общим недостатком рассмотренного документа является отсутствие четкого и обоснованного алгоритма построения интегральной системы для обеспечения эффективности безопасности полетов поставщика авиационных

⁴ Национальный стандарт Российской Федерации (Проект). Интегрированная система управления безопасностью полетов поставщиков авиационных услуг гражданской авиации. Общие требования. М.: Российский институт стандартизации. 2024. 27 с.

услуг для гражданской авиации с учетом четких и понятных границ взаимодействия, взаимозависимости ее элементов и показателей.

Поэтому методическое обоснование разработки интегрированной системы обеспечения безопасности полетов поставщика авиационных услуг, ключевым звеном которой является выбор, обоснование и классификация показателей оценки взаимодействующих процессов в зависимости от сферы применимости, является актуальной задачей.

Результаты

За последние несколько лет отмечаются радикальные изменения в гражданской авиации, обусловленные возникновением и ужесточением санкционных ограничений для предприятий авиатранспортной отрасли. Наиболее негативно выраженный характер этих последствий относится к состоянию парка воздушных судов и проблем обеспечения качества и безопасности полетов. В связи с этим обострилась необходимость решения важных стратегических задач, основной из которых является задача внедрения и улучшения результативности Системы управления безопасностью полетов и Системы менеджмента качества для оператора аэродрома (поставщика авиационных услуг).

Попытка интегрировать различные системы менеджмента поставщика авиационных услуг на базе единой Системы менеджмента безопасности авиационной деятельности (СМБ АД) сделана разработчиками ГОСТ Р 55862-2013⁵, согласно требованиям которого его внедрение подразумевает функционирование, как минимум, следующих систем: управления БП; менеджмента качества; экологического менеджмента; менеджмента труда.

Идея «интеграции» систем менеджмента, отраженная в стандартах по СМБ АД, не является уникальной. В ГОСТ Р 55862–2013 отражены положения циркуляра FAA AC 120-92A Safety Management Systems for Aviation Service Providers (Date: 8/12/10), несколько расширенные за счет добавления требований к СУБП. Тем не менее, они не покрывают все требования, которые должны учитываться к взаимодействующим подсистемам, характеризующим классификацию авиационных услуг оператора аэродрома, и требуют актуализации.

Поэтому новый подход к построению интегрированной системы предлагается выстраивать, основываясь на принципах процессного подхода (рис. 2).

Сформулированный подход и полученные результаты подчеркивают его принципиальное отличие от ранее созданных и предложенных отсутствием четкого обоснования понятия и процессов интегрированной системы СУБП и СМК.

⁵ ГОСТ 55862-2013 Национальный стандарт Российской Федерации. Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. СМБ Авиационного комплекса (Поставщиков обслуживания). СМБ Авиационной деятельности поставщиков обслуживания: авиакомпании, аэропорты, организации по ОВД, учебные заведения, организации по техническому обслуживанию и ремонту. Общие положения. М.: Стандартиформ. 2020. 15 с.

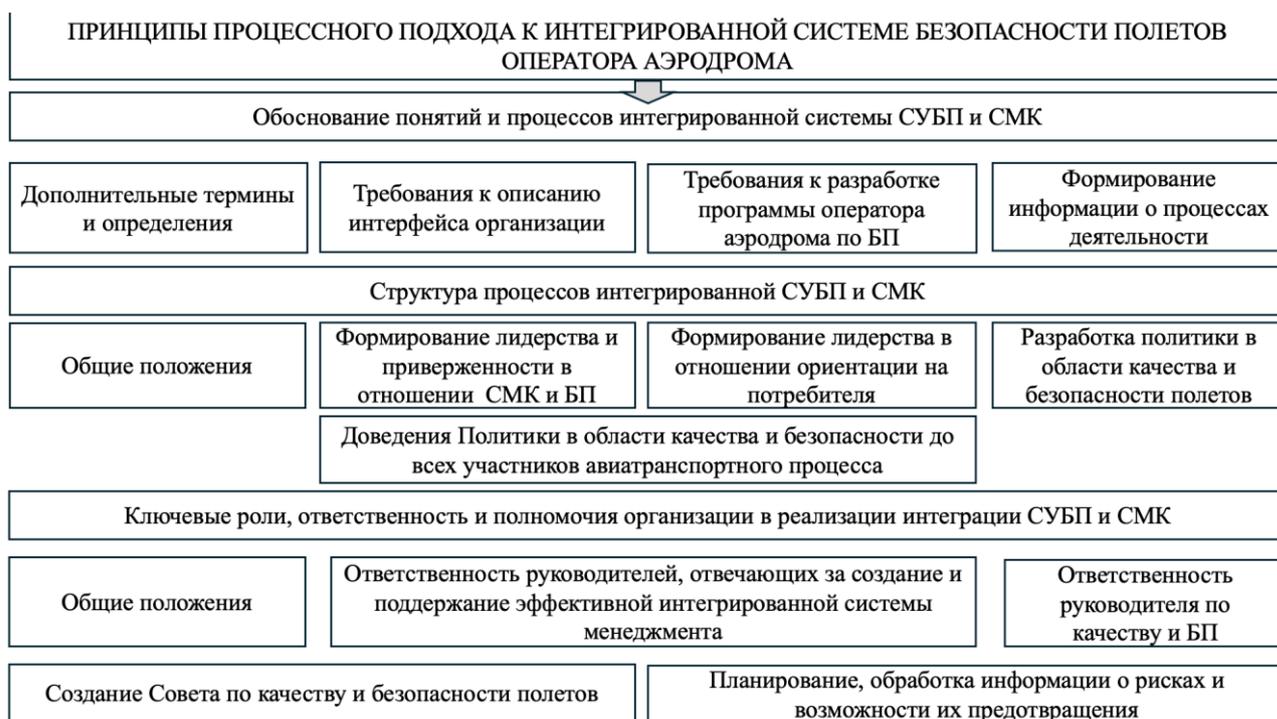


Рисунок 2 – Концепция построения интегрированной системы безопасности полетов оператора аэродрома

На каждом аэродроме должна существовать своя система менеджмента (СМ), которая включает в себя СУБП, СМК, систему экологического менеджмента (СЭМ), систему охраны и безопасности здоровья (СОБЗ), систему информационной безопасности (СИБ) и многие другие. Интегрирование требований всех систем – задача чрезвычайно сложная, чаще интегрируют требования 2-3-х систем.

Однако, интегрировать СМК и СУБП, как это прописано в рекомендациях Международной организации гражданской авиации по интеграции СУБП и СМК оператора аэродрома, в одну единую систему менеджмента было бы технически неправильно.

Нельзя интегрировать разные, по сути, технические требования. Поэтому необходимо разработать и обосновать взаимосвязи между критериями процессов и параметров конкретных процедур СМК, которые регламентируются требованиями, заложенными в нормативной документации, и требованиями, предъявляемыми к СУБП. Эти требования к СУБП структурируются на основе концептуальных рамок для СУБП и не противоречат положениям, изложенным в Приложении 19 к Конвенции о международной гражданской авиации.

Так, например, процесс оценки качества ВПП, одним из параметров которого является величина неровностей. Если этот параметр находится в допуске, установленном в нормативной документации, то он практически не оказывает влияния на такой фактор опасности (ФО), как разрушение самолета при посадке на неровную поверхность, и риски реализации этого фактора являются для БП приемлемыми. При выходе этого параметра за пределы

допуска ФО возрастет, а с ним возрастет и риск разрушения самолета при посадке.

Построение эффективной интегрированной системы СУБП и СМК зависит от четкости планирования деятельности, формулирования целей в области качества и безопасности полетов, отражения результатов их достижения путем: установления целей; планирования достижений; планирования изменений; управления изменениями.

Неотъемлемой составной частью планирования целей и их достижений являются ресурсы предприятия и их использование. Поэтому в предлагаемой концепции этому вопросу уделено особое внимание и представлено четкое обоснование:

- понятия «человеческие ресурсы»;
- требований к состоянию инфраструктуры;
- требований к производственной среде и реализации основных процессов;
- ресурсов для мониторинга и измерений;
- требований к компетенциям, необходимым для функционирования процессов организации;
- требований к осведомленности исполнителей и ответственных за достижение ключевых целей организации;
- требований к формированию необходимых внутренних и внешних коммуникаций, относящихся к интегрированной системе менеджмента.

С целью повышения уровня качества и БП поставщик авиационных услуг должен создавать и внедрять в деятельность систему сообщений по вопросам качества и БП, основные положения и требования к которой обозначены в формате проектируемой концепции.

Кроме этого, планируется отражение следующих требований и комментариев для их исполнения:

- управление документацией и информацией;
- планирование и управление деятельностью;
- управление эксплуатационными рисками;
- гарантии безопасности полетов;
- определение требований к продукции и услугам;
- проектирование и разработка авиационных услуг;
- управление производством и предоставлением услуг;
- планирование мероприятий на случай аварийной обстановки.

Проведение мониторинга посредством измерения, анализа и оценки результатов должно быть представлено в виде группы требований:

- оценка результатов деятельности;
- оценка безопасности полетов;
- проведение внутреннего аудита;
- требования к улучшению и внедрению инициативных мероприятий;
- выявление несоответствий и реализация корректирующих действий;
- требования к постоянному улучшению пригодности и результативности интегральной системы менеджмента.

На основании сформулированной концепции и в продолжение данного исследования предполагается разработка стандарта «Интегрированные системы менеджмента качества и системы управления безопасностью полетов в деятельности оператора международного аэродрома и основных поставщиков услуг гражданской авиации», отражающего основные требования и рекомендации по процедуре разработки и внедрению СУБП и СМК в деятельность авиационного предприятия (оператора аэродрома), которые позволят повысить эффективность и результативность деятельности авиационных предприятий. Основная задача разработки и внедрения стандарта – это исключение несоответствий и противоречий в ранее опубликованных материалах, обеспечение максимальной помощи оператору аэродрома поставщику авиационных услуг (ПАУ) по вопросам совершенствования системы менеджмента качества (СМК) и системы управления безопасностью полетов (СУБП) в рамках выполнения эксплуатационной деятельности.

Стандарт должен быть направлен на реализацию рекомендации раздела 9.7.6 ICAO Doc 9859 по интеграции СУБП и СМК оператора аэродрома в одну единую систему менеджмента. Поэтому фундаментальную основу Стандарта составят требования выполнения стандартов Международной организации гражданской авиации (ICAO), Международной организации по стандартизации (ISO), Международной электротехнической комиссии (IEC), Международной группы по аэрокосмическому качеству (IAQG) и авиационных правил Европейского агентства по БП (EASA) для операторов аэродрома. В связи с этим, структура Стандарта будет выстроена на следующих принципах:

- фокус на потребителя авиационных услуг;
- лидерство и приверженность Высшего руководства;
- вовлечение работников и развитие Культуры справедливых отношений;
- применение процессного подхода в управлении;
- обеспечение постоянного улучшения и совершенствования процессов;
- обоснованное принятие решений;
- управление отношениями.

Основной особенностью данного стандарта является отражение четкой взаимосвязи и взаимозависимости системы менеджмента СМК и СУБП, которые выстроены на следующих принципах:

- вектор практической применимости СУБП направлен на управление рисками для БП и повышения эффективности обеспечения БП;
- реализация основных задач СМК, направленных на контроль соблюдения установленных требований, обеспечивающих удовлетворение ожиданий потребителей и выполнение договорных обязательств;
- ключевые цели СУБП обусловлены выявлением факторов опасности, оценкой рисков, разработкой и внедрением средств и методов их контроля;

– цели СМК направлены, преимущественно, на качественное предоставление авиационных услуг, соответствующих установленным требованиям.

В связи с этим, можно отметить, что интеграция СУБП и СМК не затронет особенности каждой из систем. Более того, она обеспечит повышение эффективности их практической реализации, поскольку позволит:

– дополнить СУБП процессами СМК, обеспечивающими проведение аудитов, инспекций, расследований и обоснование процессов по реализации превентивных мер;

– обеспечить повышение безопасности полетов посредством реализации процессов СМК, установить слабые места в средствах контроля рисков для БП;

– определить существующие и скрытые проблемы обеспечения БП посредством решения оперативных задач СМК;

– применить взаимосвязь принципов, политики и практики управления качеством с целями управления БП;

– применить выявленные ФО при реализации СМК для контроля рисков БП при планировании и проведении внутренних аудитов.

Заключение

Проведенное исследование научных достижений и анализ полученных результатов позволили установить недостаточность и ограниченность практической применимости существующих рекомендаций по созданию интегрированной системы СУБП и СМК, преимущественно из-за отсутствия логичного алгоритма формирования требований к взаимодействующим и взаимозависимым процессам, а также из-за недостаточности инструментов по оценке их выполнения.

Внедрение методических основ создания интегрированной системы обеспечения безопасности полетов оператора аэродрома в эксплуатационные предприятия позволит:

– выявлять наиболее опасные процессы СУБП и СМК с высоким уровнем риска;

– определять для опасных процессов СУБП и СМК показатели и критерии KPI, SPI, проводить ранжирование в зависимости от их влияния на БП и последующую интеграцию.

Разработка нового стандарта «Интегрированные системы менеджмента качества и системы управления безопасностью полетов в деятельности оператора международного аэродрома и основных поставщиков услуг гражданской авиации» и его практическая применимость позволят повысить общую эффективность за счет:

– сокращения дублирования процессов и ресурсов;

– устранения потенциально конфликтующих обязанностей и взаимоотношений;

– расширения области оценки рисков на всех направлениях деятельности;

– создания эффективной системы мониторинга и управления эффективностью обеспечения менеджмента качества и безопасности полетов.

Библиографический список

- Амирханов Р. И.* Разработка интегрированной системы контроля и обеспечения безопасности электроподстанции / Р. И. Амирханов, М. Х. Хусниязов // Научный альманах Центрального Черноземья. 2022. № 2-3. С. 44-52. EDN QTQAFJ.
- Асеев Н. В.* Разработка интегрированной системы управления рисками в организации по техническому обслуживанию воздушных судов // Проблемы безопасности полетов. 2022. № 2. С. 24-39. DOI 10.36535/0235-5000-2022-02-2. EDN SKBBXX.
- Барсуков В.* Новые технологии безопасности от интегрированных систем к интегральной безопасности // Электроника: Наука, технология, бизнес. 1999. № 3 (21). С. 34-37. EDN VCUYXJ.
- Васильков Ю. В.* Особенности оценки соответствия системы менеджмента безопасности в интегрированных системах / Ю. В. Васильков, Л. С. Гущина // Методы оценки соответствия. 2007. № 10. С. 35-37. EDN PSCECX.
- Дрофа В. В.* Переход предприятия на интегрированную систему менеджмента / В. В. Дрофа, М. Б. Дюжева // Сибирский торгово-экономический журнал. 2009. № 9. С. 69-71. EDN NSKKPT.
- Леонтьева А. Н.* Сравнительный анализ комплексной системы обеспечения безопасности с интегрированной системой безопасности / А. Н. Леонтьева, Б. Э. Забержинский // Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования программно аппаратных средств: Материалы X Всероссийской научно-технической конференции, Самара, 21–22 марта 2017 года. Самара: Самарский государственный технический университет, 2017. С. 48-51. EDN ZMTXCD.
- Мельник Д. М.* Принципы интеграции системы управления качеством и системы управления безопасностью полетов в авиационном предприятии // Транспорт Российской Федерации. 2015. № 6 (61). С.47-50. EDN VKSXOD
- О моделировании процессов поставщика авиационных услуг для оценки рисков в области безопасности полетов / В. М. Рухлинский, А. А. Хаустов, Р. А. Вдовенко, С. В. Диогенов // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2021. № 36. С. 97-109. EDN HQRNAK.
- Правила* разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими, утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 18.11.2014 № 1215.
- Рухлинский В. М.* Анализ и управление рисками в области аварийно-спасательного обеспечения полетов / В. М. Рухлинский, А. С. Молотовник, А. А. Хаустов // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2019. № 26. С. 75-86. EDN KSSWNA.
- Ситниченко В. М.* Интегрированная система менеджмента – основа устойчивого развития предприятия / В. М. Ситниченко, Е. А. Стоякин // Методы менеджмента качества. 2004. № 8. С. 4-8.
- Умарова Т. А.* Сравнение методов организации комплексных систем безопасности / Т. А. Умарова, Б. Ж. Жарлыкасов // Наука. Информатизация. Технологии. Образование: Материалы XI международной научно-практической конференции, Екатеринбург, 26 февраля – 02 2018 года. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2018. С. 605-617. EDN YXGIGE.
- Федотов Л. В.* Управление безопасностью полетов на основе выявления организационного фактора в системе менеджмента качества / Л. В. Федотов, А. А. Оленев, И. А. Князев // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы IV Международной заочной научно-практической конференции, Минск, 02–04 октября 2018 года. Минск: Республиканское унитарное предприятие «Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника», 2018. С. 120-125. EDN YTKOTZ.

Щеголев М. П. Основы совершенствования интегрированных систем управления безопасностью дорожного движения / М. П. Щеголев, А. Ю. Ключин // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): Сборник статей XI Международной научно-практической конференции, Пенза, 16–17 апреля 2024 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. С. 309-313. EDN DMQIWG.

Юрин Д. С. Качество авиационной техники, как объект управления СМК // Качество и жизнь. 2022. № 1 (33). С. 37-45. DOI 10.34214/2312-5209-2022-33-1-37-45. EDN RLRSHI.

References

- Amirkhanov R. I., Khusniyarov M. Kh. (2022). Development of an integrated control and safety system for an electrical substation. *Scientific Almanac of the Central Black Earth Region*. 2–3: 44–52. (In Russian)
- Aseev N. V. (2022). Development of an integrated risk management system in an aircraft maintenance organization. *Flight safety problems*. 2: 24-39. (In Russian)
- Barsukov V. (1999). New security technologies from integrated systems to integrated security. *Electronics: Science, technology, business*. 3(21): 34-37. (In Russian)
- Drofa V. V., Dyuzheva M. B. (2009). Transition of the enterprise to an integrated management system. *Siberian Trade and Economic Journal*. 9: 69-71. (In Russian)
- Fedotov L. V., Olenov A. A., Knyazev I. A. (2018). Safety management based on the identification of an organizational factor in the quality management system. *Prospects for the development of the transport complex*. 120-125. (In Russian)
- Leontyeva A. N., Zaberzhinsky B. E. (2017). Comparative analysis of an integrated security system with an integrated security system. *Current problems of information security. Theory and practice of using software and hardware*. 48-51. (In Russian)
- Melnik D. M. Principles of integration of the quality management system and the safety management system in an aviation enterprise. *Transport of the Russian Federation*. 6(61): 47-50. (In Russian)
- Rukhlinsky V. M., Khaustov A. A., Vdovenko R. A., Diogenov S. V. (2021). On modeling the processes of an aviation service provider for assessing risks in the field of flight safety. *Scientific Bulletin of the State Research Institute of Civil Aviation*. 36: 97-109. (In Russian)
- Rukhlinsky V. M., Molotovnik A. S., Khaustov A. A. (2019). Analysis and risk management in the field of emergency rescue flights. *Scientific Bulletin of the State Research Institute of Civil Aviation*. 26: 75-86. (In Russian)
- Shchegolev M. P., Klyushin A. Yu. (2024). Fundamentals of improving integrated road safety management systems. *Transport. Economics. Social sphere (Actual problems and their solutions)*. 309-313. (In Russian)
- Sitnichenko V. M., Stoyakin E. A. (2004). Integrated management system - the basis of sustainable development of the enterprise. *Quality management methods*. 8: 4-8. (In Russian)
- The rules for the development and application of aircraft flight safety management systems, as well as the collection and analysis of data on hazard and risk factors that pose a threat to the safety of flights of civil aircraft, storage of these data and their exchange, are approved by Decree of the Government of the Russian Federation of 18.11.2014 No. 1215. (In Russian)
- Umarova T. A., Zharlykasov B. Zh. (2018). Comparison of methods for organizing integrated security systems. *Science. Informatization. Technology. Education*. 605-617. (In Russian)
- Vasilkov Yu. V., Gushchina L. S. (2007). Features of conformity assessment of the safety management system in integrated systems. *Methods of conformity assessment*. 10: 35-37. (In Russian)
- Yurin D. S. (2022). Quality of aviation equipment as a control object of the QMS. *Quality and life*. 1(33): 37-45. (In Russian)

ОЦЕНКА УТОМЛЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СПЕЦИАЛИСТА МЕТОДОМ СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА

*Денис Александрович Евсевичев,
orcid.org/0000-0003-2234-427X,
кандидат технических наук, доцент
Ульяновский институт гражданской авиации
имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева,
ул. Можайского, 8/8
Ульяновск, 432071, Россия
denistk_87@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматривается утомляемость летного состава и членов авиадиспетчерской службы как фактор риска, оказывающий влияние на безопасность полетов. Предложенное программное решение на основе метода случайного леса позволяет выявлять состояние утомления у авиационного специалиста после прохождения ряда тестов, оценивающих снижение работоспособности по существующим симптоматическим атрибутам. Внедрение представленного решения в систему управления безопасностью полетов на авиационных предприятиях позволит повысить соответствующие показатели надежности работы как пилотов, так и авиадиспетчеров.

Ключевые слова: утомление, оценка, статистика, машинное обучение, бинарная классификация, случайный лес, автоматизация, программа.

AVIATION SPECIALIST FATIGUE ASSESSMENT BY THE RANDOM FOREST METHOD

*Denis A. Evsevichev,
orcid.org/0000-0003-2234-427X,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Ulyanovsk Institute of Civil Aviation
named after Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev,
Mozhayskogo street, 8/8
Ulyanovsk, 432071, Russia
denistk_87@mail.ru*

Abstract. The article examines the fatigue of flight personnel and members of the air traffic control service as a risk factor affecting flight safety. The proposed software solution based on the random forest method makes it possible to identify the state of fatigue in an aviation specialist after passing a series of tests evaluating a decrease in performance based on existing symptomatic attributes. The introduction of the presented solution into flight safety management systems at aviation enterprises will improve the corresponding reliability indicators of both pilots and air traffic controllers.

Key words: fatigue, assessment, statistics, machine learning, binary classification, random forest, automation, program.

Введение

В представленной статье рассматривается утомляемость летного состава и членов авиадиспетчерской службы как фактор риска, оказывающий влияние на безопасность полетов.

Утомление снижает качество выполнения возложенных на специалиста авиационного персонала служебных обязанностей. Утомление может быть описано как степень снижения работоспособности специалиста, выражаемая в увеличении когнитивных и физических нагрузок. Неустойчивость такого состояния вызывает необходимость психофизиологического восстановления специалиста после таких нагрузок.

Многие пилоты и диспетчеры сами определяют описываемую проблему утомляемости как одну из основных в своей профессиональной деятельности. С целью обеспечения контроля утомляемости ИКАО были внесены новые требования в отношении разработки и регулирования систем управления рисками, связанными с утомляемостью FRMS (Fatigue Risk Management System), в Приложение 6 (для летного и cabinного экипажа) и Приложение 11 (для диспетчеров управления воздушным движением) к Конвенции о международной гражданской авиации, на основе которых были разработаны новые стандарты [Руководство..., 2011; Doc 9966..., 2016].

Описываемая концепция FRMS в отличие от предписывающего подхода, то есть подхода, регламентируемого государственными стандартами, предлагает различным поставщикам обслуживания (авиакомпаниям, центрам организации воздушного движения) использовать новые научно обоснованные подходы, обеспечивающие повышение безопасности полетов. Подобные решения предлагается внедрять в системы управления безопасностью полетов на соответствующих предприятиях с помощью специально организованных групп, занятых в соответствующей области исследования [Doc 9966..., 2016].

Существующий традиционный предписывающий подход к оценке утомления не предполагает использование каких-либо новых научных данных, а ориентируется исключительно на документы, регламентирующие время труда и отдыха. Между государством и поставщиком обслуживания (авиакомпания, центры организации воздушного движения) организуется работа по мониторингу и контролю утомления, как фактора риска для осуществления безопасности полетов. Однако при этом сохраняются нормативные ограничения, определяемые государством.

Следует отметить, что государство при использовании концепции FRMS организует работу в системах управления безопасностью полетов поставщиков обслуживания, описанных выше, на уровне не хуже, чем при предписывающем подходе, однако позволяет повышать данный уровень при наличии научно-обоснованных решений. Поставщик обслуживания в свою очередь готовит такие решения по контролю рисков, связанных с утомлением, на основе проведенных исследований, выявленных в ходе них механизмов контроля и ограничения. Соответствующие правила и регламенты в этом

случае изменяются с учетом выявленных в рамках FRMS опасных факторов, что оформляется документально.

Получение информации о текущем уровне утомления сотрудника является важной задачей, так как ухудшение работоспособности, определяемое утомлением, влияет на многие навыки специалиста.

В рамках проводимого исследования особый интерес представляет мониторинг проявления признаков утомляемости в ходе выполнения текущих операций членами летного экипажа и диспетчерами по управлению воздушным движением. Проведенный анализ области исследования показал, что в настоящее время существуют методические рекомендации, к которым можно отнести: заполнение вопросников; документирование времени работы и отдыха; использование специализированных устройств мониторинга специалиста на различных этапах жизнедеятельности; проверка работоспособности в течение рабочей смены и др. Однако, у применяемых методов по оценке степени утомляемости авиационных специалистов существуют не только достоинства, но и недостатки, снижающие их практическую применимость. Одним из таких недостатков является проявление субъективности, искажения и предвзятости (например, докладные записки, оценки по шкале индивидуальной выраженности утомления CIS, оценки по шкале оценки утомления FAS, ретроспективные опросы). Объективные методы лишены этих недостатков, но являются весьма продолжительными, обременительными для испытуемого и требуют наличия специально подготовленных экспертов (например, электроэнцефалография, электрокардиография, электроокулография).

В связи с вышеизложенным, было определено, что важным для повышения безопасности полетов является нахождение решения, обеспечивающего оптимальный, относительно быстрый, объективный и не требующий наличия дополнительного эксперта метод оценки состояния утомления специалиста авиационного персонала. Для достижения такой цели было принято решение использовать быстрый и, при хорошем обучении, точный алгоритм случайного леса. Данный алгоритм может быть реализован, если будут решены задачи сбора данных для даты фрейма и обучения на нем модели случайного леса для оценки утомления авиационного специалиста.

Материалы и методы

Материал исследования: сформированный набор данных о прохождении тестов оценки снижения работоспособности. Впервые набор данных был представлен в [Булатова и др., 2023], но в рамках данного исследования был дополнен и модернизирован.

Методы исследования: математический анализ, математическое программирование, теория оптимизации, машинное и глубокое обучение, объектно-ориентированный подход к разработке программных средств.

Дискуссия

Для любого алгоритма машинного обучения необходим набор данных, на котором будет обучаться модель. Для формирования такого набора данных была составлена программа тестирования, выявляющая снижение работоспособности и соответствующие ей критерии на основе набора симптоматических атрибутов. Набор атрибутов, свойственных как пилотам, так и авиадиспетчерам, был определен исходя из проведенных исследований, представленных в [Еникеев и др., 2020; Оценка риска..., 2018; Сурина, б.г.; Дос 9966..., 2016]. Рассмотрим данные атрибуты и характеристики их ухудшения:

1. Атрибут «Внимание». Ухудшение выражается в снижении избирательности выделения важных для работы объектов, несконцентрированности, дисбалансной подвижности.

2. Атрибут «Восприятие». Ухудшение выражается в отклонении от нормального субъективного познания реальности.

3. Атрибут «Моторика». Ухудшение выражается в снижении двигательной активности как всего организма, так и отдельных его органов.

4. Атрибут «Мышление». Ухудшение выражается в нарушении процессов запоминания фактов, в переходе на упрощенные алгоритмы оценки и контроля различных ситуаций.

5. Атрибут «Волевые процессы». Ухудшение выражается в повышении раздражительности и ослаблении самоконтроля.

Рассматривая данный набор симптоматических атрибутов, допустимо сделать вывод о том, что снижение работоспособности авиационного специалиста, то есть определение его состояния утомления, можно выявить по восьми психологическим тестам [Андронникова и др., 2011; Булатова и др., 2023]: тест «Таблица Шульте», тест «Счет по Крепелину», тест Мюнстерберга, корректурная проба с кольцами Ландольта, тест «Реакция на движущийся объект», тест «Реакция на изменение цвета», тест отсчёта времени, проективный тест «дерево Уилсона».

Соотношение описанных выше контролируемых симптоматических атрибутов и предложенных форм тестирования представлено в таблице 1. Как можно увидеть из данной таблицы – всем видам атрибутов, отражающих снижение работоспособности, а как следствие утомление, соответствуют по несколько из представленных тестов.

Описанные тесты были реализованы в программном продукте Fatigue Test, написанном в среде разработки MS Visual Studio (свидетельство № 2023617671 от 12.04.23 г.). Пользователю – испытуемому предлагалось зарегистрироваться в приложении и пройти перечисленные виды тестирования. Начальное окно программы представлено на рисунке 1.

Пример одного из тестов (счёт по Крепелину) представлен на рисунке 2.

В результате прохождения тестов испытуемыми формировалась база данных из 6555 записей, содержащих информацию о времени прохождения тестов и совершенных ошибках. С целью дистанционного сбора данных о прохождении тестов у испытуемых был реализован механизм сохранения

данных на стороннем сервере с помощью библиотеки-клиента Яндекс.Диска YaDisk.

Таблица 1 – Соотношение контролируемых симптоматических атрибутов утомления и предложенных форм тестирования

Контролируемые симптоматические атрибуты утомления	Тестирования
Внимание	Таблица Шульте, Счет по Крепелину, Тест Мюнстерберга, Корректирующая проба с кольцами Ландольта
Восприятие	Таблица Шульте, Тест Мюнстерберга, Корректирующая проба с кольцами Ландольта, Реакция на движущийся объект, Реакция на изменение цвета, Тест отсчёта времени
Моторика	Реакция на движущийся объект, Реакция на изменение цвета
Мышление	Таблица Шульте, Счет по Крепелину, Корректирующая проба с кольцами Ландольта
Волевые процессы	Счет по Крепелину, Реакция на движущийся объект, Реакция на изменение цвета, Тест отсчёта времени, дерево Уилсона

The screenshot shows a window titled "Fatigue test" with a registration form. The form includes three input fields: "Фамилия" (text), "Имя" (text), and "Возраст" (dropdown). Below these are two groups of radio buttons. The first group, titled "Оцените своё состояние", has two options: "Не устал" and "Устал". The second group, titled "Уточните своё утомление по 5-балльной шкале", has five options: "1 (совсем не устал)", "2 (скорее не устал)", "3 (средняя усталость)", "4 (скорее устал)", and "5 (сильно устал)". At the bottom center is a button labeled "Начать тестирование".

Рисунок 1 – Интерфейс программы Fatigue Test с открытым окном анкеты испытуемого

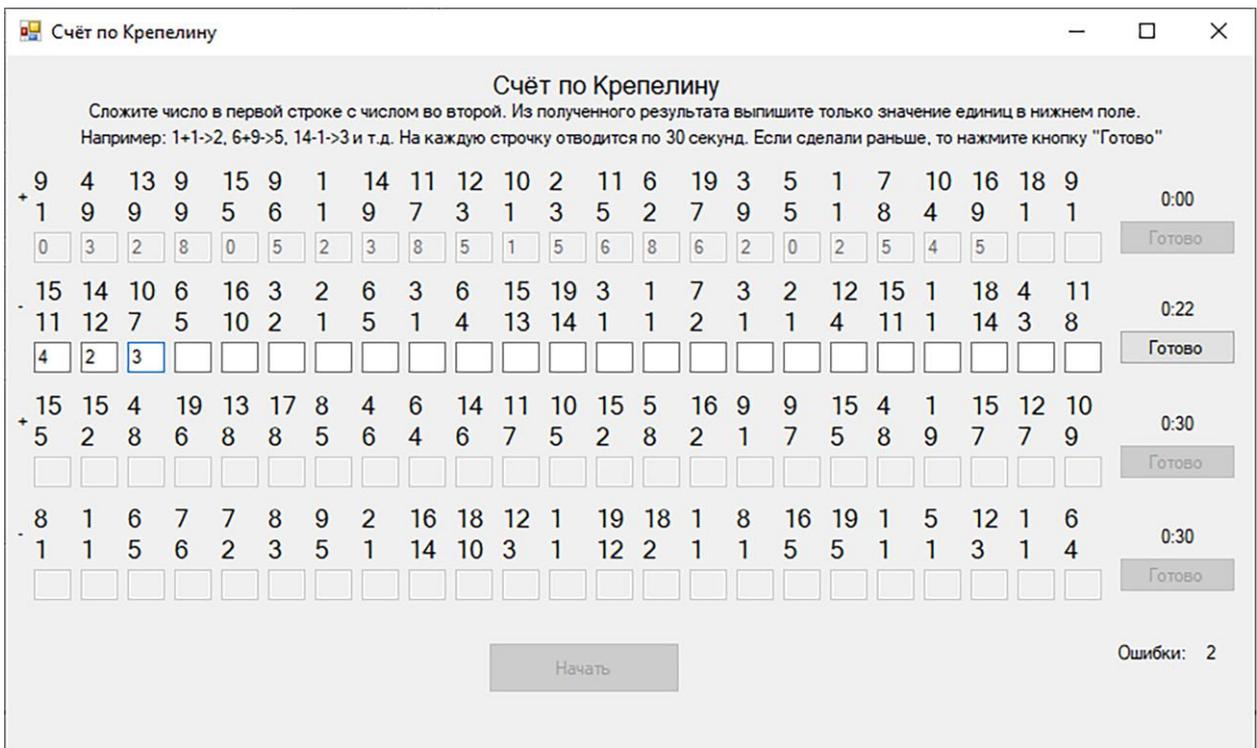


Рисунок 2 – Интерфейс программы Fatigue Test с открытым окном «Счёт по Крепелину»

Полученные базы данных с результатами прохождения тестов послужили материалом для дальнейшего исследования и обучения выбранной модели случайного леса.

В работе [Булатова и др., 2023] была предложена реализация классификатора методом дерева решений. Однако данный алгоритм может быть улучшен за счет использования ансамблевого метода бэггинга, например, методом случайного леса (random forest – RF). Работа данного алгоритма включает обучение нескольких подготовленных моделей деревьев решений с начальными случайными гиперпараметрами. В результате прохождения обучения получается ансамбль деревьев решений, то есть нескольких обученных классификаторов. Допускается, что каждое отдельное из этих деревьев решений дает не самый высокий результат классификации с точки зрения точности, однако использование большого количества классификаторов позволяет значительно повысить итоговый результат [Гласнер, 2019; Жерон, 2018; Мюллер и др., 2017; Чيو и др., 2020; Ensembles..., s.a.]. Такой подход позволяет реализовать коллаборативную фильтрацию при решении задачи оценки утомления авиационного специалиста. В методе формируется ансамбль из нескольких деревьев и применяются метод случайных подпространств и бэггинг.

Метод случайного леса включает в себя построение ансамбля деревьев решений (бэггинг). Эта техника заключается в том, что берется один случайный элемент, записывается в обучающую выборку, затем возвращается обратно. Так делается несколько раз в зависимости от желаемого размера обучающей выборки. Метод случайных подпространств позволяет алгоритму

бэггинга не только выбирать случайный набор данных, но и определять у него случайное подмножество признаков. В результате применения этих методов происходит уменьшение матрицы признаков для отдельных слабых алгоритмов, что снижает их взаимную корреляцию. В случае бэггинга важным является подача разных данных на вход слабых алгоритмов, чтобы избежать идентичности результатов. Таким образом, бэггинг направлен на уменьшение разброса (дисперсии) в данных.

В алгоритме построения случайного леса формируется набор деревьев решений, для каждого из которых выбирается свой случайный набор данных для обучения из общего датасета. Алгоритм позволяет выбирать набор критериев, которые лягут в основу разбиения отдельных деревьев решений. Дерево решений строится по алгоритму, включающему нахождение решения до исчерпания выборки или достижения предельной либо заданной глубины. Для каждого создаваемого решения (дерева) выбирается m случайных критериев из n исходных по следующему правилу:

$$m = \sqrt{n} . \quad (1)$$

Классификация объекта определяется голосованием по большинству решений. Поэтому итоговый классификатор можно описать следующим образом:

$$RF(x) = \max(\text{card}(i | DT_i = \{0;1\})), \quad (2)$$

где DT_i – модель дерева решений, построенная на i -ой выборке.

Таким образом, можно описать метод RF как бэггинг моделей DT, при обучении которых признаки выбираются из случайного подмножества признаков.

Метод случайного леса позволяет найти наилучшую модель оценки утомления специалиста авиационного персонала с помощью итерационного перебора некоторых основных гиперпараметров модели. Используемые для перебора гиперпараметры представлены в таблице 2 [RandomForestClassifier..., s.a.]. Для построения модели случайного леса и поиска наилучших гиперпараметров была написана программа на языке Python в среде разработки Jupiter Notebook (свидетельство № 2023667914 от 21.08.23 г.).

Для эмпирического оценивания и контроля обобщающей способности модели RF была применена процедура кросс-валидации для модели с выбранными по умолчанию параметрами. Как видно на рисунке 3, наилучший результат был получен при значении $K=14$.

Варьирование значений представленных в таблице 2 гиперпараметров с помощью метода кросс-валидации позволило найти наилучшую их комбинацию с точки зрения точности решения для подготовленной выборки из 210 деревьев для разбиения (гиперпараметр $n_estimators$). При этом прочие гиперпараметры были получены следующие: метрика оценки качества разделения – неоднородность Джини ($gini$); ограничение на число объектов в листьях – 1; максимальная глубина дерева – 22 элемента; количество

признаков, которые следует учитывать при поиске лучшего разделения – 6 признаков.

При этом лучшая средняя статистическая оценка угадывания целевых значений при кросс-валидации составила 0,7295.

Все вычисления и исследования датасета проводились в программе, написанной автором на языке Python в среде Jupyter Notebook.

Таблица 2 – Вариация гиперпараметров в алгоритме случайного леса для оценки утомления авиационного специалиста

№	Гиперпараметр	Обозначение параметра класса RandomForestClassifier из библиотеки scikit-learn	Выбираемые значения
1	Метрика оценки качества разделения	criterion	1. Неоднородность Джини (gini). 2. Прирост информации (entropy).
2	Число деревьев для разбиения	n_estimators	Значения от 10 до 1000 с шагом 10
3	Ограничение на число объектов в листьях	min_samples_leaf	Значения от 1 до 10 с шагом 1
4	Максимальная глубина дерева	max_depth	Значения от 1 до 100 с шагом 1
5	Количество используемых из датасета признаков, учитываемых при поиске лучшего решения	max_features	Значения от 1 до 24 с шагом 1

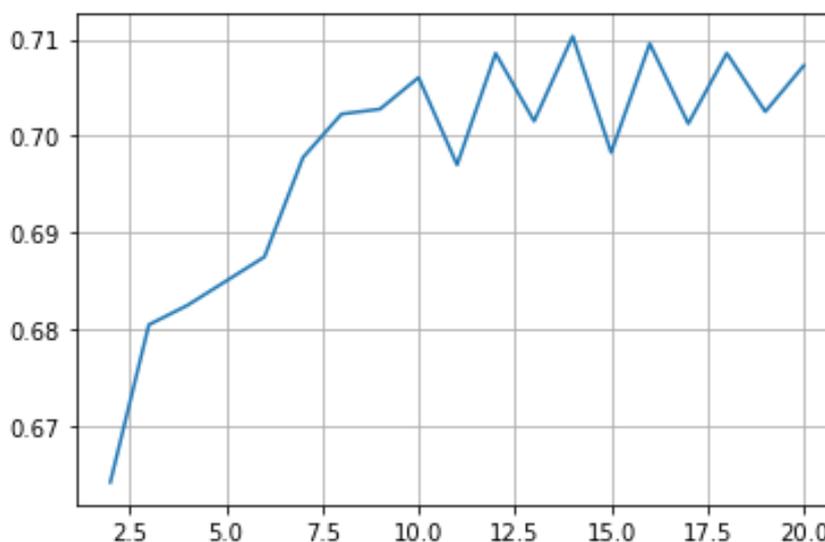


Рисунок 3 – Изменение оценки точности модели, построенной на основе метода RF, для различных K при кросс-валидации

Результаты

Для модели с представленными значениями была составлена матрица ошибок, представленная в таблице 3. В рядах расположены фактические

отклики системы, взятые из отложенных данных, а в столбцах отклики предсказаний по отложенному набору значений.

Таблица 3 – Матрица ошибок, сформированная классификатором на основе алгоритма случайного леса для оценки утомления специалиста авиационного персонала

		Спрогнозированные значения класса	
		0	1
Фактические значения класса	0	426	161
	1	165	448

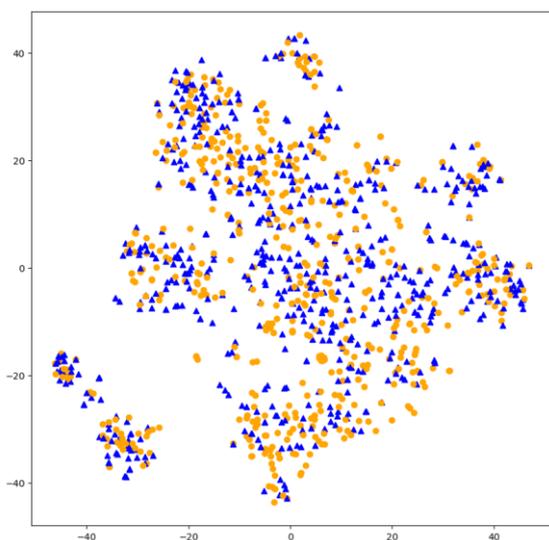
Исходя из полученных значений в таблице 3 и используя метод `classification_report` [`Sklearn.metrics.classification_report...`, s.a.] из библиотеки `scikit-learn`, была оценена эффективность работы алгоритма случайного леса для решения задачи оценки утомления специалиста авиационного персонала. Результаты вычисления мер оценки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка работы классификатора на основе алгоритма случайного леса для оценки утомления специалиста авиационного персонала

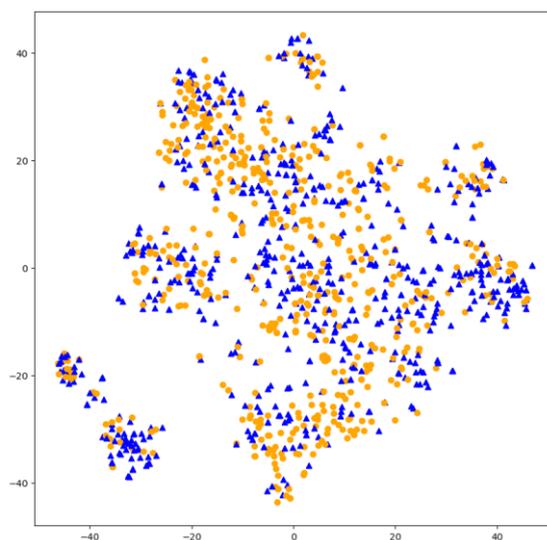
Классификация	Точность (precision)	Полнота (recall)	F-мера (среднее гармоническое точности и полноты)	Количество экземпляров класса
Не устал ($y=0$)	0,72	0,73	0,72	587
Устал ($y=1$)	0,74	0,73	0,73	613
Среднее для двух классов	0,73	0,73	0,73	1200

Итоговое значение F-меры (среднее гармоническое точности и полноты) составило 0,73.

Для визуализации распределения изначально заданных откликов проверочной (валидационной) и предсказанной по модели RF выборки следует перевести значения из 24-х мерного пространства (по количеству признаков обучения) в двухмерное с помощью метода нелинейного снижения размерности и визуализации многомерных переменных `t-SNE` (`t-distributed stochastic neighbor embedding`) [Булатова и др., 2023]. Методика моделирует каждое наблюдение высокой размерности так, что похожие наблюдения будут близко располагаться в двухмерном пространстве [`t-SNE ...`, s.a.; van der Maaten et al., 2008]. Распределение точек представлено на рисунке 4.



1) Распределение изначально заданных откликов выборки



2) Распределение откликов по предсказанным значениям с помощью модели случайного леса

Рисунок 4 – Распределение изначально заданных откликов проверочной (валидационной) (1) и предсказанной по модели случайного леса (2) выборок. Треугольникам ▲ соответствуют отклики «1», кругам ● – отклики «0»

Как видно из рисунка 4, распределение откликов, полученных с помощью разработанной модели, близко к изначальному распределению, что говорит о хорошем качестве полученной модели. Однако концентрация в некоторых метках однотипных ответов говорит о возможности более тонкого совершенствования решения, например, с помощью моделей глубокого обучения (нейронных сетей прямого распространения).

Заключение

Представленный в работе метод оценки утомления авиационного специалиста на основе алгоритма машинного обучения случайного леса является эффективным (быстрым и точным) инструментом выявления утомления для таких специалистов, как пилот воздушного судна или диспетчер управления воздушным движением. Такого результата удалось достичь за счет применения ансамблевого подхода и обучения на большом наборе данных. Применение в рамках концепции FRMS данного средства позволит своевременно диагностировать состояние утомления, что в свою очередь позволит повысить транспортную безопасность. В использовании новых научно обоснованных подходов к повышению обеспечения безопасности полетов заинтересованы такие поставщики обслуживания, как авиакомпании и центры организации воздушного движения. Однако свое применение представленный подход может найти и в прочих областях, где предъявляются повышенные требования к безопасности и учитываются многие риски.

Библиографический список

- Андронникова Е. А.* Методы исследования восприятия, внимания и памяти: Руководство для практических психологов / Е. А. Андронникова, Е. В. Заика. Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2011. 161 с.
- Булатова А. Е.* Оценка состояния утомления авиационного специалиста с применением метода дерева решений / А. Е. Булатова, Е. А. Бузаева, Д. А. Евсевичев // Научный вестник ГосНИИ ГА. М.: ГосНИИ ГА, 2023. № 42. С. 49-58. EDN GNZYKR.
- Гласснер Э.* Глубокое обучение без математики. Том 1: Основы / перевод с английского В. А. Яроцкого. М.: ДМК Пресс, 2019. 584 с.
- Еникеев Р. В.* Методика управления утомляемостью инженерно-технического персонала / Р. В. Еникеев, А.Л. Рыбалкина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Пенза: ПензГТУ, 2020. № 51. С. 132-137.
- Жерон О.* Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем / перевод с английского Ю.Н. Артеменко. Санкт-Петербург: Альфа-книга, 2018. 688 с.
- Мюллер А.* Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными / А. Мюллер, С. Гвидо. М.: ИЦ «Гевиста», 2017. 393 с.
- Оценка риска утомления у работников нервно-эмоционального труда / И. В. Бухтияров, О. И. Юшкова, М. А. Фесенко, А. Г. Меркулова // Анализ риска здоровью. Пермь: ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, 2018. № 1. С. 66-77.
- Руководство эксплуатантам по внедрению системы управления рисками, связанными с утомляемостью. Монреаль, Канада: ICAO, 2011. 172 с.
- Сурина Э. И.* Труд и утомляемость. Что такое система управления рисками, связанными с утомляемостью СУРУ (FRMS)? // [Электронный ресурс]. – URL: <https://ppt-online.org/115414> (дата обращения: 16.06.2024).
- Чио К.* Машинное обучение и безопасность / К. Чио, Д. Фримэн / перевод с английского А. В. Снастина. М.: ДМК Пресс, 2020. 388 с.
- Doc 9966. Руководство по надзору за использованием механизмов контроля утомления. Монреаль, Канада: ICAO, 2016. 195 с.
- Ensembles: Gradient boosting, random forests, bagging, voting, stacking // [Электронный ресурс]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/ensemble.html> (дата обращения: 05.03.2024).
- RandomForestClassifier // [Электронный ресурс]. – URL: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html> (дата обращения: 05.03.2024).
- Sklearn.metrics.classification_report – scikit-learn documentation // [Электронный ресурс]. – URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.classification_report.html (дата обращения: 05.03.2024).
- t-SNE в машинном обучении // [Электронный ресурс]. – URL: <https://biconsult.ru/products/t-sne-v-mashinnom-obuchenii> (дата обращения: 05.03.2024).
- van der Maaten L.* Visualizing Data using t-SNE / L. van der Maaten, G. Hinton // Journal of Machine Learning Research. 2008. № 9. pp. 2579-2605.

References

- Andronnikova E. A., Zaika E. V.* (2011). Methods of perception, attention and memory research : A Guide for practical psychologists. Kharkov: Kharkov National University named by V. N. Karazin, 2011. 161 p. (In Russian)
- Bukhtiyarov I. V., Yushkova O. I., Fesenko M. A., Merkulova A. G.* (2018). Assessment of the risk of fatigue among workers of neuro-emotional labor. *Health Risk Analysis*. 1: 66-77. (In Russian)

- Bulatova A. E., Buzaeva E. A., Evsevichev D. A. (2023). Assessment of the state of fatigue of an aviation specialist using the decision tree method. Scientific bulletin of GosNII GA. 42: 49-58. (In Russian)*
- Chio K., Freeman D. (2020). Machine learning and security. Moscow: DMK Press, 2020. 388 p. (In Russian)*
- Doc 9966. Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches. Canada: ICAO, 2016. 195 p. (In Russian)
- Enikeev R. V., Rybalkina A. L. (2020). Methodology for managing fatigue of engineering and technical personnel. XXI century: results of the past and problems of the present plus. 51: 132-137. (In Russian)*
- Ensembles: Gradient boosting, random forests, bagging, voting, stacking. Available at: <https://scikit-learn.org/stable/modules/ensemble.html> (accessed 05 March 2024).*
- Fatigue risk management system (FRMS) implementation guide for operators introduction. Canada: ICAO, 2011. 172 p.
- Glassner A. (2019). Deep Learning: From Basics to Practice. Volume 1. Moscow: DMK Press, 2019. 584 p. (In Russian)*
- Jeron O. (2018). Applied machine learning using Scikit-Learn and TensorFlow: concepts, tools and techniques for creating intelligent systems. St. Petersburg: Alpha Book, 2018. 688 p. (In Russian)*
- Muller A., Guido S. (2017). An introduction to machine learning using Python. A guide for data professionals. Moscow: IC «Gevista», 2017. 393 p. (In Russian)*
- RandomForestClassifier – scikit-learn documentation (2024). Available at: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.ensemble.RandomForestClassifier.html> (accessed 05 March 2024).*
- Sklearn.metrics.classification_report – scikit-learn documentation (2024). Available at: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.metrics.classification_report.html (accessed 05 March 2024).*
- Surina E.I. Labor and fatigue. What is the Fatigue Risk Management System (FRMS)? Available at: <https://ppt-online.org/115414> (accessed 16 June 2024). (In Russian)*
- t-SNE in machine learning (2024). Available at: <https://biconsult.ru/products/t-sne-v-mashinnom-obuchenii> (accessed 05 March 2024). (In Russian)*
- van der Maaten L., Hinton G. (2008). Visualizing Data using t-SNE. Journal of Machine Learning Research. 9: 2579-2605.*

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКОВ В ОБЛАСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА АВИАПРЕДПРИЯТИИ

*Полина Игоревна Беняминова,
orcid.org/0009-0007-8942-3681,
аспирант
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125493, Россия
p.benjaminova@mstuca.aero*

*Оксана Геннадьевна Феоктистова,
orcid.org/0000-0002-6023-2140,
доктор технических наук, профессор
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125493, Россия
o.feoktistova@mstuca.aero*

Аннотация. В статье рассматриваются различные методы оценки рисков в сфере производственной безопасности на авиапредприятиях. Цель исследования – определить наиболее подходящий метод оценки рисков для повышения уровня безопасности на производстве и снижения вероятности возникновения опасных ситуаций. В ходе анализа методов обнаружения и идентификации опасных событий и негативных ситуаций были выделены наиболее эффективные методы и на основе этого разработаны диаграммы «дерево происшествий» и «дерево событий» для события: травма на производстве. В статье был использован матричный метод, как один из наиболее распространённых методов в практике оценки профессиональных рисков.

Ключевые слова: авиапредприятие, риск, профессиональный риск, охрана труда, дерево событий, шум, опасные производственные факторы, вредные факторы.

ANALYSIS OF RISK ASSESSMENT METHODS IN THE FIELD OF PROCESS SAFETY AT AN AIRLINE

*Polina I. Benjaminova,
orcid.org/0009-0007-8942-3681,
graduate student
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493, Russia
p.benjaminova@mstuca.aero*

*Oksana G. Feoktistova,
orcid.org/0000-0002-6023-2140,
Doctor of Sciences in Technology, Professor
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky blvd
Moscow, 125493, Russia
o.feoktistova@mstuca.aero*

Abstract. The article discusses various methods of risk assessment in the field of process safety at an airline. The purpose of the study is to determine the most appropriate risk assessment method to increase the level of safety at work and reduce the probability of dangerous situations. When analyzing the methods for detecting and identifying hazardous events and negative situations, we have highlighted the most effective ones. Based on this, the authors have created diagrams such as the "tree of incidents" and the "tree of events" has been developed for the event: industrial injury. The article considers the matrix method as one of the most common methods in the practice of professional risk assessment.

Key words: airline, risk, occupational risk, labour precaution, accident tree, event tree, noise, dangerous occupational factor, harmful factors.

Введение

При организации перевозки пассажиров на воздушном транспорте сотрудники аэровокзального комплекса подвергаются воздействию различных источников техносферных опасностей, таких как шум, вибрация, электромагнитные поля, ионизирующее излучение и другие факторы, которые могут негативно влиять на их здоровье, работоспособность, а также приводить к травмам на производстве [Крутиков, 2004].

Для достижения цели «сокращения уровня смертности и травматизма от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний за счет перехода в сфере охраны труда к системе управления профессиональными рисками» с 1 марта 2022 г. в раздел X «Охрана труда» Трудового кодекса Российской Федерации (далее – ТК РФ)⁶ были внесены важные изменения, которые были направлены на формирование новой эффективной системы управления охраной труда [Мажкенов и др., 2023].

В соответствии с изменениями в Трудовом кодексе, вступившими в силу 1 марта 2022 года, статья 214 вводит новую обязанность для работодателей: систематически выявлять опасности и профессиональные риски на рабочем месте, а также анализировать и оценивать их, что остается также актуальным и в последней редакции ТК РФ от 6 апреля 2024 г.

Материалы и методы

В ходе исследования были использованы следующие основные методы и материалы.

Методы:

1. Метод «дерева происшествий»
– Построение логических моделей возможных последовательностей событий, ведущих к нежелательным исходам.
2. Метод «дерева событий»
– Анализ возможных исходов для каждого сценария развития событий.
3. Матричный метод оценки рисков
– Построение матрицы «вероятность-последствия» для качественной оценки уровня риска.

Материалы:

⁶ Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ // Консультант Плюс: сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения 10.05.2024).

- Нормативная документация по производственной безопасности в авиационной отрасли.
- Статистические данные по несчастным случаям на авиапредприятии.
- Результаты экспертных оценок специалистов в области обеспечения безопасности на предприятии.

Также были использованы визуальные средства для представления результатов исследования.

Дискуссия

Целью применения риск-ориентированного подхода в системе управления охраной труда (далее – СУОТ) является переход от реактивного подхода к проактивному, что позволяет минимизировать вероятность возникновения несчастных случаев и создать более безопасную рабочую среду [Кузнецова, 2014].

Одним из основных элементов функционирования риск-ориентированной модели СУОТ является оценка профессиональных рисков [Баскаков и др., 2008; Левашов, 2013].

Управление профессиональными рисками представляет собой целую систему мероприятий и технических средств, которые необходимы для выявления вероятности негативного влияния различных источников производственных опасностей на сотрудников авиапредприятий, а также последствий их проявления [Benyaminova et al., 2024; Prevention of noise-induced..., 1998].

Профессиональные риски можно разделить на две группы [Роик, 2004]:

1. Риски, связанные с несчастными случаями на производстве.
2. Риски развития профессиональных заболеваний.

Процесс управления профессиональными рисками состоит из четырех этапов, представленных на рис. 1 [Профессиональный риск..., 2011].

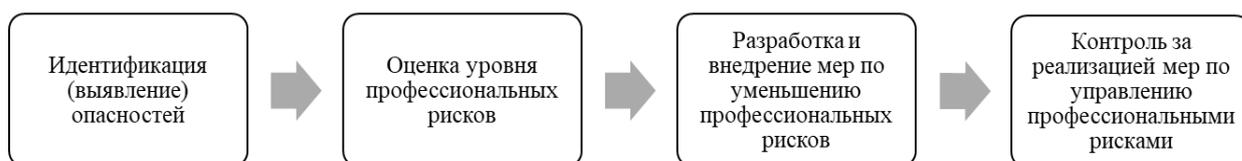


Рисунок 1 – Процесс управления профессиональными рисками

Процесс управления профессиональными рисками должен привести к определённым результатам (рис. 2).

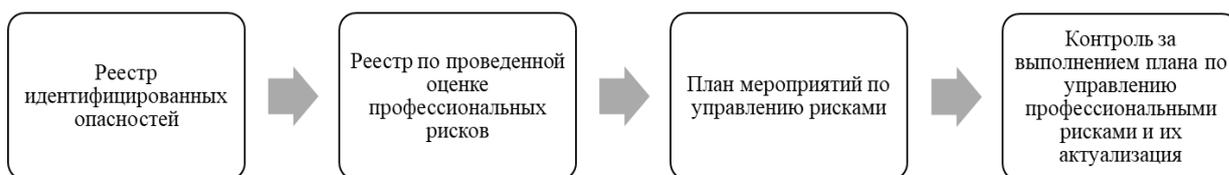


Рисунок 2 – Результаты процесса управления профессиональными рисками

При выявлении потенциальных опасностей проводится тщательный анализ имеющейся документации, которая описывает выбранную деятельность или процесс [Белов, 1997]. Сюда входят технические руководства, инструкции, регламенты, отчеты о происшествиях, инцидентах, авариях, связанных с данным объектом, результаты специальной оценки условий труда, продолжительность и периодичность выполнения работ.

Цель изучения потенциальных опасностей заключается в выявлении последовательности событий, которые могут привести к негативным последствиям, например, к таким как производственные травмы [Левашов и др., 2015]. Данный процесс также включает в себя разработку сценариев возникновения и развития подобных ситуаций, а также оценку вероятности их возникновения [Белов, 1999].

Методы обнаружения и идентификации опасных событий можно разделить на три группы [Феоктистова и др., 2017]:

1. Сравнительные методы, такие как проверки по регламенту, оценка уровня безопасности и др.
2. Основные методы, которые включают:
 - исследование риска эксплуатации через регулярные проверки объекта для выявления отклонений от норм;
 - анализ отказов оборудования и их последствий, включая реакцию системы на сбой.

3. Методы, основанные на создании, построении и анализе логических схем, таких как деревья событий и диаграммы причинно-следственных связей.

На основе анализа данных методов можно выделить наиболее эффективные из них – те, которые входят в третью группу. С их помощью можно проанализировать все возможные сценарии возникновения и дальнейшего развития негативных событий.

В ходе исследования был применен метод анализа «дерева происшествий и дерева событий» и разработаны «дерево происшествий и дерево событий» для определенного события.

На рисунке 3 основным событием является травма на производстве. Предпосылки и их причинные цепи образуют ветви дерева происшествия, а исходные события, такие как отказы оборудования, ошибки персонала или неблагоприятные внешние факторы, выступают в роли листьев.

На диаграмме (рис. 3) имеются некоторые обозначения в виде «+», «●»; отметим, что знак «+» является обозначением «ИЛИ» (условие сложения), знак «●» обозначением «И» (условие перемножения).

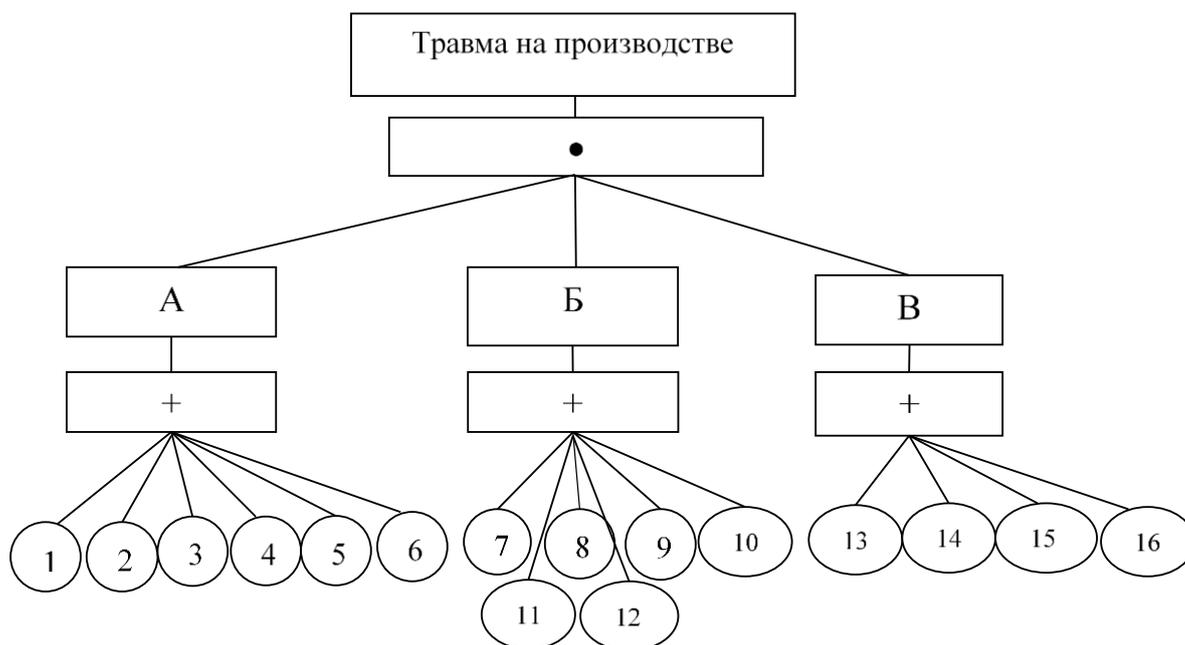


Рисунок 3 – Диаграмма «дерево происшествий»

Наступление события «травма на производстве» возможно при сочетании следующих условий: А – наличие персонала; Б – осуществление производственного процесса; В – наличие оборудования.

На событие А:

- 1 – слабая подготовка персонала;
- 2 – проблемы со здоровьем;
- 3 – психологическая неустойчивость;
- 4 – проблемы в семье;
- 5 – ошибки руководства;
- 6 – личная неосторожность.

На событие Б:

- 7 – нарушение технологии производственного процесса;
- 8 – недостатки в организации рабочих мест;
- 9 – неудовлетворительная организация производства;
- 10 – недостаточное освещение;
- 11 – несоответствие микроклиматических условий;
- 12 – нарушение трудовой и производственной дисциплины.

На событие В:

- 13 – отказ оборудования;
- 14 – нарушение правил эксплуатации;
- 15 – несоответствие оборудования и инструментов нормативам безопасности;

16 – конструктивные недостатки оборудования.

При анализе модель-диаграммы, известной как «дерево событий», построение начинается с центрального события и затем переходит к другим событиям, которые являются его возможными последствиями.

В процессе построения важно исключить из рассмотрения те события, которые не влияют на возможность возникновения последствий или являются невозможными из-за несоответствия законам физики.

Модель-диаграмма «дерево событий» для получения травмы на производстве представлена на рис. 4.

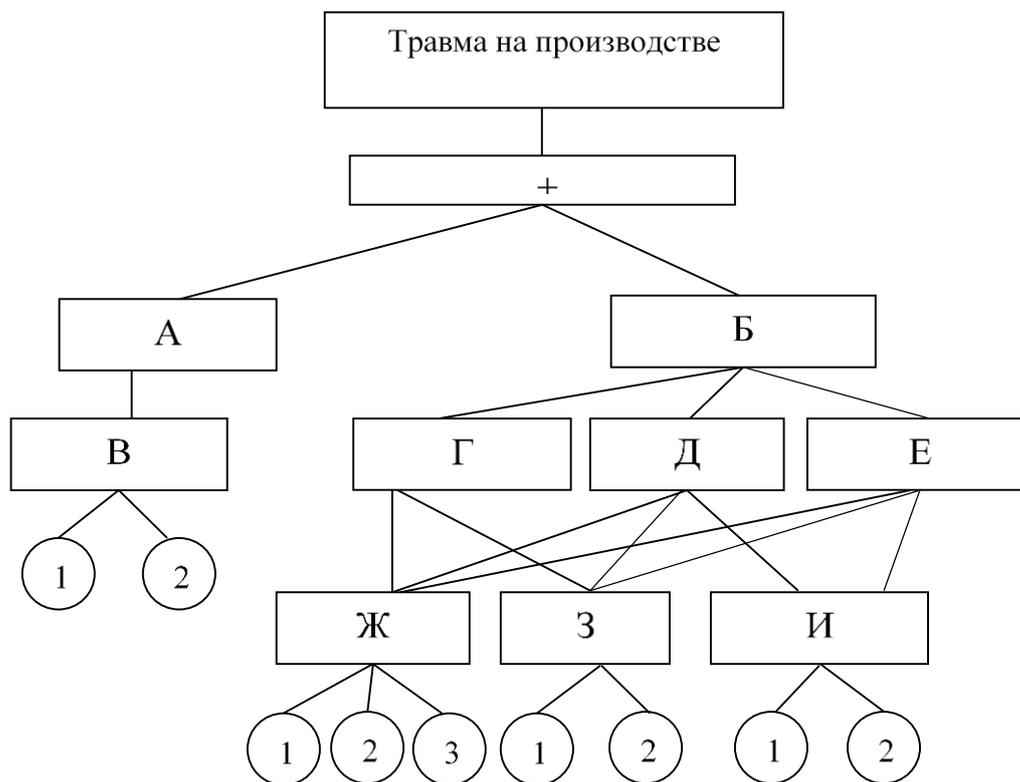


Рисунок 4 – Модель-диаграмма «дерево событий»

Развитие события «травма на производстве» для персонала может происходить по двум путям: А – без потери трудоспособности (микротравма); Б – с потерей трудоспособности (легкая травма, травма средней тяжести, тяжелая травма, смертельная травма).

При сохранении трудоспособности (А), как следствие после получения микротравмы, сотрудник при возвращении к исполнению своих трудовых обязанностей может иметь некоторые остаточные явления, которые приведут к снижению производительности труда (В), что в дальнейшем повлечет за собой совершение ошибок (1) и увеличение времени, необходимого для принятия решений (2).

При потере трудоспособности (Б) сотрудник может получить легкую травму (Г), травму средней тяжести и тяжелую (Д) и смертельную (Е). При легкой травме (Г) сотрудник находится на лечении кратковременно, при

тяжелой и средней (Д) долговременно, при этом авиапредприятие имеет некоторые последствия следующего характера: организационные трудности (Ж), финансовые потери (З), юридические последствия (И). При кратковременной потере (Д) наступают организационные трудности (Ж) и финансовые потери (З); при долговременной потере к событиям (Ж), (З) добавляются юридические последствия (И).

Организационные трудности (Ж) ведут к необходимости временной замены пострадавшего работника (1), обучению и адаптации нового персонала (2), к невыполнению производственного задания в срок (3). Финансовые потери (З) требуют выплаты компенсаций (1), оплаты медицинских расходов (2). Юридические последствия (И) могут выражаться в возможности судебных разбирательств и споров (1), расследовании инцидента государственными органами (2).

Термин «риск» включает в себя такие показатели, как величина ущерба от воздействия опасного фактора и вероятность его наступления, и используется для количественного определения уровня опасности [Феоктистова, 2008].

Оценка профессиональных рисков позволяет выявить:

1. Опасные и вредные производственные факторы, которые не всегда можно обнаружить с помощью приборов или инструментов. Для этого используется экспертный метод [Роик, 2004].
2. Вероятность возникновения несчастных случаев и профессиональных заболеваний.
3. Степень риска для здоровья и безопасности работников.
4. Необходимые меры по снижению и управлению рисками, такие как:
 - организационные мероприятия (инструктажи, обучение персонала);
 - технические мероприятия (установка защитных ограждений, замена оборудования);
 - средства индивидуальной защиты.
5. Участки и рабочие места, требующие первоочередного внимания и улучшения условий труда.

Оценка профессиональных рисков и специальная оценка условий труда – это взаимодополняющие процедуры. Их результаты помогают составить полный список всех опасностей, которые присутствуют на рабочем месте.

В ходе исследования одним из наиболее распространённых методов в практике оценки профессиональных рисков был выделен матричный метод. Его можно применять на различных уровнях – от оценки рисков всей организации до анализа конкретного оборудования или технологического процесса.

Детализированная методика матричного метода описана в п. 4.2.1. Приказа Минтруда № 926⁷, на основе приложений 11-15 данного приказа были

⁷ Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 «Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков» // Консультант Плюс : сайт. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_406016/ (дата обращения 10.05.2024).

разработаны таблицы 1, 2, в которых описаны вероятности наступления опасного события и тяжести его возможных последствий.

При оценке рисков их уровень определяется как сочетание вероятности и тяжести.

Вероятность возникновения несчастного случая на производстве или профессионального заболевания оценивается по 5-балльной шкале экспертами. Оценка производится в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Оценка вероятности возникновения несчастного случая на производстве или профессионального заболевания

Вероятность наступления	Описание вероятности
5 – очень редко	Вероятность события очень высока
4 – маловероятно	Событие достаточно вероятно
3 – может быть	Вероятность наступления события оценивается как 50 на 50
2 – вероятно	Скорее всего, не произойдет – маловероятно, что событие произойдет
1 – почти наверняка	Крайне маловероятно. Возможно получение травмы при преднамеренном нарушении требований охраны труда

Важно подчеркнуть, что переход от крайне высокой вероятности к незначительной зависит от того, является ли опасность частью повседневной работы сотрудника или нет, а также от наличия защитных барьеров, которые могут снизить риск воздействия негативных факторов на работников авиапредприятия.

Для оценки тяжести последствий возникновения несчастного случая на производстве или профессионального заболевания по 5-балльной шкале, а также для экспертной оценки используется таблица 2, в которой представлена оценка тяжести последствий для персонала и окружающей среды/экологии.

Таблица 2 – Оценка тяжести последствий возникновения несчастного случая на производстве или профессионального заболевания

Тяжесть	Персонал	Окружающая среда/ экология
5 – Катастрофическая	Травма, повлекшая смерть работника (работников). Хроническое профессиональное заболевание со стойкой утратой профессиональной трудоспособности (установлена утрата трудоспособности от 70 % до 100 %, в том числе с установлением группы инвалидности по трудоспособности).	Критическое превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам (в том числе продуктов сгорания, аварийных выбросов и т.д.), сбросам. Долгосрочный экологический ущерб.

4 – значительная	Длительное расстройство здоровья работника с временной потерей трудоспособности от 30 до 60 дней.	Значительное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам, сбросам. Среднесрочный экологический ущерб (1-5 лет).
3 – средняя	Легкий несчастный случай. Проявляются начальные признаки профессионального заболевания после 15 лет работы и более, стойкая утрата трудоспособности (от 10% до 30%).	Умеренное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам, сбросам. Кратковременный (менее 1 года). Умеренное негативное влияние на жизнь и здоровье населения.
2 – низкая	Травма с необходимостью обращения за медицинской помощью с потерей трудоспособности не более 3 дней.	Незначительное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам и сбросам. Минимальное негативное влияние на жизнь и здоровье населения.
1 – Незначительная	Пострадавшему не требуется оказание медицинской помощи.	Нормативы не превышаются. Негативное влияние на жизнь и здоровье населения, окружающую среду отсутствует.

Уровень профессиональных рисков определяется путём умножения двух показателей (табл. 3): оценки тяжести (от 1 до 5) и оценки вероятности (от 1 до 5).

Таблица 3 – Матрица оценки рисков

			Вероятность наступления				
			<5%	5-30%	30-60%	60-80%	>80%
			Очень редко	Мало-вероятно	Может быть	Вероятно	Почти наверняка
		Балл	1	2	3	4	5
Тяжесть последствий	Катастрофическая	5	5	10	15	20	25
	Значительная	4	4	8	12	16	20
	Средняя	3	3	6	9	12	15
	Низкая	2	2	4	6	8	10
	Незначительная	1	1	2	3	4	5

Меры по управлению профессиональными рисками необходимо выбирать в зависимости от уровня риска согласно таблице 4.

Таблица 4 – Меры по управлению профессиональными рисками

Зона риска	Требуемые меры
Зона низкого риска	Дополнительных мероприятий по управлению рисками не требуется.
Зона среднего риска	Необходима разработка дополнительных мероприятий по улучшению условий труда и охране здоровья сотрудников, а также снижению профессиональных рисков.
Зона высокого риска	Временная приостановка деятельности до внедрения мер, которые снизят уровень профессиональных рисков до безопасного уровня.

Результаты

При организации перевозок воздушным транспортом на персонал воздействуют различные факторы опасности, одним из них является «повышенный уровень шума, ультра- и инфразвука при работе силовых установок самолетов»⁸.

При длительном воздействии шума на сотрудников службы организации перевозок на воздушном транспорте возможно [Беньямина и др., 2023; Шум..., 1972]:

1. Развитие профессиональных заболеваний:
 - 1.1. Нейросенсорная тугоухость;
 - 1.2. Нервные и сердечно-сосудистые заболевания;
 - 1.3. Язвенная болезнь и др.
2. Появление стресса и утомления.
3. Возникновение ограничений коммуникации между сотрудниками.

Применим качественный метод оценки рисков по матрице 5x5 для возможности развития профессионального заболевания – нейросенсорная тугоухость.

По таблице 1 вероятность наступления такого события оценивается как – 3 – может быть «Вероятность наступления события оценивается как 50 на 50».

По таблице 2 тяжесть наступления такого события оценивается как – 3 – средняя «Стойкая утрата профессиональной трудоспособности (от 10 % до 30 %)».

Накладываем данные на матрицу (табл. 3) и получаем попадание в зону среднего риска (табл. 5.) $3 \times 3 = 9$.

⁸ Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57239-2016. Воздушный транспорт. Система менеджмента безопасности авиационной деятельности. База данных. Авиационные инфраструктурные риски, возникающие при производстве аэропортовой деятельности: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2016 г. № 1629-ст: введен впервые: дата введения 2017-07-01 // КонсультантПлюс: сайт [Электронный ресурс]. – 2017. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_276643/ (дата обращения: 10.05.2024)

Таблица 5 – Матрица оценки рисков

		Вероятность наступления					
		<5%	5-30%	30-60%	60-80%	>80%	
			Очень редко	Маловероятно	Может быть	Вероятно	Почти наверняка
Тяжесть последствий	Балл	1	2	3	4	5	
	Катастрофическая	5	5	10	15	20	25
	Значительная	4	4	8	12	16	20
	Средняя	3	3	6	9	12	15
	Низкая	2	2	4	6	8	10
	Незначительная	1	1	2	3	4	5

Выполним аналогичные действия для остальных возможных последствий от воздействия длительного шума на сотрудников службы организации перевозок на воздушном транспорте (табл. 6).

Таблица 6 – Оценка риска по матричному методу

Возможные последствия	Вероятность наступления	Балл	Тяжесть последствий	Балл	Итог	Зона риска
Нейросенсорная тугоухость	может быть	3	средняя	3	9	Средний
Нервные и сердечно-сосудистые заболевания	маловероятно	2	средняя	3	6	Средний
Язвенная болезнь	очень редко	1	средняя	3	3	Низкий
Появление стресса и утомления	может быть	3	низкая	2	6	Средний
Возникновение ограничений коммуникации между сотрудниками.	может быть	3	незначительная	1	3	Низкий

Среди мер по улучшению условий и охраны труда, а также снижению профессиональных рисков можно выделить следующие:

- использование средств индивидуальной защиты органов слуха;
- организация рационального режима труда и отдыха.

Заключение

В настоящее время оценка и управление профессиональными рисками являются неотъемлемой частью системы управления охраной труда.

Практическая применимость существующих подходов оценки рисков и последствий небезопасного производства уязвимы в отношении возможной субъективности мнений экспертов. Для минимизации данного влияния на авиапредприятия необходима унифицированная методология, которая будет применяться во всей организации.

Проведенный анализ методов оценки производственных рисков на авиапредприятии позволяет сделать следующие выводы:

1. Для эффективного управления рисками в сфере производственной безопасности необходим комплексный подход, включающий различные методы оценки и анализа. Наиболее подходящими являются качественные методы (такие как «дерево отказов», «дерево событий», матрица «вероятность-последствия»).

2. Применение данных методов требует наличия квалифицированных специалистов, владеющих соответствующими знаниями и навыками. Это обуславливает необходимость регулярного обучения и повышения компетенций сотрудников, вовлеченных в оценку рисков.

3. Результаты оценки рисков должны интегрироваться в общую систему управления производственной безопасностью авиапредприятия. Это предполагает разработку плана мероприятий по минимизации и контролю выявленных рисков. Регулярная оценка рисков позволяет работодателю эффективно управлять профессиональными рисками, обеспечивая более безопасные и здоровые условия труда для работников.

Библиографический список

Баскаков В. П. Формирование системы управления охраной труда и промышленной безопасностью на основе управления рисками / В. П. Баскаков, В. И. Ефимов, Г. В. Сенаторов // Безопасность труда в промышленности. 2008. № 9. С. 60-64. EDN MVYGIХ.

Белов П. Г. Моделирование опасных процессов в техносфере. Киев: КМУГА, 1999. 512 с.

Белов П. Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. Киев: КМУГА, 1997. 428 с.

Беньяминова П. И. Нормативно-правовое регулирование акустической безопасности при организации пассажирских перевозок воздушным транспортом (публикуется в рамках реализации молодежной политики научного вестника ГосНИИ ГА) / П. И. Беньяминова, О. Г. Феоктистова // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2023. № 43. С. 156-164. EDN UVIKEF.

Крутиков В. Н. Воздействие на организм человека опасных и вредных производственных факторов. В 2 т. Т. 1. Медико-биологические и метрологические аспекты. М.: Изд-во стандартов, 2004. 633 с.

Кузнецова М. Н. Экономика охраны труда: монография. Воронеж: Воронежский гос. педагогический ун-т, 2014. 182 с.

Левашов С. П. Мониторинг и анализ профессиональных рисков в России и за рубежом: монография. Курган: Курганский государственный университет, 2013. 345 с. EDN VQPZOX.

- Левашов С. П. Профессиональный риск: методология мониторинга и анализа: монография / С. П. Левашов, В. С. Шкрабак. Курган: Курганский государственный университет, 2015. 301 с. EDN VNTDRV.
- Мажкенов С. А. Модифицированный матричный метод для оценки профессиональных рисков / С. А. Мажкенов, М. А. Товстий // Экономика труда. 2023. Т. 10, № 11. С. 1759-1780. DOI 10.18334/et.10.11.119803. EDN UXGIBG.
- Профессиональный риск. Теория и практика расчета / А. Г. Хрупачев, А. А. Хадарцев, В. А. Дунаев [и др.]. Тула: Тульский государственный университет, 2011. 330 с. EDN WMUGVX.
- Роик В. Д. Профессиональный риск: оценка и управление / В. Д. Роик. М.: Анкил, 2004. 222 с. EDN QQCTGF.
- Феоктистова О. Г. Актуальность оценки производственного риска на авиапредприятиях / О. Г. Феоктистова, И. К. Туркин, С. В. Баринов // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. 20(4). С. 162-175. DOI 10.26467/2079-0619-2017-20-4-162-173. EDN ZDQYGP.
- Феоктистова О. Г. Основы повышения эффективности управления системой экологической безопасности при техническом обслуживании и ремонте авиационной техники: монография. М.: МГТУ ГА, 2008. 314 с. EDN HZHFBF.
- Шум и шумовая болезнь / Е. Ц. Андреева-Галанина, С. В. Алексеев, А. В. Кадыскин, Г. А. Суворов; Под ред. проф. Е. Ц. Андреевой-Галаниной. Ленинград: Медицина. Ленинградское отделение, 1972. 303 с.
- Benyaminova P. I. Model of the process safety management system at an airline / P. I. Benyaminova, O. G. Feoktistova // Civil Aviation High Technologies. 2024. Vol. 27, No. 1. P. 18-27. DOI 10.26467/2079-0619-2024-27-1-18-27. EDN RKIEGH.
- Prevention of noise-induced hearing loss. Report of a WHO-PDH Informal consultation, Geneva, 28-30 October 1997 (WHO/ PDH/98/5), Geneva, WHO, 1998.

References

- Andreeva-Galanina E. C., Alekseev S. V., Kadyskin A. V., Suvorov G. A. (1972). Noise and noise sickness. Leningrad: Medicine. *Leningrad Branch*, 1972. 303 p. (In Russian)
- Baskakov V. P., Efimov V. I., Senatorov G. V. (2008). Formation of the occupational safety and industrial safety management system based on risk management. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 9: 60–64. (in Russian)
- Belov P. G. (1997). Theoretical foundations of security system engineering. Kiev: *KMUGA*. 1997. 428 p. (In Russian)
- Belov P. G. (1999). Modeling of dangerous processes in the technosphere. Kiev: *KMUGA*. 1999. 512 p. (In Russian)
- Benyaminova P. I., Feoktistova O. G. (2023). Regulatory control of acoustic safety in the organization of passenger transportation by air. *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation*. 43: 156-164. (In Russian)
- Benyaminova P. I., Feoktistova O. G. (2024). Model of the process safety management system at an airline. *Civil Aviation High Technologies*. Vol. 27, No. 1. P. 18-27. DOI 10.26467/2079-0619-2024-27-1-18-27. EDN RKIEGH.
- Brilachev A. G., Khadartsev A. A., Dunaev V. A. [et al.] (2011). Professional risk. Theory and practice of calculation. Tula: *TulSU Publishing House*, 2011. 330 p. (In Russian)
- Feoktistova O. G. (2008) Fundamentals of improving the efficiency of environmental safety system management during maintenance and repair of aviation equipment: monograph. Moscow: *MGTU GA*, 2008. 314 p. (In Russian)
- Feoktistova O. G., Turkin I. K., Barinov S. V. (2017). Relevance of process risk assessment in airlines. *Civil Aviation High Technologies*. 20(4): 162-175. DOI 10.26467/2079-0619-2017-20-4-162-173 (In Russian)

- Krutikov V. N.* (2004). The impact of dangerous and harmful production factors on the human body. In 2 t. t.1. Medical and biological aspects. Moscow: *Publishing House of Standards*. 2004. 633 p. (In Russian)
- Kuznetsova M. N.* (2014). Labour protection economics: a monograph. Voronezh: *Voronezh State Pedagogical University*. 2014. 182 p. (In Russian)
- Levashov S. P.* (2013). Monitoring and analysing occupational risks in Russia and abroad: monograph. Kurgan: *Kurgan State University*, 2013. 345 p. (In Russian)
- Levashov S. P., Shkrabak V. S.* (2015). Professional risk: monitoring and analysis methodology: monograph. Kurgan: *Kurgan State University*. 2015. 301 p. (In Russian)
- Mazhkenov S. A., Tovstiy M. A.* (2023). Modified matrix method for the assessment of occupational risks. *Labour Economics*. 10(11): 1759-1780. DOI 10.18334/et.10.11.119803.
- Prevention of noise-induced hearing loss. Report of a WHO-PDH Informal consultation, Geneva, 28-30 October 1997 (WHO/ PDH/98/5), Geneva, WHO, 1998.
- Roik V. D.* (2004). Occupational risk: assessment and management. Moscow: *Ankil*, 2004. 222 p. (In Russian)

СИСТЕМЫ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ, РАДИОЛОКАЦИИ, РАДИОНАВИГАЦИИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 621.396.96

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_59

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ УПРАВЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИЕЙ ПОЛЕТА ВОЗДУШНОГО СУДНА

*Николай Павлович Малисов,
orcid.org/0000-0002-9398-2028,
Московский государственный технический университет
гражданской авиации (Иркутский филиал),
Коммунаров, 3
Иркутск, 664047, Россия
malisovnik@mail.ru*

Аннотация. При проектировании пилотажно-навигационных комплексов современных и перспективных воздушных судов (ВС) важным направлением является разработка новых подходов к построению и выдерживанию эффективных траекторий полета. Синтез системы траекторного управления, которая способна стабилизировать положение ВС и точно отслеживать заданный маршрут полета, является достаточно сложной задачей. В данной работе предлагается алгоритм формирования управления отслеживанием траектории, основанный на методах теории оптимального управления (ТОУ) с использованием подходов теории оптимальной фильтрации (ТОФ) для оценки параметров траекторного движения. Рассмотрена формулировка автономной задачи оптимального управления. В работе показателем качества выдерживания маршрута полета формулируется в виде минимизации отклонения фактической траектории полета от заданной.

Методами имитационного статистического моделирования подтверждена целесообразность внедрения предлагаемого подхода. Для проверки обоснованности предложенного подхода выполнялось имитационное моделирование типичного отслеживания траектории полета в ожидаемых условиях эксплуатации. Анализ полученных результатов в ходе имитационного моделирования показывает, что отклонение параметров управляемой траектории полета от заданных значений не превышает 5 м. Результаты демонстрируют эффективность алгоритма отслеживания заданного маршрута полета и устойчивость к внешним возмущениям.

Ключевые слова: воздушное судно, траектория полета, фильтр Калмана, оптимальное управление, оптимальная фильтрация, глобальная навигационная спутниковая система, система траекторного управления.

ANALYSIS OF THE METHODOLOGICAL BASIS OF AIRCRAFT FLIGHT PATH CONTROL

*Nikolay P. Malisov,
orcid.org/0000-0002-9398-2028,
Moscow State Technical University
of Civil Aviation (Irkutsk Branch),
3, Kommunarov
Irkutsk, 664047, Russia
malisovnik@mail.ru*

Abstract. In the International Civil Aviation Organization, an important area is the development of new approaches to constructing and maintaining effective aircraft flight paths. Developing a flight control system capable of not only stabilizing the position, but also accurately tracking the trajectory for an aircraft is a rather complex task. In this paper, an algorithm for generating trajectory tracking control is proposed based on the methods of optimal control theory (OCT) using optimal filtering theory (OFT) approaches to estimate the trajectory motion parameters. The formulation of an autonomous optimal control problem is considered. In the paper, the flight route maintenance quality indicator is formulated as minimizing the deviation of the actual flight path from the specified one. The expediency of implementing the proposed approach is confirmed by the methods of simulation statistical modeling. To test the validity of the proposed approach, a simulation modeling of a typical flight path tracking under expected operating conditions was performed. Analysis of the results obtained during the simulation modeling shows that the deviation of the controlled flight path parameters from the specified values does not exceed 5 m. The results demonstrate the efficiency of the algorithm for tracking a specified flight path and its stability to external disturbances.

Keywords: aircraft, flight path, Kalman filter, optimal control, optimal filtering, global navigation satellite system, trajectory control system.

Введение

В Международной организации гражданской авиации важным направлением является разработка новых подходов к построению и выдерживанию эффективных траекторий полета ВС [Глобальный аэронавигационный план..., 2013].

В настоящее время произошел переход от интуитивного эвристического метода создания систем устройств к их систематическому созданию методами оптимального синтеза. На ЭВМ создается модель системы, исследуется, упрощается, затем воплощается в жизнь. Основное требование при реализации системы заключается в приближении к расчетным характеристикам. На сегодняшний день методы теории оптимального управления получают широкое распространение и развитие в различных областях науки и техники. Это связано с бурным развитием средств обработки информации, разработкой и внедрением радиотехнических систем, в которых используются новейшие достижения науки.

Некоторая свобода в выборе критерия оптимизации при использовании теории оптимального управления дает возможность разработчику наиболее полно учитывать влияющие факторы и условия функционирования системы [Харисов и др., 1996].

Основной задачей навигационного комплекса является наилучшая (в том или ином смысле) обработка поступающей статистической информации. Для синтеза подобных систем широко используются статистические ТОФ и ТОУ. Различным аспектам этих теорий посвящена обширная литература [Методы..., 2016; Сейдж и др., 1982; Степанов, 2010; Степанов, 2012; Теория автоматического управления..., 1986; Тихонов и др., 1991; Харисов и др., 1996; Ярлыков и др., 1993; Ярлыков, 1985].

В ТОУ кроме информационного процесса полагается заданным объект управления, на выходе которого необходимо сформировать управляемый процесс, наилучшим образом отслеживающий заданный информационный

процесс. Таким образом, в ТОУ при синтезе накладываются дополнительные ограничения на синтезируемую систему, что сужает область выбора наилучшего решения, а, следовательно, может привести лишь к ухудшению показателей качества по сравнению с ТОФ. Еще одна особенность в постановках задачи синтеза в ТОФ и ТОУ – это критерии выбора наилучшего решения. Различают два типа критериев: интегральный и локальный [Харисов и др., 1996].

Цель работы – анализ методологических основ синтеза алгоритмов функционирования системы траекторного управления навигационного комплекса для выдерживания заданной траектории полета воздушного судна.

Обзор литературы

Основные проблемы, связанные с программированием четырехмерных маршрутов и траекторий полета решены в [Киселев и др., 2015; Maolaisha, 2015; Multiphase..., 2013; Rub'en, 2015; Toratani, 2016; Wickramasinghe et al., 2012]. В ожидаемых условиях эксплуатации на полет ВС по маршруту могут влиять различные факторы, которые затрудняют реализацию программных траекторий. В частности, боковой и встречный ветер, навигационные определения в условиях шумов и помех, наличие запретных зон, сегрегированное воздушное пространство и т. д. [Алгоритмы управления траекториями..., 2021; Ерохин, 2019; Ерохин и др., 2023]. В работах [Киселев и др., 2015; Maolaisha, 2015; Multiphase..., 2013; Rub'en, 2015; Wickramasinghe et al., 2012] предложены алгоритмы функционирования системы траекторного управления в детерминированной постановке с учетом параметров ветра. В [Киселев и др., 2015; Maolaisha, 2015] предложено алгоритмическое обеспечение для построения траекторий с целью минимизации расхода топлива в зависимости от направления ветра. В [Wickramasinghe et al., 2012] рассмотрены методы оптимального управления траекторией полета с учетом аэродинамической конфигурации, атмосферы, ветра и соответствующих ограничений, которые возникают при облете запретных секторов, а также процедур вылета и захода на посадку. В [Rub'en, 2015] рассмотрен процесс принятия решения при определении оптимальной последовательности промежуточных точек маршрута, а также интервалов времени, в которое возможно переполнение трафика навигационных опорных точек (НОТ). В [Multiphase..., 2013] предложен метод оптимизации траектории в воздушном пространстве аэропорта, реализация которого возможна в реальном времени. Отличительной особенностью результатов, представленных в работах [Киселев и др., 2015; Maolaisha, 2015; Rub'en, 2015; Multiphase..., 2013; Wickramasinghe et al., 2012], является детерминированный подход к синтезу алгоритмов, т.е. при условии знания истинных значений фазовых координат. В работах [Заюд Фади и др., 2009; Меркулов и др., 2018; Методы..., 2016] предложены алгоритмы управления на основе оценки параметров траекторного движения в комплексных системах навигации. В [Воронов и др., 2011; Формирование..., 2014] изложены

результаты разработки и исследования характеристик алгоритма управления траекторией и многокритериальной оптимизацией ее параметров.

При этом актуальной научно-исследовательской задачей остается анализ методологических основ оптимального управления траекторией полета ВС в стохастической постановке.

В данной работе предлагается алгоритм проектирования управления отслеживанием траектории, основанный на методах ТОУ с использованием подходов ТОФ для оценки параметров траекторного движения.

Модель траекторного движения воздушного судна

При разработке и исследовании алгоритмов управления траекторией большое значение имеет модель полета ВС. В работе использовалась модель с вектором состояния вида [Киселев и др., 2015]:

$$\mathbf{X} = |x, y, z, V, \psi, m|^T, \quad (1)$$

где x, y, z – координаты ВС в системе координат $OXYZ$; V – истинная воздушная скорость; ψ – курс ВС; m – масса.

В общем случае каждый этап и режим полёта ВС может характеризоваться различной совокупностью параметров и описываться различной системой уравнений. Динамика (1) описывается системой дифференциальных уравнений [Киселев и др., 2015]:

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} \equiv \begin{pmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{V} \\ \dot{\psi} \\ \dot{m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V \cos \psi \cos \vartheta + w_x \\ V \sin \psi \cos \vartheta + w_y \\ V \sin \vartheta + w_z \\ (T - d) / m - g_0 \sin \vartheta \\ L \sin \varphi / (mV) \\ -\eta T \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где ϑ – угол наклона траектории ВС; g_0 – ускорение свободного падения; φ – угол крена; η – удельный расход топлива по тяге; T – сила тяги двигателя; d – сила лобового сопротивления; L – аэродинамическая подъемная сила; $\mathbf{w} = |w_x, w_y, w_z|$ – вектор скорости ветра.

Методика и формулы расчета значений η , L и d приведены в [Nuic, 2014]. Параметры модели полета ВС проиллюстрированы на рис. 1.

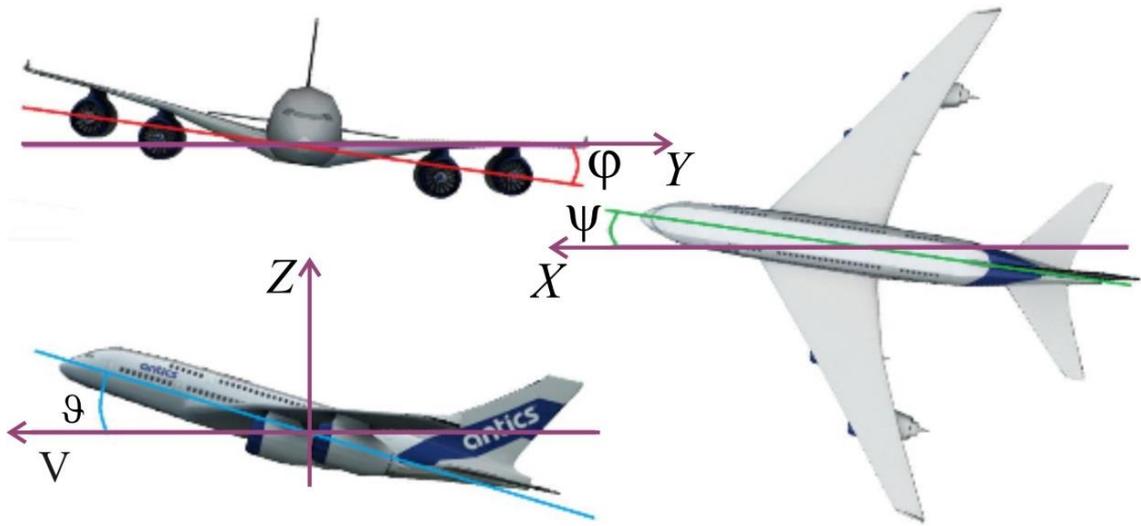


Рисунок 1 – Параметры траекторного движения

С помощью вектора состояния (1) в пространстве состояний задаются положение ВС, характер его движения, характер функционирования его систем и т. д.

Постановка задачи

Пусть имеется вектор состояния $\bar{\lambda}_u$, характеризующий информационный процесс. В терминах ТОУ $\bar{\lambda}_u$ – заданная траектория [Харисов и др., 1996], динамику переменных вектора $\bar{\lambda}_u$ представим в виде разностного уравнения:

$$\bar{\lambda}_{u,v} = \Phi_{u,v} \bar{\lambda}_{u,v-1} + G_{u,v} \bar{w}_{u,v-1}, \quad (3)$$

где $v = \overline{0, N-1}$ – временной индекс; N – число отсчетов, $\Phi_{u,v}, G_{u,v}$ – матрицы размерности $n \times n$ и $n \times l$; $\bar{w}_{u,v}$ – l -мерный вектор дискретных белых гауссовских шумов (ДБГШ) с известными вероятностными характеристиками.

Управляемая траектория отображается вектором $\bar{\lambda}_{y,v}$, динамику которого представим в виде:

$$\bar{\lambda}_{y,v} = \Phi_{y,v} \bar{\lambda}_{y,v-1} + B_y \bar{u}_{v-1} + G_{y,v} \bar{w}_{y,v-1}, \quad (4)$$

где \bar{u}_{v-1} – p -мерный вектор управляющих сигналов; $u_v \in U$ – множество допустимых значений управлений; $\bar{w}_{y,v-1}$ – q -мерный вектор ДБГШ с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционной матрицей Ψ_y .

В соответствии с подходами ТОФ и ТОУ вектор наблюдений $\bar{\xi}_v$ представим в виде:

$$\bar{\xi}_v = \mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v + \bar{\mathbf{n}}_v, \quad (5)$$

где $\bar{\xi}_v = [\xi_{1,v} \dots \xi_{m,v}]^T$ – m – количество НОТ; \mathbf{n}_v – m -мерный вектор ДБГШ с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционной матрицей \mathbf{V} ; полагаем, что шумы $\bar{\mathbf{w}}_{u,v}$ и $\bar{\mathbf{n}}_v$ независимы; $\mathbf{H}_{u,v}$ – матрица наблюдений размерности $m \times n$:

$$\mathbf{H}_v = \begin{bmatrix} -\cos(\alpha_1) & -\cos(\beta_1) & -\cos(\gamma_1) & 1 \\ -\cos(\alpha_2) & -\cos(\beta_2) & -\cos(\gamma_2) & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -\cos(\alpha_N) & -\cos(\beta_N) & -\cos(\gamma_N) & 1 \end{bmatrix},$$

где $\cos(\alpha_i) = \frac{x_{i,v} - x_v}{D_{i,v}}$, $\cos(\beta_i) = \frac{y_{i,v} - y_v}{D_{i,v}}$, $\cos(\gamma_i) = \frac{z_{i,v} - z_v}{D_{i,v}}$ – направляющие косинусы линии визирования ВС – i -й НОТ, x_i , y_i , z_i – координаты i -ой НОТ; $D_{i,v}$ – значение дальности.

В [Харисов и др., 1996] показано, что управляемая траектория в v -ый момент времени равна оптимальной экстраполированной оценке требуемой траектории $\mathbf{x}_{y,v} = \tilde{\mathbf{x}}_{T,v}$. Эта экстраполированная оценка формируется по наблюдениям $\bar{\xi}_1^{v-1}$, полученным до момента времени v .

Частные задачи оптимальной фильтрации и оптимального управления возникают чаще всего в результате искусственного разделения общей задачи оптимального управления, согласно утверждению теоремы разделения. Автономная задача оптимального управления формулируется следующим образом:

1. С учетом теоремы разделения структурная схема оптимальной системы совместного оценивания и управления делится на две части, как показано на рис. 2.

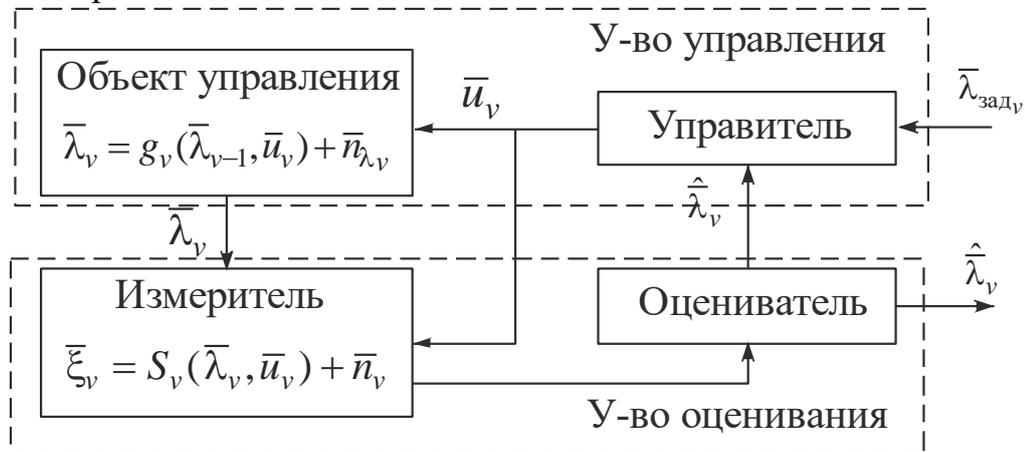


Рисунок 2 – Структурная схема оптимального оценивания и управления с учетом теоремы разделения

2. Считается, что управления $\bar{\mathbf{u}}_\nu, \nu = \overline{1, N}$, входящие в уравнения динамики и наблюдения, заданы (их определяет устройство управления). В этом случае можно записать

$$\bar{\xi}_\nu = s_\nu(\bar{\lambda}_\nu, \bar{\mathbf{u}}_\nu) + \bar{\mathbf{n}}_{\xi_\nu}, \quad \bar{\lambda}_\nu = \mathbf{g}_\nu(\bar{\lambda}_{\nu-1}, \bar{\mathbf{u}}_\nu) + \bar{\mathbf{n}}_{\lambda_\nu}.$$

3. Вводится оценка $\hat{\lambda}_\nu$ и задается критерий оценивания, основанный на функции потерь $c_\nu(\bar{\lambda}_\nu, \hat{\lambda}_\nu)$, в задачах оптимальной фильтрации обычно используют только локальный критерий.

$$\hat{\lambda}_\nu = \min_{\bar{\mathbf{u}}_\nu \in U}^{-1} M[c_\nu(\bar{\lambda}_\nu, \bar{\mathbf{u}}_\nu)], \quad (6)$$

$$\text{где } M\{c_\nu(\bar{\lambda}_\nu, \bar{\mathbf{u}}_\nu)\} = \int \int_{\bar{\lambda}, \bar{\xi}} c_\nu(\bar{\lambda}_\nu, \bar{\mathbf{u}}_\nu) p(\bar{\lambda}_\nu, \bar{\xi}_1^\nu) d\bar{\lambda}_\nu d\bar{\xi}_1^\nu.$$

4. Считается, что известно не $\bar{\xi}_\nu$ (уравнение наблюдения отсутствует), а $\bar{\lambda}_\nu$, или часть компонент $\bar{\lambda}_\nu$. В действительности вместо них используется оценка, полученная в результате решения автономной задачи фильтрации.

Алгоритм управления траекторий

Для отслеживания заданного маршрута полета ВС по программной траектории необходимо управлять его положением [Меркулов и др., 2018]. В нашем случае программной траекторией полета ВС является вектор заданных координат \mathbf{x}_3 , управляемой траекторией является фактическая линия пути, как показано на рисунке 3. Отклонение управляемой траектории от заданной обозначим в виде $\varepsilon_\nu = \mathbf{x}_{3,\nu} - \mathbf{x}_{y,\nu}$ (рис. 3).

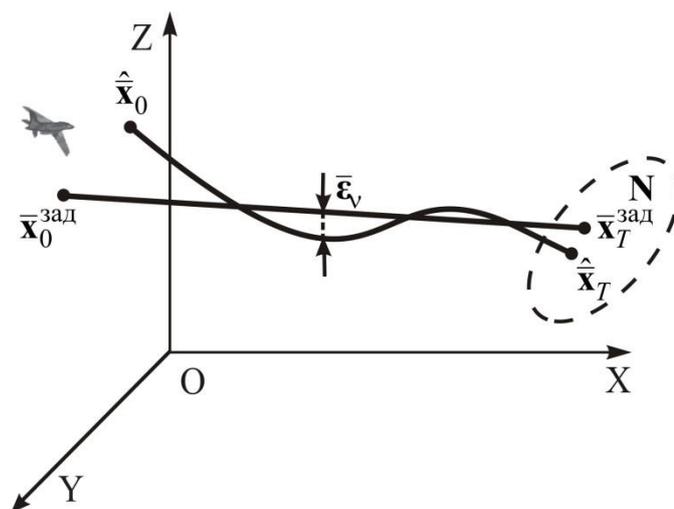


Рисунок 3 – Заданная и управляемая траектории полета ВС

В соответствии с (2) вектор состояния, включающий переменные заданной траектории, имеет вид $\mathbf{x}_3 = [x_3, y_3, z_3, V_3, \psi_3, m_3]^T$, уравнение динамики представим выражением:

$$\mathbf{x}_{3,v+1} = \Phi_{3,v/v+1} \mathbf{x}_{3,v}, \quad (7)$$

где $\Phi_{3,v} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta t \cos \psi \cos \vartheta & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \sin \psi \cos \vartheta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \Delta t \sin \vartheta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$; Δt – дискретность счета.

Вектор управляемых фазовых координат имеет вид $\mathbf{x}_y = [x_y, y_y, z_y, V_y, \psi_y]^T$. В работах [Ерохин, 2019; Степанов, 2010; Степанов, 2012] обоснован вектор измеряемых параметров применительно к многопозиционным радиотехническим системам

$$\mathbf{x}_u = [x_y, V_x, y_y, V_y, z_y, V_z, \Delta \tau, V_{\Delta \tau}]^T, \quad (8)$$

включающий некоторые переменные вектора \mathbf{x}_y , составляющие вектора скорости V_x, V_y, V_z , а также параметры бортового эталона времени и частоты $\Delta \tau$ и $V_{\Delta \tau}$.

Для выдерживания заданного маршрута полета требуется формирование управляющих сигналов \mathbf{u}_v отслеживания заданной траектории полета $\mathbf{x}_{3,v}$ наилучшим образом. В работе показатель качества выдерживания маршрута полета представлен в виде минимизации отклонения управляемой траектории относительно заданной [Ерохин, 2019; Ерохин, 2018; Меркулов и др., 2018; Харисов и др., 1996]:

$$\begin{aligned} J &= \min_{\mathbf{u}_1^{N-1} \in U} M \left[\sum_{v=1}^N \{ (\mathbf{x}_{3,v} - \mathbf{x}_{y,v})^T \mathbf{Q}_v (\mathbf{x}_{3,v} - \mathbf{x}_{y,v}) + \mathbf{u}_v^T \mathbf{E}_v \mathbf{u}_v \} \right] = \\ &= \min_{\mathbf{u}_1^{N-1} \in U} M \left[\sum_{v=1}^N c_v (\mathbf{x}_{3,v}, \mathbf{x}_{y,v}, \mathbf{u}_v) \right], \end{aligned} \quad (9)$$

где \mathbf{Q}_v – положительно определенная матрица штрафов; \mathbf{E}_v – положительно определенная матрица, задающая вес мощности управляющих сигналов в общем показателе качества; $c_v (\mathbf{x}_{3,v}, \mathbf{x}_{y,v}, \mathbf{u}_v)$ – обобщенная функция потерь.

При синтезе алгоритмов локально-оптимального управления используют критерий оптимальности:

$$J_v = M\{c_v(\mathbf{x}_{3,v}, \mathbf{x}_{Y,v}, \mathbf{u}_v)\}. \quad (10)$$

Данный критерий называется текущим (локальным), так как требуется обеспечить экстремум показателя качества в каждый текущий момент времени.

Динамика управляемой траектории представлена уравнением:

$$\mathbf{x}_{Y,v+1} = g(\mathbf{x}_{Y,v}, \mathbf{u}_v) + \mathbf{G}_{v/v+1} \mathbf{n}_{Y,v} = \mathbf{\Phi}_{Y,v/v+1} \mathbf{x}_{Y,v} + \mathbf{B}_{v/v+1} \mathbf{u}_v + \mathbf{G}_{v/v+1} \mathbf{n}_{Y,v},$$

где $g_v(\mathbf{x}_{v-1}, \mathbf{u}_v)$ – n -мерная функция векторов $\mathbf{x}_{Y,v}$ и \mathbf{u}_v ; $\mathbf{G}_{v/v+1}$ – матрица ограничений на шумы системы; \mathbf{B}_v – вектор коэффициентов управляющих воздействий системы; $\mathbf{n}_{Y,v}$ – вектор ДБГШ с нулевыми математическими ожиданиями и корреляционной матрицей $\mathbf{\Psi}_Y$.

В работах [Меркулов и др., 2018; Харисов и др., 1996] предложен подход, основанный на введении вектора состояния $\mathbf{x} = (\mathbf{x}_3, \mathbf{x}_Y)^T$ и соответствующего уравнения динамики

$$\mathbf{x}_{v+1} = \mathbf{\Phi}_{v/v+1} \mathbf{x}_v + \mathbf{B}_v \mathbf{u}_v + \mathbf{G}_{v/v+1} \mathbf{n}_{x,v}, \quad (11)$$

где входящие в уравнение матрицы и вектора представим в виде:

$$\mathbf{\Phi} = \begin{vmatrix} \mathbf{\Phi}_3 & 0 \\ 0 & \mathbf{\Phi}_Y \end{vmatrix}, \mathbf{G} = \begin{vmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{G}_Y \end{vmatrix}, \mathbf{B} = \begin{vmatrix} 0 \\ \mathbf{B}_Y \end{vmatrix}, \mathbf{n} = \begin{vmatrix} 0 \\ \mathbf{n}_Y \end{vmatrix}.$$

В сформулированной в статье постановке задачи требуется сформировать вектор управления $\mathbf{u}_v = \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})$, оптимальный по критерию [Дегтярев и др., 1991; Меркулов и др., 2018]

$$\begin{aligned} \mathbf{u}_v = \arg \min_{\mathbf{u}_v \in \mathbf{U}} J_v &= \arg \min_{\mathbf{u}_v \in \mathbf{U}} \left\{ \int_{\mathbf{x}} c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})) p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) d\mathbf{x}_v \right\} = \\ &= \arg \min_{\mathbf{u}_v \in \mathbf{U}} M \left\{ c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v) \Big|_{\xi_1^{v-1}} \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

где $J_v = \min_{\mathbf{U}_1^{T-1}} M\{c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v)\}$.

Представим показатель качества в виде

$$J_v = M\{c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v)\} = \int_{\mathbf{x}} \int_{\xi} c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})) p(\mathbf{x}_v, \xi_1^{v-1}) d\mathbf{x}_v d\xi_1^{v-1}. \quad (13)$$

Входящую в (13) совместную плотность вероятности (ПВ) $p(\mathbf{x}_v, \xi_1^{v-1})$ представим в виде произведения

$$p(\mathbf{x}_v, \xi_1^{v-1}) = p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) p(\xi_1^{v-1}),$$

которое является исходным выражением для получения алгоритма обработки информации.

В этом случае

$$J_v = \int \int_{\xi \in \mathbf{x}} c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})) p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) d\mathbf{x}_v \left[p(\xi_1^{v-1}) d\xi_1^{v-1} \right]. \quad (14)$$

Для определения ПВ воспользуемся соотношениями оптимальной фильтрации Р. Л. Стратоновича [Стратонович, 1966]

$$\begin{cases} p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) = \tilde{p}_v(\mathbf{x}_v) = \int_{\mathbf{x}} p(\mathbf{x}_v | \mathbf{x}_{v-1}, \mathbf{u}_v) p(\mathbf{x}_{v-1} | \xi_1^{v-1}) d\mathbf{x}_{v-1}, \\ p_v(\mathbf{x}_v) = c_v p(\xi_v | \mathbf{x}_v) \tilde{p}_v(\mathbf{x}_v). \end{cases} \quad (15)$$

В соответствии с выражениями (5), (11) условная ПВ является нормальной: $p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) = N\{\tilde{\mathbf{x}}_v, \tilde{\mathbf{P}}_v\}$. Исходя из этого, параметрами нормального закона являются математическое ожидание вектора и матрица дисперсий, которые находятся с помощью дискретного фильтра Калмана [Алешечкин и др., 2016; Меркулов и др., 2018; Харисов и др., 1996]:

$$\hat{\mathbf{x}}_v = \tilde{\mathbf{x}}_v + \mathbf{K}_v [\xi_v - \mathbf{H}_v \tilde{\mathbf{x}}_v], \quad (16)$$

где $\hat{\mathbf{x}}_v$ – апостериорная оценка вектора состояния \mathbf{x}_v ; $\tilde{\mathbf{x}}_v = \Phi_{v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{v-1} + \mathbf{B}_v \mathbf{u}_v$, – априорная оценка вектора состояния \mathbf{x}_v , \mathbf{K}_v – матричный коэффициент усиления фильтра Калмана

$$\mathbf{K}_v = \mathbf{P}_v \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1}, \quad (17)$$

в котором ковариационная матрица ошибок фильтрации \mathbf{P}_{v-1} определяется по формуле

$$\mathbf{P}_v^{-1} = \tilde{\mathbf{P}}_v^{-1} + \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v, \quad (18)$$

где $\tilde{\mathbf{P}}_v$ – экстраполированная ковариационная матрица ошибок фильтрации

$$\tilde{\mathbf{P}}_v = \Phi_{v/v-1} \mathbf{P}_{v-1} \Phi_{v/v-1}^T + \mathbf{G}_{v/v-1} \mathbf{Q}_v \mathbf{G}_{v/v-1}^T. \quad (19)$$

Тогда в соответствии с (14) – (19) получаем:

$$\begin{aligned} J_v &= M \left\{ c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v) \Big|_{\xi_1^{v-1}} \right\} = \int_{\mathbf{x}} c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})) p(\mathbf{x}_v | \xi_1^{v-1}) d\mathbf{x}_v = \\ &= \int_{\mathbf{x}} c_v(\mathbf{x}_v, \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})) N(\tilde{\mathbf{x}}_v | \tilde{\mathbf{P}}_v) d\mathbf{x}_{y,v} = \tilde{\mathbf{x}}_v^T \mathbf{Q}_v \tilde{\mathbf{x}}_v + tr\{\tilde{\mathbf{Q}}_v \tilde{\mathbf{P}}_v\} + \mathbf{u}_v^T \mathbf{E}_v \mathbf{u}_v = \\ &= (\Phi_{v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{v-1} + \mathbf{B}_v \mathbf{u}_v)^T \tilde{\mathbf{Q}}_v (\Phi_{v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{v-1} + \mathbf{B}_v \mathbf{u}_v) + tr\{\tilde{\mathbf{Q}}_v \tilde{\mathbf{P}}_v\} + \mathbf{u}_v^T \mathbf{E}_v \mathbf{u}_v, \end{aligned}$$

где tr – след матрицы.

В [Меркулов и др., 2018; Сейдж и др., 1982; Харисов и др., 1996] показано, что $tr\{\tilde{\mathbf{Q}}_v \tilde{\mathbf{P}}_v\} = const(\mathbf{u}_v)$ не зависит от управления, тогда оптимальное управление определяется путем решения уравнения:

$$\frac{\partial J_v}{\partial \mathbf{u}_v} = 2\mathbf{B}_v^T \tilde{\mathbf{Q}}_v (\Phi_{v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{v-1} + \mathbf{B}_v \mathbf{u}_v) + 2\mathbf{E}_v \mathbf{u}_v = 0 \quad (20)$$

и записывается следующим образом:

$$\mathbf{u}_v = (\mathbf{B}_v^T \tilde{\mathbf{Q}}_v \mathbf{B}_v + \mathbf{E}_v)^{-1} \mathbf{B}_v^T \tilde{\mathbf{Q}}_v [\Phi_{3,v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{3,v-1} - \Phi_{y,v/v-1} \hat{\mathbf{x}}_{y,v-1}] = \mathbf{L}_v [\hat{\mathbf{x}}_{3,v-1} - \hat{\mathbf{x}}_{y,v-1}], \quad (21)$$

где $\mathbf{L}_v = (\mathbf{B}_v^T \tilde{\mathbf{Q}}_v \mathbf{B}_v + \mathbf{E}_v)^{-1} \mathbf{B}_v^T \tilde{\mathbf{Q}}_v \Phi_{v/v-1}$ – матричный коэффициент.

В подобных системах траекторного управления \mathbf{x}_3 известная величина, поэтому схема её оценки отсутствует, реализуется система расчета воздействий для формирования управляемой траектории $\hat{\mathbf{x}}_y$ с целью эффективного отслеживания заданного маршрута. Выражение (21) запишем в виде

$$\mathbf{u}_v = -(\mathbf{B}_v^T \mathbf{Q}_v \mathbf{B}_v + \mathbf{E}_v)^{-1} \mathbf{B}_v^T \mathbf{Q}_v \Phi_{v/v-1} \hat{\mathbf{e}}_{v-1} = -\mathbf{L}_v (\mathbf{x}_{3,v-1} - \hat{\mathbf{x}}_{y,v-1}), \quad (22)$$

где \mathbf{x}_3 – известная функция времени, а оценка $\hat{\mathbf{x}}_y$ формируется на выходе фильтра Калмана (16) – (19).

Соотношения (21) – (22) будут также справедливы и при наличии шумов в уравнении динамики для управляемой траектории. Только вместо детерминированной траектории $\hat{\mathbf{x}}$ необходимо использовать ее Калмановскую оценку при фиксированном управлении, получаемом из уравнения (21).

На основе моделей вектора состояния и наблюдения в навигационном комплексе формируется оценка вектора состояния $\hat{\mathbf{x}}_y$. На основании

сформированных оценок фазовых координат $\hat{\mathbf{x}}_v$ и требуемых (заданных) фазовых координат \mathbf{x}_3 в системе траекторного управления формируются сигналы управления $\mathbf{u}_v = \mathbf{u}_v(\xi_1^{v-1})$. Использование сигналов управления обеспечивает пилотирование ВС, управление измерителями и элементами навигационного комплекса, условиями измерения информационных параметров сигналов при выполнении поставленной задачи.

Результаты моделирования

Для проверки обоснованности и эффективности алгоритма управления, предложенного в данной статье, выполнялось имитационное моделирование типичного отслеживания траектории полета при определенных условиях с использованием данных, взятых из [Ерохин, 2018].

На рисунке 4 представлены графики среднеквадратического отклонения оценки (СКО) σ_x и σ_y ошибки оценки координат ВС.

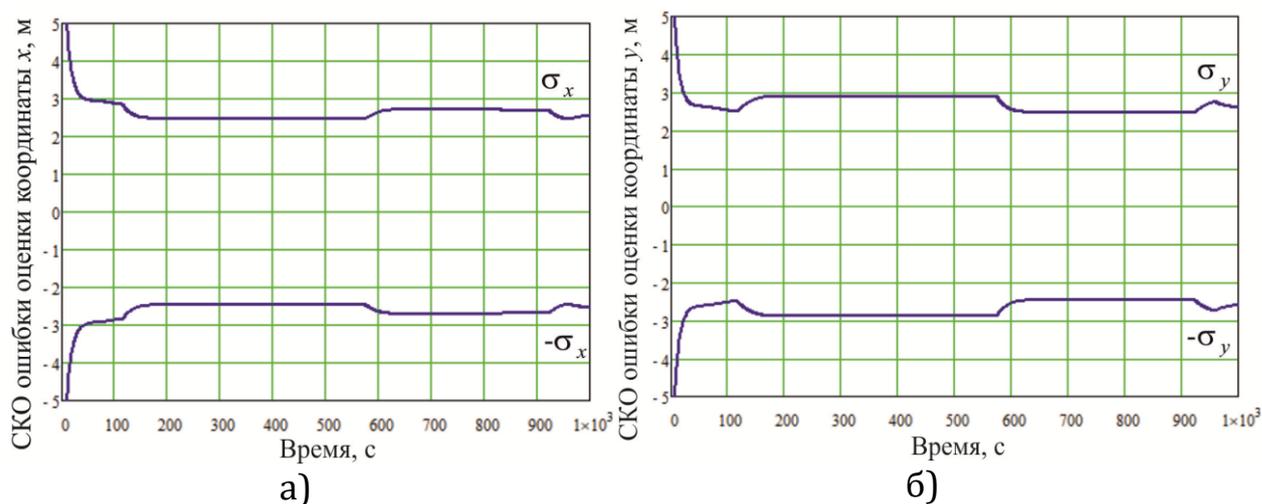


Рисунок 4 – СКО ошибки оценки координат ВС x (а) и y (б) при маршрутном полете по заданной траектории

Анализ полученных результатов демонстрирует высокую точность фильтрации координат ВС ($\sigma \approx 3$ м) на основе ГНСС измерений.

На рисунке 5 представлены реализации отклонения текущих координат ВС $\varepsilon_x = x - \hat{x}$ и $\varepsilon_y = y - \hat{y}$ от заданных значений.

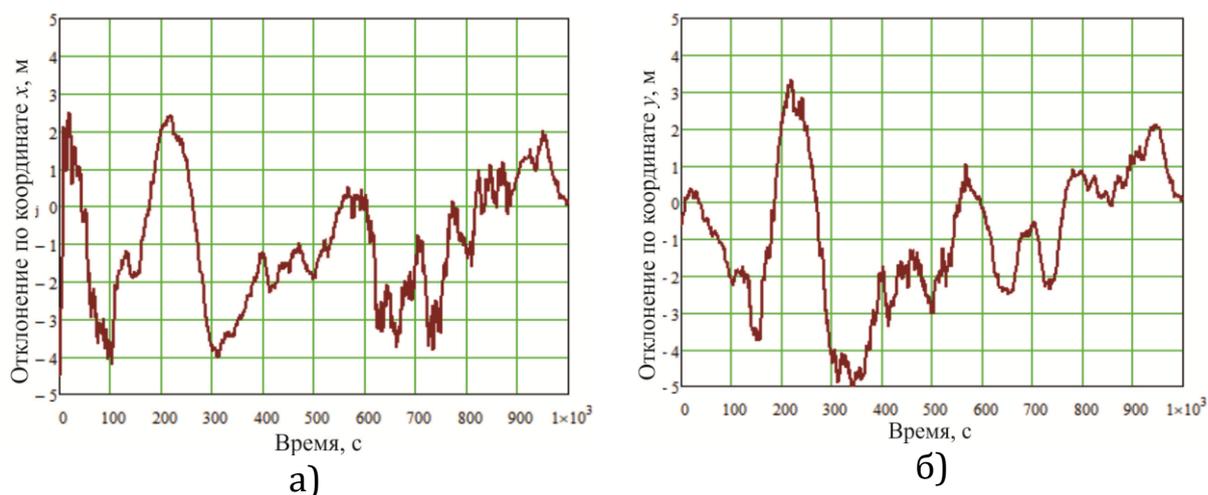


Рисунок 5 – Отклонение текущих координат ВС x (а) и y (б) от заданных

Анализ полученных результатов показывает, что для моделируемой ситуации отклонение параметров управляемой траектории полета от заданных значений не превышает 5 м. Результаты демонстрируют эффективность алгоритма отслеживания заданного маршрута полета и устойчивость к внешним возмущениям.

Заключение

На современном этапе развития методологических основ систем траекторного управления методы теории оптимального управления получают широкое распространение в различных областях и конкретных приложениях. В статье представлены результаты анализа методологических основ управления траекторией полета воздушного судна, которые базируются на методах теории оптимальной фильтрации и теории оптимального управления. Рассмотрены вопросы синтеза и исследования локально-оптимального алгоритма управления траекторией полета при оценке параметров на основе фильтра Калмана при наличии внешних возмущений. Для проверки обоснованности и эффективности методологических основ траекторного управления выполнялось имитационное моделирование типичного отслеживания траектории полета в ожидаемых условиях эксплуатации при наличии внешних возмущений. Анализ полученных результатов показывает, что для моделируемой ситуации отклонение параметров управляемой траектории полета от заданных значений не превышает 5 м. Результаты демонстрируют эффективность алгоритма отслеживания заданного маршрута полета и устойчивость к внешним возмущениям.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение способов повышения точности отслеживания заданной траектории полета воздушного судна в условиях воздействия помех, а также рассмотрение возможности применения предлагаемого подхода к оптимизации траектории полета беспилотного летательного аппарата.

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.
- Алешечкин А. М.* Оптимизация траекторий динамических управляемых объектов в интегрированной системе навигации на основе инерциальных и спутниковых технологий / А. М. Алешечкин, В. В. Ерохин // Гироскопия и навигация. 2016. Т. 24, № 2(93). С. 3-19. DOI 10.17285/0869-7035.2016.24.2.003-019. EDN WFBWNL.
- Воронов Е. М.* 77-30569/280873 Обеспечение траекторной безопасности в задаче облета динамической круговой зоны / Е. М. Воронов, А. А. Карпунин // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 12. С. 5. EDN OozGRX.
- Глобальный аэронавигационный план на 2013-2028 гг. Международная организация гражданской авиации. Doc 9750-AN/963. 4-е изд. 2013. 147 с.
- Дегтярев Г. Л.* Синтез локально-оптимальных алгоритмов управления летательными аппаратами / Г. Л. Дегтярев, И. С. Ризаев. М.: Машиностроение, 1991. 304 с.
- Ерохин В. В.* Оптимизация навигационного обеспечения воздушных судов при свободной маршрутизации полетов: специальность 05.22.13 «Навигация и управление воздушным движением»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ерохин Вячеслав Владимирович, 2019. 287 с. EDN BZSGAB.
- 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.
- Ерохин В. В.* Управление траекторией летательного аппарата при полете по заданному маршруту на основе глобальной навигационной спутниковой системы // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2018. № 3. С. 49-56. EDN YCKLYT.
- Заюд Фади.* Исследование методов фильтрации в задаче определения координат летательного аппарата в пространстве / Заюд Фади, В. В. Поляков, В. В. Воробьев // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2009. № 138. С. 120-125. EDN LDESIF.
- Киселев В. Ю.* Предсказание траектории воздушного судна в автоматизированных системах управления воздушным движением / В. Ю. Киселев, А. А. Монаков // Информационно-управляющие системы. 2015. № 4(77). С. 33-40. EDN UHRIST.
- Меркулов В. И.* Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов: в 3 т. Т.1. Теоретические основы. РЛС в составе интегрированного авиационного комплекса / В. И. Меркулов, В. С. Верба, А. Р. Ильчук; под ред. В. С. Вербы. М.: Радиотехника, 2018. 357 с.
- Методы траекторного управления наблюдением в интегрированных многодатчиковых двухпозиционных системах радиомониторинга воздушного базирования / В. И. Меркулов, Д. А. Миляков, О. Е. Радоминов, В. С. Чернов // Журнал радиоэлектроники. 2016. № 4. С. 7. EDN WNAFGD.
- Сейдж Э. П.* Оптимальное управление системами: пер. с англ. / Э. П. Сейдж, Ч. С. Уайт; под ред. Б.Р. Левина. М.: Радио и связь, 1982. 392 с.
- Степанов О. А.* Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 1: Введение в теорию оценивания. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2010. 496 с.
- Степанов О. А.* Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 2: Введение в теорию фильтрации. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2012. 517 с.

- Стратонович Р. Л.* Условные марковские процессы и их применение к теории оптимального управления. М.: Изд-во МГУ, 1966. 319 с.
- Теория автоматического управления: в 2 ч. Ч. 2. Теория нелинейных и специальных систем автоматического управления / А. А. Воронов, Д. П. Ким, В. М. Лохин и др.; под ред. А. А. Воронова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1986. 504 с.
- Тихонов В. И.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. М.: Радио и связь, 1991. 608 с.
- Формирование структуры траекторного управления летательного аппарата и многокритериальной оптимизации ее параметров / Е. М. Воронов, А. Л. Репкин, А. М. Савчук, С. И. Сычев // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Приборостроение. 2014. № 5(98). С. 16-39. EDN SVZLQX.
- Харисов В. Н.* Некоторые вопросы использования теорий оптимальной фильтрации и оптимального управления для синтеза информационных систем / В. Н. Харисов, А. И. Перов // Радиотехника. 1996. №7. С. 7–12.
- Ярлыков М. С.* Марковская теория оценивания случайных процессов / М. С. Ярлыков, М. А. Миронов. М.: Радио и связь, 1993. 464 с.
- Ярлыков М. С.* Статистическая теория радионавигации. М.: Радио и связь, 1985. 344 с.
- Maolaaiasha A.* Free-Flight Trajectory Optimization by Mixed Integer Programming. A thesis submitted to fulfillment of the requirements for the degree of master in science. Angewandte Mathematik und Optimierung Schriftenreihe (AMOS) # 24, University of Hamburg, 2015, 74 p.
- Multiphase Mixed-Integer Optimal Control Approach to Aircraft Trajectory Optimization / M. Soler, A. Olivares, E. Staffetti, P. Bonami // Journal of Guidance, Control, and Dynamics. 2013. № 36(5). pp. 1267-1277. DOI 10.2514/1.60492.
- Nuic A.* User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA). Revision 3.12 // EUROCONTROL Experimental Centre. 2014. 106 p.
- Rub'en A. G.* Commercial aircraft trajectory optimization using optimal control. Bachelor Thesis, Universidad Carlos III de Madrid, 2015. 64 p.
- Toratani D.* Study on Simultaneous Optimization Method for Trajectory and Sequence of Air Traffic Management. Doctoral Thesis. Yokohama National University, 2016. p. 101
- Wickramasinghe N. K.* Flight trajectory optimization for an efficient air transportation system / N. K. Wickramasinghe, A. Harada, Y. Miyazawa // Proceedings of the 28th International Congress of the Aeronautical Sciences. 2012. Pp. 1-12.

References

- Aleshechkin A. M.* (2016). Optimization of trajectories of dynamic controlled objects in an integrated navigation system based on inertial and satellite technologies. *Giroskopiya i navigaciya*. 24. 2(93): 3-19. DOI: 10.17285/0869-7035.2016.24.2.003-019. (In Russian)
- Degtyarev G. L., Rizaev I. S.* (1991). Synthesis of locally optimal control algorithms for aircraft. Moscow: *Mashinostroenie*. 1991. p. 304. (In Russian)
- 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.* (2018). Control of the trajectory of an aircraft during a flight along a given route based on the global navigation satellite system. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Aviacionnaya tekhnika*. 3: 49-56. (In Russian)
- Erokhin V. V.* (2019). Optimization of navigation support for aircraft with free flight routing: Special'nost' 05.22.13 «Navigaciya i upravlenie vozdushnym dvizheniem»: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. 2019. 287 p. EDN BZSGAB. (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)
- Global'nyj aeronavigacionnyj plan na 2013-2028 gg. (2013). *International Civil Aviation Organization. Doc 9750-AN/963*. p. 147. (In Russian)
- Kharisov V. N., Perov A. I. (1996). Some issues of using theories of optimal filtering and optimal control for the synthesis of information systems. *Radiotekhnika*. 7: 7-12. (In Russian)
- Maolaaiasha A. (2015). Free-Flight Trajectory Optimization by Mixed Integer Programming. A thesis submitted to fulfillment of the requirements for the degree of master in science. *Angewandte Mathematik und Optimierung Schriftenreihe (AMOS) # 24, University of Hamburg*. p. 74
- Merkulov V. I., Milyakov D. A., Radominov O. E., Chernov V. S. (2016). Methods of trajectory control of observation in integrated multi-sensor two-position airborne radio monitoring systems. *Zhurn. Radioelektroniki*. 4: 7. (In Russian)
- Merkulov V. I., Verba V. S., Ilchuk A. R. (2018). Automatic target tracking in radars of integrated aviation complexes: V. 1. Theoretical foundations. Radar as part of an integrated aviation complex. Moscow: *Radiotekhnika*. 2018. p. 357. (In Russian)
- Monakov A. A., Kiselev V. Yu. (2015). Prediction of aircraft trajectory in automated air traffic control systems. *Informacionno-upravlyayushchie sistemy*. 4: 33-40. (in Russian)
- Nuic A. (2014). User Manual for the Base of Aircraft Data (BADA). Revision 3.12. *EUROCONTROL Experimental Centre*. 2014. 106 p.
- Rub'en A. G. (2015). Commercial aircraft trajectory optimization using optimal control. *Bachelor Thesis, Universidad Carlos III de Madrid*. 2015. 64 p.
- Sage E. P., White C. S. (1982). Optimal Control of Systems. Moscow: *Radio i svyaz'*. 392 p. (In Russian)
- Soler M., Olivares A., Staffetti E., Bonami P. (2013). Multiphase Mixed-Integer Optimal Control Approach to Aircraft Trajectory Optimization. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*. 36(5): 1267-1277. DOI 10.2514/1.60492.
- Stepanov O. A. (2010). Fundamentals of the Theory of Estimation with Applications to the Problems of Processing Navigational Information. Ch. 1: Vvedenie v teoriyu ocenivaniya. Saint Petersburg: *GNC RF CNII «Elektropribor»*, 2010. 496 p. (In Russian)
- Stepanov O. A. (2010). Fundamentals of the Theory of Estimation with Applications to the Problems of Processing Navigational Information. Ch. 2: Vvedenie v teoriyu fil'tracii. Saint Petersburg: *GNC RF CNII «Elektropribor»*, 2010. 517 p. (In Russian)
- Stratonovich R. L. (1966). Conditional Markov processes and their application to the theory of optimal control. Moscow: *Izd-vo MGU*. 1966. 319 p. (In Russian)
- Tikhonov V. I., Kharisov V. N. (1991). Statistical analysis and synthesis of radio engineering devices and systems. Moscow: *Radio i svyaz'*. 1991. 608 p. (In Russian)
- Toratani D. (2016). Study on Simultaneous Optimization Method for Trajectory and Sequence of Air Traffic Management. *Doctoral Thesis, Yokohama National University*. 2016. 101 p.
- Voronov A. A., Kim D. P., Lokhin V. M. et al. (1986). Theory of automatic control. V. 2. Teoriya nelinejnyh i special'nyh sistem avtomaticheskogo upravleniya. 2-e izd., pererab. i dop. Moscow: *Vyssh. shk.*, 1986. p. 504. (In Russian)
- Voronov E. M., Karpunin A. A. (2011). Ensuring trajectory safety in the problem of flying around a dynamic circular zone. *Nauka i obrazovanie*. 12: 1-12. (In Russian)
- Voronov E. M., Repkin A. L., Savchuk A. M., Sychev S. I. (2014). Formation of the structure of the trajectory control of the aircraft and multicriterial optimization of its parameters. *Vestnik MGTU im. N.E. Bauman. Ser. Priborostroenie*. 5: 3-39. (In Russian)
- Wickramasinghe N. K., Harada A., Miyazawa Y. (2012). Flight trajectory optimization for an efficient air transportation system. *Proceedings of the 28th International Congress of the Aeronautical Sciences*. 1-12

- Yarlykov M. S.* (1985). Statistical Theory of Radio Navigation. Moscow: *Radio i svyaz'*. 1985. 344 p. (In Russian)
- Yarlykov M. S., Mironov M. A.* (1993). Markov theory of estimation of random processes. Moscow: *Radio i svyaz'*. 1993. 464 p. (In Russian)
- Zayud Fadi, Polyakov V. V., Vorobiev V. V.* (2009). Research of filtering methods in the problem of determining the coordinates of an aircraft in space. *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviacii. Ser. Aeromekhanika i prochnost'*. 138: 120-124. (In Russian)

СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

УДК 621.396.96

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_76

АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ОБРАБОТКИ НАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ И ПОСТРОЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

*Дмитрий Юрьевич Урбанский,
orcid.org/0009-0000-2574-512X,
Акционерное общество «Авиакомпания «Ангара»,
ул. Ширямова, 2
Иркутск, 664009, Россия
urbdim.ru@gmail.com*

Аннотация. В последнее десятилетие наблюдается повышение объема пассажирских и грузовых авиаперевозок, что приводит к увеличению плотности воздушного движения. При этом ужесточаются требования к безопасности полетов, достижение которых возможно при помощи систем организации воздушного движения. В соответствии с рекомендациями ИКАО для повышения эффективности воздушных перевозок предлагается использовать современные средства наблюдения. Внедрение в Российской Федерации многопозиционной системы наблюдения (МПСН) на базе автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В) направлено на реализацию государственных и региональных программ развития авиации, повышения безопасности полетов, качества аэронавигационного обеспечения системы организации воздушного движения. Поэтому анализ принципов построения рабочей зоны и обработки навигационной информации в многопозиционной системе наблюдения с целью повышения точности определения координат ВС является актуальной научно-исследовательской задачей. Рассмотрен подход повышения эффективности функционирования МПСН при обработке информации в условиях шумов и помех. Анализ результатов моделирования предложенного алгоритма на основе дискретного фильтра Калмана показывает высокую точность оценки плановых координат воздушного судна (ВС). Для автоматизации процесса расчета и построения рабочих зон многопозиционной системы наблюдения разработано специализированное программное обеспечение.

Ключевые слова: многопозиционная система наблюдения, технология мультилатерации, автоматическое зависимое наблюдение, фильтр Калмана, рабочая зона, местоположение, метод наименьших квадратов.

ANALYSIS OF THE PRINCIPLES OF PROCESSING NAVIGATION INFORMATION AND CONSTRUCTING THE WORKING ZONE OF A MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEM

*Dmitry Y. Urbansky,
orcid.org/0009-0000-2574-512X,
Joint Stock Company «Angara» Airlines,
2, Shiryamova
Irkutsk, 664009, Russia
urbdim.ru@gmail.com*

Abstract. The use of modern surveillance equipment in accordance with ICAO recommendations is aimed at improving the efficiency of air transportation, increasing the capacity of airspace and airfields, and improving the safety of flights and ground operations. The introduction in the Russian Federation of a multi-position surveillance system (MPSS) based on automatic dependent surveillance of the broadcast type (ADS-B) is intended to facilitate the implementation of state and regional aviation development programs in terms of creating conditions for improving flight safety, availability and quality of air navigation services for airspace users. Therefore, the analysis of the principles of constructing a working area and processing navigation information in a multi-position surveillance system for improving the accuracy of aircraft position-fixing is an urgent research task. An approach to improving the efficiency of the MPSS operation when processing information in conditions of noise and interference has been considered. Analysis of the results of modeling the proposed algorithm based on the discrete Kalman filter shows high accuracy of estimating the planned coordinates of an aircraft. Specialized software has been developed to automate the process of calculating and constructing working areas of a multi-position surveillance system.

Keywords: multi-position surveillance system, multilateration technology, automatic dependent surveillance, Kalman filter, working area, location, least squares method.

Введение

Для наблюдения и контроля за ВС используются радиолокационные станции (РЛС). Точность определения координат ВС в отдельных случаях РЛС не соответствует требованиям и нормам безопасности полетов. Кроме того, существуют «мертвые зоны», в которых невозможно наблюдение за ВС, в частности из-за рельефа местности. Это, в свою очередь, может привести к следующим негативным явлениям [Development a method for determining..., 2021]:

- существенным ошибкам в определении координат ВС;
- маскировке нарушителей воздушного пространства для гражданских ВС;
- снижению качества контроля воздушного пространства.

В соответствии с рекомендациями ИКАО применение современных средств наблюдения направлено на повышение эффективности воздушных перевозок и повышение безопасности полетов. По сравнению со вторичными радиолокаторами МПСН обладают инструментальными характеристиками большей точности определения координат ВС и темпу обновления навигационной информации. Система МПСН на базе АЗН-В позволяет реализовать функции мониторинга воздушного пространства и наземной инфраструктуры. Внедрение в Российской Федерации многопозиционной системы наблюдения (МПСН) на базе автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В) направлено на реализацию государственных и региональных программ развития авиации, повышения безопасности полетов, качества аэронавигационного обеспечения системы организации воздушного движения. Опубликованные результаты исследований (Великобритания, САА, Low Density Low Complexity Airspace) подтверждают целесообразность применения современных технологий наблюдения, в том числе, в условиях низкой интенсивности полетов [Концепция внедрения..., 2018].

Глобальный аэронавигационный план ИКАО предполагает развитие систем наблюдения на базе МПСН и АЗН-В в нерадарном воздушном пространстве в целях увеличения пропускной способности воздушных трасс за счет снижения норм эшелонирования, повышения безопасности полетов и эффективности поисково-спасательных операций [Глобальный аэронавигационный план..., 2013].

В современных условиях роста интенсивности воздушного движения повышение точности определения координат ВС представляет собой актуальную задачу. Перспективным направлением является метод определения координат ВС с дополнительным использованием технологии мультилатерации [Лежанкин и др., 2019]. Эффективность функционирования системы МПСН зависит от алгоритмов обработки информации в условиях шумов и помех [Ерохин, 2019]. Точность определения местоположения зависит от взаимного расположения ВС и наземных станций при существующей или разворачиваемой конфигурации системы [Исследование точностных характеристик..., 2023].

Цель статьи – анализ принципов построения рабочей зоны, методов обработки навигационной информации в МПСН для повышения точности определения координат ВС и эффективности функционирования многопозиционной системы наблюдения в ожидаемых условиях эксплуатации.

Обзор литературы

В [Development a method for determining..., 2021; Use of the ADS-B information..., 2017] для повышения точности определения местоположения ВС предложено использовать информацию от транспондеров АЗН-В, недостатком является отсутствие расчетов и оценок точности определения координат ВС.

В [Development a method for determining..., 2021; Method for determining coordinates..., 2021] предложено для повышения точности определения местоположения ВС совместно с РЛС использовать приемники АЗН-В. Показано, что дополнительное применение приемников АЗН-В повышает точность определения координат ВС. Недостатком [Method for determining coordinates..., 2021] является невозможность реализации данного подхода при отсутствии на борту транспондеров АЗН-В.

В [On the application of singular value..., 2013] предложен статистический способ оценки радионавигационных параметров ВС, который предполагает получение оценок местоположения объекта на основе метода максимального правдоподобия. Рассмотренный в [On the application of singular value..., 2013] метод наиболее близок к оптимальному, однако он не позволяет получить прямое решение навигационной задачи и требует использования оптимального поиска экстремума сложной целевой функции в многомерном пространстве.

В [Schau et al., 1987] предложены численные методы оценки радионавигационных параметров объекта, которые, в отличие от

представленных в [On the application of singular value..., 2013], используют поиск в меньшем пространстве и простую целевую функцию (обычно квадратичную). Недостатком [Schau et al., 1987] является смещенность оценок и их неоптимальность в статистическом смысле.

В работах [Development a method for determining..., 2021; Leonardi et al., 2009; The Definition of the Parameters..., 2021] предложены алгебраические методы оценки радионавигационных параметров ВС, достоинством которых является формирование оценок координат ВС на основе решения переопределяющей линейной системы уравнений. Недостатком [Development a method for determining..., 2021; Leonardi et al., 2009; The Definition of the Parameters..., 2021] является применяемый детерминированный подход в условиях стохастического характера данных, что не обеспечивает их оптимальности предлагаемых методов.

Авторы [Development a method for determining..., 2021; Monakov, 2018a; Monakov, 2018b] предлагают методы оценки местоположения ВС для активного режима работы системы мультилатерации, представлены результаты синтеза комбинированного метода с использованием алгоритма Банкрофта. Достоинствами [Development a method for determining..., 2021; Monakov, 2018a; Monakov, 2018b] являются простота и малый объем вычислений, недостатками – использование дополнительной процедуры принятия решения, неоднозначность вычисляемых координат.

В [Development a method for determining..., 2021; Monakov, 2018b] предложен способ оценки местоположения ВС для пассивной работы системы мультилатерации, который основан на сочетании алгебраических и статистических методов определения координат объектов с использованием алгоритма Банкрофта. Точность оценки координат ВС на основе предлагаемого метода соответствует точности алгоритма Банкрофта, недостатком является низкая пропускная способность на малых расстояниях системы мультилатерации.

В [Skrypnik et al., 2019] рассчитаны рабочие зоны систем мультилатерации, проведен анализ параметров в зависимости от конфигурации наземных станций. Основным недостатком [Skrypnik et al., 2019] является то, что расчеты проводились для глобальной системы WAM без учета особенностей конфигурации наземных станций МПСН.

Обзор научных публикаций показал, что применение МПСН позволяет повысить точность определения координат ВС. Поэтому целесообразно проводить исследование способа обработки навигационной информации при определении координат ВС использованием мультилатерационной технологии.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является исследование подходов к решению задачи определения местоположения ВС использованием технологии мультилатерации, что позволит повысить точность определения координат.

Для достижения цели сформулированы следующие этапы:

- оценка возможности и точности определения координат воздушных объектов с использованием технологии мультilaterации в условиях воздействия шумов;
- разработка алгоритмического и программного обеспечения для расчета и построения рабочих зон многопозиционной системы наблюдения;
- анализ параметров рабочей зоны в зависимости от конфигурации наземных станций и исследование точностных характеристик системы.

Материалы, методы и принятые допущения

При обосновании использования технологии мультilaterации и определении основных этапов процесса определения координат ВС, а также для оценки точности навигационных определений предлагается использовать следующие методы исследования: 1. Системный анализ; 2. Имитационное моделирование; 3. Статистическая теория оценки параметров; 4. Теория фильтрации; 5. Многопозиционные радиотехнические системы; 6. Математический аппарат теории векторов и матриц.

В ходе исследования были приняты следующие ограничения и допущения: приемник МПСН цифровой; прием полезного сигнала осуществляется на фоне шумов и помех; беспрепятственный прием сигнала с ВС обеспечивается многопозиционной системой идентичных приемников с использованием технологии мультilaterации; в качестве сигналов для многопозиционной системы приемников наземных станций используются сигналы транспондера АЗН-В с борта ВС; частота ответного сигнала с борта ВС составляет 1090 МГц.

Рассмотрим использование многопозиционной системы приемников при реализации технологии мультilaterации для определения координат ВС, как показано на рис. 1 [Development a method for determining..., 2021].

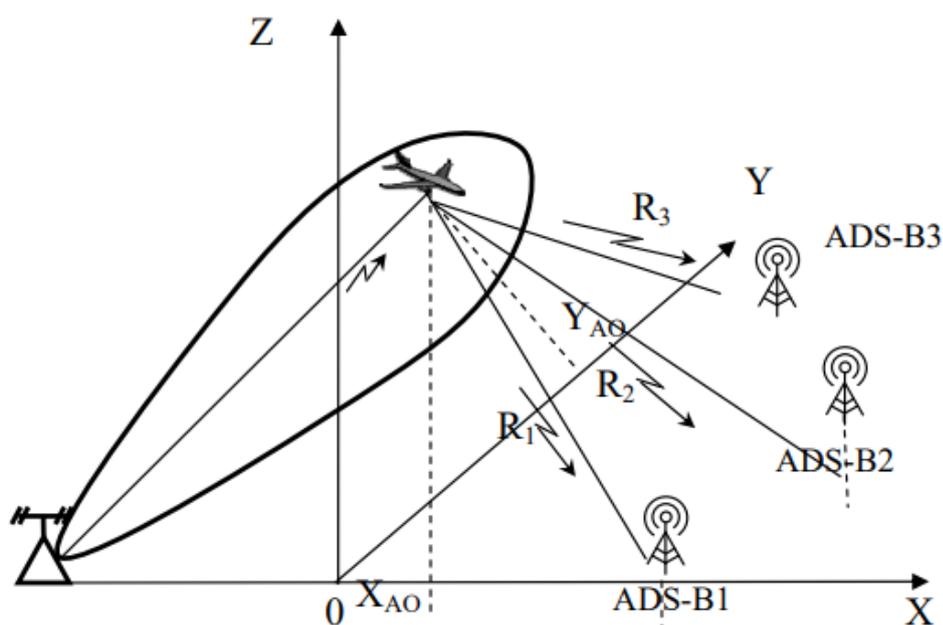


Рисунок 1 – Многопозиционная система приемников для реализации технологии мультilaterации

Транспондер АЗН-В ВС с координатами X_{AO}, Y_{AO} передает сигнал на частоте 1090 МГц, который принимают приемники наземных станций многопозиционной системы [Method for determining coordinates..., 2021]. В мультilaterационной технологии реализован разностно-дальномерный позиционный метод определения местоположения. При использовании данного метода координаты ВС определяются как точка пересечения трех линий положений [Определение местоположения воздушного судна..., 2021; Системы наблюдения на воздушном транспорте..., 2023; Development a method for determining..., 2021].

Транспондер АЗН-В в автоматическом режиме передает сигнал, который поступает на каждую станцию в разные моменты времени t_1, t_2, t_3 и t_4 , соответственно. Тогда разность времени поступления сигналов запишем в виде:

$$\Delta t_{12} = t_1 - t_2, \Delta t_{32} = t_3 - t_2, \Delta t_{42} = t_4 - t_2.$$

Вычисляются три дальности до ВС R_1, R_2, R_3 и три разности соответствующих дальностей

$$\Delta R_{12} = R_1 - R_2 = c \cdot \Delta t_{12}, \Delta R_{32} = R_3 - R_2 = c \cdot \Delta t_{32}, \Delta R_{42} = R_4 - R_2 = c \cdot \Delta t_{42},$$

где c – скорость света.

Разность дальностей между ВС и приемниками наземных станций можно представить в общем виде [Development a method for determining..., 2021]:

$$\begin{aligned} \Delta R_{ij} = R_i - R_j = & \sqrt{\left[(x_i - x_T)^2 + (y_i - y_T)^2 + (z_i - z_T)^2 \right]} + \\ & + \Delta R_i - \sqrt{\left[(x_j - x_T)^2 + (y_j - y_T)^2 + (z_j - z_T)^2 \right]} - \Delta R_j = c \cdot \Delta \tau_{ij}. \end{aligned}$$

где ΔR_{ij} – разность расстояний от ВС до i -го и j -го приемных пунктов; $x_i, y_i, z_i, x_j, y_j, z_j$ – известные координаты приемных пунктов с номерами i или j в декартовой системе координат; x_T, y_T, z_T – неизвестные координаты ВС; $\Delta \tau_{ij}$ – разность моментов прихода сигнала от ВС до i -го и j -го приемных пунктов соответственно.

В систему (1) входят четыре неизвестных величины: три координаты ВС x_T, y_T, z_T и погрешность измерения, обусловленная отсутствием синхронизации шкал времени в пунктах приема $\Delta R_{синхр} = \Delta R_i - \Delta R_j$. В соответствии с методом разностно-дальномерных измерений [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985], геометрическое место точек, соответствующих одному

значению разности дальностей ΔR_i , представляет собой линию положения в виде гиперболы. Точка пересечения линий положения есть местоположение ВС. При трех точках приема и единичном измерении разности дальностей положение ВС находится путем решения системы нелинейных уравнений (1).

Пусть вектор состояния ВС содержит декартовы координаты ВС и погрешность бортовой шкалы времени транспондера МПСН

$$\lambda = [x \quad y \quad z \quad t]^T.$$

Вектор наблюдений оценок моментов прихода сигналов (первичная обработка информации) имеет вид

$$\xi_{\tau,k} = \begin{bmatrix} \tau_{1,k} & \tau_{2,k} & \dots & \tau_{N,k} \end{bmatrix}^T.$$

Из выражения (1) видно, что неизвестные координаты ВС нелинейно входят в уравнения разностей дальностей. Поэтому для реализации алгоритма МНК выполним разложение выражения (1) в ряд Тейлора в окрестности истинных значений координат (x_0, y_0, z_0) , с помощью метода статистической линеаризации, при этом ограничимся двумя первыми членами разложения и применительно к $\Delta t_{1,2}$ получим результат:

$$\Delta t_{1,2} = h_1(x_0, y_0, z_0) + \left. \frac{\partial h_1(x, y, z)}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_0 \\ y=y_0 \\ z=z_0}} \Delta x + \left. \frac{\partial h_1(x, y, z)}{\partial y} \right|_{\substack{x=x_0 \\ y=y_0 \\ z=z_0}} \Delta y + \\ + \left. \frac{\partial h_1(x, y, z)}{\partial z} \right|_{\substack{x=x_0 \\ y=y_0 \\ z=z_0}} \Delta z + \varepsilon_{1,2}.$$

Алгоритмы определения местоположения ВС предложены в работах [Алгоритмы управления траекториями..., 2021; Ерохин и др., 2023; Скрыпник и др., 2020; Monakov, 2018б; Monakov, 2018в]. Если ограничиться только проблемой определения местоположения, можно воспользоваться известными методами решения нелинейных уравнений, например, методом Ньютона-Рафсона или методом наименьших квадратов (МНК). В МПСН для получения оценок параметров траекторного движения ВС используются сигналы всех видимых наземных станций. В этом случае наиболее простое решение получается при использовании МНК (в общем случае используется итерационный МНК) [Emeljancev et al., 2016].

Тогда алгоритм вычисления оценок координат местоположения ВС, основанный на таком подходе, записывается в виде [Emeljancev et al., 2016]:

$$x_k = x_k + \left(H^T(x_k) H(x_k) \right)^{-1} H^T(x_k) \left(y_{\tau,k} - h(x_k) \right) c,$$

где x_k – начальное приближение (оценка) вектора x_k ; $h(x_k)$; $H(x_k)$ – функции, определяемые в соответствии с выражениями (4) и (5):

$$h(x_k) = \frac{1}{c} \left(\sqrt{(x_i - x_k)^2 + (y_i - y_k)^2 + (z_i - z_k)^2} + \delta D \right);$$

$$H^T(x_k) = \frac{\partial h(x_k)}{\partial x_k} \Big|_{x_k = x_k},$$

где δD – погрешность радиальной дальности, обусловленная уходом часов бортового транспондера МПСН и наземных станций.

Недостатком данного алгоритма является то, что он не учитывает измерения радионавигационных параметров, полученных ранее. Существенного улучшения характеристик навигационных алгоритмов можно достичь за счет применения методов оптимальной фильтрации.

Постановка задачи

Обзор существующих алгоритмов обработки навигационной информации показал, что в ряде случаев они не обеспечивают требуемых характеристик, т.к. они синтезированы в детерминированной постановке и используют упрощенные модели сигналов. Требуется синтезировать алгоритм оценки координат ВС на основе измерений моментов прихода сигналов. Как правило, в перспективных, разрабатываемых на современной элементной базе, системах возможно использование алгоритмов гораздо большей сложности, чем существующих, при условии, что повышается качество функционирования системы в целом [Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993].

Основной задачей системы навигации является наилучшая (в том или ином смысле) обработка поступающей статистической информации. Для синтеза подобных систем широко используются статистические теории оптимальной фильтрации (ТОФ) [Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993]. Ещё одна особенность в постановках задачи синтеза в ТОФ – это критерии выбора наилучшего решения.

В ТОФ полагается заданным информационный процесс, который подлежит оцениванию с максимальной точностью. Этот процесс представляется n -мерным вектором $\bar{\lambda}_{u,v}$, динамику которого во времени можно представить в виде разностного уравнения [Ерохин, 2019; Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993].

$$\bar{\lambda}_{u,v} = \Phi_{u,v} \bar{\lambda}_{u,v-1} + \mathbf{G}_{u,v} \bar{\mathbf{w}}_{u,v-1}, \quad (2)$$

где ν – временной индекс; $\Phi_{u,v}, \mathbf{G}_{u,v}$ – матрицы размера $n \times n$ и $n \times l$ соответственно; $\bar{\mathbf{w}}_{u,v}$ – l -мерный вектор дискретных белых гауссовских шумов (ДБГШ) с нулевыми математическими ожиданиями и матрицей дисперсий Ψ_u .

Для m -мерного вектора наблюдений $\bar{\xi}_\nu$ запишем уравнение [Ерохин, 2019; Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993].

$$\bar{\xi}_\nu = \mathbf{H}_{u,\nu} \bar{\lambda}_{u,\nu} + \bar{\mathbf{n}}_\nu, \quad (3)$$

где $\mathbf{H}_{u,\nu}$ – матрица наблюдений размерности $m \times n$; $\bar{\mathbf{n}}_\nu$ – m -мерный вектор дискретных белых гауссовских шумов с нулевыми математическими ожиданиями и матрицей дисперсий \mathbf{V}_u , шумы $\bar{\mathbf{w}}_{u,\nu}$ и $\bar{\mathbf{n}}_\nu$ независимы; $\mathbf{M}\{\bar{\mathbf{n}}_{\xi_\nu} \bar{\mathbf{n}}_{\xi_\nu}^T\} = \mathbf{V}_\nu$, $\mathbf{M}\{\bar{\mathbf{n}}_{\lambda_\nu} \bar{\mathbf{n}}_{\lambda_\nu}^T\} = \Psi_\nu$.

Пусть уравнения динамики и наблюдения являются линейными многомерными ($\bar{\lambda}_\nu = [\lambda_{1,\nu}, \lambda_{2,\nu}, \dots, \lambda_{n,\nu}]^T$ и $\bar{\xi}_\nu = [\xi_{1,\nu}, \xi_{2,\nu}, \dots, \xi_{m,\nu}]^T$) и заданы в виде разностных уравнений (2), (3). Под задачей текущей фильтрации понимают воспроизведение (восстановление) в каждый момент времени ν информационного процесса $\bar{\lambda}_{u,\nu}$ по результатам наблюдений $\bar{\xi}_\nu$ на интервале времени $[0, \nu]$. В качестве критерия оптимальности применим критерий минимума среднего квадрата ошибки

$$J = \min_{\hat{\lambda}} M[(\bar{\lambda}_{u,\nu} - \hat{\lambda}_{u,\nu})^T \mathbf{Q}(\bar{\lambda}_{u,\nu} - \hat{\lambda}_{u,\nu})], \quad (4)$$

для которого оптимальной оценкой $\hat{\lambda}_{u,\nu}$ является условное среднее

$$\hat{\lambda}_{u,\nu} = \int \bar{\lambda}_u p(\bar{\lambda}_u | \bar{\xi}_1^\nu) d\bar{\lambda}_u,$$

где $p(\bar{\lambda}_u | \bar{\xi}_1^\nu)$ – условная плотность вероятности; $\bar{\xi}_1^\nu = \{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_\nu\}$; интегрирование осуществляется по всей области возможных значений $\bar{\lambda}_u$.

При синтезе алгоритма функционирования МПСН исходной для решения задач фильтрации является формула Байеса [Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993]. Синтезируем алгоритм, определяющий структуру оптимальной линейной нестационарной системы обработки навигационной информации. Ввиду того, что в

современных специализированных вычислителях реализована цифровая обработка навигационной информации, определим структуру комплексного фильтра Калмана в дискретном времени.

Начальное значение $\bar{\lambda}_0$ является векторной нормально распределенной случайной величиной с известной априорной плотностью вероятности [Скрыпник и др., 2008; Тихонов и др., 1991].

$$p_{pr}(\bar{\lambda}_0) = N\{\bar{\mathbf{m}}_0, \mathbf{R}_0\} = [(2\pi)^{n/2} |\mathbf{R}_0|^{1/2}]^{-1} \exp\left\{-\frac{1}{2} [\bar{\lambda}_0 - \bar{\mathbf{m}}_0]^T \mathbf{R}_0^{-1} [\bar{\lambda}_0 - \bar{\mathbf{m}}_0]\right\}.$$

В соответствии с (2) значения $\bar{\lambda}_v$ формируются в результате линейного преобразования последовательности независимых гауссовских случайных величин (ГСВ) $\bar{\mathbf{n}}_{\lambda v}$. Поэтому при нормальном распределении начального значения $\bar{\lambda}_0$ последовательность $\bar{\lambda}_v$ будет также нормально распределенной. Согласно (3) случайная величина $\bar{\xi}_v$ есть сумма двух взаимно независимых ГСВ $\mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v$ и $\bar{\mathbf{n}}_{\xi v}$. Поэтому совокупности $\{\bar{\lambda}_v, \bar{\xi}_v\}$ являются совместно нормальными случайными величинами [Скрыпник и др., 2008; Тихонов и др., 1991]. Апостериорная плотность вероятности является нормальной

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) = N\{\hat{\lambda}_v, \mathbf{R}_v\}, \quad (5)$$

где $\hat{\lambda}_v$ – условное апостериорное математическое ожидание, которое является оптимальной оценкой $\bar{\lambda}_v$ по критерию (4)

$$\hat{\lambda}_v = \min_{\hat{\lambda}}^{-1} \left\{ (\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v)^T \mathbf{Q}_v (\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v) \right\} = M \left\{ \bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v \right\} = \int_{\hat{\lambda}} \bar{\lambda}_v p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) d\bar{\lambda}_v. \quad (6)$$

Матрица апостериорных дисперсий \mathbf{R}_v , характеризующая точность оценки вектора состояния $\hat{\lambda}_v$, определяется по формуле:

$$\mathbf{R}_v = \int_{\hat{\lambda}} (\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v)(\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v)^T p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) d\bar{\lambda}_v. \quad (7)$$

Для получения алгоритма оценки вектора состояния $\hat{\lambda}_v$ в качестве исходного выражения используется основное уравнение фильтрации в дискретном времени [Исследование точностных характеристик..., 2023]:

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) = c \cdot p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1}) p(\bar{\xi}_1^v | \bar{\lambda}_v), \quad (8)$$

где условная плотность вероятности $p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1})$ определяется по формуле:

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1}) = \int_{\bar{\lambda}} p(\bar{\lambda}_{v-1} | \bar{\xi}_1^{v-1}) p(\bar{\lambda}_v | \bar{\lambda}_{v-1}) d\bar{\lambda}_{v-1}, \quad (9)$$

а для вычисления вектора оценок $\hat{\lambda}_v$ вместо (6) следует воспользоваться формулой

$$\hat{\lambda}_{iv} = \int_{\bar{\lambda}_{v-1}} \int_{\bar{\lambda}_v} \lambda_{iv} p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) d\bar{\lambda}_v, \quad i = \overline{1, n}. \quad (10)$$

При известном начальном распределении $p_{pr}(\bar{\lambda}_0)$ формулы (8), (9) позволяют рекуррентно вычислять АПВ оцениваемого параметра и совместно с формулой (5) для $\hat{\lambda}_v$ дают оптимальный алгоритм в дискретном времени, точность фильтрации характеризуется значением апостериорной дисперсии (7) [Тихонов и др., 1991]. Определим составляющие уравнения (8), определяющие два основных действия: экстраполяцию и текущее оценивание с учетом наблюдений.

Шаг экстраполяции. Найдем параметры условной ПВ $p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1})$ вектора экстраполированных значений $\bar{\lambda}_v$. Пусть $\tilde{\lambda}_v = M[\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1}]$, в соответствии с выражением (8) определим его составляющие $p(\bar{\lambda}_{v-1} | \bar{\xi}_1^{v-1})$ и $p(\bar{\lambda}_v | \bar{\lambda}_{v-1})$.

Ввиду того, что условная плотность вероятности совместно нормальных случайных величин является нормальной [Скрыпник и др., 2008; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993], плотность вероятности $p(\bar{\lambda}_{v-1} | \bar{\xi}_1^{v-1})$ является тоже нормальной и имеет вид

$$p(\bar{\lambda}_{v-1} | \bar{\xi}_1^{v-1}) = c_1 \exp\left\{-\frac{1}{2}[\bar{\lambda}_{v-1} - \hat{\lambda}_{v-1}]^T \mathbf{R}_{v-1}^{-1}[\bar{\lambda}_{v-1} - \hat{\lambda}_{v-1}]\right\}, \quad (11)$$

где $c_1 = [(2\pi)^{n/2} |\mathbf{R}_{v-1}|^{1/2}]^{-1}$ – нормировочная постоянная, $\hat{\lambda}_{v-1}$ – условное математическое ожидание, которое является вектором оптимальных оценок, \mathbf{R}_{v-1} – матрица апостериорных дисперсий.

Условную плотность вероятности $p(\bar{\lambda}_v | \bar{\lambda}_{v-1})$ находим из уравнения (3)

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\lambda}_{v-1}) = c_2 \exp\left\{-\frac{1}{2}[\bar{\lambda}_v - \Phi_{v-1} \bar{\lambda}_{v-1}]^T \Psi_v^{-1}[\bar{\lambda}_v - \Phi_{v-1} \bar{\lambda}_{v-1}]\right\}. \quad (12)$$

Подставив выражение (11) и (12) в выражение (9) и проинтегрировав, получим

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1}) = c_3 \exp\left\{-\frac{1}{2}[\bar{\lambda}_v - \Phi_{v-1}\hat{\lambda}_{v-1}]^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1}[\bar{\lambda}_v - \Phi_{v-1}\hat{\lambda}_{v-1}]\right\}. \quad (13)$$

Непосредственно из уравнения динамики (2) получим

$$\tilde{\lambda}_v = M\{\Phi_{v-1}\bar{\lambda}_{v-1} + \bar{\mathbf{n}}_{\lambda v} | \bar{\xi}_1^{v-1}\} = \Phi_{v-1}M\{\bar{\lambda}_{v-1} | \bar{\xi}_1^{v-1}\} = \Phi_{v-1}\hat{\lambda}_{v-1}. \quad (14)$$

Матрицу дисперсий экстраполированной оценки определим из выражения

$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{R}}_v &= M\{(\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v)(\bar{\lambda}_v - \hat{\lambda}_v)^T | \bar{\xi}_1^{v-1}\} = M\{\Phi_{v-1}(\bar{\lambda}_{v-1} - \hat{\lambda}_{v-1})(\bar{\lambda}_{v-1} - \hat{\lambda}_{v-1})^T \Phi_{v-1}^T\} + \\ &+ M\{\bar{\mathbf{n}}_{\lambda v} \bar{\mathbf{n}}_{\lambda v}^T\} = \Phi_{v-1} \mathbf{R}_{v-1} \Phi_{v-1}^T + \Psi_v. \end{aligned} \quad (15)$$

Таким образом,

$$p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^{v-1}) = N\{\Phi_{v-1}\hat{\lambda}_{v-1} + \bar{\mathbf{g}}_v, \Phi_{v-1} \mathbf{R}_{v-1} \Phi_{v-1}^T + \Psi_v\}. \quad (16)$$

Шаг учета наблюдений. Условная ПВ $p(\bar{\xi}_v | \bar{\lambda}_v)$ является нормальной с параметрами:

$$p(\bar{\xi}_v | \bar{\lambda}_v) = c_4 \exp\left\{-\frac{1}{2}[\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v]^T \mathbf{V}_v^{-1}[\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v]\right\} = N\{\mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v, \mathbf{V}_v\}. \quad (17)$$

Основная формула расчета АПВ (8) после подстановки в нее (14) и (16) примет вид

$$\begin{aligned} p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v) &= c_{1v} \exp\left\{-\frac{1}{2}[\bar{\lambda}_v - \tilde{\lambda}_v]^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1}[\bar{\lambda}_v - \tilde{\lambda}_v] - \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{2}[\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v]^T \mathbf{V}_v^{-1}[\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \bar{\lambda}_v]\right\} = \\ &= c_{2v} \exp\left\{-\frac{1}{2}\bar{\lambda}_v^T [\tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v] \bar{\lambda}_v + \bar{\lambda}_v^T [\tilde{\lambda}_v^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v]^T\right\}. \end{aligned} \quad (18)$$

Поскольку показатель экспоненциальной функции есть полином второй степени относительно $\bar{\lambda}_v$, то условная ПВ $p(\bar{\lambda}_v | \bar{\xi}_1^v)$ является нормальной. Параметры нормального закона (18) – математическое ожидание в виде вектора $\hat{\lambda}_v$ и матрица дисперсий \mathbf{R}_v находятся, если стандартное выражение для многомерной нормальной ПВ записать в виде [Скрышник и др., 2008]

$$(2\pi)^{n/2} |\mathbf{R}|^{-1/2} \exp\left\{-\frac{1}{2}(\bar{\lambda} - \hat{\lambda})^T \mathbf{R}^{-1}(\bar{\lambda} - \hat{\lambda})\right\} = c \exp\left\{-\frac{1}{2}\bar{\lambda}^T \mathbf{R}^{-1}\bar{\lambda} + \hat{\lambda}^T \mathbf{R}^{-1}\hat{\lambda}\right\}.$$

Отсюда с учетом того, что

$$\begin{aligned} [\tilde{\lambda}_v^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v]^T &= \mathbf{R}_v^{-1} \hat{\lambda}_v, \\ \tilde{\lambda}_v^T \mathbf{R}_v^{-1} \bar{\lambda}_v &= \bar{\lambda}_v^T \mathbf{R}_v^{-1} \tilde{\lambda}_v, \end{aligned}$$

получаем уравнения для $\hat{\lambda}_v$ и \mathbf{R}_v :

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_v^{-1} &= \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v, & (19) \\ \hat{\lambda}_v^T \mathbf{R}_v^{-1} &= \tilde{\lambda}_v^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v, \\ \hat{\lambda}_v^T &= \tilde{\lambda}_v^T \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} \mathbf{R}_v + (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v \mathbf{R}_v \\ \hat{\lambda}_v &= \mathbf{R}_v \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} \tilde{\lambda}_v + \mathbf{R}_v \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v). \end{aligned}$$

Из уравнения (18) можно выразить $\tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} = \mathbf{R}_v^{-1} - \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v$, поэтому

$$\hat{\lambda}_v = \tilde{\lambda}_v + \mathbf{K}_v (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v), \quad (20)$$

$$\mathbf{K}_v = \mathbf{R}_v \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1}, \quad (21)$$

$$\tilde{\lambda}_v = \Phi_{v-1} \hat{\lambda}_{v-1}, \quad (22)$$

$$\mathbf{R}_v^{-1} = \tilde{\mathbf{R}}_v^{-1} + \mathbf{H}_v^T \mathbf{V}_v^{-1} \mathbf{H}_v, \quad (23)$$

$$\tilde{\mathbf{R}}_v = \Phi_{v-1} \mathbf{R}_{v-1} \Phi_{v-1}^T + \Psi_v. \quad (24)$$

Уравнения (20) и (21) определяют алгоритм формирования вектора оптимальных оценок. Уравнение (22) определяет алгоритм экстраполяции (прогнозирования) вектора оптимальных оценок. Уравнения (23) и (24) определяют эволюцию матрицы апостериорных дисперсий оцениваемых фазовых координат. Система уравнений (20)-(24) определяет структуру многомерного дискретного фильтра Калмана.

На основе оценки $\hat{\lambda}_{v-1}$ формируется оценка прогноза вектора состояния $\tilde{\lambda}_v$ на момент времени t_v путем умножения $\hat{\lambda}_{v-1}$ на переходную матрицу состояния Φ_{v-1} . Оценка прогноза $\tilde{\lambda}_v$ затем умножается на матрицу наблюдений \mathbf{H}_v , что позволяет сформировать предсказанное измерение. Вычитая предсказанные измерения $\mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v$ из наблюдений $\bar{\xi}_v$, получаем невязку измерений, которая умножается на матричный коэффициент усиления фильтра \mathbf{K}_v . После этого полученный результат складывается с оценкой прогноза $\tilde{\lambda}_v$, в итоге формируется искомая оценка вектора состояния системы

$\hat{\lambda}_v$. Для последующей обработки оценка $\hat{\lambda}_v$ хранится в блоке задержки в течение времени такта измерений $\Delta = t_v - t_{v-1}$ до получения очередного измерения $\bar{\xi}_v$, после этого цикл повторяется. Процесс получения оценок начинается с задания начальных условий $\hat{\lambda}_0 = \hat{\lambda}(t_0)$ и $\mathbf{R}_0 = \mathbf{R}(t_0|t_0)$.

Системный анализ выражений (20)-(24) и принципов функционирования позволяет сделать следующие выводы [Лежанкин и др., 2019]:

1. Система оптимальной дискретной обработки навигационной информации представляет собой линейный нестационарный фильтр Калмана, в которой число обратных связей определяется числом наблюдаемых фазовых координат.

2. В процессе фильтрации выполняются две основные операции: прогнозирование $\tilde{\lambda}_v = \Phi_{v-1} \hat{\lambda}_{v-1}$ составляющих оцениваемого вектора состояния, осуществляемое по детерминированной части выражения (2), и коррекции $\mathbf{K}_v (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)$ результатов прогноза. Коррекционная поправка зависит от невязки $(\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)$. Невязка характеризует степень несоответствия между результатами прогноза наблюдения $\mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v$ и конкретным измерением $\bar{\xi}_v$. «Вес» поправки определяется переменным матричным коэффициентом усиления \mathbf{K}_v .

Матричный коэффициент усиления \mathbf{K}_v определяется точностью сведений о состоянии оцениваемого процесса (2) и наблюдений (3). Основную роль в формировании значений матрицы \mathbf{K}_v играет матрица апостериорных дисперсий \mathbf{R}_v . Данная матрица вычисляется в процессе функционирования алгоритма путем решения уравнения (23). По мере увеличения времени фильтрации точность формирования оценок фазовых координат $\hat{\lambda}_v$ растет. Это вызвано тем, что при правильно заданных начальных условиях фильтрации (определенных в постановке задачи) дисперсии \mathbf{R}_{ii} , расположенные в главной диагонали матрицы \mathbf{R}_v , уменьшаются от своих первоначальных априорных значений $\mathbf{R}_{ii}(0)$ до существенно меньших значений в установившемся режиме. Такой характер динамики \mathbf{R}_{ii} приводит к тому, что в ходе фильтрации при приближении оценок фазовых координат $\hat{\lambda}_v$ к их истинным значениям $\bar{\lambda}_v$ уменьшается влияние корректирующей поправки $\mathbf{K}_v (\bar{\xi}_v - \mathbf{H}_v \tilde{\lambda}_v)$ на результаты экстраполяции оцениваемого процесса [Степанов, 2010; Степанов, 2012; Тихонов и др., 1991; Ярлыков и др., 1993].

Реализация совместной обработки информации РЛС, МПСН и АЗН-В с последующей индикацией на дисплее автоматизированного рабочего места

диспетчера, как показано на рисунке 2, позволит повысить ситуационную осведомленность взаимодействующих объектов системы УВД [Ерохин, 2019].

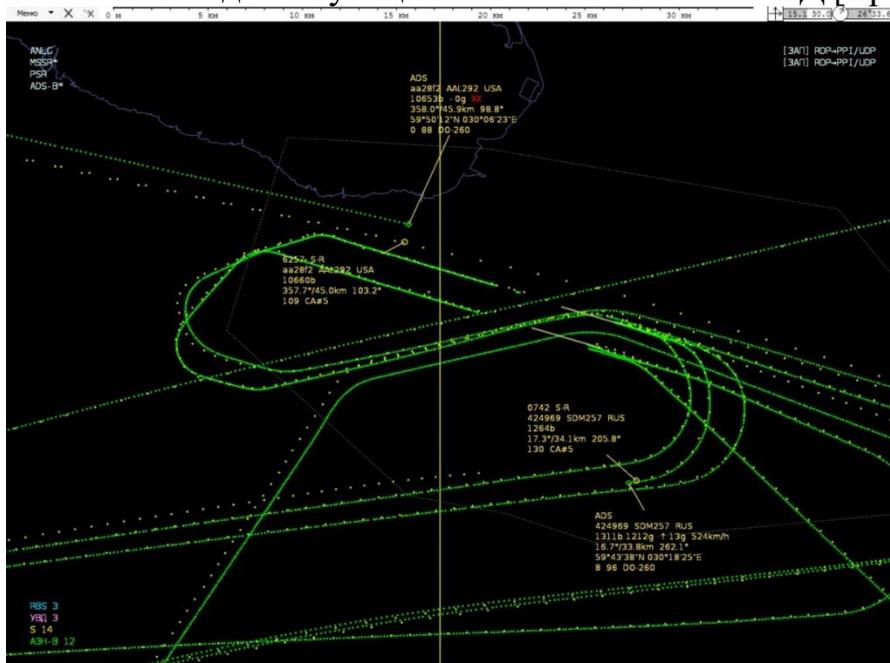


Рисунок 2 – Треки и отображение точности определения координат в режиме АЗН-В

Построение рабочей зоны МПСН

В соответствии с принципами построения и функционирования МПСН является разностно-дальномерной системой (РДС). Местоположение ВС определяется пересечением линий положений (ЛП), каждая из которых представляет собой гиперболу для двух пар наземных станций АВ и АС. Местоположение ВС в РДС определяется как точка М пересечения ЛП – линий равных разностей расстояний (рис. 3) [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985].

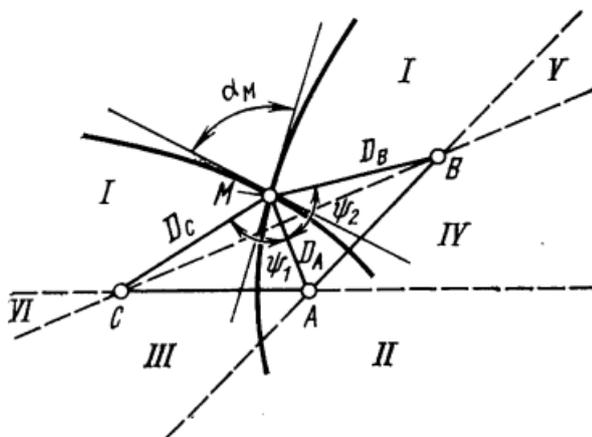


Рисунок 3 – Определение местоположения ВС на основе разностно-дальномерного метода

Радиальная среднеквадратическая ошибка равна:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{ЛП-1}}^2 + \sigma_{\text{ЛП-2}}^2 + 2\rho_{12}\sigma_{\text{ЛП-1}}\sigma_{\text{ЛП-2}} \cos \alpha_M}}{\sin \alpha_M}, \quad (25)$$

где $\rho_{12} = \sum_{i=1}^n (\Delta \text{ЛП}_{1i} \Delta \text{ЛП}_{2i}) / n\sigma_{\text{ЛП-1}}\sigma_{\text{ЛП-2}}$ – коэффициент корреляции между ошибками определения ЛП; $\sigma_{\text{ЛП-1}}, \sigma_{\text{ЛП-2}}$ – СКО ЛП-1 и ЛП-2.

В случае, если ошибки измерения ЛП независимы $\rho_{12} = 0$, тогда

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{\sigma_{\text{ЛП-1}}^2 + \sigma_{\text{ЛП-2}}^2}}{\sin \alpha_M}.$$

Точность определения местоположения будет зависеть от ошибки определения линии положения. Для среднеквадратических значений погрешностей определения ЛП, образованных каждой парой наземных станций МПСН, можно записать выражения в виде [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985]:

$$\sigma_{l1} = \frac{c\sigma_{\tau_1}}{2 \sin(\psi_1 / 2)}, \sigma_{l2} = \frac{c\sigma_{\tau_2}}{2 \sin(\psi_2 / 2)},$$

где σ_{τ_1} и σ_{τ_2} – СКП измерения навигационных параметров τ_1 и τ_2 ; ψ_1 и ψ_2 – углы наблюдения первой и второй базы РДС.

Если погрешности определения ЛП независимы, среднеквадратическое значение радиальной ошибки вычисления местоположения определяется по формуле [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985]:

$$\sigma_r = \frac{c\sqrt{\sigma_{\tau_1}^2 \sin^2(\psi_1 / 2) + \sigma_{\tau_2}^2 \sin^2(\psi_2 / 2)}}{2 \sin \alpha_M \sin(\psi_1 / 2) \sin(\psi_2 / 2)}. \quad (26)$$

На практике погрешности измерения временных интервалов τ_1 и τ_2 одинаковы, т.е. $\sigma_{\tau_1} = \sigma_{\tau_2} = \sigma_{\tau}$, в этом случае выражение (26) принимает вид:

$$\sigma_r = \frac{c\sigma_{\tau} \sqrt{\sin^2(\psi_1 / 2) + \sin^2(\psi_2 / 2)}}{2 \sin \alpha_M \sin(\psi_1 / 2) \sin(\psi_2 / 2)}. \quad (27)$$

В том случае, когда РДС состоит из трех станций (рис. 4), соотношение (27) для оценки точности определения местоположения объекта несколько упрощается, т.к. угол α_M может быть выражен через углы ψ_1 и ψ_2 . С учетом

того, что гиперболы делят углы ψ_1 и ψ_2 пополам, из рассмотрения рис. 4 получаем:

$$\text{в I и II зонах } \alpha_M = \frac{(\psi_1 + \psi_2)}{2};$$

$$\text{в III и VI зонах } \alpha_M = \frac{(\psi_1 - \psi_2)}{2};$$

$$\text{в IV и V зонах } \alpha_M = \frac{(\psi_2 - \psi_1)}{2}.$$

Поэтому, для I и II зон, которые в РДС называются основными, формула (27) переписывается в виде:

$$\sigma_r = \frac{c\sigma_\tau \sqrt{\sin^2(\psi_1/2) + \sin^2(\psi_2/2)}}{2 \sin \frac{\psi_1 + \psi_2}{2} \sin(\psi_1/2) \sin(\psi_2/2)}. \quad (28)$$

При определении границ рабочей зоны РДС необходимо построить кривую равной точности согласно (26), (27) или (28), в любой точке которой $\sigma_r = \sigma_{rmp}$. Для этого в случаях (27) или (28) выражения приводят к виду

$$\sigma_r = K_r c \sigma_\tau,$$

где K_r – табличный коэффициент, значения которого используют для построения линии равной точности, в частности линии, которая ограничивает РЗ. Например, в случае (28)

$$K_r = \frac{\sqrt{\sin^2(\psi_1/2) + \sin^2(\psi_2/2)}}{2 \sin \frac{\psi_1 + \psi_2}{2} \sin(\psi_1/2) \sin(\psi_2/2)}. \quad (29)$$

Кривая равной точности РДС строится на основании следующего соотношения:

$$K_r = \sigma_r / (c \sigma_\tau). \quad (30)$$

Для различных значений K_r кривые равной точности РДС представлены на рис. 4 [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985].

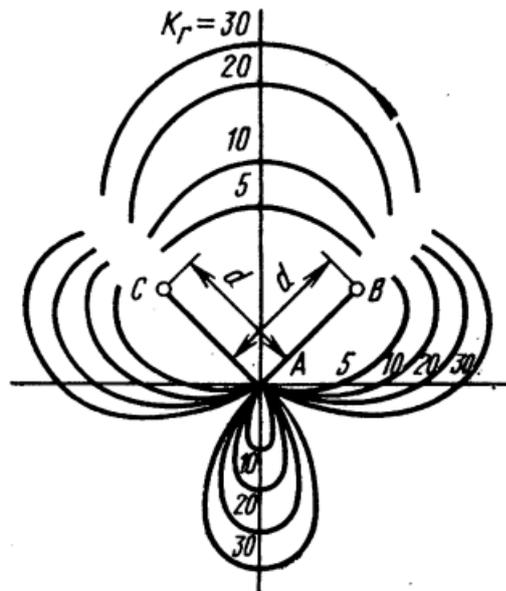


Рисунок 4 – Кривые равной точности РДС

Как видно из рисунка 4 и анализа (27)-(29), наибольшая точность определения координат ВС обеспечивается на базах РДС. При фиксированных σ_{r1} и σ_{r2} точность определения местоположения ВС ухудшается по мере удаления его от станции из-за роста погрешностей вычисления ЛП и уменьшения угла α_M . Из-за низкой точности РДС не могут применяться для определения местоположения объекта в направлениях, являющихся продолжением баз станций, для которых углы баз равны: $\psi_1 = 0^\circ$ или 360° , либо $\psi_2 = 0^\circ$ или 360° , и в областях, где линии положения идут параллельно, т.е. при $\alpha_M = 0^\circ$ или 180° .

Для получения рабочей зоны РДС из площади, ограниченной кривой равной точности, исключаются области воздушного пространства, в которых не обеспечивается прием сигналов одной или нескольких станций системы, т.е. исключаются такие районы, которые выходят за пределы дальности действия наземных станций [Гришин и др., 1990; Ярлыков, 1985].

В общем случае рабочая зона разностно-дальномерной системы имеет сложную конфигурацию, определяемую геометрическим фактором системы (размещением станций). Для автоматизации процесса расчета и построения рабочих зон МПСН было разработано специализированное программное обеспечение.

Программное обеспечение исследований

Программа предназначена для процессов расчета и построения рабочих зон МПСН при различных конфигурациях наземных станций на основе реальных данных местоположения для исследования точностных характеристик.

Программа позволяет:

- формировать конфигурацию рабочего созвездия многопозиционной

системы наблюдения (МПСН) путем выбора наземных станций с известным фактическим расположением непосредственно на загруженной карте Регионального центра;

- рассчитывать значение геометрического фактора в зависимости от конфигурации наземных станций и выполнять выборку допустимых значений;

- производить расчет и графическое построение рабочих зон МПСН применительно к выбранным непосредственно на карте конфигурациям наземных станций и с возможностью их одновременного отображения на карте;

- исследовать точностные характеристики МПСН для различных конфигураций наземных станций с целью определения наилучшей для заданных маршрутов полета.

Рабочий интерфейс программы представлен на рис. 5.

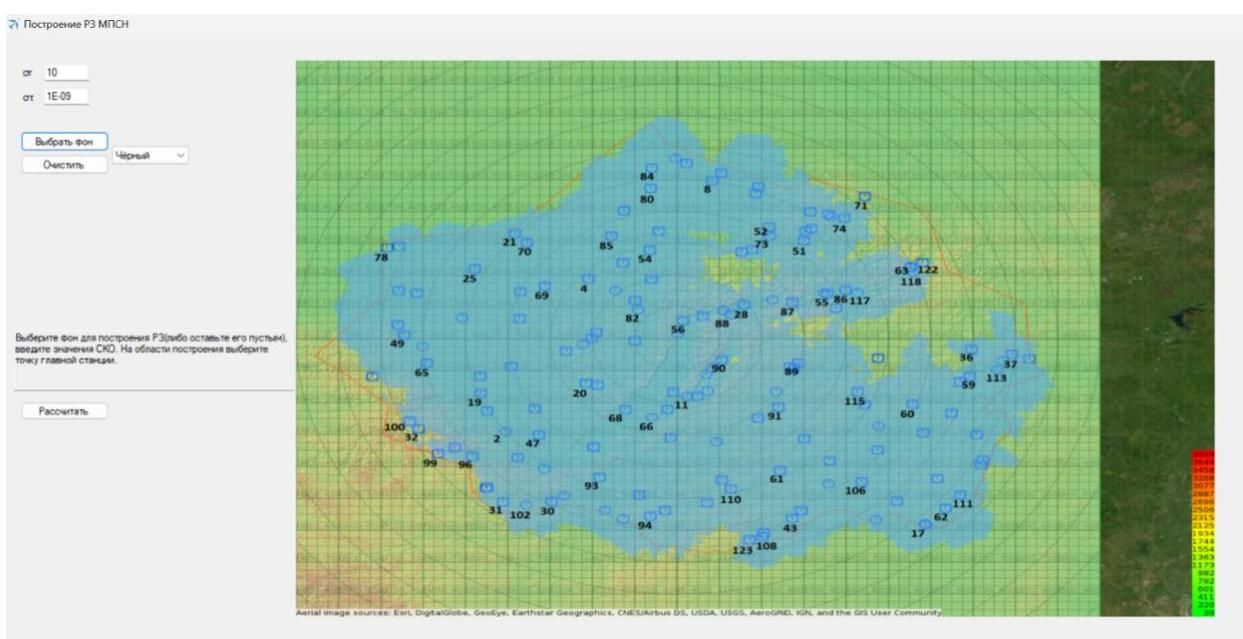


Рисунок 5 – Интерфейс программы с картой Иркутского регионального центра ОрВД

Общий алгоритм работы программы можно представить в виде блок-схемы, изображенной на рис. 6.

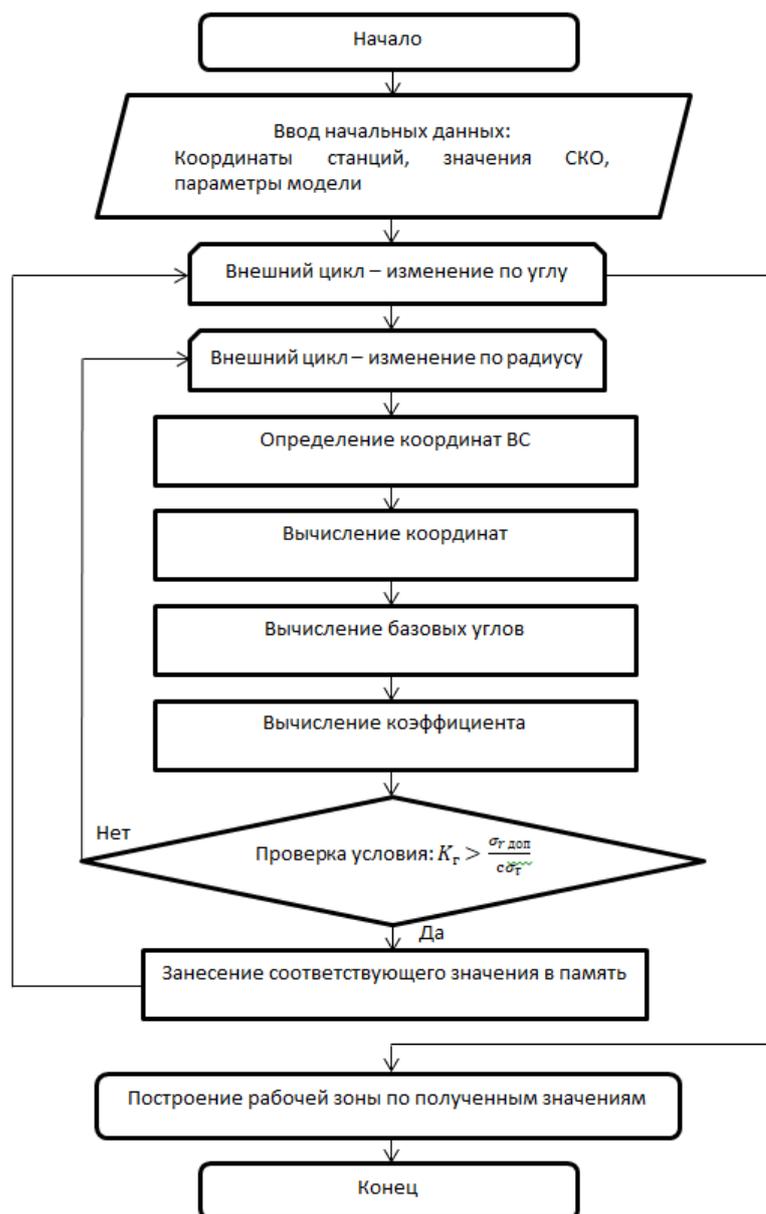
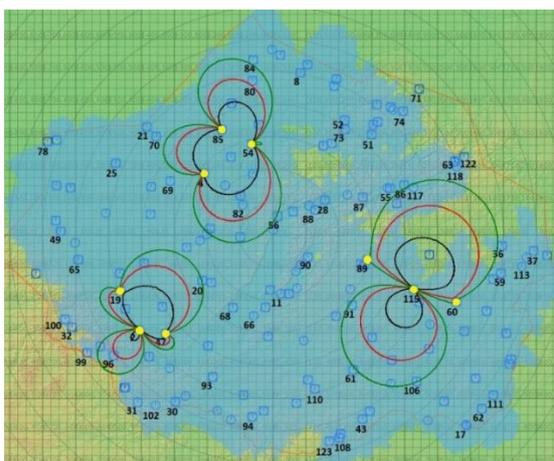


Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма работы программы

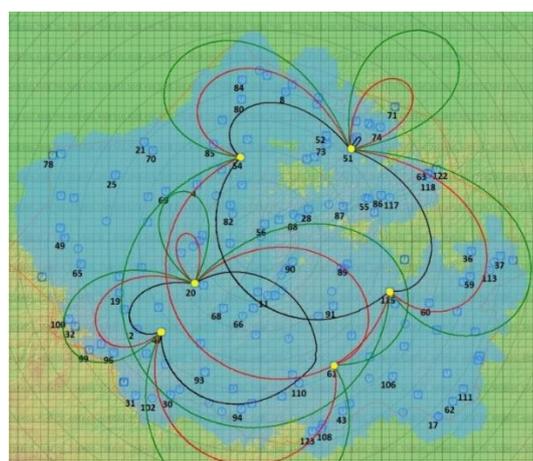
Моделируется полёт ВС по окружности – по внешнему циклу на данном значении угла изменяется значение радиуса (внутренний цикл), по этим данным вычисляются векторы из местоположения ВС к точкам станций, которые заданы в начальных данных. Далее рассчитываются базовые углы исходя из формулы вычисления угла между векторами. Вычисленные углы подставляются в формулу (29) и проверяется условие $K_r > \frac{\sigma_{r\text{доп}}}{c\sigma_r}$. Значение, которое первое удовлетворяет условию, записывается в память и продолжается тот же алгоритм на следующем значении угла. Так находятся все точки по окружности, которые и будут составлять границу рабочей зоны.

Результаты моделирования (исследований)

Для выбранного размещения НЗ были построены рабочие зоны, при начальных условиях требуемой точности: среднеквадратическое отклонение (СКО) измерения временного интервала 10^{-9} с; СКО радиальной ошибки: 5, 10, 20 метров (чёрный, красный, зелёный линии соответственно) (рис. 7, а, б). Построенная зона для двух пар НЗ позволяет обеспечить качественный прием сигнала от ВС при использовании двух пар станций с заданным качеством ошибок позиционирования.



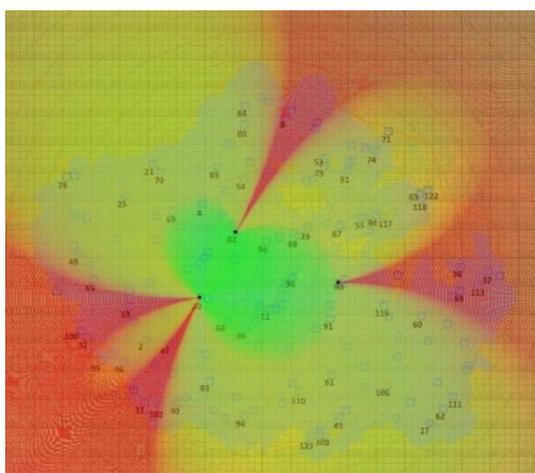
а)



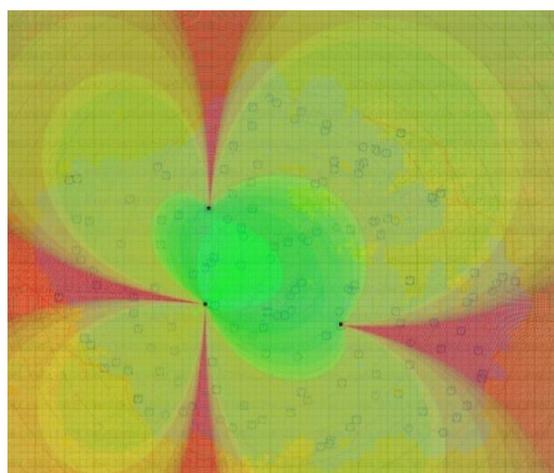
б)

Рисунок 7 – Построение рабочей зоны МПСН Иркутского РЦ ОрВД для конфигураций наземных станций с номерами: а) 2-19-47, 4-54-85, 60-89-119
б) 20-47-61, 51-54-115.

В разработанной программе были рассчитаны и построены рабочие области для выбранных конфигураций, которые представлены на рис. 8, а), б).



а)

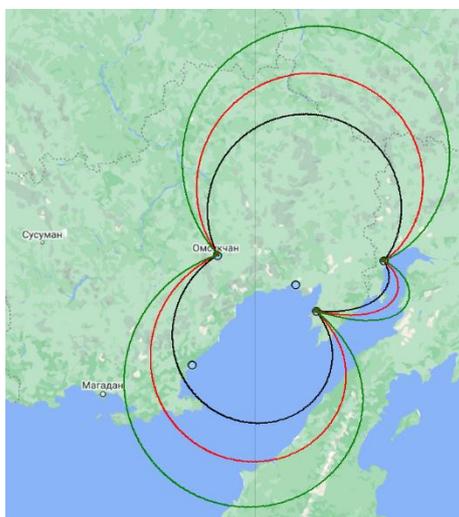


б)

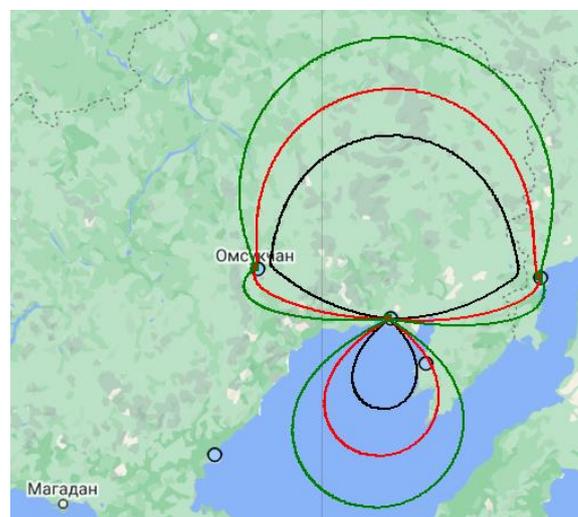
Рисунок 8 – Рабочая область конфигурации: а) 20-82-89; б) 20-4-91

Построенная рабочая зона МПСН полностью покрывает область пространства, где наблюдение не выполняется. Недействующие НЗ могут выступать в качестве резервных станций, однако при использовании их рабочие зоны изменяют свою конфигурацию.

Для перекрытия проблемного участка в Магаданском региональном центре ОрВД потребуется пять НЗ. Данные станции будут устанавливаться на позициях: «Тополовка» (N61 21 57, E160 07 09), «Омсукчан» (N62 30 52, E155 46 16), «Парень» (N62 39 12, E162 22 49), «Тахтоямск» (N60 11 51, E154 40 48) и «Эвенск» (N61 55, E159 14) (сервер-вычислитель), так как она находится на допустимых расстояниях до остальных четырех приемников. Такое размещение станций позволяет перекрыть всю зону ответственности Магаданского центра с высокой точностью обнаружения. На рис. 9 а, б изображены места установки приемников и формируемая зона видимости. Цветами обозначены зоны разной точности 5, 10, 20 метров.



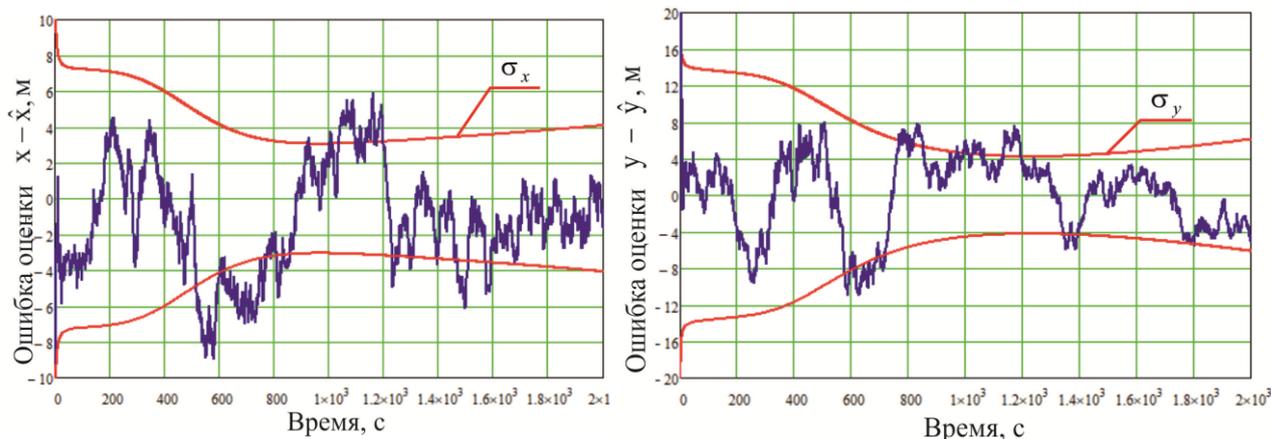
а)



б)

Рисунок 9 – Место установки приемников МПСН в Магаданском центре: а) Омсукчан, Парень, Тополовка, б) Эвенск, Омсукчан, Парень

Методами компьютерного моделирования проведено исследование характеристик МПСН согласно сценарию полета ВС относительно наземных приемных станций с известным местоположением. Результаты моделирования и исследования представлены на рисунках 10 а, б.



а)

б)

Рисунок 10 – Ошибка оценки параметров местоположения ВС:

а) координаты x ; б) координаты y

Анализ результатов моделирования предложенного алгоритма на основе дискретного фильтра Калмана показывает высокую точность оценки плановых координат ВС.

Заключение

В современных условиях роста интенсивности воздушного движения повышение точности определения координат ВС является актуальной задачей. Перспективным направлением является метод определения координат ВС с дополнительным использованием технологии мультилатерации. В статье проведена оценка возможности применения технологии мультилатерации для координат воздушных объектов совместно с радиолокационными станциями в условиях воздействия шумов. Рассмотрен подход повышения эффективности функционирования МПСН при обработке информации в условиях шумов и помех. Основные результаты работы заключаются в следующем:

- предложен алгоритм формирования вектора оптимальных оценок на основе многомерного дискретного фильтра Калмана;
- разработано алгоритмическое и программное обеспечение для расчета и построения рабочих зон многопозиционной системы наблюдения при различных конфигурациях наземных станций на основе реальных данных местоположения для исследования точностных характеристик;
- проведен анализ параметров рабочей зоны в зависимости от конфигурации системы и исследованы точностные характеристики системы.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшая точность определения местоположения объекта достигается на базах системы. Точность определения местоположения ВС ухудшается при удалении от станции из-за роста погрешностей вычисления линий положения и уменьшения угла α_M . Из-за низкой точности РДС не могут применяться для определения местоположения объекта в направлениях, являющихся продолжением баз станций.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение точности определения координат воздушного объекта при использовании технологии мультилатерации в условиях воздействия помех.

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.

Глобальный аэронавигационный план на 2013-2028 гг. Международная организация гражданской авиации. Doc 9750-AN/963. 4-е изд., 2013. 147 с.

Гришин Ю. П. Радиотехнические системы / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов; под ред. Ю. М. Казаринова. М.: Высш. Шк., 1990. 496 с.

Ерохин В. В. Оптимизация навигационного обеспечения воздушных судов при свободной маршрутизации полетов: специальность 05.22.13 «Навигация и управление воздушным движением»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Ерохин Вячеслав Владимирович, 2019. 287 с. EDN BZSGAB.

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.

Исследование точностных характеристик широкозонной многопозиционной системы наблюдения Иркутского регионального центра организации воздушного движения / Э. А. Болелов, Б. В. Лежанкин, М. А. Межетов, В. В. Ерохин // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2023. № 3(40). С. 89-101. EDN LKMFMX.

Концепция внедрения автоматического зависимого наблюдения на основе единого стандарта с развитием до функционала многопозиционных систем наблюдения в Российской Федерации: утв. распоряжением Минтранса России от 25 апреля 2018 года № 68.

Лежанкин Б. В. Системный анализ задачи определения местоположения воздушного судна в многопозиционной системе наблюдения / Б. В. Лежанкин, В. В. Ерохин, В. С. Марюхненко // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2019. № 1(2). С. 46-61. EDN ZDOOGT.

Определение местоположения воздушного судна в многопозиционной системе наблюдения на основе мультилатерационной технологии / В. В. Ерохин, Б. В. Лежанкин, Т. Ю. Портнова, Н. В. Поваренкин // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации : сборник трудов X Международной научно-практической конференции, Иркутск, 14–15 октября 2021 года. Том 2. Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2021. С. 92-105. EDN QPUUJP.

Системы наблюдения на воздушном транспорте. Конкретные средства наблюдения. Многопозиционные системы наблюдения / Э. А. Болелов, Н. В. Гевак, В. В. Ерохин [и др.]. М.: ИД Академии Жуковского, 2023. 80 с. EDN UPSCGQ.

Скрыпник О. Н. Возможности использования воздушных судов как источников навигационной информации в локальном навигационно-временном поле / О. Н. Скрыпник, В. В. Ерохин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 136. С. 78-85.

- Скрыпник О. Н.* Оптимизация траектории мобильного псевдоспутника для повышения точности интегрированного навигационно-временного поля ГЛОНАСС / О. Н. Скрыпник, Р. О. Арефьев // *Современные наукоемкие технологии.* 2020. № 2. С. 51-58. DOI: 10.17513/snt.37914. EDN KZCVNA.
- Степанов О. А.* Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 1: Введение в теорию оценивания. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2010. 496 с.
- Степанов О. А.* Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Ч. 2: Введение в теорию фильтрации. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2012. 517 с.
- Тихонов В. И.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. М.: Радио и связь, 1991. 608 с.
- Ярлыков М. С.* Марковская теория оценивания случайных процессов / М. С. Ярлыков, М. А. Миронов. М.: Радио и связь, 1993. 464 с.
- Ярлыков М. С.* Статистическая теория радионавигации. М.: Радио и связь, 1985. 344 с.
- Development a method for determining the coordinates of air objects by radars with the additional use of multilateration technology / H. Khudov, P. Mynko, S. Ikhsanov [et al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2021. № 5 (9(113)). pp. 6–16. DOI 10.15587/1729-4061.2021.242935.
- Emeljancev G.* Integrated inertial and satellite systems of orientation and navigation / G. Emeljancev, A. Stepanov; ed. by RAS academician V Peshehonov. St. Petersburg: SSC of the RF Concern Elektropryor, 2016. 394 p.
- Leonardi M.* Two efficient localization algorithms for multilateration / M. Leonardi, A. Mathias, G. Galati // *International Journal of Microwave and Wireless Technologies.* 2009. № 1(3). pp. 223–229. DOI 10.1017/s1759078709000245.
- Method for determining coordinates of airborne objects by radars with additional use of ADS-B receivers. H. Khudov, O. Diakonov, N. Kuchuk [et. al.] // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2021. № 9 (112)). pp. 54–64. DOI. 10.15587/1729-4061.2021.238407.
- Monakov A. A.* Algorithm for estimating the location of an object in active multilateration systems // *XXIV Mezhdunar. nauch.- tehn. konf. "Radiolokaciya, navigaciya, svyaz"*. 2018. Vol. 3. pp. 134–142.
- Monakov A. A.* Localization algorithm for multilateration systems // *Journal of the Russian Universities. Radioelectronics.* 2018. № 4. pp. 38–46. DOI 10.32603/1993-8985-2018-21-4-38-46.
- Monakov A. A.* Modified Bancroft Algorithm for Multilateration Systems // *Journal of the Russian Universities. Radioelectronics.* 2018. № 1. pp. 50–55. DOI 10.32603/1993-8985-2018-21-1-50-55.
- On the application of singular value decomposition and Tikhonov regularization to ill-posed problems in hyperbolic passive location / I. A. Mantilla-Gaviria, M. Leonardi, J. V. Balbastre-Tejedor, E. de los Reyes // *Mathematical and Computer Modelling.* 2013. № 57 (7-8). pp. 1999–2008. DOI 10.1016/j.mcm.2012.03.004.
- Schau H.* Passive source localization employing intersecting spherical surfaces from time-of-arrival differences / H. Schau, A. Robinson // *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing.* 1987. № 35 (8). pp. 1223–1225. DOI 10.1109/tassp.1987.1165266.
- Skrypnik O.* Features of working areas of multilateration systems / O. Skrypnik, A. Shegidevich // *The Aviation Herald.* 2019. № 1(1). pp. 10–16. DOI bga.by/sites/default/files/inline-files/aviacionnyy-vestnik-zhurnal-no1-19_12.pdf.
- The Definition of the Parameters of Superconducting Film for Production of Protection Equipment Against Electromagnetic Environmental Effects / N. Yeromina, I. Kravchenko, I. Kobzev [et. al.] // *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering.* 2021. № 11 (7). pp. 38–47. DOI 10.46338/ijetae0721_06.

Use of the ADS-B information in order to improve quality of the air space radar reconnaissance / S. P. Leshchenko, O. M. Kolesnyk, S. A. Hrytsaienko, S. I. Burkovskiy // Science and Technology of the Air Force of Ukraine. 2017. № 3 (28). pp. 69–75. DOI 10.30748/nitps.2017.28.09.

References

- Bolelov E. A., Gevak N. V., Erokhin V. V., [et al.]. (2023). Air transport surveillance systems. Specific means of observation. Multi-position surveillance systems. Moscow: *ID Akademii Zhukovskogo*. 2023. 80 p. EDN UPSCGQ. (in Russian)
- Bolelov E. A., Lezhankin B. V., Erokhin V. V., Mezhetov M. A. (2023). Study of the accuracy characteristics of the wide-area multi-position surveillance system of the Irkutsk regional center for air traffic management. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta grazhdanskoj aviacii*. 3(40): 89-101. EDN LKMFMX. (in Russian)
- Emeljancev G., Stepanov A. (2016). Integrated inertial and satellite systems of orientation and navigation. St. Petersburg: *SSC of the RF Concern Elektropribor*, 2016. 394 p.
- 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*. 2021. 62-69. EDN YIEIWM. (in Russian)
- Erokhin V. V. (2019). Optimization of navigation support for aircraft with free flight routing: Special'nost' 05.22.13 «Navigaciya i upravlenie vozdušnym dvizheniem»: dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskix nauk. 2019. 287 p. EDN BZSGAB. (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)
- Erokhin V. V., Lezhankin B. V., Portnova T. Yu., Povarenkin N. V. (2021). Determining the location of an aircraft in a multi-position surveillance system based on multilateration technology. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya grazhdanskoj aviacii: sbornik trudov X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Irkutsk, 14–15 oktyabrya 2021 goda. Tom 2. Irkutsk: Irkutskij filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya «Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet grazhdanskoj aviacii»*. 92-105. EDN QPUUJP. (in Russian)
- Global'nyj aeronavigacionnyj plan na 2013-2028 gg. (2013). *International Civil Aviation Organization. Doc 9750-AN/963*. 147 p. (in Russian)
- Grishin Yu. P., Ipatov V. P., Kazarinov Yu. M. (1990). Radio engineering systems. Moscow: *Vyssh. Shk.* 1990. 496 p. (in Russian)
- Khudov H., Diakonov O., Kuchuk N., Maliuha V., Furmanov K., Mylashenko I. et. al. (2021). Method for determining coordinates of airborne objects by radars with additional use of ADS-B receivers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4 (9(112)): 54–64. DOI 10.15587/1729-4061.2021.238407.
- Khudov H., Mynko P., Ikhsanov S., Diakonov O., Kovalenko O., Solomonenko Y., Drob Y., Kharun O., Cherkashyn S., Serdiuk O. (2021). Development a method for determining the coordinates of air objects by radars with the additional use of multilateration technology. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 5 (9(113)): 6–16. DOI 10.15587/1729-4061.2021.242935.
- Koncepciya vnedreniya avtomaticheskogo zavisimogo nablyudeniya na osnove edinogo standarta s razvitiem do funkcionala mnogopozicionnyh sistem nablyudeniya v Rossijskoj Federacii: utv. rasporyazheniem Mintransa Rossii ot 25 aprelya 2018 goda № 68. (in Russian)

- Leonardi M., Mathias A., Galati G. (2009). Two efficient localization algorithms for multilateration. *International Journal of Microwave and Wireless Technologies*. 1(3): 223–229. DOI 10.1017/s1759078709000245.
- Leshchenko S. P., Kolesnyk O. M., Hrytsaienko S. A., Burkovskiy S. I. (2017). Use of the ADS-B information in order to improve quality of the air space radar reconnaissance. *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, 3 (28): 69–75. DOI 10.30748/nitps.2017.28.09.
- Lezhankin B. V., Erokhin V. V., Maryukhnenko V. S. (2019). System analysis of the problem of determining the location of the aircraft in the multiposital observation system. *Informacionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami*. 1(2): 46-61. EDN ZDOOGT. (in Russian)
- Mantilla-Gaviria I. A., Leonardi M., Balbastre-Tejedor J. V., de los Reyes E. (2013). On the application of singular value decomposition and Tikhonov regularization to ill-posed problems in hyperbolic passive location. *Mathematical and Computer Modelling*. 57 (7-8): 1999–2008. DOI 10.1016/j.mcm.2012.03.004
- Monakov A. A. (2018). Algorithm for estimating the location of an object in active multilateration systems. *XXIV Mezhdunar. nauch.- tehn. konf. "Radiolokaciya, navigaciya, svyaz"*. 3: 134–142.
- Monakov A. A. (2018). Localization algorithm for multilateration systems. *Journal of the Russian Universities. Radioelectronics*. 4: 38–46. DOI 10.32603/1993-8985-2018-21-4-38-46.
- Monakov A. A. (2018). Modified Bancroft Algorithm for Multilateration Systems. *Journal of the Russian Universities. Radioelectronics*. 1: 50–55. DOI 10.32603/1993-8985-2018-21-1-50-55.
- Schau H., Robinson A. (1987). Passive source localization employing intersecting spherical surfaces from time-of-arrival differences. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 35 (8): 1223–1225. DOI 10.1109/tassp.1987.1165266.
- Skripnik O. N., Arefyev R. O. (2020). Optimization of the mobile pseudo-satellite trajectory to improve the accuracy of the integrated GLONASS navigation-time field. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2: 51-58. DOI 10.17513/snt.37914. EDN KZCVNA. (in Russian)
- Skripnik O. N., Erokhin V. V. (2008). Possibilities of using aircraft as sources of navigation information in the local navigation-time field. *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviatsii*. 136: 78-85. (in Russian)
- Skrypnik O., Shegidevich A. (2019). Features of working areas of multilateration systems. *The Aviation Herald*. 1 (1): 10–16. DOI bgaa.by/sites/default/files/inline-files/aviacionnyy-vestnik-zhurnal-no1-19_12.pdf.
- Stepanov O. A. (2010). Fundamentals of the Theory of Estimation with Applications to the Problems of Processing Navigational Information. Ch. 1: Vvedenie v teoriyu ocenivaniya. Saint Petersburg: GNC RF CNII «Elektropribor», 2010. 496 p. (in Russian)
- Stepanov O. A. (2010). Fundamentals of the Theory of Estimation with Applications to the Problems of Processing Navigational Information. Ch. 2: Vvedenie v teoriyu fil'tracii. Saint Petersburg: GNC RF CNII «Elektropribor», 2010. 517 p. (in Russian)
- Tikhonov V. I., Kharisov V. N. (1991). Statistical analysis and synthesis of radio engineering devices and systems. Moscow: *Radio i svyaz'*, 1991. 608 p. (in Russian)
- Yarlykov M. S. (1985). Statistical Theory of Radio Navigation. Moscow: *Radio i svyaz'*, 1985. 344 p. (in Russian)
- Yarlykov M. S., Mironov M. A. (1993). Markov theory of estimation of random processes. Moscow: *Radio i svyaz'*, 1993. 464 p. (in Russian)
- Yeromina N., Kravchenko I., Kobzev I., Volk M., Borysenko V., Lukyanova V. et. al. (2021). The Definition of the Parameters of Superconducting Film for Production of Protection Equipment Against Electromagnetic Environmental Effects. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. 11 (7): 38–47. DOI 10.46338/ijetae0721_06.

ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ, АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ И МЕТОДЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

УДК 629.7.073.6

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_103

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ВАЖНОСТИ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ВИДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВОЗДУШНЫМ СУДНОМ

*Геннадий Владимирович Коваленко,
orcid.org/0000-0002-4849-8878,
доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский государственный университет
гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
kgvf@inbox.ru*

*Иван Станиславович Муравьев,
orcid.org/0000-0003-0448-4703,
кандидат технических наук, доцент
Санкт-Петербургский государственный университет
гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
mantus87@mail.ru*

*Илья Александрович Ядров,
orcid.org/0009-0007-3978-6345,
аспирант
Санкт-Петербургский государственный университет
гражданской авиации имени главного маршала авиации А.А. Новикова,
ул. Пилотов, 38
Санкт-Петербург, 196210, Россия
yadrov.ilya@gmail.com*

Аннотация. Формализация деятельности пилотов при управлении ими воздушными судами (ВС) последнего поколения, в настоящий момент, может оказаться затруднительной ввиду значительных изменений в структуре деятельности человека-оператора. Для наиболее полного анализа порядка управления деятельностью пилотов при использовании различных уровней автоматизации использование только математического аппарата теории вероятностей и методов принятия решений в расплывчатых условиях оказывается недостаточным. В статье представлен результат применения методов теории важности критериев с целью определения наиболее рационального выбора вида деятельности членов экипажей на различных этапах полета и режимах пилотирования ВС последнего поколения.

Ключевые слова: важность критериев, оценка параметров полета, управление деятельностью, степень автоматизации ВС.

APPLICATION OF METHODS OF THEORY OF IMPORTANCE OF CRITERIA FOR DETERMINATION OF ACTIVITIES OF PILOTS IN CONTROL OF AIRCRAFT WITH DIFFERENT LEVEL OF AUTOMATION

*Gennadiy V. Kovalenko,
orcid.org/0000-0002-4849-8878,
Doctor of technical sciences, professor
St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov
Saint-Petersburg, 196210, Russia
kgvf@inbox.ru*

*Ivan S. Muravyev,
orcid.org/0000-0003-0448-4703,
Candidate of Technical Sciences, assistant professor
St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov
Saint-Petersburg, 196210, Russia
mantus87@mail.ru*

*Ilya A. Yadrov,
orcid.org/0009-0007-3978-6345,
graduate student
St. Petersburg State University of Civil Aviation
named after Air Chief Marshal A.A. Novikov,
38, Pilotov
Saint-Petersburg, 196210, Russia
yadrov.ilya@gmail.com*

Abstract. The formalization of the activities of pilots in the controlling of the latest generation aircraft (AC) is experiencing difficulties due to significant changes in the structure of human activity - the operator. For the most complete analysis of the procedure for controlling the activities of pilots when using various levels of automation, it turns out to be not enough to use only the mathematical apparatus of probability theory and decision-making methods in vague conditions. The article presents the result of applying the methods of the theory of the importance of criteria in order to determine the most rational choice of crew members' activity at various stages of flight and piloting modes of the latest generation aircraft.

Keywords: importance of criteria, evaluation of flight parameters, activity control, degree of aircraft automation.

Введение (Introduction)

Среди множества источников информации, доступных членам экипажа в полете, выделяют следующие три вида, исходя из параметров, получаемых с помощью этих источников [Муравьев, 2022а, с. 68; Муравьев, 2022б, с. 20]:

1. Короткопериодические параметры (КП) – такие параметры полета ВС, которые начинают изменяться практически сразу после изменения положения органов управления; как правило, ими являются параметры пространственного положения ВС;

2. Длиннопериодические параметры (ДП) – такие параметры полета ВС, которые имеют относительную задержку в изменении своей величины после отклонения органов управления пилотом или автоматизированной системой управления; как правило, длиннопериодическими параметрами являются параметры выдерживания режима полета (например, поступательная скорость, вертикальная скорость, высота).

3. Алгоритмизированные параметры (АП) – такие параметры полета ВС и его систем, которые характеризуют степень и состояние режима пилотирования самолетом (автоматизированный, директорный, ручной и т.д.).

Для того, чтобы отобрать необходимые параметры полета для их оценки и правильного принятия решения по корректировке управления ВС, экипажу необходимо сформировать контрольную группу (КГ) источников информации (ИИ), которые на текущем этапе полета и режиме пилотирования наиболее точно характеризуют необходимый параметр или комплекс параметров. Математически оценка предъявляемой пилоту информации может быть представлена в виде отношения, в числителе которого находится количество параметров полета, которое пилоту необходимо оценить на данном этапе полета при заданном уровне автоматизации и конкретных условиях окружающей среды, а в знаменателе – количество доступных пилоту источников информации, с помощью которых определяются указанные параметры. Выделяют шесть основных критериев, выраженных отношениями между имеющимися параметрами двух или одного вида и группой ИИ:

$$\frac{ДП}{АП + КП}, \frac{КП}{АП + ДП}, \frac{ДП + КП}{АП}, \frac{КП}{ДП}, \frac{ДП}{АП}, \frac{КП}{АП}.$$

В зависимости от уровня автоматизации эти критерии распределяются по важности, причем оценка каждого критерия пилотом осуществляется на основе его функциональных характеристик. Действительно, один параметр наиболее устойчиво и достоверно контролируется и оценивается лишь при сравнении его с двумя-тремя другими параметрами: отсюда следует, что самыми эффективными и рациональными с точки зрения функционала деятельности пилота будут

отношения $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, \frac{2}{4}, \frac{2}{5}$ и т. д. (см. табл. 1).

Таблица 1 – Нормализация оценки деятельности пилотов

Характеристика деятельности пилота (экипажа)		Соотношения между оцениваемыми параметрами и источниками информации
приемлема в первую очередь	«отлично»	$\frac{1}{2}, \frac{2}{4}, \frac{3}{6}$
приемлема	«хорошо»	$\frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{2}{6}, \frac{3}{7}, \frac{3}{8}$
приемлема с затруднениями	«удовл.»	$\frac{1}{4}, \frac{3}{9}, \frac{2}{7}$ и т.д.
неприемлема	«неудовл.»	$\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}$ и т.д.

Здесь необходимо отметить, что, в соответствии с условиями безопасности, на один оцениваемый параметр полета должно приходиться не более трех используемых пилотом ИИ, т. к. увеличение количества ИИ может привести к искажению смысла оцениваемых параметров [Ayaz et al., 2018, p. 107; Collins, 2020, p. 46; Velichkovskii, 1978, p. 71].

Материалы и методы (Materials and methods)

К основным методам, используемым в настоящей работе, относятся попарное сравнение векторных оценок по методу Эджварта-Парето [Noghin, 2015, p. 1977; Noghin, 2006, p. 558], а также метод новых многокритериальных решающих правил в теории важности критериев [Подиновский, 2019, с. 21-26; Podinovski, 1999, p. 263].

Попарное сравнение векторных оценок по методу Эджварта-Парето сводится к поиску таких векторных оценок из множества предоставленных вариантов, которые не будут доминируемыми, т. е. метод позволяет найти те варианты, векторная оценка которых будет считаться наилучшей.

Метод новых многокритериальных решающих правил в теории важности критериев заключается в том, что при сравнении векторных оценок происходит взаимная перестановка критериев по следующим правилам:

1. Для вариантов (векторов) $y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ и $z = (z_1, z_2, \dots, z_m)$ векторное неравенство $y \geq z$ означает, что каждый из элементов y больше или равен соответствующему элементу z : $y_1 \geq z_1, y_2 \geq z_2, y_m \geq z_m$. Следовательно, качественная информация о безразличии критериев y и z , которая записывается как $y I^\Omega z$, будет верна только в том случае, если $y_{\downarrow}^{[1,k]} = z_{\downarrow}^{[1,k]}$, $K = i_1, i_2, \dots, i_r$, т. е. если векторы, полученные упорядочиванием векторов y и z по невозрастанию, равны;

2. Качественная оценка по предпочтительности между вариантами y и z , которая записывается как $y P^\Omega z$, будет верна только в том случае, если $y_{\downarrow}^{[1,k]} \geq z_{\downarrow}^{[1,k]}$, $K = i_1, i_2, \dots, i_r$.

3. В соответствии с [Подиновский, 2019, с. 23], $y_{\downarrow}^{[1,k]}$ – это вектор, который получили из $y^{[1,k]}$ путем упорядочения его компонент по убыванию (невозрастанию). Например, если $k = 3$ для вектора $y = (4, 3, 9, 2)$, то имеем $y_{\downarrow}^{[1,3]} = (9, 4, 3)$.

Результаты (Results)

Рассмотрим процесс управления деятельностью членов экипажа на этапе набора высоты при максимальной степени автоматизации на самолете Airbus A-320. В процессе набора высоты пилотам необходимо контролировать [Мирошниченко, 2018, с. 8; Brière et al., 1993, p. 619] следующие параметры: скорость, темп ее изменения, текущие ограничения скорости, текущую высоту

полета, заданную высоту полета, угол тангажа, угол крена, положение самолета на маршруте полета (рис. 1.).

алгоритмизированные параметры

1. ограничения скорости
2. заданная высота
3. место на маршруте
4. информация о работе автопилота/ автомата тяги
5. информация о вертикальном режиме пилотирования
6. информация о горизонтальном режиме пилотирования

длиннопериодические параметры

1. скорость полета
2. текущая высота полета

короткопериодические параметры

1. тренд скорости
2. угол тангажа (атаки)
3. угол крена
4. вертикальная скорость

Рисунок 1 – Количество параметров полета, контролируемых на этапе набора высоты при максимальной степени автоматизации ВС с использованием последовательного вида деятельности

Различают следующие виды управления деятельностью (т. е. способы использования информации), используемые экипажем в полете [Муравьев, 2022а, с. 69; Муравьев, 2022б, с. 22]:

1. Последовательное использование информации – процесс оценки состояния ВС и его систем, при котором имеет место последовательное использование членами экипажа одного или нескольких ИИ для определения нескольких параметров, соответствующих каждому источнику;

2. Параллельное использование информации – процесс оценки состояния ВС и его систем, при котором имеет место последовательное использование членами экипажа одного или нескольких ИИ для определения одного комплексного параметра;

3. Параллельно-последовательное использование информации – процесс оценки состояния ВС и его систем, при котором имеет место последовательное использование членами экипажа одного или нескольких ИИ для определения как нескольких параметров, соответствующих каждому из источников, так и для определения комплексных параметров, основанных на одном и более источниках информации. Кроме того, оценка параметров и использование источников информации, доступных пилоту в полете, может осуществляться как с повторением, так и без повторения.

В зависимости от используемого вида деятельности изменяются и количественные составляющие отношений между параметрами и источниками информации (рис. 2). Так, например, ограничения скорости и

заданная скорость полета могут оцениваться пилотом как один параметр в зависимости от того, насколько это рационально на текущем этапе деятельности [Information..., 2010, p. 189].

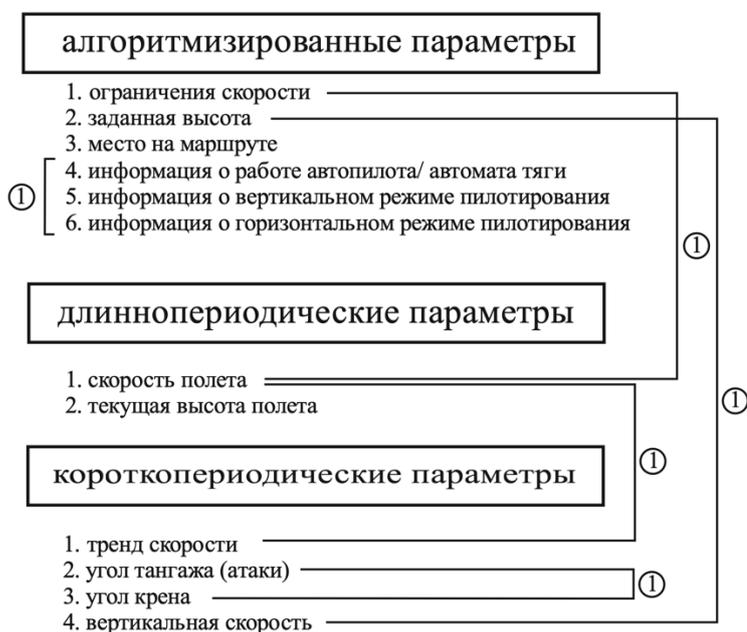


Рисунок 2 – Принцип расчета количества параметров полета, контролируемых на этапе набора высоты при максимальной степени автоматизации ВС с использованием параллельного вида деятельности

Для рассматриваемого случая использования максимальной степени автоматизации в полете в наборе высоты на самолете Airbus A-320 имеем значения критериев, упорядоченные по важности (в порядке убывания), представленные в табл. 2: критерии отображены в столбцах, а в строках указаны варианты отношений между параметрами и источниками информации, которые зависят от видов деятельности пилотов.

Таблица 2 – Распределение критериев в зависимости от видов деятельности пилотов при максимальной степени автоматизации ВС

варианты	виды управления деятельностью	критерии (отношения между оцениваемыми параметрами и используемыми источниками информации)					
		$\frac{ДП + КП}{АП}$	$\frac{ДП}{АП}$	$\frac{КП}{АП}$	$\frac{КП}{ДП}$	$\frac{ДП}{АП + КП}$	$\frac{КП}{АП + ДП}$
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	последовательный	$\frac{6}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{4}{8}$
V^2	параллельный	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{5}$

V^3	параллельно-последовательный	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{5}$
V^4	последовательный с повторениями элементов	$\frac{6}{12}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{2}{10}$	$\frac{4}{8}$
V^5	параллельно-последовательный с повторениями элементов	$\frac{4}{6}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$

Поскольку математическая модель принятия решения включает, помимо множества критериев и множества вариантов, также предпочтения и безразличия (P и I) [Pilot..., 2022, р. 272], необходимо выполнить попарное сравнение векторных оценок имеющихся в таблице вариантов по предпочтительности и безразличию (см. табл. 3).

Таблица 3 – Значения критериев при максимальной степени автоматизации ВС

варианты	критерии					
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	2	4	3	2	2	2
V^2	2	5	2	2	4	3
V^3	2	5	2	2	4	3
V^4	2	4	2	2	2	2
V^5	2	5	2	5	4	5

Попарное сравнение векторных оценок первого и второго вариантов $V^1(2, 4, 3, 2, 2, 2); V^{(2)}(2, 5, 2, 2, 4, 3)$ показывает, что они несравнимы по методу Эджварта-Парето, т. к. и в первом, и во втором вариантах есть как меньшие, так и большие значения оценок соответствующих критериев. Второй и третий варианты равнозначны, т. к. $V^2(2, 5, 2, 2, 4, 3); V^3(2, 5, 2, 2, 4, 3)$. Третий вариант предпочтительнее четвертого, т. к. $V^3(2, 5, 2, 2, 4, 3); V^4(2, 4, 2, 2, 2, 2)$. Пятый вариант также предпочтительнее четвертого: $V^5(2, 5, 2, 5, 4, 5); V^4(2, 4, 2, 2, 2, 2)$, а также предпочтительнее третьего $V^5(2, 5, 2, 5, 4, 5); V^3(2, 5, 2, 2, 4, 3)$. Первый и пятый вариант несравнимы по предпочтению: $V^5(2, 5, 2, 5, 4, 5); V^3(2, 4, 3, 2, 2, 2)$. Пятый и четвертый варианты предпочтительнее второго.

Таким образом, при сравнении векторных оценок пяти рассматриваемых вариантов по методу Эджварта-Парето произошло сужение множества до нулевого (V_0), которое состоит из V^1, V^2, V^3 и V^5 .

Далее необходимо сравнить векторные оценки этих вариантов по методу новых многокритериальных решающих правил в теории важности критериев. Результат сравнения представлен в табл. 4.

Таблица 4 – Распределение усеченных векторов по правилам многокритериального метода при исследовании действий пилотов с использованием максимальной степени автоматизации ВС

j	1	3	4	5
$y^{[2,k]}$ $k = 2,3,4$	4 (4, 3, 2) (2, 4, 3, 2, 2, 2)	5 (5, 2, 2) (2, 5, 2, 2, 4, 3)	4 (4, 2, 2) (2, 4, 2, 2, 2, 2)	5 (5, 2, 5) (2, 5, 2, 5, 4, 5)
$y_{\downarrow}^{[2,k]v^j}$ $k = 2,3,4$	4 (4, 3, 2) (4, 3, 2, 2, 2, 2)	5 (5, 2, 2) (5, 4, 3, 2, 2, 2)	4 (4, 2, 2) (4, 2, 2, 2, 2, 2)	5 (5, 5, 2) (5, 5, 5, 4, 2, 2)

Далее было проведено попарное сравнение векторов из таблицы 4 по предпочтительности (как в прямом, так и в обратном неравенстве), которое показало следующие результаты:

– прямое неравенство: $4 \geq 5; (4,3,2) \geq (5,2,2); (2,4,3,2,2,2) \geq (2,5,2,2,4,3)$;
– обратное неравенство: $5 \geq 4; (5,2,2) \geq (4,3,2); (2,5,2,2,4,3) \geq (2,4,3,2,2,2)$.

Как видно из полученных неравенств, рассматриваемые варианты несравнимы по предпочтительности.

Последующие сравнения других пар вариантов позволили установить, что $y^3 P^\Omega y^4$, $y^5 P^\Omega y^3$, $y^5 P^\Omega y^4$, т. е. вариант 3 более предпочтителен, чем вариант 4; вариант 5 более предпочтителен, чем вариант 3; вариант 5 более предпочтителен, чем вариант 4: таким образом, можно сделать вывод о том, что наиболее предпочтительным среди всех вариантов, а, следовательно, и видов деятельности членов экипажа в наборе высоты при использовании максимальной степени автоматизации является пятый вариант – параллельно-последовательное распределение действий с повторением элементов (источников используемой информации и оцениваемых параметров).

Далее были рассмотрены те же самые виды деятельности, но при использовании более низкой степени автоматизации (в частности, при отключенном автомате тяги): при этом на индикаторе работы автопилота (Flight Mode Annunciator, FMA) отсутствует сигнализация о работе автомата тяги [Sarter et al., 1995, p. 81], и пилот вынужден использовать рычаги управления двигателями для регулировки скорости полета, что добавляет дополнительный элемент к короткопериодическим параметрам [Silva et al., 2015, p. 314] (рис. 3), а также приводит к изменению приоритетов по критериям для соответствующей степени использования автоматизации (их новые значения указаны в табл. 5, 6).

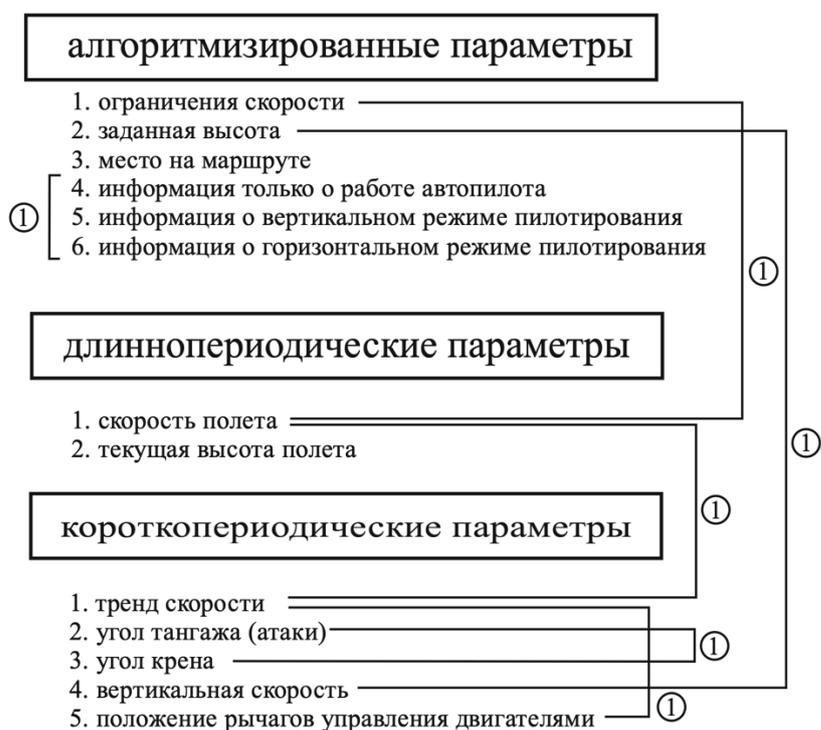


Рисунок 3 – Принцип расчета количества параметров полета, контролируемых на этапе набора высоты при средней степени автоматизации ВС с использованием параллельного вида деятельности

Таблица 5 – Распределение критериев в зависимости от видов деятельности пилотов при использовании средней степени автоматизации ВС

варианты	виды управления деятельностью	критерии (отношения между оцениваемыми параметрами и используемыми источниками информации)					
		$\frac{ДП + КП}{АП}$	$\frac{ДП}{АП}$	$\frac{КП}{АП}$	$\frac{КП}{ДП}$	$\frac{ДП}{АП + КП}$	$\frac{КП}{АП + ДП}$
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	последовательный	$\frac{2}{11}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{6}$
V^2	параллельный	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
V^3	параллельно-последовательный	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
V^4	последовательный с повторениями элементов	$\frac{2}{11}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{7}{6}$
V^5	параллельно-последовательный с повторениями элементов	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$

Таблица 6 – Значения критериев при использовании средней степени автоматизации ВС

варианты	критерии					
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	2	2	2	5	2	2
V^2	5	3	2	5	3	3
V^3	5	3	2	5	3	3
V^4	2	2	2	5	2	2
V^5	5	5	2	5	2	5

После попарного сравнения векторных оценок (табл. 6) по методу Эджварта-Парето получено сужение до нулевого множества $V^5 P^0 V^2 P^0 V^4$: эта запись означает, что равнозначными по предпочтительности оказались второй, четвертый и пятый варианты. Далее было выполнено сравнение этих вариантов по методу многокритериальных решающих правил (табл. 7).

Таблица 7 – Распределение усеченных векторов по правилам многокритериального метода при исследовании действий пилотов с использованием средней степени автоматизации ВС

j	5	2	4
$y^{[1,k]}$ $k=1,2,4,5$	5 (5, 5, 5, 2) (5, 5, 2, 5, 2, 5)	5 (5, 3, 5, 3) (5, 3, 2, 5, 3, 3)	2 (2, 2, 5, 2) (2, 2, 2, 5, 2, 2)
$y_{\downarrow}^{[1,k]} V^j$ $k=1,2,3$	5 (5, 5, 5, 2) (5, 5, 5, 5, 2, 2)	5 (5, 5, 3, 3) (5, 5, 3, 3, 3, 2)	2 (5, 2, 2, 2) (5, 2, 2, 2, 2, 2)

Далее были рассмотрены те же виды деятельности на этапе набора высоты при выполнении полета в ручном режиме пилотирования, т. е. при использовании минимального уровня автоматизации. При таком режиме пилотирования из работы выключен как автомат тяги, так и автопилот, а, следовательно, сменяются приоритеты в расстановке критериев по важности, т. к. указанные условия вновь приведут к смене приоритетов контролируемых экипажем параметров полета и используемых при этом источников информации (см. табл. 8, 9).

Таблица 8 – Распределение критериев в зависимости от видов деятельности пилотов при использовании минимальной степени автоматизации ВС

варианты	виды управления деятельностью	критерии (отношения между оцениваемыми параметрами и используемыми источниками информации)					
		$\frac{КП}{ДП}$	$\frac{КП}{АП}$	$\frac{КП}{АП + ДП}$	$\frac{ДП + КП}{АП}$	$\frac{ДП}{АП + КП}$	$\frac{ДП}{АП}$
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	последовательный	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{2}{5}$
V^2	параллельный	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{3}$
V^3	параллельно-последовательный	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{3}$
V^4	последовательный с повторениями элементов	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{6}{7}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{2}{11}$	$\frac{2}{5}$
V^5	параллельно-последовательный с повторениями элементов	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{2}{6}$

Таблица 9 – Значения критериев при использовании минимальной степени автоматизации ВС последовательный

варианты	критерии					
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
V^1	5	2	2	2	2	5
V^2	2	3	3	2	2	3
V^3	2	3	3	2	2	3
V^4	5	2	2	2	2	5
V^5	5	5	5	2	2	5

Сравнение данных таблицы 9 по методу Эджварта-Парето позволило осуществить сужение текущего множества вариантов до нулевого множества, состоящего из трех вариантов: V^1, V^2, V^5 . Далее было выполнено сравнение этих вариантов по методу многокритериальных решающих правил (см. табл. 10).

Таблица 10 – Распределение усеченных векторов по правилам многокритериального метода при исследовании действий пилотов с использованием минимальной степени автоматизации ВС

j	1	2	5
$y^{[1,k]}$ $k = 1, 2, 3, 6$	5 (5, 2, 2, 2) (5, 2, 2, 2, 2, 5)	2 (2, 3, 3, 3) (2, 3, 3, 2, 2, 3)	5 (5, 5, 5, 5) (5, 5, 5, 2, 2, 5)
$y_{\downarrow}^{[1,k]} v^j$ $k = 1, 2, 3, 6$	5 (5, 5, 2, 2) (5, 5, 2, 2, 2, 2)	2 (3, 3, 3, 2) (3, 3, 3, 2, 2, 2)	5 (5, 5, 5, 5) (5, 5, 5, 5, 2, 2)

Обсуждение (Discussion)

Результаты сравнения видов деятельности по методу многокритериальных решающих правил (табл. 4) позволили сделать вывод о том, что наиболее предпочтительным среди всех видов деятельности членов экипажа в наборе высоты при использовании максимальной степени автоматизации является пятый вариант – параллельно-последовательное распределение действий с повторением отдельных элементов (т. е. оцениваемых пилотом параметров полета и состояния систем ВС, а также источников информации, используемых для определения этих параметров).

Результаты сравнения видов деятельности при использовании более низкой степени автоматизации (в частности, при отключенном автомате тяги) (табл. 7) показали, что пятый и второй варианты предпочтительнее четвертого варианта, а также несравнимы по векторным оценкам. Таким образом, можно сделать вывод о том, что при использовании средней степени автоматизации членам экипажа необходимо использовать два вида деятельности – параллельное и параллельно-последовательное (с повторением элементов) распределение действий.

Результаты сравнения видов деятельности при использовании минимального уровня автоматизации (табл. 10) показали, что наиболее предпочтительным является пятый вариант – параллельно-последовательное распределение действий членов экипажа с повторением отдельных элементов.

Заключение (Conclusion)

При рассмотрении одного и того же этапа полета (набора высоты) с применением различных уровней автоматизации для определения наиболее рационального вида деятельности (способа использования ИИ) происходит изменение распределения соответствующих им критериев-отношений по важности. Кроме того, происходит и изменение количественного соотношения между оцениваемыми экипажем параметрами и используемыми для этого источниками информации, что вызвано сменой смысловых предпочтений между оцениваемыми параметрами и используемыми источниками информации при переходе на другой уровень автоматизации. С учетом указанных особенностей было применено два метода сравнения критериев по

предпочтительности: метод Эджварта-Парето и метод многокритериальных решающих правил. Сравнения показали следующие результаты:

1. При использовании любой степени автоматизации в полете необходимо применять параллельно-последовательный способ распределения действий членов экипажа с повторением элементов, при котором имеет место последовательное использование членами экипажа одного или нескольких ИИ для определения как нескольких параметров, соответствующих каждому источнику, так и для определения комплексных параметров, основанных на одном и более источниках информации;

2. При использовании среднего уровня автоматизации необходимо дополнительно обеспечивать параллельный способ распределения действий пилотов, при котором имеет место последовательное использование членами экипажа одного или нескольких ИИ для определения одного комплексного параметра.

Предполагается, что применение указанных способов организации деятельности по использованию доступных пилоту источников информации позволит пилотам наиболее эффективно формировать контрольную группу параметров для обеспечения наиболее надежного способа управления ВС.

Библиографический список

- Мирошниченко А. В.* Поддержание навыков ручного пилотирования ВС А320 при включенном автопилоте. Екатеринбург: Издательские решения, 2018. 15 с.
- Муравьев И. С.* Оценка функционирования системы «экипаж – высокоавтоматизированное воздушное судно – среда» на основе когнитивно-информационных преобразователей алгоритмов деятельности пилотов // *Качество и жизнь.* 2022а. № 1 (33). С. 65-76. DOI: 10.34214/2312-5209-2022-33-1-65-76. EDN MBHDSР.
- Муравьев И. С.* Роль и место когнитивно-информационных преобразователей алгоритмов деятельности пилотов в процессе управления высокоавтоматизированным воздушным судном // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык.* 2022б. № 1. С. 18-36. DOI 10.51955/23121327_2022_1_18. EDN QENUQA.
- Подиновский В. В. Идеи и методы важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. М.: Наука, 2019. 103 с.
- Ayaz H.* *Neuroergonomics* / H. Ayaz, F. Dehais. New York: Academic Press, 2018. 366 p.
- Brière D.* AIRBUS A320/A330/A340 electrical flight controls-A family of fault-tolerant systems / D. Brière, P. Traverse // FTCS-23 The Twenty-Third International Symposium on Fault-Tolerant Computing. IEEE, 1993. P. 616-623.
- Collins P.* *Automation Max: Optimizing Ai and Human Intelligence in Aviation Hardcover.* New York: Algora Pub, 2020. 174 p.
- Information processing in aviation / M. A. Vidulich, C. D. Wickens, P. S. Tsang, J. M. Flach // *Human factors in aviation.* 2010. P. 175-215.
- Noghin V. D.* Generalized Edgeworth–Pareto principle // *Computational Mathematics and Mathematical Physics.* 2015. Vol. 55. P. 1975-1980.
- Noghin V. D.* The Edgeworth-Pareto Principle in terms of a fuzzy choice function // *Computational Mathematics and Mathematical Physics.* 2006. Vol. 46. P. 554-562.
- Pilot decision-making during a dual engine failure on take-off: Insights from three different decision-making models / K. J. Parnell, R. A. Wynne, K. L. Plant, V. A. Banks, T. G. Griffin, N. A. Stanton // *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries.* – 2022. Vol. 32. № 3. P. 268-285.

- Podinovski V. V.* A DSS for multiple criteria analysis with imprecisely specified trade-offs // *European Journal of operational Research*. 1999. Vol. 113, № 2. P. 261–270. EDN ACGGNH
- Sarter N. B.* “From tool to agent”: The evolution of (cockpit) automation and its impact on human-machine coordination / N. B. Sarter, D. D. Woods // *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. SAGE Publications, 1995. Vol. 39. № 1. P. 79-83.
- Silva S. S.* Divergence between flight crew mental model and aircraft system state in auto-throttle mode confusion accident and incident cases / S. S. Silva, R. J. Hansman // *Journal of cognitive engineering and decision making*. 2015. Vol. 9. № 4. P. 312-328.
- Velichkovskii B. M.* Visual Memory and Models of Human Information-Processing // *Soviet Psychology*. 1978. Vol. 16, № 8. P. 68-89.

References

- Ayaz H., Dehais F.* (2018). *Neuroergonomics*. New York: *Academic Press*. 2018. 366 p.
- Brière D., Traverse P.* (1993). AIRBUS A320/A330/A340 electrical flight controls-A family of fault-tolerant systems. FTCS-23 The Twenty-Third International Symposium on Fault-Tolerant Computing. 616-623.
- Collins P.* (2020). *Automation Max: Optimizing Ai and Human Intelligence in Aviation* Hardcover. New York: *Algora Pub*, 2018. 174 p.
- Miroshnichenko A. V.* (2018). Maintaining manual piloting skills of the A320 aircraft with the autopilot engaged. Ekaterinburg: *Publishing Solutions*. 2018. 15 p. (In Russian)
- Muravyev I. S.* (2022a). Assessment of the functioning of the system "crew - highly automated aircraft – environment" on the basis of cognitive-information converters of pilots' activity algorithms. *Quality and Life*. 1(33): 65-76. DOI: 10.34214/2312-5209-2022-33-1-65-76. (In Russian)
- Muravyev I. S.* (2022b). Role and place of cognitive information converters of pilot activity algorithms in the process of control of highly automated aircraft. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 1: 18-36. DOI 10.51955/23121327_2022_1_18. (In Russian)
- Noghin V. D.* (2006). The Edgeworth-Pareto Principle in terms of a fuzzy choice function. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 46: 554-562.
- Noghin V. D.* (2015). Generalized Edgeworth–Pareto principle. *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 55: 1975-1980.
- Parnell K. J., Wynne R. A., Plant K. L., Banks V. A., Griffin T. G., Stanton, N. A.* (2022). Pilot decision-making during a dual engine failure on take-off: Insights from three different decision-making models. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*. 32(3): 268-285.
- Podinovski V. V.* (1999). A DSS for multiple criteria analysis with imprecisely specified trade-offs. *European Journal of operational Research*. 113(2): 261–270.
- Podinovskiy V. V.* (2019). Ideas and methods of criterion importance in multi-criteria decision-making problems. Moscow: Science. 2019.103 p. (In Russian)
- Sarter N. B., Woods D. D.* (1995). “From tool to agent”: The evolution of (cockpit) automation and its impact on human-machine coordination. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 39(1): 79-83.
- Silva S. S., Hansman, R. J.* (2015). Divergence between flight crew mental model and aircraft system state in auto-throttle mode confusion accident and incident cases. *Journal of cognitive engineering and decision making*. 9(4): 312-328.
- Velichkovskii B. M.* (1978) Visual Memory and Models of Human Information-Processing. *Soviet Psychology*. 16(8): 68-89.
- Vidulich M. A., Wickens C. D., Tsang P. S., Flach J. M.* (2010). Information processing in aviation. *Human factors in aviation*. 175-215.

УДК 629.7.021

ББК 39.53

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_117

ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОХОВЫХ ЗАРЯДОВ В СИСТЕМЕ АВАРИЙНОГО ВЫПУСКА ШАССИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

*Анатолий Филиппович Пенно,
orcid.org/0009-0006-4514-2848,
кандидат педагогических наук*

*Краснодарское высшее военное авиационное училище
летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова
Министерства обороны Российской Федерации,
ул. Дзержинского, 135
Краснодар, 350090, Россия
anpenno@mail.ru*

Аннотация. Рассмотрены проблемные вопросы, связанные с работой системы выпуска шасси современных летательных аппаратов. Указаны некоторые специфические требования к аналогичным системам, применяемым на воздушных судах военного назначения. Предложено конструктивное решение в виде авторской разработки по использованию энергии пороховых газов в системе аварийного выпуска шасси на примере самолета Як-130. Проведен анализ дополнительного оборудования, необходимого для функционирования предложенного способа выпуска шасси, а также его влияния на летные характеристики летательного аппарата в связи с возможным увеличением массы и изменением габаритов самолета. По итогам исследования сделан вывод о возможности применения пороховых зарядов в системе аварийного выпуска шасси воздушного судна.

Ключевые слова: система выпуска шасси, пороховой заряд, цилиндр выпуска, надежность, безопасность полетов.

APPLICATION OF POWDER CHARGES IN THE EMERGENCY SYSTEM OF AN AIRCRAFT LANDING GEAR

*Anatoly F. Penno,
orcid.org/0009-0006-4514-2848,
Candidate of Pedagogic sciences*

*Krasnodar Air Force Institute for Pilots named
after Hero of the Soviet Union A.K. Serov of the
Ministry of Defense of the Russian Federation
135, Dzerzhinsky Street,
Krasnodar, 350090 Russia
anpenno@mail.ru*

Abstract. Problematic issues related to the operation of the landing gear system of modern aircraft are considered. Some specific requirements for similar systems used on military aircraft are indicated. A constructive solution is proposed in the form of an original development for the use of the energy of powder gases in the emergency landing gear system using the example of the Yak-130 aircraft. The author carried out an analysis of the additional equipment necessary for the operation of the proposed method of extending the landing gear, as well as its impact on the flight performance of the aircraft related to a possible increase in weight as well as changes in the

dimensions of the aircraft. Based on the results of the study, a conclusion was made about the possibility of using powder charges in the emergency system of an aircraft landing gear.

Key words: Landing gear system, powder charge, extension cylinder, reliability, flight safety.

Введение

Шасси – это одна из основных частей воздушного судна, предназначенная для восприятия и передачи на конструкцию самолета статических и динамических нагрузок, возникающих при взлете, посадке, движении по земле, буксировке, а также для обеспечения управляемости самолета при рулении [Житомирский, 2005; Киселев и др., 2014; Currey, 1988].

Современные летательные аппараты с убирающимися шасси в полете оборудованы соответствующей системой уборки и выпуска^{9, 10} [Кузьмин, 2021]. Это сложное механическое устройство [Как устроена..., 2021; Шасси летательного..., 2022], для работы которого используется, в большинстве случаев, энергия гидравлических или пневматических систем [Гидравлическая система..., 2015; Пенно, 2021], которые в свою очередь имеют определенный набор узлов и агрегатов для своего функционирования. Неисправность одного из элементов может привести к отказу системы выпуска шасси на этапе посадки самолета [Ань и др., 2021; Бекишев, 2019; Пенно и др., 2022; Zhang et al., 2014] и, как следствие, к его значительным повреждениям, разрушению и человеческим жертвам.

Для исключения подобных отказов и повышения надежности воздушного судна в целом в настоящее время применяются различные способы дублирования выпуска шасси. К ним относятся механический выпуск, применение нескольких гидравлических систем, использование аварийной пневматической системы и т.п.¹¹ [Кондратьева и др., 2022; Патент № 2780009 С1..., 2022; Фролов и др., 2023]. Это значительно улучшило ситуацию, но не привело к полному исключению отказов выпуска шасси. В связи с этим актуальным направлением решения проблемной ситуации представляется применение нескольких дублирующих систем. Но использование общепринятых аварийных систем выпуска шасси из-за усложнения конструкции и увеличения массы самолета становится крайне затруднительным.

Такое положение особенно критично в отношении летательных аппаратов военного назначения (истребительная, штурмовая, бомбардировочная авиация), где к требованиям по надежности, в связи со спецификой использования, дополняются требования по «живучести» воздушного судна. Основные и аварийные системы выпуска шасси могут отказать в результате получения боевого повреждения.

⁹ Житомирский Г. И. Конструкция самолетов: учебник для студентов вузов. 6-е изд., испр. М.: Инновационное машиностроение, 2021. 416 с.

¹⁰ Подружин Е. Г. Конструкция и проектирование летательных аппаратов. Шасси: учеб. пособие / Е. Г. Подружин, В. М. Степанов. 2-е изд. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. 68 с.

¹¹ Пенно А. Ф. Конструкция и летная эксплуатация воздушного судна. Самолет Як-130: Учебное пособие / А. Ф. Пенно, Ю. П. Беловодский, А. М. Клименко. Краснодар: КВВАУЛ, 2023. 284 с.

Логично предположить, что использование нескольких дублирующих систем также способно существенно повысить «живучесть» боевого самолета. Однако, учитывая, что одним из основных показателей летательного аппарата является его тяговооруженность, то увеличение массы воздушного судна, в результате размещения дополнительного оборудования, неминуемо приведет к уменьшению ее значения, что напрямую влияет на качество летных характеристик, и снижению полезной нагрузки.

Кроме того, такой подход требует дополнительного внутрифюзеляжного пространства для оборудования, что не всегда возможно, учитывая компоновку современной боевой техники (например, истребителя). К тому же большое количество агрегатов дополнительных систем только увеличивают риск их боевого поражения и возникновения аварийной ситуации.

Для решения обозначенной проблемы предложен способ аварийного выпуска шасси с применением порохового заряда, удовлетворяющий требованиям по надежности и «живучести» авиационной техники при минимально возможном увеличении веса воздушного судна и компактности оборудования.

Материалы и методы

Материалом исследования являются применяемые на современных летательных аппаратах боевой авиации основные и аварийные системы выпуска шасси, принцип их устройства и работы.

В процессе изучения материала прослеживаются некоторые **противоречия** между требованиями к надежности и «живучести» авиационной техники в виде необходимости применения дублирующей аварийной системы выпуска шасси и неприемлемым увеличением массы и габаритов самолета, что отрицательно сказывается на тактико-технических характеристиках воздушного судна.

Целью нашего исследования является обоснование возможности применения порохового заряда в системе аварийного выпуска шасси.

Для достижения поставленной цели в проводимом нами исследовании необходимо было решить некоторые **задачи**, а именно:

- провести анализ конструкции и принципа работы основной и аварийной систем выпуска шасси современных боевых летательных аппаратов;
- определить воздушное судно как объект для возможного внедрения предлагаемого авторами способа аварийного выпуска шасси;
- раскрыть принцип использования порохового заряда при аварийном выпуске шасси;
- обосновать изменение массы воздушного судна и возможные изменения конструкции самолета при размещении дублирующего оборудования;

– сформулировать итоги проведенного исследования, обосновать возможность применения порохового заряда в системе аварийного выпуска шасси.

Для решения поставленных задач использовались теоретический (анализ, обобщение, моделирование), а также математический методы исследования.

Практическая значимость заключается в возможности применения дублирующей системы аварийного выпуска шасси без существенных изменений массы и габаритов воздушного судна.

Дискуссия

Проведенный анализ конструкции и работы систем выпуска и уборки шасси современных летательных аппаратов военного назначения (Су-25, Су-27, МиГ-29, Як-130 и т. п.) позволил сделать вывод, что устройство данных систем выполнено по схожему принципу, как в штатном функционировании, так и в применении аварийных систем выпуска шасси. Это позволило остановить наш выбор на самолете Як-130, как объекте для обоснования возможности применения пороховых зарядов в системе аварийного выпуска шасси. На данном летательном аппарате применена схема, где выпуск шасси производится от общей гидравлической системы, а при ее отказе – от аварийной пневматической системы.

На рисунке 1 показана принципиальная схема системы уборки и выпуска шасси самолета Як-130.

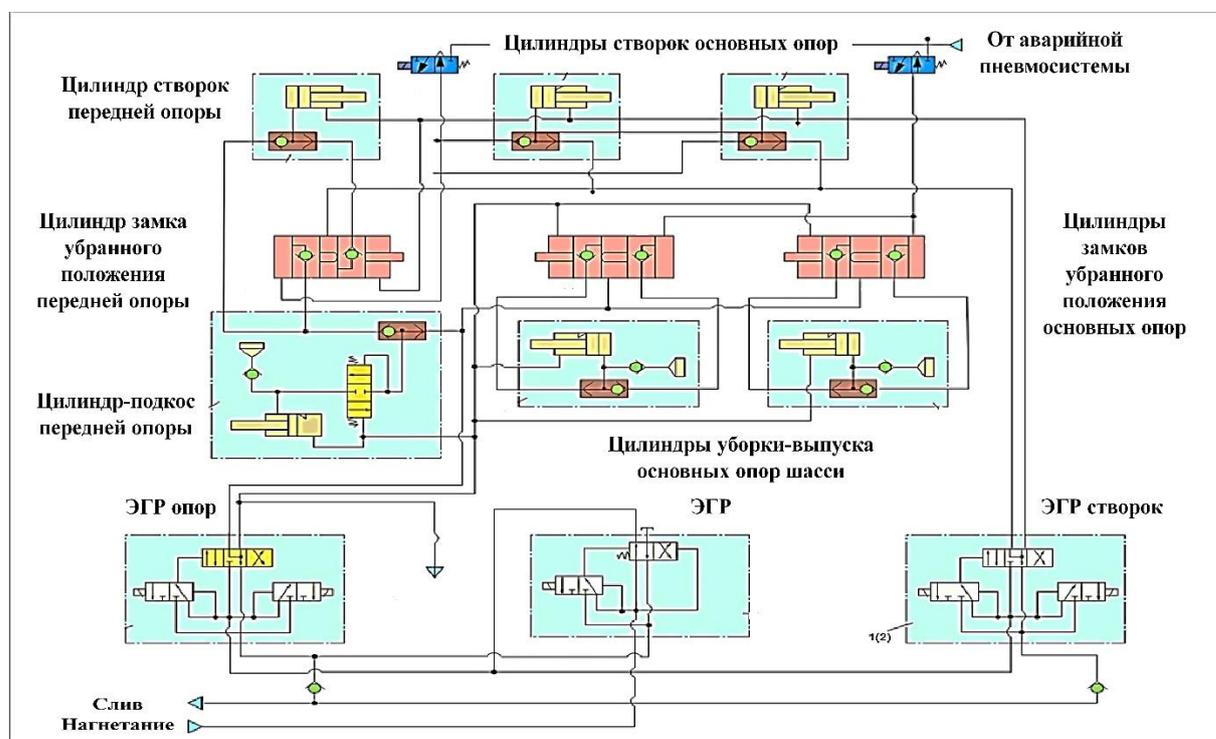


Рисунок 1 – Система уборки-выпуска шасси. Схема принципиальная гидропневматическая

Гидравлическая система основного выпуска и пневматическая система аварийного выпуска шасси данного воздушного судна включают большое количество агрегатов, таких как баки, баллоны, насосы, различные клапаны и трубопроводы. Повреждение одного из них способно привести к отказу выпуска шасси. Это предъявляет дополнительные требования к дублирующей аварийной системе выпуска в плане сокращения количества применяемых в конструкции компонентов.

Открытие створок и замков убранного положения шасси, а также выпуск самих шасси осуществляется гидроцилиндрами, которые используются как при основном, так и при аварийном выпуске. Принцип устройства и работы всех гидроцилиндров аналогичен, это позволило для проведения исследования остановиться на цилиндре уборки-выпуска основных опор шасси (ООШ).

Рассмотрим работу данного цилиндра при основном и аварийном выпуске шасси (рис. 2).

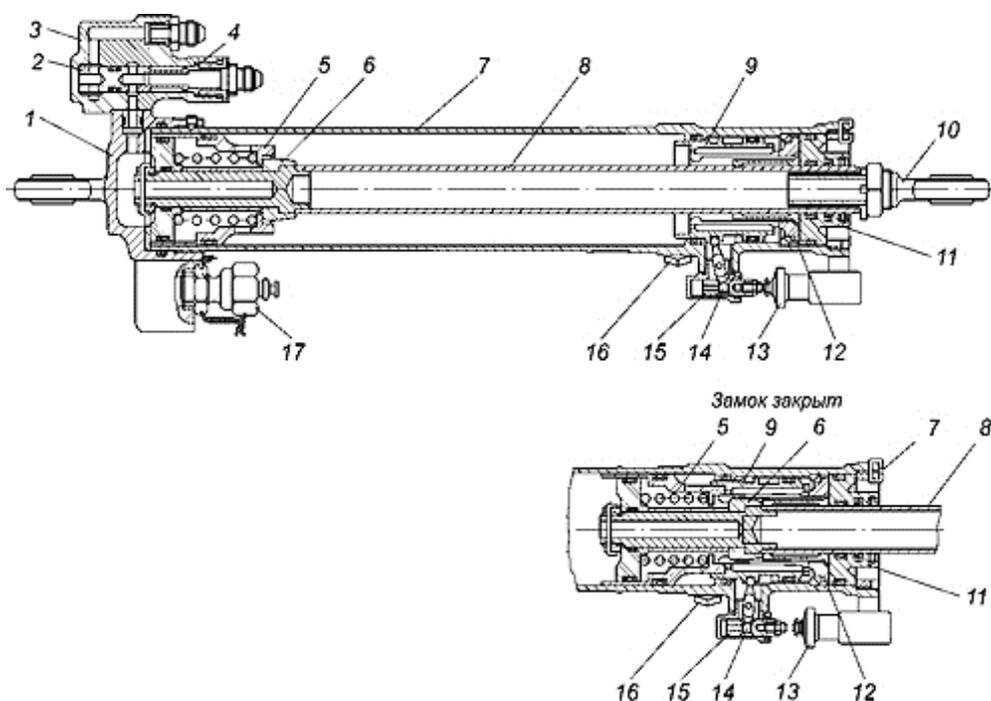


Рисунок 2 – Цилиндр уборки-выпуска основных опор шасси¹²:

1. Крышка; 2. Поршень с цангой; 3. Клапан аварийный; 4. Упор; 5. Поршень запирающий; 6. Втулка упорная; 7. Корпус; 8. Шток; 9. Поршень плавающий; 10. Болт ушковый; 11. Букса; 12. Цанга; 13. Выключатель концевой; 14. Рычаг; 15. Толкатель; 16. Штуцер уборки; 17. Переходник

На выпуск ООШ давление нагнетания подводится через аварийный клапан 3 (штуцер основного выпуска шасси) в полость выпуска штока. На уборку основных опор давление нагнетания поступает в полость уборки штока через штуцер уборки 16.

¹² Самолет Як-130. Руководство по технической эксплуатации. Шасси. М.: ОАО «Корпорация «Иркут», 2013. 700 с.

При постановке рукоятки ШАССИ на выпуск основных опор давление нагнетания поступает в полость выпуска штока. Под действием давления рабочей жидкости шток 8 вместе с элементами механического замка перемещаются на выпуск. Дойдя до цанги, упорная втулка 6 своей конической поверхностью разжимает лепестки цанги 12. По мере дальнейшего движения штока лепестки цанги встают за упорную втулку. Одновременно запирающий поршень 5 перемещает плавающий поршень 9 до упора в торец цанги и внутренней поверхностью находит на цангу. Замок заперт. Шток выпущен, основные опоры выпущены. Одновременно с закрытием замка плавающий поршень поворачивает рычаг 14 механизма сигнализации, который перемещает толкатель 15 от штока выключателя 13. Происходит переключение контактов, и выключатель выдает сигнал выпущенного положения основных опор.

При постановке рукоятки ШАССИ на уборку основных опор давление нагнетания поступает в полость уборки штока. Под действием давления рабочей жидкости запирающий поршень 5 отходит влево, освобождая лепестки цанги. Замок отпирается. При начавшемся движении штока упорная втулка 6, разжимая лепестки цанги, выходит из-под цанги. Шток убирается, основные опоры убираются. Одновременно с открытием механического замка под давлением рабочей жидкости плавающий поршень 9, перемещаясь влево, поворачивает рычаг 14 и перемещает толкатель 15 к штоку выключателя 13, переключая его контакты.

При аварийном выпуске основных опор давление азота подается в штуцер аварийного выпуска аварийного клапана 3. По каналу в корпусе аварийного клапана азот подается в полость поршня с цангой 2. Под действием давления азота поршень перемещается вправо, лепестки цанги сжимаются. В конце хода поршня 2 лепестки цанги под действием упругих сил разжимаются и встают за упор 4. Аварийный клапан 3 фиксируется в положении аварийного выпуска основных опор. Канал штуцера основного выпуска перекрывается, а полость выпуска штока цилиндра соединяется через отверстия в поршне с каналом аварийного выпуска.

Обратное переключение аварийного клапана происходит при подаче давления рабочей жидкости в штуцер основного выпуска. Под действием давления лепестки цанги выходят из-за упора 4, поршень 2 перемещается влево и соединяет через отверстия полость выпуска штока с каналом основного выпуска.

Изучив конструкцию и работу системы выпуска шасси летательного аппарата, а также учитывая требования по надежности и «живучести», предлагается рассмотреть вариант применения пороховых зарядов, где энергия газов, выделяющаяся при горении, аналогично давлению азота может быть использована для выпуска шасси как дублирующая аварийная система.

Примером успешного применения пороховых зарядов является конструкция катапультного кресла К-36Л-3,5Я самолета Як-130¹³. На данном кресле энергия газов используется для работы механизмов системы аварийного притяга летчика, системы стабилизации и пневмоприводов, системы ввода парашюта и отделения летчика от кресла. Надежность данной конструкции подтверждается тем фактом, что на кресле не предусмотрено дублирование указанных систем, участвующих в спасении летчика.

Предлагается доработать конструкцию цилиндра уборки-выпуска шасси пиропереключателем, благодаря которому к двум существующим вариантам работы добавляется возможность выдвижения штока за счет энергии пороховых газов (рис. 3в).

Для демонстрации авторской разработки на рисунке 3а показана схема работы цилиндра выпуска основной опоры от гидросистемы, 3б – от аварийной пневмосистемы, 3в – от дублирующей аварийной пиросистемы.

Пороховой газогенератор предлагается установить непосредственно на корпус цилиндра уборки-выпуска основных опор шасси и направлять пороховые газы по короткому трубопроводу на пиропереключателю 2 через штуцер 1 (рис. 3в). После воспламенения пирозаряда газы перемещают поршень пиропереключателю, который перекрывает каналы подвода гидравлической жидкости и азота и одновременно открывает канал для поступления газов в полость выпуска штока цилиндра.

¹³ Катапультное кресло К-36Л-3,5Я. Руководство по технической эксплуатации (в двух томах). Том 2 – Описание систем и агрегатов. М.: ОАО «Научно-производственное предприятие «Звезда»», 2009. С. 411.

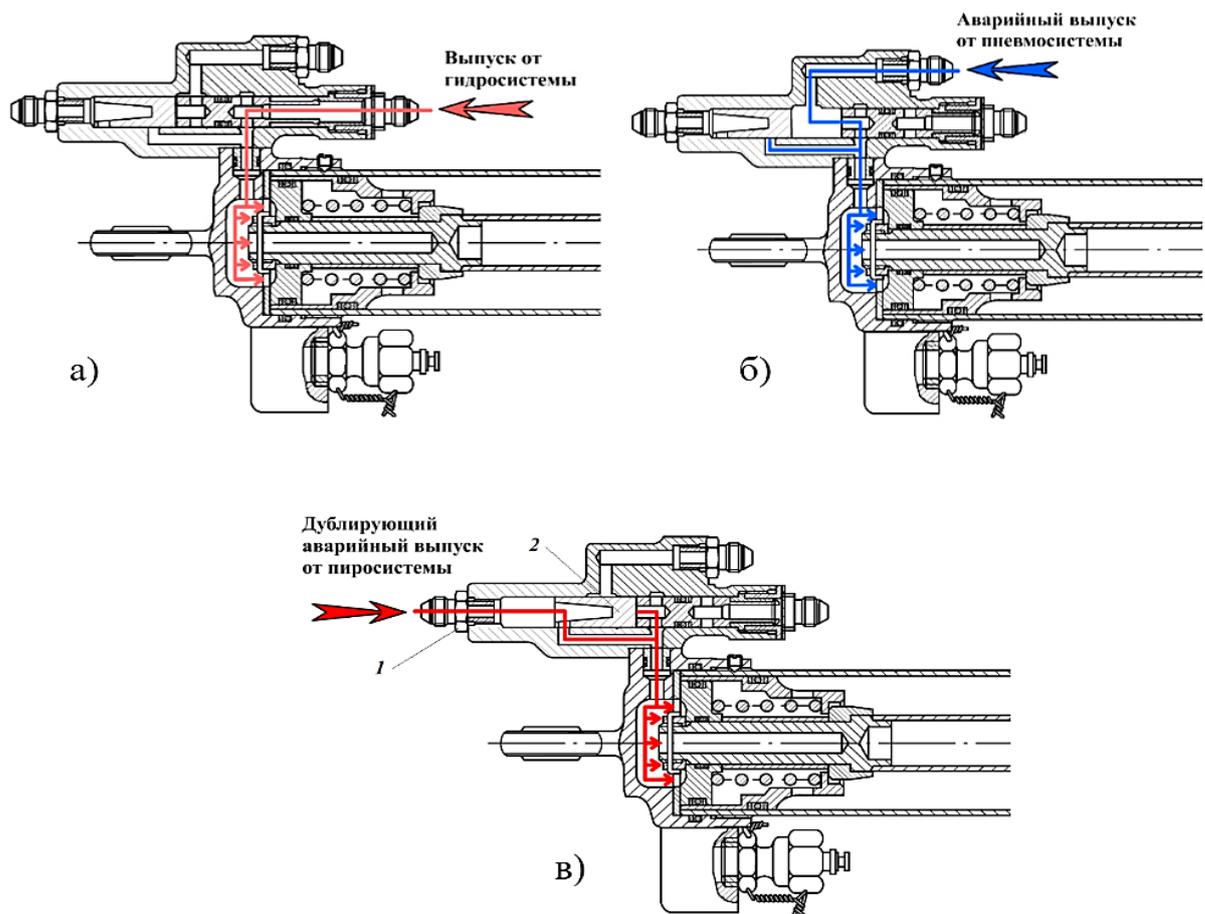


Рисунок 3 – Цилиндр уборки-выпуска основных опор шасси с пиропереключателем:

1. Штуцер подвода пороховых газов; 2. Пиропереключателем

Стоит обратить внимание, что предлагаемые конструктивные изменения цилиндра выпуска шасси минимальны, и его работа при их внедрении принципиально не изменилась.

В исследовании проведено моделирование динамики выпуска ООШ от двух существующих систем – гидравлической и пневматической, и предложенной пиромеханической системы.

Принятая расчетная схема (рис. 4) рассматривается при следующих допущениях:

- другие потребители общей гидросистемы в период выпуска шасси не потребляют гидравлическую энергию;

- внешние нагрузки не учитываем, поскольку при любом способе выпуска шасси они одинаковы.

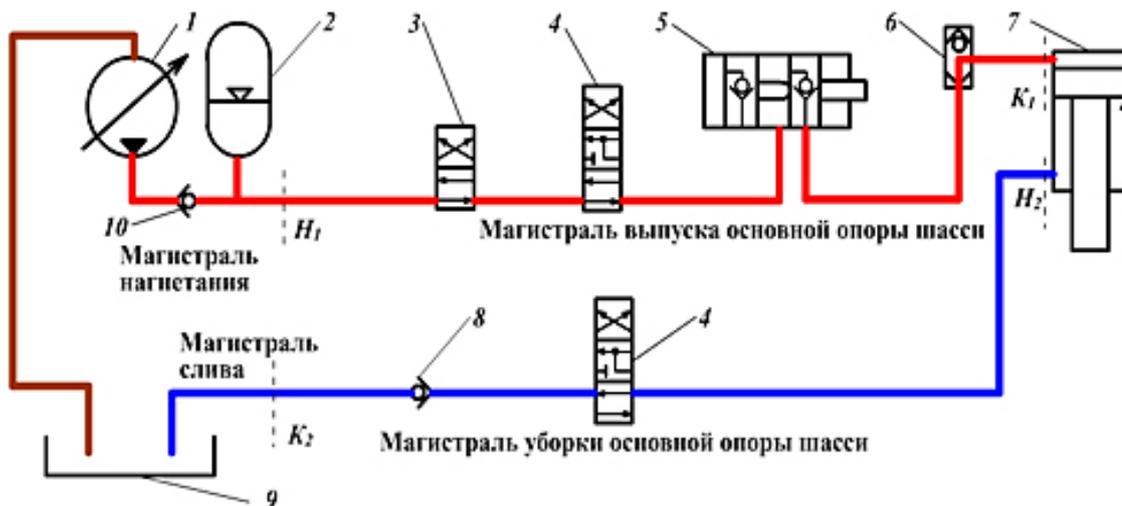


Рисунок 4 – Расчетная схема выпуска основной опоры шасси:

1. Гидронасос; 2. Гидроаккумулятор; 3. Двухпозиционный электрогидрораспределитель; 4. Трехпозиционный электрогидрораспределитель; 5. Цилиндр замка убранного положения шасси; 6. Цилиндр уборки и выпуска шасси; 8, 10. Обратный клапан; 7. Гидроцилиндр уборки-выпуска шасси; 9. Гидробак

Распределение гидравлической мощности на выпуск:

- передней опоры – 40% (опора выпускается против потока воздуха);
- каждой из основных опор – 30%;
- рабочая жидкость – масло АМГ-10 ГОСТ 6794-75;
- подача насоса НП-96 – $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- давление за насосом при нулевой подаче P_0 – 21 МПа;
- давление за насосом при максимальной подаче P_p – 18 МПа;
- давление в гидробаке $P_{сб}$ – 0,4 МПа.

Параметры гидроцилиндра:

- наружный диаметр корпуса $D_{нк}$ – 96,4 мм;
- диаметр поршня D – 88,6 мм;
- диаметр штока d – 38 мм;
- ход штока h – 261 мм;
- объем полости выпуска $V_{вып} = \frac{\pi D^2 h}{4} = 1,608 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
- объем полости уборки $V_{уб} = \frac{\pi(D^2 - d^2)h}{4} = 1,312 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
- диаметр каналов подвода жидкости d_T – 8 мм.

Параметры гидравлической трубопроводной сети:

- суммарная длина магистрали выпуска – 2,6 м;
- суммарная длина магистрали уборки – 2,6 м;
- диаметр живого сечения – 8 мм;

- абсолютная шероховатость поверхности трубопровода $\Delta_3 - 0,05$ мм;
- сумма коэффициентов местных гидравлических сопротивлений в магистрали выпуска основной опоры $1,32 \cdot 12 + 2 \cdot 1 + 0,5 + 0,4 = 18,74$;
- сумма местных коэффициентов гидравлических сопротивлений в магистрали уборки основной опоры $1,32 \cdot 6 + 0,5 + 0,4 = 8,82$;
- время выпуска шасси – 4 с.

Исходя из объема полости выпуска цилиндра ООШ и времени выпуска опоры определена подача жидкости в магистрали нагнетания $Q_n = \frac{\pi D^2 h}{4t} = 4,021 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{с}$, что составляет 32,168 % от подачи насоса, как было принято в допущениях.

Потери энергии как в магистрали выпуска ООШ¹⁴, так и в магистрали уборки $h_{н-к}$ представляют собой сумму потерь энергии на трение по длине $h_{ол}$ и местных гидравлических сопротивлений h_m :

$$h_{н-к} = h_{ол} + \sum h_m = \lambda \cdot \frac{\ell}{d_T} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \frac{v^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{\ell}{d_T} + \sum \xi \right), \quad (1)$$

где ℓ – длина трубопровода;

v – средняя скорость в сечении потока;

d_T – диаметр трубопровода;

ξ – коэффициенты местных сопротивлений, определяются по справочным данным;

λ – коэффициент гидравлического трения. Этот коэффициент зависит от режима движения жидкости (числа Рейнольдса Re) и состояния поверхности трубопровода.

Результат решения уравнения 1 для выпуска ООШ от гидросистемы представлен на рисунке 5.

¹⁴ Раинкина Л. Н. Гидромеханика: Учебное пособие. Ухта: УГТУ, 2001. 113 с.

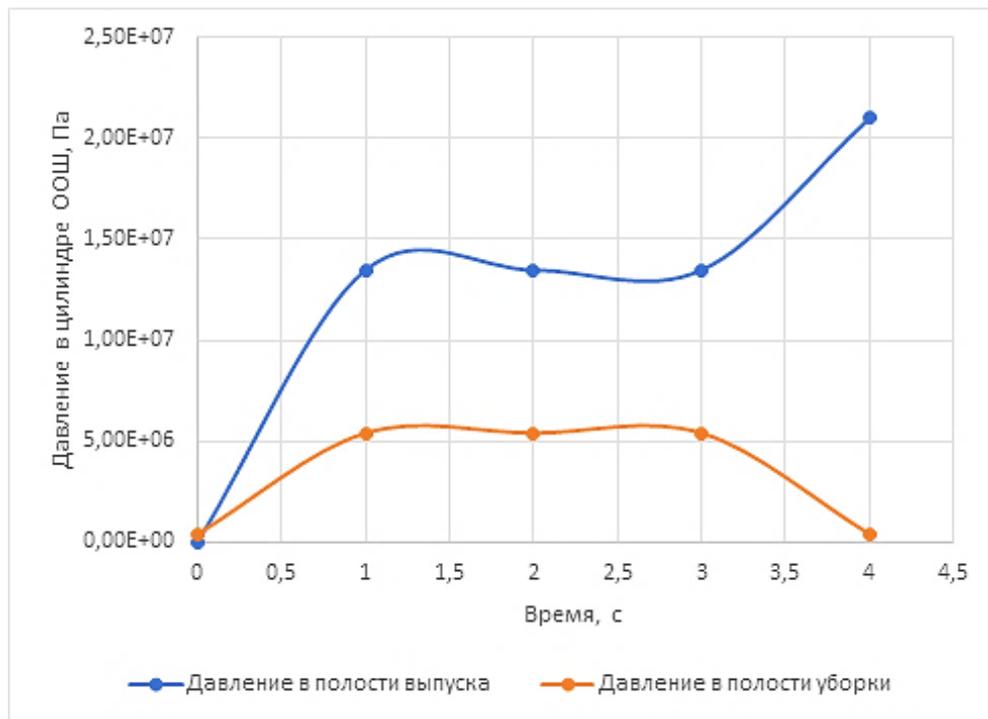


Рисунок 5 – Динамика изменения давлений в полостях цилиндра ООШ при выпуске опоры от гидросистемы

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о том, что усилие гидроцилиндра плавно нарастает до страгивания опоры. Затем остается примерно постоянным и при фиксации опоры замком выпущенного положения возрастает до максимального для надежного удержания опоры в выпущенном положении.

Исходными данными для моделирования аварийного выпуска ООШ от пневмосистемы приняты:

- объем двух баллонов в аварийной пневмосистеме – $6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
- давление азота в баллонах – 21 МПа;
- объем полостей выпуска всех трех гидроцилиндров – $1,608 \cdot 2 + 1,312 = 4,526 \text{ л}$ или $4,526 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$;
- время аварийного выпуска принимаем таким же, как и основного;
- объемом трубопроводов пренебрегаем.

На рисунке 6 показана динамика изменения давлений в полостях цилиндра ООШ при аварийном выпуске опоры от пневмосистемы.

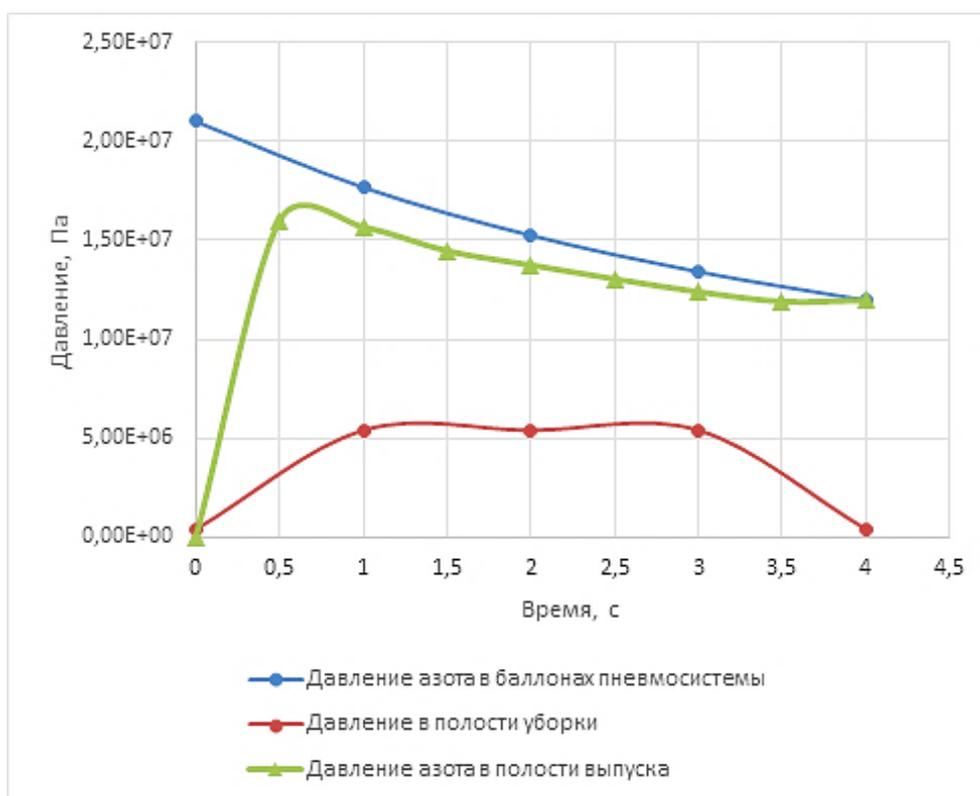


Рисунок 6 – Динамика изменения давлений в полостях цилиндра ООШ при аварийном выпуске опоры от пневмосистемы

Из анализа результатов моделирования видно, что усилие гидроцилиндра резко нарастает в начале страгивания опоры, затем постепенно снижается и при фиксации опоры замком выпущенного положения остается на уровне 55 – 60% от начального давления. Удержание опоры в выпущенном положении обеспечивается только механическим (цанговым) замком без участия гидрозамка.

В предлагаемой пиромеханической системе дублирующего аварийного выпуска шасси, путем подбора пирозаряда газогенератора, можно обеспечить любой желаемый закон изменения давления газа в полости выпуска гидроцилиндра ООШ.

Вопросы по методике подбора пороховых зарядов заслуживают отдельного изучения и не рассматриваются в данном исследовании.

Один из возможных вариантов изменения давления пороховых газов дублирующего аварийного выпуска шасси от пиросистемы и динамики изменения давлений в полостях цилиндра ООШ показан на рисунке 7.

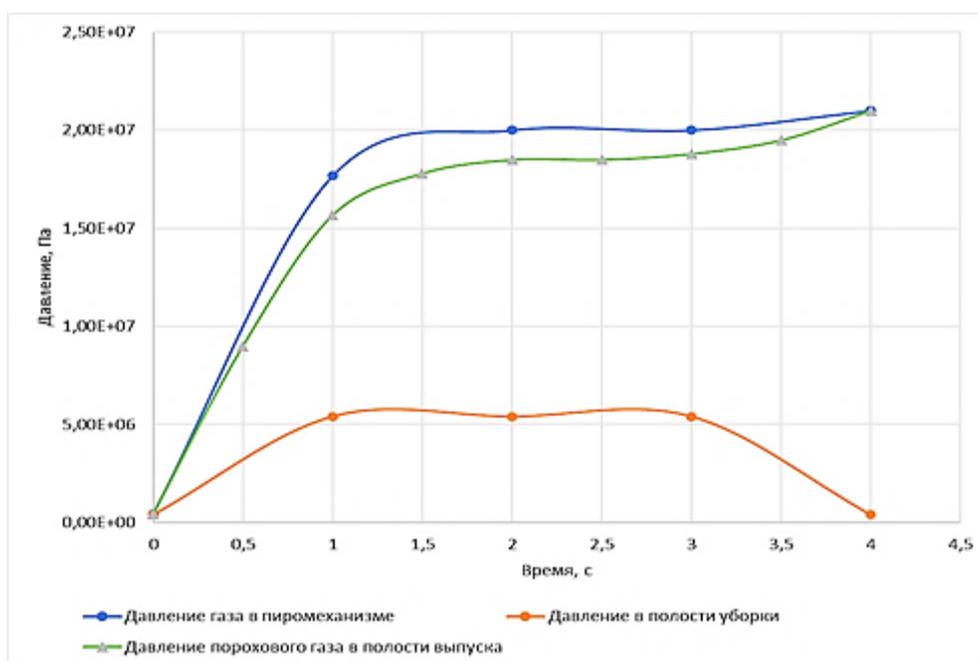


Рисунок 7 – Динамика изменения давлений в полостях цилиндра ООШ при аварийном выпуске опоры от пиросистемы

Анализ результатов моделирования позволяет сделать вывод о том, что усилие гидроцилиндра плавно нарастает в начале страгивания опоры, развивая при этом усилие на штоке гидроцилиндра на 20 – 25% больше по сравнению с выпуском от гидравлической системы и 40 – 45% выше по сравнению с аварийным выпуском от пневмосистемы. Заметим, что давление газа в газогенераторе и в полости выпуска гидроцилиндра ООШ не превышает рабочее давление в гидросистеме, поэтому нагрузки на стенки гидроцилиндра по сравнению с выпуском от гидросистемы не изменяются, усиление корпуса и штока гидроцилиндра не требуется.

В конце выпуска ООШ давление газа в пиромеханизме достигает величины, равной рабочему давлению в гидросистеме, что повышает надежность закрытия механического замка в гидроцилиндре и фиксации опоры в выпущенном положении.

Таким же образом предложенные конструктивные изменения могут быть применены и на других цилиндрах системы выпуска шасси самолета Як-130, так как их принципиальное устройство аналогично.

Для функционирования представленной модели необходимо обеспечение системы аварийного выпуска шасси дополнительным электрооборудованием, органами управления в кабине самолета, а также должны быть внесены изменения в программу, отвечающую за алгоритм ее работы.

Основной упор в исследовании сделан на исполнительные механизмы, а задача комплектации сопутствующим оборудованием рассматривается в общем контексте. Однако для окончательных выводов по итогам работы необходимо произвести анализ возможного увеличения массы самолета.

Для примера рассмотрим показатели веса основных компонентов, добавленных в конструкцию предложенной системы, взяв за основу схожие по назначению агрегаты:

- пиромеханизм с пиропатроном ПК-21М-2 (9 шт.) – общий вес не более 10 кг;
- авиационный кабель БПВЛ сечением жилы 0,5 мм² – вес 8,9 кг за 1 км длины;
- арматура в кабине представляется в виде переключателя или кнопки выпуска шасси и существенных весовых значений не имеет;
- в системе управления не предполагается использование дополнительных агрегатов, таких как блоки управления, концевые выключатели сигнализации положения узлов шасси и т. д. С изменением программного обеспечения данные изделия будут работать и в предлагаемой к внедрению системе по аналогичному алгоритму.

Анализируя полученный результат, можно предположить, что использование пороховых зарядов, дополнительной электрической проводки и установки арматуры в кабине не способно значительно увеличить массу воздушного судна, а значит повлиять на летные характеристики самолета.

К тому же, электрическая проводка, в отличие от трубопроводов, имеет эластичную структуру, и ее прокладка не требует существенных изменений в конструкции летательного аппарата. Данное обстоятельство и незначительный вес дают возможность применения дублирования каналов коммуникации. Такой подход значительно повышает надежность и «живучесть» воздушного судна в вопросе его безопасной посадки.

Результаты

Основными результатами исследования предложенной системы аварийного выпуска шасси с использованием пороховых зарядов являются:

- источник энергии в виде порохового заряда может быть расположен непосредственно на цилиндрах, входящих в систему выпуска шасси без значительных конструктивных изменений самих цилиндров;
- на примере разработанной авторской модели цилиндра выпуска шасси наглядно продемонстрирован принцип работы дублирующей аварийной системы, не влияющий на функционирование уже существующих систем;
- необходимый набор оборудования для внедрения предложенного способа аварийного выпуска шасси не ведет к существенному увеличению веса самолета и не требует заметных изменений в конструкции летательного аппарата;
- предлагаемая модель выпуска шасси предполагает использование уже установленных на воздушном судне агрегатов;
- незначительный вес электрической проводки дает возможность дублирования каналов коммуникации;

– учитывая электро-дистанционный принцип управления различными системами современных летательных аппаратов, алгоритм работы выпуска шасси может быть скорректирован путем внесения изменений в программу управления.

В качестве недостатка можно отметить необходимость замены пирозарядов после использования системы аварийного выпуска шасси по назначению.

Заключение

На основании полученных результатов по исследованию можно сделать заключение, что применение пороховых зарядов в системе аварийного выпуска шасси способно улучшить показатели по повышению надежности и «живучести» авиационной техники. Ее конструктивные особенности позволяют использовать данную систему как дублирующую при отказах основной и аварийной систем выпуска шасси.

Кроме того, следует отметить, что работа дублирующей аварийной системы обеспечивается значительно меньшим количеством агрегатов, а размещение источников энергии непосредственно на исполнительных механизмах системы позволяет исключить применение трубопроводов и заменить их электрической проводкой с функцией дублирования. Это в свою очередь уменьшает возможность отказа при боевом поражении воздушного судна, не приводит к заметному увеличению массы самолета и изменениям его конструкции.

Дополнительные материальные затраты по оборудованию летательного аппарата аварийной системой, замене пороховых зарядов после их применения не сопоставимы с возможными последствиями при полном отказе выпуска шасси, ведущими к поломке воздушного судна или его потере.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная модель с использованием пороховых газов для обеспечения работы цилиндров может быть рекомендована как один из вариантов дублирующей аварийной системы выпуска шасси.

Библиографический список

Ань Ц. Анализ надежности системы уборки-выпуска шасси самолёта / Ц. Ань, А. В. Бобков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 1. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 192-193. EDN FAAVOL.

Бекишев С. А. Совершенствование работы системы контроля агрегатов уборки-выпуска шасси самолета при посадке // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Сборник трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Иркутск, 14-16 октября 2019 года. Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2019. С. 14-20. EDN YNPYB.

- Гидравлическая система самолёта // [Электронный ресурс] 2015. URL: <https://avia.pro/blog/gidravlicheskaya-sistema-samoleta> (дата обращения: 19.06.2024).
- Житомирский Г. И.* Конструкция самолетов. М.: Машиностроение, 2005. 406 с.
- Как устроена система шасси и тормозов пассажирского самолета // [Электронный ресурс] 2021. URL: https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/564046/ (дата обращения: 11.02.2024).
- Киселев Ю. В.* Шасси самолета Superjet / Ю. В. Киселев, Д. Ю. Киселев // [Электронный ресурс] – 2014. URL: <http://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-posobiya/Shassi-samoleta-Superjet-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-po-napravleniu-podgot-bakalavrov-162300-Tehn-ekspluatatsiya-letat-apparatov-i-aviac-dvigateli-54502/1/Кисилев%20Ю.В.%20Шасси%20самолета.pdf> (дата обращения: 04.02.2024).
- Кондратьева М. А.* Конструктивное совершенствование системы аварийного выпуска шасси самолета на основе использования энергии пороховых газов / М. А. Кондратьева, С. Н. Кузнецов // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации : Сборник трудов XI Международной научно-практической конференции, посвященной празднованию 100-летия конструкторского бюро "Туполев", 55-летия Иркутского филиала МГТУ ГА, 75-летия Иркутского авиационного технического колледжа, Иркутск, 13–14 октября 2022 года. Том 1. Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный технический университет гражданской авиации", 2022. С. 68-73. EDN NTQYYV.
- Кузьмин Ю. В.* История создания убирающегося шасси // ВКС. 2021. № 4 (109) // [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-sozdaniya-ubirayuschegosya-shassi> (дата обращения: 04.02.2024).
- Патент № 2780009 С1 Российская Федерация, МПК В64С 25/22, В64С 25/30. аварийный привод выпуска шасси: № 2022101851: заявл. 27.01.2022: опубл. 19.09.2022 / Р. Р. Калимуллин, Н. А. Поляков, Г. К. Фролов, В. А. Целищев; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет». EDN WKWJEX.
- Пенно А. Ф.* Некоторые предложения по повышению надежности гидравлической системы воздушного судна / А. Ф. Пенно, Ю. П. Беловодский // Межвузовский сборник научных трудов: Сборник статей. Том Выпуск 26. Краснодар: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова» Министерства обороны Российской Федерации, 2022. С. 65-71. EDN BNPDUS.
- Пенно А. Ф.* Повышение надежности гидравлической системы учебно-боевого самолета Як-130 // Межвузовский сборник научных трудов. Министерство обороны Российской Федерации; министерство образования и науки Российской Федерации Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков. Краснодар: КВВАУЛ, 2021. № 25. С. 19-23. EDN OFZZRY.
- Фролов Г. К.* Современные схемные решения аварийных приводов выпуска уборки шасси / Г. К. Фролов, В. К. Годовец // Молодежный вестник УГАТУ. 2023. № 2(28). С. 132-138. EDN KNYFQH
- Шасси летательного аппарата // [Электронный ресурс] – 2022. URL: https://ru.ruwiki.ru/wiki/Шасси_летательного_аппарата# (дата обращения: 04.02.2024).
- Currey N. S.* Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practice. Washington: AIAA Education Series, 1988. 373 p.
- Zhang W. G.* Analysis of Aircraft Hydraulic System Failures / W. G. Zhang, G. Lin // Engineering Advanced Materials Research. 2014. № 989-994. pp. 2947-2950. DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.989-994.2947.

References

- Aircraft chassis (2022). Available at: [https://ru.ruwiki.ru/wiki/Aircraft chassis#](https://ru.ruwiki.ru/wiki/Aircraft_chassis#) (accessed 2 April 2024). (in Russian).
- Aircraft hydraulic system // [Electronic resource] 2015. URL: <https://avia.pro/blog/gidravlicheskaya-sistema-samoleta> (access date: 06/19/2024). (in Russian).
- An Ts., Bobkov A. V. (2021). Analysis of the reliability of the aircraft landing gear retraction and release system. Collection: Youth and science: current problems of fundamental and applied research: Materials of the IV All-Russian National Scientific Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists. In 4 parts, Komsomolsk-on-Amur, April 12–16, 2021. Komsomolsk-on-Amur: KNAGU. 1: 192-193. (in Russian).
- Bekishev S. A. (2019). Improving the operation of the control system for retracting and extending the landing gear of an aircraft during landing. Current problems and prospects for the development of civil aviation. Collection of proceedings of the VIII All-Russian scientific and practical conference with international participation. Irkutsk branch of MSTU GA. Irkutsk: 14-20. (in Russian).
- Currey N. S. (1988). Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practice. Washington: AIAA Education Series. 373 p.
- Frolov G. K., Godovets V. K. (2023). Modern circuit solutions for emergency landing gear retraction drives. *Youth Bulletin of UGATU*. 28(2): 132-138. (in Russian).
- Kuzmin Yu. V. (2021). History of the creation of a retractable landing gear. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoriya-sozdaniya-ubirayuschegosya-shassi> (accessed 2 April 2024). (in Russian).
- How the landing gear and brake system of a passenger aircraft works* (2021). Available at: https://habr.com/ru/companies/etmc_exponenta/articles/564046/ (accessed 2 April 2024). (in Russian).
- Kondratyeva M. A., Kuznetsov S. N. (2022). Constructive improvement of the aircraft landing gear emergency release system based on the use of powder gas energy. Current problems and prospects for the development of civil aviation. Collection of proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference. dedicated to the celebration of the 100th anniversary of the Tupolev design bureau, the 55th anniversary of the Irkutsk branch of MSTU GA, the 75th anniversary of the Irkutsk Aviation Technical College. Irkutsk: 68-73. (in Russian).
- Patent No. 2780009 C1 Russian Federation, IPC B64C 25/22, B64C 25/30. emergency landing gear extension drive: No. 2022101851: app. 01/27/2022: publ. 09.19.2022 / R. R. Kalimullin, N. A. Polyakov, G. K. Frolov, V. A. Tselishchev; applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Aviation Technical University". EDN WKWJEX. (in Russian).
- Penno A. F. (2021). Increasing the reliability of the hydraulic system of a combat training aircraft Yak-130. *Interuniversity collection of scientific papers. Ministry of Defense of the Russian Federation; Ministry of Education and Science of the Russian Federation Krasnodar Higher Military Aviation School of Pilots*. 25: 19-23. (in Russian).
- Penno A. F., Belovodsky Yu. P. (2022). Some proposals for increasing the reliability of the hydraulic system of an aircraft. *Interuniversity collection of scientific papers. Digest of articles*. 26: 65-71. (in Russian).
- Superjet aircraft landing gear* (2014). Available at: <https://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnyeposobiya/Shassi-samoleta-Superjet-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-po-napravleniupodgot-bakalavrov-162300-Tehn-ekspluatatsiya-letat-apparatov-i-aviac-dvigatellei-54502/1/Kisilev%20YU.V.%20Chassis%20aircraft.pdf> (accessed 2 April 2024). (in Russian).
- Zhang W. G., Lin. G. (2014). Analysis of Aircraft Hydraulic System Failures. *Engineering Advanced Materials Research*. 989-994. 2947-2950. DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.989-994.2947.
- Zhitomirsky G. I. (2005). Aircraft design. Moscow: *Mashinostroenie*, 406 p. (in Russian).

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ МОДЕЛЬНОГО РЯДА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ПАРКА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РАМКАХ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ АВИАКОМПАНИИ

*Владимир Павлович Горбунов,
orcid.org/0000-0002-8920-977X,
кандидат технических наук, доцент,
заместитель генерального директора,
Государственный научно-исследовательский
институт гражданской авиации,
ул. Михалковская, д. 67, корп. 1
Москва, 125438, Россия
vlad.gorbunov@bk.ru*

Аннотация. В статье рассмотрена актуальная задача по оптимизации использования имеющегося и перспективного парка воздушных судов отечественного производства в рамках создания единой дальневосточной авиакомпании. Проанализированы данные по оценке потребного количества самолетов отечественного производства через единый консолидированный заказ от всех авиакомпаний дальневосточного региона. Показано, что значительную роль в оптимальном проектировании количества и номенклатуры ВС региона играют математические методы моделирования и оптимизации, которые успешно применяются для выбора наилучших параметров и характеристик ВС или его подсистем на различных стадиях проектирования с разделением задачи на две взаимосвязанные модели: параметрическую и операционную. Предложен системный научно-методический подход к внешнему проектированию ВС, с помощью которого можно генерировать множество проектных вариантов ВС, ограничившись только теми параметрами, которые существенно влияют на эффективность функционирования авиакомпании. Результатом исследования является выполнение задачи оптимизации модельного ряда ВС для последующей эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики, Сибири и Дальнего Востока. Полученные аналитические материалы позволяют сопоставить план расширения маршрутной авиатранспортной сети и календарный план производства авиационной техники для единой дальневосточной авиакомпании на основе представленной блок-схемы взаимодействия авиакомпаний и промышленности.

Ключевые слова: математические методы моделирования, единая дальневосточная авиакомпания, оптимизация модельного ряда, единый консолидированный заказ.

METHODS OF OPTIMIZING THE MODEL RANGE IN THE FORMATION OF THE COMPOSITION AND STRUCTURE OF THE AIRCRAFT FLEET WITHIN THE FRAMEWORK OF THE CREATION OF A SINGLE FAR EASTERN AIRLINE

*Vladimir P. Gorbunov,
orcid.org/0000-0002-8920-977X,
Candidate of technical science, docent,
deputy general director,
The State Scientific Research Institute of Civil Aviation,
67 k.1, Mihalkovskay street
Moscow, 125438, Russia
vlad.gorbunov@bk.ru*

Abstract. The article considers the urgent task of optimizing the use of the existing and promising fleet of aircraft of domestic production within the framework of the creation of a single Far Eastern airline. The data on the assessment of the required number of aircraft of domestic production through a single consolidated order from all airlines of the Far Eastern region analyzed. It is shown that mathematical modeling and optimization methods play a significant role in the optimal design of the number and nomenclature of aircraft in the region, which are successfully used to select the best parameters and characteristics of aircraft or its subsystems at various stages of design, dividing the task into two interrelated models: parametric and operational. A systematic scientific and methodological approach to the external design of aircraft proposed, so it is possible to generate many design options for aircraft, limiting only those parameters that significantly affect the efficiency of the airline's operation. The result of the study is the fulfillment of the task of optimizing the aircraft model range for subsequent operation in the conditions of the Far North, the Arctic, Siberia and the Far East. The analytical materials obtained allow us to compare the expansion plan of the route air transport network and the calendar plan for the production of aviation equipment for the united Far Eastern airline based on the produced relationship chart between airlines and aircraft manufacturers.

Keywords: mathematical modeling methods, unified Far Eastern airline, model range optimization, unified consolidated order.

Введение

Обеспечение конкурентоспособности экономики страны на мировых глобальных рынках зависит в первую очередь от развития высокотехнологичных отраслей. Именно они являются ареной борьбы корпораций и предприятий разных стран, где конкуренция ведется средствами, оказывающими существенное влияние на экономическое процветание стран [Матюха, 2022]. Одной из таких высокотехнологичных отраслей является авиастроение, включающее в себя несколько ключевых наукоемких направлений, таких как двигателестроение, электроника, материаловедение, аэродинамика, химико-технологическое направление и др.

Целью статьи является решение научной задачи оптимизации модельного ряда ВС на основе представленной математической модели с разработкой системного научно-методического подхода к внешнему проектированию ВС, подразумевающей разделение задачи на две взаимосвязанные модели: параметрическую и операционную [Емельянова, 2009]. Показано, что использование параметрического моделирования номенклатуры ВС позволяет генерировать множество проектных вариантов ВС, ограничившись только теми параметрами, которые существенно влияют на эффективность функционирования авиакомпаний. Представленный в статье научно-методический подход с использованием математических методов оптимизации модельного ряда позволяет сформировать потенциальный рыночный заказ новых типов ВС, при котором разработчик номенклатуры ВС принимает решение о целесообразности производства предлагаемого типа ВС с учетом отпускной цены и себестоимости производства одного ВС. При этом, соотношение этих двух ключевых параметров является определяющим фактором при формировании планов Минпромторга Российской Федерации по расширению модельного ряда и увеличению количества самолетов гражданского сегмента в соотношении с располагаемыми производственными мощностями и ресурсами авиационной промышленности Российской Федерации, что в свою очередь определяет темпы обновления флота потенциальных эксплуатантов, в особенности авиакомпаний Дальнего Востока, формирующих флот единой дальневосточной авиакомпании. Исходя из этого, автором представлена блок-схема взаимодействия авиакомпаний с авиастроительной отраслью, включающей в себя собственно бизнес-модель как основу их деятельности (сетевая премиальная, бюджетная или комбинированная), назначение на маршруты и подбор оптимального типа ВС под сформированную маршрутную сеть, а также ценовое предложение от промышленности [Gorbunov, 2018].

Материалы и методы

В основе выполнения данного исследования автора лежат задачи выполнения проекта создания «Дальневосточная авиакомпания» во исполнение перечня поручений Президента Российской Федерации по итогам совещания с членами Правительства Российской Федерации от 14.01.2020 № Пр-36¹⁵.

Основными методами исследования являются теория математической статистики, математического моделирования транспортных процессов и методы нечетких множеств в условиях неопределенности.

В работе [Горбунов, 2023] были сформулированы основные аспекты создания единой дальневосточной авиакомпании через развитие единой маршрутной сети, флота и летно-эксплуатационной инфраструктуры дальневосточного региона. Выполнение данной задачи в полной мере может быть реализовано только при условии оптимизации парка воздушных судов методом оценки потребного количества самолетов отечественного производства через единый консолидированный заказ от всех авиакомпаний дальневосточного региона, используя математические методы моделирования и оптимизации.

На данный момент составлен реестр труднодоступных населенных пунктов, куда можно добраться только самолетом. Их соединят со столицами субъектов ДФО 535 региональными местными маршрутами. К 2025 году планируется увеличить пассажиропоток от 1 до 2 млн пассажиров за счет пополнения воздушного флота 45 отечественными самолетами [Горбунов, 2023].

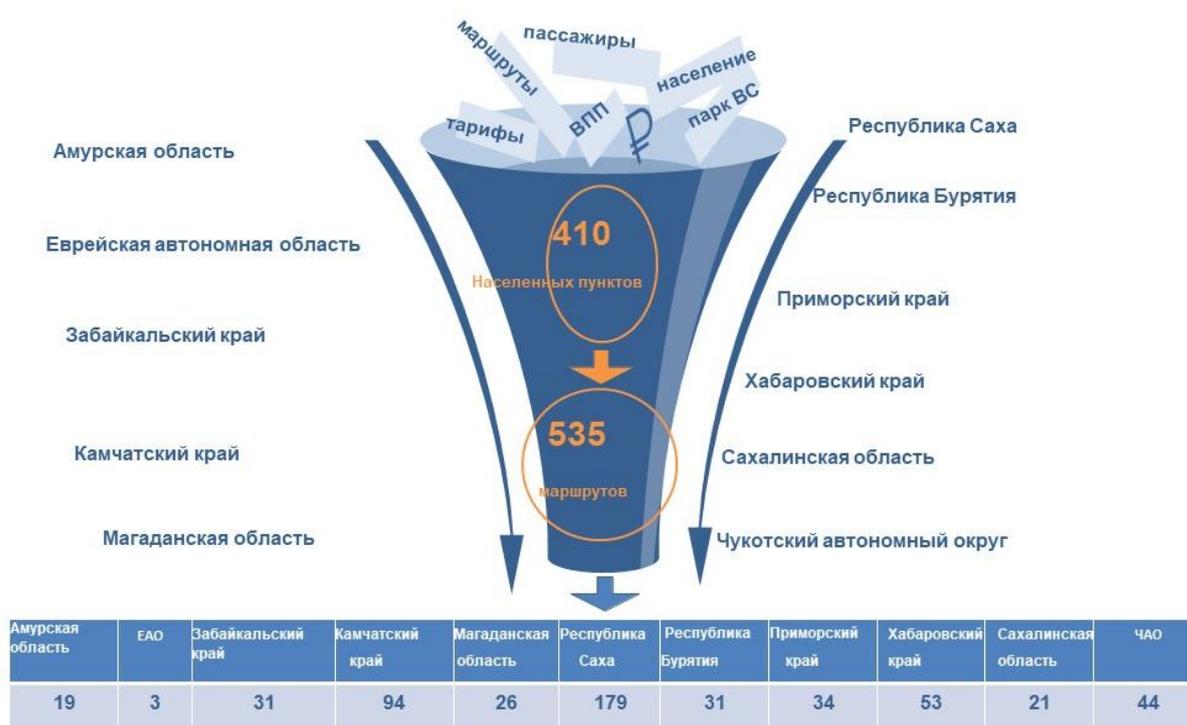


Рисунок 1 – Структура и принцип формирования маршрутной сети единой дальневосточной авиакомпании

Несмотря на созданные новые маршруты, единой дальневосточной авиакомпании предстоит проделать большую работу по оптимизации использования имеющегося и вновь производимого отечественного парка ВС. С 2020 года внедрена программа консолидации территорий страны субсидированными перевозками с задачей обеспечения их доступности,

¹⁵ Решения совещаний заместителей Председателя Правительства Российской Федерации в соответствии с протоколами от 21.02.2020 № АБ-П9-15пр, от 14.05.2020 №АБ-П9-4876, от 28.05.2020 № ЮТ-П9-33п, от 02.11.2020 № АБ-П9-219пр, от 28.12.2020 № АБ-П9-285пр.

особенно в Арктических районах Крайнего Севера, а также труднодоступных районах Дальнего Востока. До 2022 года было внедрено 20 новых маршрутов, а их общее количество в 2025 году будет составлять 1,5 тысячи. Для обеспечения комфортности пассажироперевозок воздушным транспортом, безусловно, потребуются новые ВС, которые будут произведены в Российской Федерации в рамках программ модернизации флота и импортозамещения.

Итак, по проекту разработана перспективная сеть из 535 маршрутов, которая позволит связать между собой 410 аэропортов и посадочных площадок в Дальневосточном федеральном округе, где 66 из указанных маршрутов являются межрегиональными, а 469 – местными (в пределах одного региона ДФО) [Что известно..., 2021]. Исходя из этого, в модели оптимизации модельного ряда ВС в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока должна учитываться не только новая номенклатура ВС, но и новая маршрутная сеть. При этом, в расчетную модель требуется вписать около 300 тысяч человек, которые должны ежегодно перевозиться на местных линиях, и около 1,7 миллиона – на межрегиональных.

Приоритет при формировании парка группы отдаётся самолётам отечественного производства. [Что известно..., 2021]. Планировалось, что первый вновь произведенный Sukhoi Superjet-100 пополнит парк Авроры уже в 2022 году. Однако, в условиях программы импортозамещения дальнейшее производство SSJ100 затруднено, так как двигатель SaM146 производился совместно компаниями Рыбинские Моторы и французской Snecma, специально созданным подразделением PowerJet, в то время как российский двигатель ПД-8 все еще проходит испытания. Кроме того, требуется замена на отечественные более 70% агрегатов и систем на самом ВС. Первый опытный экземпляр типа уже проходит испытания с максимальным составом оборудования отечественного производства. Выпуск отечественного варианта SSJ100New под новым брендовым обозначением КБ Яковлева Superjet SJ100New с двигателем ПД-8 планируется не ранее 2024 года.

Однако, по плану расширения авиапарка на Дальнем Востоке на первые 5 лет был утверждён план закупки 45 российских самолётов, в том числе SJ100 8 самолётов, с частотой поставки от 1 до 3 самолётов в год для пополнения парка авиакомпании «Аврора». Кроме того, в 2021 году планировалась закупка следующих ВС:

- Ил-114-300 – 19 самолётов (3 самолёта в 2023 году, по 8 самолётов – в 2024 и 2025) [Что известно..., 2021];
- Л410NG (модернизированная и локализованная версия Л-410) – 6 самолётов (поставки с 2022 года);
- ЛМС-901 «Байкал» – 12 самолётов (поставки с 2023 года) [Что известно..., 2021].

Авиакомпания «Якутия» до 2022 года имела договор о намерениях от 2019 года на поставку 10 Sukhoi Superjet-100 и 5 MC-21, подписанный на МАКС 2019 с непосредственным участием автора данной публикации как подписанта – генерального директора АО Авиакомпания «Якутия». Позже, учитывая потребность единой дальневосточной авиакомпании, заказ был увеличен до 19 самолётов с поставкой до 2024 года. Вместе с этим, ранее, авиакомпания «Хабаровские авиалинии» объявляла о готовности начать эксплуатацию 3-х Sukhoi Superjet-100. «Полярные авиалинии» выступили в качестве стартового заказчика на 3 самолёта Ил-114-300 с планом получения до 2029 года 23 ВС и 10 самолётов Л-610. Авиакомпания группы также заказали около 40 вертолётов Ми-8, Ми-117, Ка-62.

Дискуссия

Таким образом, весь планируемый парк ВС для потребностей Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока требует пересмотра ранее согласованных финансовых планов, а также разрыва отношений с западными производителями авиационной техники, двигателей, компонентов, авионики и отказа в их поставках. Так, в 2021-2025 гг. единой

дальневосточной авиакомпании (ДАК) планируется выделить более 50 млрд руб. из бюджета на субсидирование авиаперевозок по новым направлениям, следует из концепции развития авиакомпании. В 2021 году на «раскатку» новых маршрутов выделено 2,66 млрд руб., в 2022 г. – 7,5 млрд, в 2023 г. – 9,5 млрд, в 2024 г. – 13,9 млрд, в 2025 г. – 16,8 млрд. В эти объемы не входят действующие субсидии из бюджетов регионов Дальневосточного федерального округа (ДФО) в размере 4 млрд руб. ежегодно [Авроре светит..., 2021]. При этом планировалось, что до 2023 г. ожидаются поставки первых серийных новых российских самолетов «Байкал» и Ил-114-300¹⁶.

Нарастить пассажиропоток в регионе с 1,04 млн человек в 2021 г. до 2,03 млн в 2025 г. (в расчет шли местные, региональные и межрегиональные маршруты, без учета магистральных) планируется за счет более интенсивной эксплуатации самолетов парка и увеличения размера субсидии на одного пассажира [Лаженцев, 2018; Сценарии развития..., 2011].

Численность населения ДФО по состоянию на 1 января 2021 г. составляет около 8 млн человек. Однако, отток населения с Дальнего Востока продолжается и существует риск, что база пассажиров для местных перевозок в ДФО будет сокращаться. Занятость кресел на всех типах маршрутов в ДФО сохранится на текущем уровне и к 2025 г.: на местных линиях – всего 24%, на региональных линиях (из столицы региона в малый населенный пункт) – 40%, на межрегиональных рейсах – 62%, следует из самой концепции объединенного перевозчика [Горбунов, 2023].

В целом, имеется серьезный пробел в многоотраслевых, социальных и особенно научных исследованиях спроса на авиаперелеты на Дальнем Востоке по самой структуре спроса, объемов авиаперелетов, чтобы удовлетворить базовые потребности жителей ДФО. Эксперты прогнозируют, что 30–35% всех поездок будет приходиться на визиты в личных целях, например, в медицинские учреждения в региональных центрах. Большой спрос также приходится на поездки на отдых и в командировки¹⁷ [Tatarkin et al., 2017].

Сложность современных ВС не позволяет построить абсолютно совершенный алгоритм, с помощью которого можно было бы найти за приемлемое для практики время все параметры и характеристики новых типов ВС, которые интересуют нас, не опираясь на прототипы. Поэтому, учитывая последовательный характер приближения к оптимальной конструкции, целесообразно процесс проектирования номенклатуры ВС начинать с некоторого «хорошего» приближения (аналог бенчмаркинга). Такая задача стоит перед проектировщиком, когда необходимо создать модификацию существующей конструкции, то есть когда можно улучшить выбранный прототип путем частичных изменений.

Выполнение задачи оптимизации модельного ряда ВС для последующей эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока требует более детального анализа планов Минпромторга Российской Федерации по расширению модельного ряда и увеличению количества самолетов гражданского сегмента в соотношении с располагаемыми производственными мощностями и ресурсами авиационной промышленности Российской Федерации. Но в целом, такой подход на данном этапе позволяет сопоставить доступные аналитические материалы по расширению маршрутной авиатранспортной сети Дальнего Востока с календарным планом производства авиационной техники для единой дальневосточной авиакомпании, что отвечает задачам данного исследования автора.

¹⁶ Дальневосточной авиакомпании дадут 50 млрд рублей на «раскатку» новых маршрутов // [Электронный ресурс]. – 2021. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2021/04/12/865671-dalnevostochnoi-aviakompanii> (дата обращения: 05.11.2023).

¹⁷ Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 года № 1734-р) // [Электронный ресурс]. – 2008. URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?element_id=19188 (дата обращения: 15.12.2023).

Результаты

Значительную роль в оптимальном проектировании количества и номенклатуры ВС региона играют математические методы моделирования и оптимизации, которые успешно применяются для выбора наилучших в принятом смысле параметров и характеристик ВС или его подсистем на различных стадиях проектирования [Юданова, 2017; Möller, 2014; Ortúzar et al., 2011].

Предположим, что плановая номенклатура ВС зависит от η варьируемых параметров, которые будем считать точкой $\chi = (\chi_1, \dots, \chi_\eta)$ в η -мерном пространстве параметров.

Уравнения и неравенства:

$$F_m(\chi) \leq 0, m = 1, \dots, M, \dots, M, \chi \geq 0, \quad (1)$$

описывающие функционирование ВС, а также критерий оценивания $F_0(\chi)$ тоже зависят от χ . Задача оптимального проектирования номенклатуры ВС заключается в отыскании точки $\chi = \chi^*$ такой, что:

$$F_0(\chi^*) = \min F_0(\chi), \chi \in U, \quad (2)$$

или в определении, что такого значения χ , которого не существует для критерия оценки $F_0(\chi)$ на $\in U$ [Юн и др., 2012].

С точки зрения системного научно-методического подхода к внешнему проектированию ВС задача (1) разбивается на две взаимосвязанные модели: параметрическую и операционную, где в случае параметрического моделирования ВС используется модель, которая отражает взаимодействие некоторых доминирующих свойств ВС, которые количественно представлены в виде набора параметров $\chi = (\chi_1, \dots, \chi_\eta)$. При операционном моделировании как объект моделирования выступает непосредственно само воздушное судно. Поскольку проектируемое ВС рассматривается в совокупности с другими ВС, которые участвуют в авиатранспортных операциях, считается естественным назвать модели этого типа операционными. На параметрическом уровне генерируется некоторое конечное множество проектных вариантов ВС, из которых с помощью операционной модели формируется множество субоптимальных вариантов D [Юн и др., 2012]. Лучший проект будет соответствовать $\chi^* \in D$, учитывая при этом ряд дополнительных, как правило, параметров, которые не формализуются, и отношений на этапе предварительного проектирования [Мадера, 2014; Юн и др., 2012].

Для построения множества D можно также использовать статистические методы, морфологический метод, неформальные методы, которые основаны на методах нечетких множеств [Dhamodharavadhani et al., 2020; Magnello, 2009].

Операционная модель ВС отождествляется с целостным множеством ВС, связанных между собой взаимными отношениями. С помощью рассматриваемых соотношений модель объединяется в одно целое. С математической точки зрения это отношения типа неравенств, с физической – ограничения на ресурсы, функционирование и технологию выполнения транспортной операции [Курмангазиева и др., 2014, Юн и др., 2012, Lui, 1968].

Если кроме системы ограничений выбран критерий оценки оптимального варианта, проектируемого $P_{зто}$, операционную модель ВС можно записать в виде задачи математического программирования:

$$\min F_0(\chi_1, \dots, \chi_\eta) \quad (3)$$

при ограничениях

$$F_m(\chi_1, \dots, \chi_\eta) \leq 0, m = 1, \dots, M \quad (4)$$

$$\chi = (\chi_1, \dots, \chi_\eta) \in D, \quad (5)$$

где D – некоторая область η -мерного евклидова пространства, которая часто отождествляется с неотъемлемым октантом пространства E_η .

Тогда модель внешнего проектирования ВС (3) - (5) в развернутом виде можно записать как линейную форму:

$$TC_{AK} = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^a \sum_{i=1}^{m+p_t} \frac{1}{(1-e)^t} \{c_{ijt}q_{ijt} + c_{it}q_{it}^p - O_{it}^T\}, \quad (6)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} p_{ijt}q_{ijt} \geq d_{jt}, \quad j = \overline{1, a}; t = \overline{1, T}, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} v_{ijt}q_{ijt} \geq v_{jt}^*, \quad j = \overline{1, a_b}, a_b \leq a_t; t = \overline{1, T}, \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^a \varphi_j(q_{ijt}) \leq a_{it} + \sum_{\tau=1}^t \Theta_{it\tau} q_{it}^p, \quad i = \overline{1, m+p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^a r_{ij}q_{ijt} \leq R_{it}, \quad i = \overline{1, m+p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} \sum_{j=1}^{a_k} p_{ijt}q_{ijt} \leq B_n, \quad n = \overline{1, N}; t = \overline{1, T}, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} \sum_{j=1}^{a_n} q_{ijt} \leq S_n, \quad n = \overline{1, N}; t = \overline{1, T}, \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^{m+p_t} c_{it}q_{it}^p \leq K_t, \quad t = \overline{1, T}, \quad (13)$$

$$q_{ijt} \geq 0, \quad i = \overline{1, m+p_t}; j = \overline{1, a_t}; t = \overline{1, T}, \quad (14)$$

$$Y_{it} \geq q_{it}^p \geq 0, \quad i = \overline{1, m+p_t}; t = \overline{1, T}, \quad (15)$$

где p_t – количество новых типов ВС (в виде проектов), предлагаемых авиакомпаниям авиапромышленностью в t -м году.

Рассмотрим идею параметрического моделирования номенклатуры ВС, с помощью которого можно генерировать множество проектных вариантов ВС, ограничившись только теми параметрами, которые существенно влияют на эффективность функционирования авиакомпании.

Потенциальный рыночный заказ новых типов ВС сформируется в виде:

$$\sum_{t=1}^T q_{it}^{p*} = q_i^{p*}, \quad i = m+1, \dots, p_t. \quad (16)$$

В зависимости от заказа q_i^p любой разработчик номенклатуры ВС принимает решение о целесообразности производства предлагаемого типа ВС с учетом отпускной цены C_{it} и себестоимости производства одного ВС [Юн и др., 2012].

С другой стороны, авиакомпании также принимают решение о покупке того или иного типа ВС в необходимом ей количестве в зависимости от летно-технических характеристик ВС, его стоимости, стоимости поддержания летной годности и предполагаемых маршрутов в маршрутной сети авиакомпании [Магдин и др., 2019]. Этот итерационный процесс согласования цен и назначенных маршрутов, представленный на рис. 2, продолжается до тех пор, пока авиакомпании и авиапромышленность не придут к компромиссу.

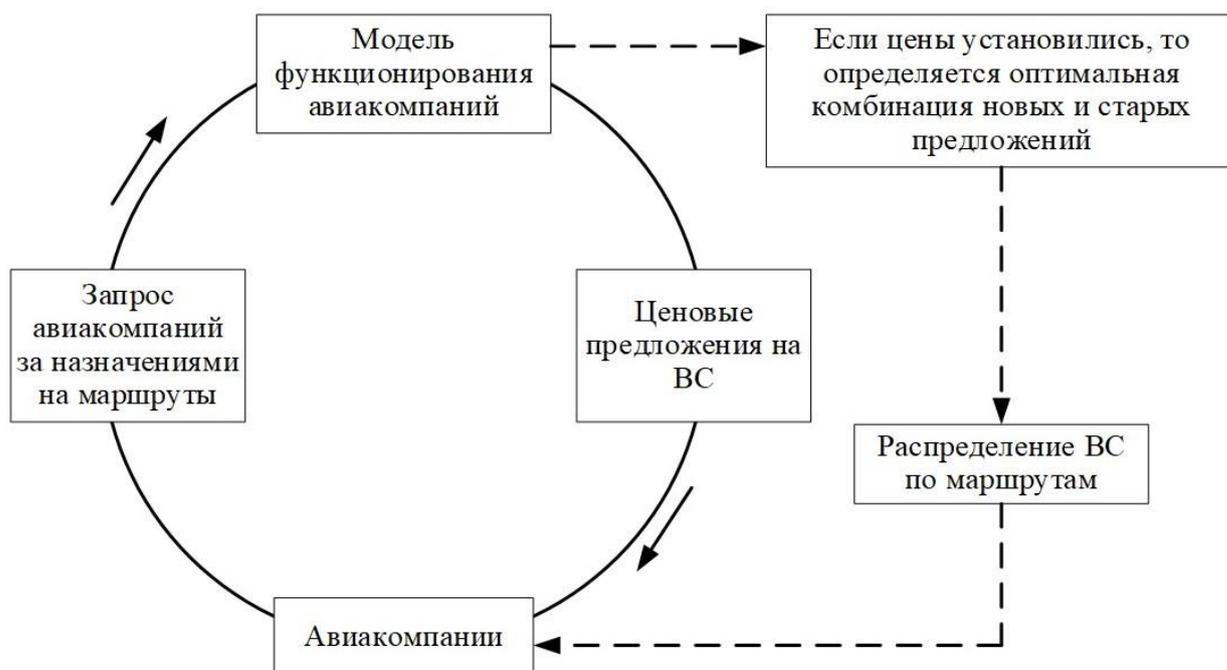


Рисунок 2 – Блок-схема взаимодействия авиакомпаний с авиастроительной отраслью

Заключение

Полученные результаты исследования позволяют сделать вывод, что с точки зрения системного научно-методического подхода с использованием математических методов моделирования к внешнему проектированию ВС с разделением задачи на две взаимосвязанные модели: параметрическую и операционную, в модели оптимизации модельного ряда ВС должны учитываться новый состав и структура парка ВС для условий Крайнего Севера, Арктики и Дальнего Востока.

Использование статистических методов, методов нечетких множеств в условиях неопределенности, где в случае параметрического моделирования ВС используется модель, отражающая взаимодействие доминирующих свойств ВС, позволяет определить оптимальный ряд наиболее важных для авиакомпаний параметров, являющихся наиболее критичными в процессе эксплуатации. В сочетании с операционным моделированием ВС как объекта моделирования данный научно-методический подход позволяет добиться максимального приближения к проектированию наиболее совершенного типа и оптимизации всей линейки ВС, удовлетворяющих максимальному количеству требований потенциальных эксплуатантов в составе создаваемой единой дальневосточной авиакомпании, в том числе климатические особенности регионов Арктики и Крайнего Севера. Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что автором достигнуты поставленные цели исследования по оптимизации модельного ряда воздушных судов при формировании состава и структуры парка ВС в рамках создания единой дальневосточной авиакомпании.

Библиографический список

- «Авроре» светит 50 млрд рублей // [Электронный ресурс]. – 2021. <https://konkurent.ru/article/37775/> / (дата обращения: 05.05.2024).
- Горбунов В. П. Основные аспекты создания единой дальневосточной авиакомпании через развитие единой маршрутной сети, флота и летно-эксплуатационной инфраструктуры дальневосточного региона // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2023. № 2. С. 44-62. DOI 10.51955/2312-1327_2023_2_44. EDN GJIVOF.
- Емельянова В. В. Имитационное моделирование систем / В. В. Емельянова, С. И. Ясиновский. М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 584 с.

Курмангазиева Л. Т. Разработка математических моделей и оптимизация химико-технологических систем при нечеткости исходной информации / Л. Т. Курмангазиева, Б. Б. Оразбаев // [Электронный ресурс]. – 2014. URL: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=258> (дата обращения: 10.12.2023).

Лажнецов В. Н. Социально-экономическое пространство и территориальное развитие Севера и Арктики России // Экономика региона. 2018. Т. 14, № 2. С. 353-365. DOI 10.17059/2018-2-2. EDN XYCGYH.

Магдин А. Г. Алгоритм целевого выбора воздушного судна / А. Г. Магдин, А. Д. Припадчев, А. А. Горбунов // Вестник Брянского государственного технического университета. 2019. № 10(83). С. 48–54. DOI 10.30987/article_5db95e85e569b8.29571093. EDN MKMKYZ.

Мадера А. Г. Интервально стохастическая неопределенность оценок в многокритериальных задачах принятия решений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2014. № 3. С. 105-115. EDN SMFXGZ.

Матюха С. В. Анализ влияния территориальных кластеров на комплексное развитие экономики регионов и их авиационную транспортную инфраструктуру // EurasiaScience: сборник статей XLIII международной научно-практической конференции, Москва, 15 февраля 2022 года / Научно-издательский центр «Актуальность.РФ». М.: Общество с ограниченной ответственностью «Актуальность.РФ», 2022. С. 189-193. EDN TGNUCX.

Сценарии развития Восточной Сибири и российского Дальнего Востока в контексте политической и экономической динамики Азиатско-Тихоокеанского региона до 2030 года: аналитический доклад / Фак. мировой политики МГУ им. М. В. Ломоносова [и др.]; науч. рук. А. А. Кокошин. М.: Едиториал УРСС, 2011. EDN QVEAEJ.

Что известно про единую дальневосточную авиакомпанию? / Летаем вместе // [Электронный ресурс]. – 2021. <https://dzen.ru/a/X-25RNGpBkHKatVN> (дата обращения: 18.05.2024).

Юданова В. В. Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. № 11. С. 141–150. DOI 10.24422/MCITO.2017.11.8167. EDN ZTWTJP.

Юн Г. Н. Системный подход к проектированию / Г. Н. Юн, К. В. Маринцева // Вісник інженерної академії України. 2012. № 2 // [Электронный ресурс]. 2012. – URL: www.irbis-nbuv.gov.ua (дата обращения: 21.11.2021).

Dhamodharavadhani S. Variable Selection Method for Regression Models Using Computational Intelligence Techniques / S. Dhamodharavadhani, R. Rathipriya // OCEM Journal of Management, Technology & Social Science. India: Periyar University, 2020. pp. 416–436.

Gorbunov V. P. The Principles and Methodology of Business Modeling // Качество и жизнь. 2018. № 2(18). P. 28-35. EDN WTHWQS.

Lui G. L. Introduction to the combinatorial mathematics / G. L. Lui. New York: McGraw Hill, 1968. 424 p. DOI 10.4018/978-1-5225-7900-7.ch002.

Magnello M. Karl Pearson and the Establishment of Mathematical Statistics. International Statistical Review. 2009. № 77(1). pp. 3-29.

Möller D. P. F. Introduction in transportation analysis, Modeling and Simulation. Computational Foundation and Multimodal application. London: Springer-Verlag, 2014. 343 p.

Ortúzar J. D. Modelling transport / J. D. Ortúzar, L. G. Willumsen. 4th ed. Chichester: John Wiley & sons, 2011. 608 p.

Tatarkin A. I. Socioeconomic problems in development of the Russian Arctic zone / A. I. Tatarkin, V. G. Loginov, E. A. Zakharchuk // Herald of the Russian Academy of Sciences. 2017. Vol. 87, No. 1. P. 12-21. DOI 10.1134/S101933161701004X. EDN YVHWEB.

References

"Aurora" is in for 50 billion rubles. Available at: <https://konkurent.ru/article/37775/> / (accessed 05 May 2024). (In Russian)

- Dhamodharavadhani S., Rathipriya R.* (2020). Variable Selection Method for Regression Models Using Computational Intelligence Techniques. *OCEM Journal of Management, Technology & Social Science*. 416-436.
- Emelyanova V. V., Yasinovsky S. I.* (2009). Simulation modeling of systems. Moscow: *Bauman MSTU*. 2009. 584 p. (In Russian)
- Gorbunov V. P.* (2018). Principles and methodology of business modeling. *Quality and Life*. 2: 28-35. (In Russian)
- Gorbunov V. P.* (2023). The main aspects of creating a unified Far Eastern airline through the development of a unified route network, fleet and flight operational infrastructure of the Far Eastern region. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 2: 44-62. (In Russian)
- Kurmangazieva L. T., Orazbaev B. B.* (2014). Development of mathematical models and optimization of chemical-technological systems with unclear initial information. Available at: <https://monographies.ru/ru/book/view?id=258> (accessed 10 December 2023). (in Russian)
- Lazhentsev V. N.* (2018). Socio-economic space and territorial development of the North and Arctic of Russia. *Economics of the region*. 14(2): 353-365. (In Russian)
- Lui G. L.* (1968). Introduction to the combinatorial mathematics. New York: *McGraw Hill*, 1968. 424 p. DOI: 10.4018/978-1-5225-7900-7.ch002.
- Madera A. G.* (2014). Interval stochastic uncertainty of estimates in multicriteria decision-making problems. *Artificial intelligence and decision making*. 3: 105–115. (In Russian)
- Magdin A. G., Pripadchev A. D., Gorbunov A. A.* (2019). Algorithm for target selection of aircraft. *Bulletin of the Bryansk State Technical University*. 10(83): 48-54. (In Russian)
- Magnello M.* Karl Pearson and the Establishment of Mathematical Statistics. *International Statistical Review*. 2009. 77(1): 3–29. DOI 10.1111/j.1751-5823.2009.00073.x.
- Matyukha S. V.* (2022). Analysis of the influence of territorial clusters on the integrated development of regional economies and their aviation transport infrastructure. *EurasiaScience*. 189-193. (In Russian)
- Möller D. P. F.* (2014). Introduction in transportation analysis, Modeling and Simulation. Computational Foundation and Multimodal application. London: *Springer-Verlag*, 2014. 343 p.
- Ortúzar J. D., Willumsen L. G.* (2011). Modelling transport. 4th ed. Chichester: *John Wiley & sons*, 2011. 608 p.
- Scenarios for the development of Eastern Siberia and the Russian Far East in the context of the political and economic dynamics of the Asia-Pacific region until 2030: Analytical report. 2011. pp. 109-120. (In Russian)
- Tatarkin A. I., Loginov V. G., Zakharchuk E. A.* (2017). Socio-economic problems of development of the Arctic zone of Russia. *Vestnik RAS*. 87(1): 12-21. DOI 10.1134/S101933161701004X.
- What is known about the united Far Eastern airline? / Let's fly together. Available at: <https://dzen.ru/a/X-25RNGpBkHKatVN> (accessed 18 May 2024). (In Russian)
- Yudanova V. V.* (2017). Optimization of business processes in the service sector using simulation modeling methods. *Scientific and methodological electronic journal «Concept»*. 11: 141-150. (In Russian)
- Yun G. N., Marintseva K. V.* (2012). A systematic approach to design. *Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine № 2*. Available at: www.irbis-nbuv.gov.ua. (accessed 21 November 2021). (In Russian)

УДК 656.015

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_144

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАРКОВОЧНОЙ ЗОНЫ ПРИВОКЗАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ АЭРОПОРТА

*Алёна Александровна Вишнякова,
orcid.org/0000-0002-9938-6489,*

кандидат социологических наук

*Московский государственный технический университет
гражданской авиации (Иркутский филиал),*

ул. Коммунаров, 3

Иркутск, 664047, Россия

metodist_if@mail.ru

Аннотация. Анализ современного состояния транспортной инфраструктуры городов, а также научные исследования в области управления процессами перевозок показывают высокую актуальность данного направления, связанного с планированием, организацией и управлением транспортными потоками. Одним из вопросов, представляющих интерес для изучения в рамках данного научного направления, является вопрос эксплуатации парковочных зон привокзальной площади аэропорта. В данной статье приведена практика эксплуатации парковочной зоны привокзальной площади регионального аэропорта, выявлены существующие проблемы паркинга, проведена оценка эффективности использования парковочной зоны на привокзальной площади, разработаны предложения по повышению эффективности использования парковочной зоны на привокзальной площади аэропорта.

Ключевые слова: аэропорт, аэровокзал, привокзальная площадь аэропорта, въезд, выезд, контрольный пункт, парковка, очередь, парковочное место, перегруженность, теория массового обслуживания.

INCREASE OF EFFICIENT USE OF THE AIRPORT LANDSIDE PARKING AREA

Alena A. Vishniakova,

orcid.org/0000-0002-9938-6489,

Candidate of Sociological Sciences

Moscow State Technical University

of Civil Aviation (Irkutsk Branch),

3, Kommunarov

Irkutsk, 664047, Russia

metodist_if@mail.ru

Abstract. Analysis of current state of the transport infrastructure of cities as well as scientific studies in the field of transportation management demonstrate high relevance of the research line related to the planning, organization and management of transport flows. Operation of airport landside parking areas is one of issues of interest for this research line. The author analyzes operating practice of a regional airport landside parking area, reveals the current problems of parking, estimates the efficiency of using the landside parking area and develops proposals for enhancing the efficient use of the airport landside parking area.

Key words: airport, terminal building, landside, entrance, exit, checkpoint, parking, queue, parking spot, congestion, queuing theory.

Введение

Парковка аэропорта призвана, прежде всего, обеспечить удобное расположение и быстрый доступ к зданию аэровокзала, а также удовлетворить клиентов в сохранности их транспортного средства.

Возможности парковочной зоны привокзальной площади аэропорта зависят от пассажиропотока, современных требований безопасности, режима работы, технической оснащённости, схемы организации парковочного пространства и других показателей работы аэропорта.

По результатам научных исследований пользовательская клиентура парковочной зоны привокзальной площади аэропорта представлена следующим образом [Международная практика..., 2019]:

1) по типу автомобиля: легковые автомобили, автобусы, микроавтобусы, спецтехника;

2) по времени нахождения на паркинге: длительное и краткосрочное пребывание;

3) согласно цели нахождения: посетители и персонал аэропорта, посетители и персонал близлежащих торговых точек/комплексов, городские жители.

Что касается парковочных пространств аэропорта, то наиболее распространённой считается следующая типология:

- 1-я линия привокзальной площади (общественный транспорт, такси);
- 2-я линия – kiss&go;
- почасовая парковка;
- суточная парковка;
- VIP-парковка;
- парковка для сотрудников;
- парковка для контрагентов;
- парковка для предварительного бронирования;
- Low cost парковка;
- накопитель для такси;
- парковка грузового терминала [Международная практика..., 2019].

Следует отметить, что представленная типология парковочного пространства влияет на стоимость паркинга на привокзальной площади аэропорта.

В рамках данного исследования весьма интересным становится вопрос об автодоступности российских аэропортов. Данный вопрос исследуется, но остается малоизученным.

Российскими исследователями широко изучаются вопросы создания единого парковочного пространства для повышения безопасности и эффективности эксплуатации транспортных средств [Устинова, 2015].

В некоторых работах делаются выводы о том, что с увеличением количества автомобилей возникает потребность в создании новых парковочных мест [Щеглова и др., 2017].

Зарубежные исследователи, изучая транспортное поведение жителей крупных мегаполисов, приходят к заключению, что увеличение парковочных мест приведет к еще большему притоку машин и, как следствие, к дальнейшему увеличению площади дорожного покрытия, превращая города в огромные паркинги [Fickling et al., 2018; On-street..., 2016].

Следует отметить, что результаты некоторых проводимых исследований основываются на данных прикладных разработок, а именно проводимых опросов, наблюдений, сборе информации, анкетировании. К одной из таких работ можно отнести исследование, проведенное в конце 2023 года Ассоциацией Туроператоров (АТОР). В таблице 1 представлены результаты проведенного исследования.

Таблица 1 – «Транспортно-парковочный рейтинг» крупнейших аэропортов России [Вязгина и др., 2018]

НОМИНАЦИЯ ТРАНСПОРТНО-ПАРКОВОЧНОГО РЕЙТИНГА	АЭРОПОРТ
Самая бюджетная парковка (столичный аэропорт)	Внуково, Московский авиационный узел
Самая бюджетная парковка (региональный аэропорт)	Казань, г. Казань
Самая «понятная» парковка	Шереметьево, Московский авиационный узел
Самая безальтернативная парковка («перехватывающая парковка»)	Пулково, г. Санкт-Петербург Жуковский, г. Москва
Самая гибкая тарификация (посуточная парковка)	Толмачево, г. Новосибирск
Самая дорогая почасовая VIP-парковка	Шереметьево, Московский авиационный узел
Самая дорогая суточная VIP-парковка	Домодедово, Московский авиационный узел
Удобная тарификация для пассажиров (по неделям)	Кольцово, г. Екатеринбург
Самый «интермодальный аэропорт»	Сочи, г. Сочи

Что касается вопросов эксплуатации парковочного пространства, то основную проблему при эксплуатации парковки составляют очереди и заторы (из транспортных средств), следствием чего является увеличение времени пребывания на парковке, снижение ее пропускной способности, опозданий пассажиров на рейс.

В одной из работ отмечено, что из-за нехватки парковочных мест нередко водители оставляют автомобили на краю проезжей части, тем самым уменьшая пропускную способность дороги. Кроме того, отмечается, что эффективность эксплуатации парковки зависит от стоимости стоянки, от

временного интервала процесса парковки, а также от уровня безопасности и сервиса (обслуживания) [Смышляева и др., 2021].

Материалы и методы

Данное исследование основывалось на применении методов теории массового обслуживания.

Следует отметить, что методология теории массового обслуживания широко используется в научных исследованиях, посвященных разной проблематике.

Например, рассматриваются вопросы, касающиеся принятия управленческих решений с использованием теории массового обслуживания [Аверина и др., 2018], исследуются вопросы применения теории системы массового обслуживания в повышении эффективности эксплуатации международных автомобильных коридоров [Балгабеков и др., 2015], анализируются математические модели расчета интервалов следования в главных потоках для преобладающих дорожных условий Российской Федерации [Михайлов и др., 2020], рассматриваются открытые и замкнутые системы массового обслуживания, используемые в производственных процессах авиационной промышленности [Ильина и др., 2018], решаются задачи при проектировании и строительстве аэропортовой инфраструктуры [Попов и др., 2023], разрабатываются прикладные решения (на основе применения программных сред), такие как процесс доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта [Свищунова и др., 2021].

В представленной работе для оценки эффективности использования парковочной зоны на привокзальной площади аэропорта использовался математический аппарат теории массового обслуживания. Апробация прошла на примере конкретного авиапредприятия – АО «Международный Аэропорт Иркутск». Применение данного метода позволило получить характеристики, выявляющие с высокой степенью точности узкие места парковочного процесса исследуемого предприятия.

Дискуссия

На сегодняшний день увеличивается количество пользователей инфраструктуры воздушного транспорта, российские аэропорты показывают положительную динамику показателей работы. В частности, исследуемый аэропорт подтверждает этот факт – по итогам 2023 года пассажиропоток достиг максимального уровня и вышел на отметку в 3,8 миллионов обслуженных пассажиров.

На территории исследуемого аэропорта действуют две автомобильные парковки общей емкостью, рассчитанной на 154 места. На территории парковки организована зона въезда на 2 потока автотранспорта (2 пункта контроля) и две зоны выезда на 2 и 4 потока (6 пунктов контроля). Данные зоны представляют собой автоматизированную парковочную систему, включающую в себя: въездные стойки выдачи паркинг-карт, шлагбаумы, терминалы оплаты, программное обеспечение [Проезд..., б.г.].

Единые правила организации, эксплуатации и пользования парковочными местами на территории привокзальной площади определены Стандартом организации ИСМ ПЛ 4.5.02.04-22 «Положение о предоставлении услуг парковки транспортных средств на привокзальной площади аэропорта».

Движение транспорта осуществляется согласно схеме движения на территории парковки. Схема движения представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема движения на территории парковочной зоны исследуемого аэропорта

В ходе эксплуатации парковки периодически возникают заторы, в основном по причине неудачной геолокации заезда и выезда (заезд посередине образует затор из заезжающих и выезжающих автомобилей). В целом, расположение выездов и заездов на парковке аэропорта представляет собой Т-образный перекресток.

Согласно схеме, представленной на рисунке 2, видно, что модель Т-образного перекрестка влечет за собой появление второстепенного потока на въезде на парковку.

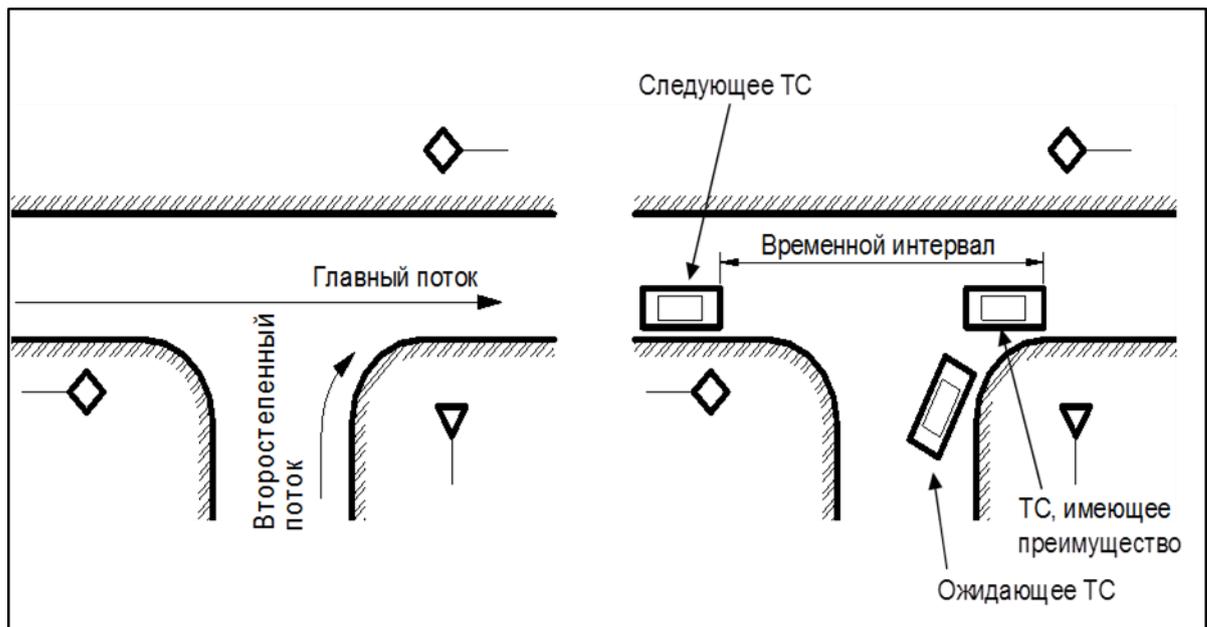


Рисунок 2 – Схема движения транспортного средства при въезде на парковку в условиях Т-образного перекрестка

В работе произведены расчеты, позволившие проанализировать обслуживание контрольных пунктов въезда и выезда. Исходными данными послужили:

- 1) среднее количество автомобилей за сутки (лето – 3860, зима – 3200);
- 2) среднее количество автомобилей за пиковый период с 06:00 до 12:00 (1393 автомобиля);
- 3) средняя продолжительность паркования (30 минут);
- 4) число прибывших пассажиров за сутки (4828 человека).

Данные были взяты с максимальным приближением к точности, но также будет присутствовать небольшая погрешность, которая зависит от различных факторов загруженности рейсов и автостоянок. Число прибывших пассажиров гарантирует точное количество человек, вошедших в аэровокзал. Количество прибывших человек было рассчитано из количества рейсов за одни сутки – 45 рейсов, учитывались типы воздушных судов со средней загрузкой мест 80%.

На основании данных о средней продолжительности паркования, без учета резервирования мест для сотрудников, произведен расчет потребного числа парковочных мест.

Исходя из полученного расчета, парковка исследуемого аэропорта предполагает 222 парковочных места. При доле посетителей парковочной зоны, равной 100% (полная загрузка парковки), требуемое количество парковочных мест будет равным 281. На сегодняшний день парковочное пространство включает в себя две автомобильные парковки общей емкостью 154 места [Проезд..., б.г.].

Далее в работе рассчитаны следующие показатели:

- 1) интенсивность нагрузки канала;
- 2) вероятность простоя на обслуживающих местах;

- 3) вероятность образования очереди перед обслуживающим местом;
 - 4) среднее число заявок, находящихся в очереди;
 - 5) среднее время ожидания в очереди;
 - 6) среднее число заявок в системе;
 - 7) среднее время нахождения в системе.
- Расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели эксплуатации парковочной зоны привокзальной площади аэропорта (по пунктам выезда и въезда)

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКОВОЧНОЙ ЗОНЫ ПРИВОКЗАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ АЭРОПОРТА	РАСЧЕТЫ	
	КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ ВЫЕЗДА	КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ ВЪЕЗДА
интенсивность нагрузки канала	2,44	3,7
вероятность простоя на обслуживающих местах	0,023	0,09
вероятность образования очереди	0,13	1,48
число заявок, находящихся в очереди	0,33	6,75
время ожидания в очереди	0,04	0,91
число заявок в системе	4,03	9,19
время нахождения в системе	0,54	1,21

Анализ проведенных расчетов:

1. Интенсивность нагрузки канала у пунктов выезда выше, чем на пунктах въезда. Это, в свою очередь, обуславливает достаточное количество пунктов контроля выезда на автостоянке аэропорта. Очередь не будет возрастать до бесконечности при $\rho > n$. Исходя из количества пунктов контроля, найдем характеристики обслуживания при $n=6$ (для пунктов выезда) и при $n=2$ (для пунктов въезда).

2. Вероятность простоя на пунктах выезда и пунктах заезда незначительно мала, а небольшая разница вероятностей простоя между пунктами не несет в себе большого значения.

3. Вероятность образования очереди на пунктах выезда составляет 13%, что говорит о малой задержке. В то время как вероятность образования очереди на пунктах въезда составляет 148%, что говорит о крайне высокой задержке и образовании затора.

4. Число заявок, находящихся в очереди, проецирует количество автомобилей, ожидающих обслуживание на пунктах контроля. На пунктах выезда, практически, не образуется очередь. На пунктах въезда, в среднем, ожидает 7 транспортных средств пассажиров, встречающих и провожающих. Это говорит о недостаточном количестве пунктов въезда.

5. Среднее время ожидания в очереди на выезде составляет 2,4 секунды, на въезде 54,6 секунд.

6. Среднее число заявок в системе означает совокупность автомобилей, которые уже обслуживаются на пунктах контроля, и автомобилей, ожидающих в очереди. На пункты выезда, в среднем, приходится 4 автомобиля, а на пункты въезда 9 транспортных средств, что говорит об увеличении времени обслуживания.

7. В системе выезда автомобили находятся 32,4 секунды, в системе въезда 74,4 секунды. Соответственно, на пунктах въезда водители тратят, в среднем, 20 секунд на обслуживание и около минуты на ожидание. На пунктах выезда водители транспортных средств тратят время только на обслуживание, что составляет порядка 30 секунд.

Наглядно расчет основных показательных характеристик системы прохождения пунктов контроля парковки аэропорта на выезде и въезде представлен на рисунке 3. Рисунок позволит визуально оценить разницу производительной деятельности между пунктами.

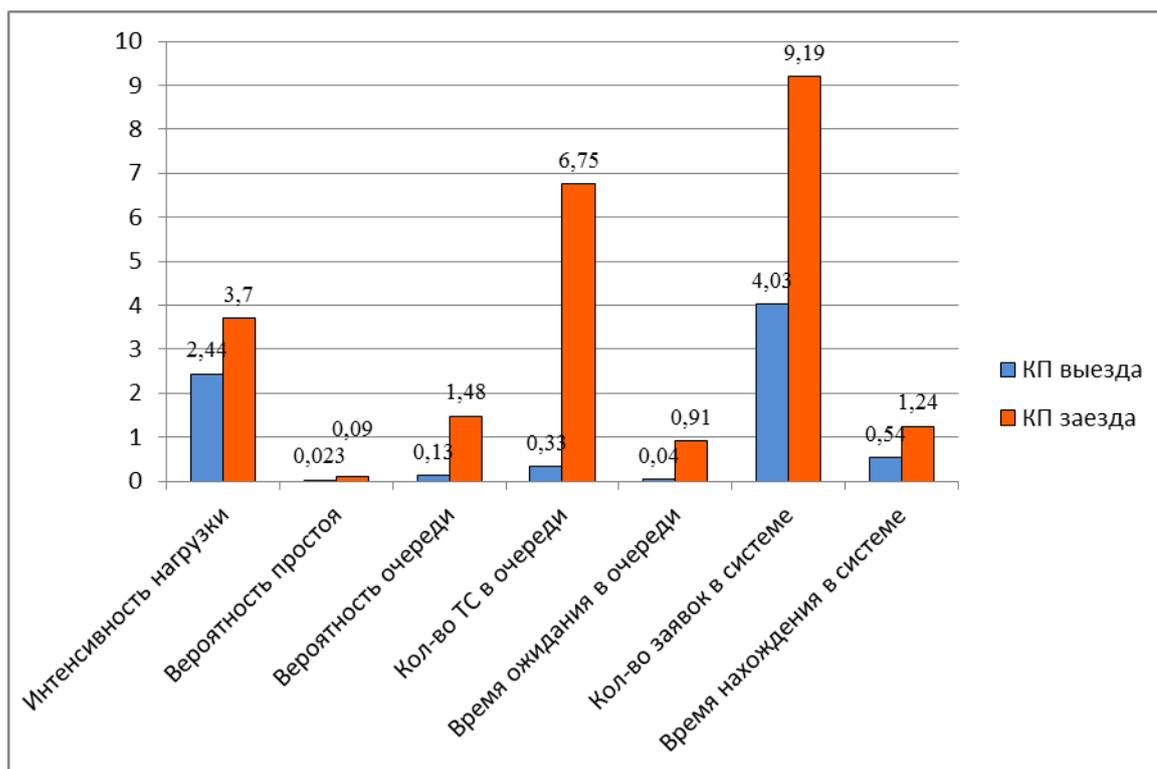


Рисунок 3 – Показатели эксплуатации парковочной зоны привокзальной площади исследуемого аэропорта (по пунктам выезда и въезда)

Из рисунка 3 следует, что интенсивность нагрузки пунктов выезда выше, чем интенсивность нагрузки пунктов въезда на 51,64%. Соответственно, вероятность простоя на пунктах въезда незначительно выше. Также есть значительная разница в очереди, на заезде образуются заторы, состоящие в среднем из семи машин, время ожидания которых составляет 54,6 секунд. Число автомобилей, находящихся в обслуживании и в очереди (количество заявок), также превышает: 4 транспортных средства на выезде и 9 на въезде, что свидетельствует об увеличении времени нахождения в системе.

Результаты

Как показало исследование, проблемой парковочной зоны исследуемого аэропорта являются задержки (увеличение времени нахождения в системе) при въезде на автостоянку.

Задача в устранении данной проблемы и, следовательно, повышении эффективности использования парковочной зоны привокзальной площади аэропорта состоит в сокращении времени ожидания в очереди.

Так как значительная нагрузка лежит на пунктах контроля въезда, то будет целесообразным добавить в эксплуатацию дополнительные пункты, а именно предлагается увеличить количество пунктов контроля въезда с двух до четырех. Произведенные расчеты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчеты проектного решения по показателям эксплуатации парковочной зоны привокзальной площади аэропорта

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАРКОВОЧНОЙ ЗОНЫ ПРИВОКЗАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ АЭРОПОРТА	РАСЧЕТЫ		
	КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ ВЪЕЗДА БАЗОВЫЙ 2 КП	КОНТРОЛЬНЫЙ ПУНКТ ВЪЕЗДА ПРОЕКТНЫЙ 4 КП	ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ, %
интенсивность нагрузки канала	3,7	2,44	-65,9
вероятность простоя на обсуживающих местах	0,09	0,09	0
вероятность образования очереди	1,48	0,2	-13,5
число заявок в очереди	6,75	0,2	-2,9
время ожидания в очереди	0,91	0,02	-2,2
число заявок в системе	9,19	2,64	-28,7
время нахождения в системе	1,24	0,35	-28,2

Визуальное сравнение базовых и проектных характеристик представлено на рисунке 4.

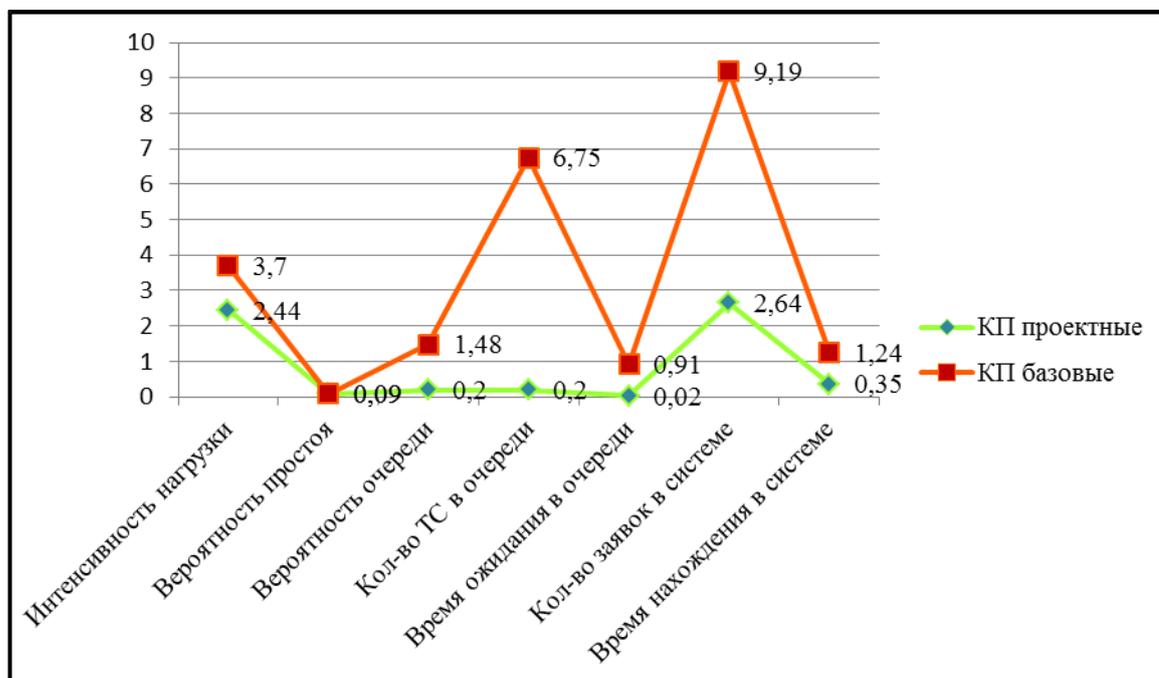


Рисунок 4 – Сравнение базовых и проектных характеристик пунктов контроля въезда

Увеличение пунктов контроля въезда на автостоянку позволило сократить интенсивность нагрузки, вероятность образования очереди, количество автомобилей в очередях и соответственно сократить время ожидания в очереди до 1,2 секунды.

Кроме увеличения количества контрольных пунктов въезда предлагается рассмотреть вопрос об изменении месторасположения этих пунктов (рисунок 5).

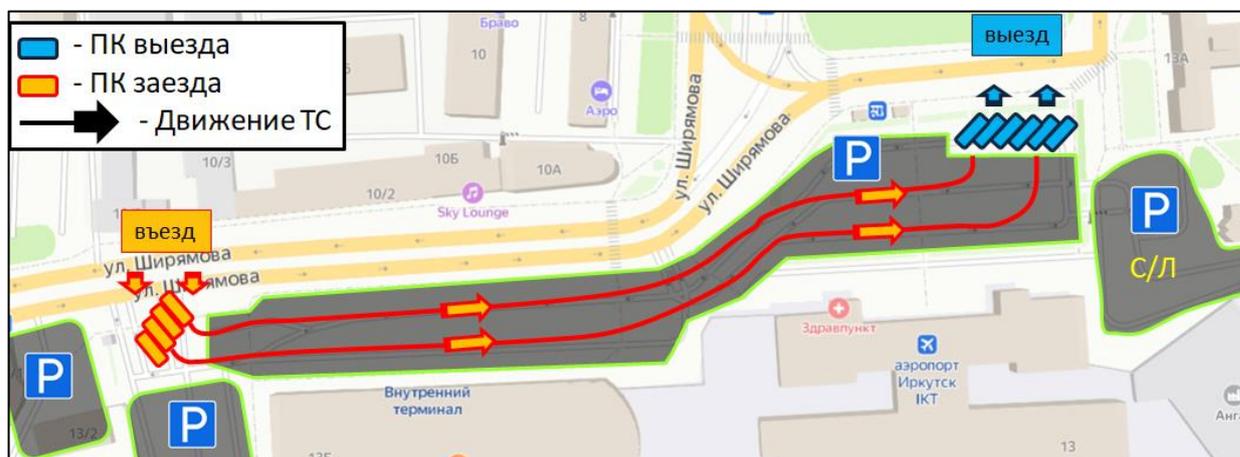


Рисунок 5 – Проектное расположение пунктов контроля въезда парковочной зоны исследуемого аэропорта

Предложенное техническое решение позволит обеспечить более удобный беспрепятственный въезд, а также снизить задержку транзитных транспортных средств (за счет сокращения времени ожидания на перекрестке). Новое расположение несет за собой сокращение небольшой доли площади парковки, но это компенсируется освобождением новой территории (с базового варианта расположения) и, соответственно, добавлением новых парковочных мест.

Заключение

Один из ключевых выводов состоит в том, что в управлении перевозками можно применять различные способы, в том числе использовать модели и методы теории массового обслуживания. Как показало исследование, грамотные организация и управление парковочным пространством территории аэропорта позволят повысить эффективность использования парковочной зоны привокзальной площади, увеличить прибыль, уменьшить затраты на обслуживание парковки, правильно сформировать тарифную сетку и тем самым улучшить качество обслуживания пользователей объектов инфраструктуры транспорта.

Результаты исследования могут иметь практическую значимость при проектировании, строительстве, реконструкции аэропортовой инфраструктуры, могут быть применены на практике исследуемого предприятия, а также послужить отправной точкой для дальнейших

исследований в области планирования, организации и управления транспортными потоками.

Библиографический список

Аверина Т. А. Принятие решений с использованием теории массового обслуживания / Т. А. Аверина, М. В. Жегульская // Социофизика и социоинженерия'2018: труды второй Всероссийской междисциплинарной конференции, Москва, 23–25 мая 2018 года / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2018. С. 131-132. EDN XYEQFV.

Балгабеков Т. К. Применение теории системы массового обслуживания в повышении эффективности эксплуатации международных автомобильных коридоров / Т. К. Балгабеков, А. Б. Оразалина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 3-3. С. 411-414. EDN TNZKZR.

Вязгина В. П. Основные проблемы и перспективы развития паркинга в крупных городах / В. П. Вязгина, П. А. Смолин // Экологические проблемы и пути их решения: естественнонаучные и социокультурные аспекты: сборник статей по материалам V Молодежной межрегиональной научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов, Нижний Новгород, 21 ноября 2018 года / Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. Нижний Новгород: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина», 2018. С. 34-35. EDN YSMONV.

Ильина Т. В. Математическое моделирование производственных процессов, представляемых однофазными системами массового обслуживания / Т. В. Ильина, В. С. Мамонова // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Материалы докладов, Казань, 08–10 августа 2018 года. Том 2. Казань: Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева, 2018. С. 612-618. EDN CQKWCA.

Международная практика логистических решений парковочного пространства мегаполисов: сравнительный анализ / А. В. Шишкин, А. А. Мешков, О. В. Сагинова, Е. В. Трохова // Международная торговля и торговая политика. 2019. № 4(20). С. 65-75. DOI 10.21686/2410-7395-2019-4-65-75. EDN VUDAYN.

Михайлов А. Ю. Анализ математических моделей расчета интервалов следования в главных потоках для преобладающих дорожных условий Российской Федерации / А. Ю. Михайлов, Е. Л. Попова // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17, № 6(76). С. 714-725. DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-6-714-725. EDN RYONPR.

Попов В. А. Применение технологий информационного моделирования в проектировании и строительстве аэропортовой инфраструктуры / В. А. Попов, А. В. Павловец, Н. В. Павловец // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2023. № S1(35-1). С. 134-138. EDN NQSCZI.

Проезд и парковка / Официальный сайт АО «Международный Аэропорт Иркутск» [Электронный ресурс]. – URL: <https://iktport.ru/ru/passengers/route.html> (дата обращения: 12.09.2024).

Свиштунова А. С. Имитационная модель процесса доставки пассажиров от паркинга до терминала аэропорта на основе агентного подхода / А. С. Свиштунова, Д. С. Хасанов, Д. М. Кравец // Десятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности «Имитационное моделирование. Теория и практика» (ИММОД-2021): Труды конференции (электронное издание), Санкт-Петербург, 20–22 октября 2021 года / Редакторы

- Плотников А.М., Долматов М.А., Смирнова Е.П. Санкт-Петербург: АО «Центр технологии судостроения и судоремонта», 2021. С. 377-381. EDN KNNFON.
- Смышляева А. А. Проблема парковок: зарубежный опыт и состояние в России / А. А. Смышляева, К. М. Резникова, Д. В. Савченко // Отходы и ресурсы. 2021. Т. 8, № 1. С. 5. DOI 10.15862/05INOR121. EDN RCSSTK.
- Устинова М. А. Повышение безопасности и эффективности эксплуатации автомобильного транспорта путем создания единого городского парковочного пространства // Архитектура, строительство, транспорт : материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»), Омск, 02–03 декабря 2015 года. Омск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)", 2015. С. 934-938. EDN VMRXGZ.
- Щеглова В. Д. Паркинг – решение проблем с недостаточным количеством парковочных мест / В. Д. Щеглова, А. А. Шишков // Перспективы развития науки и образования: Сборник научных трудов по материалам XXIV международной научно-практической конференции, Москва, 28 декабря 2017 года / Под общей редакцией А.В. Туголукова. М.: Индивидуальный предприниматель Туголуков Александр Валерьевич, 2017. С. 210-212. EDN XSXPHB.
- Fickling D. The Future of Transport Is the Future of Cities / D. Fickling, E. He // [Электронный ресурс]. – 2018. URL: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2018-11-06/polluted-megacities-push-transport-s-future-to-ward-the-rails> (дата обращения: 04.09.2024).
- On-street Parking Management. An international Toolkit [Электронный ресурс]. – 2016. URL: https://sutp.org/files/contents/documents/resources/B_Technical-Documents/GIZ_SUTP_TD14_On_Street_Parking_Management_en.pdf (дата обращения: 10.09.2024).

References

- Access and Driving / Official site of «International Irkutsk Airport» Available at: <https://iktport.ru/ru/passengers/route.html> (accessed 12 September 2024) (in Russian).
- Averina T. A., Zhagul'skaya M. V. (2018). Decision Making Using Queuing Theory. *Social physics and social engineering'2018: trudy vtoroj Vserossijskoj mezhdisciplinarnoj konferencii*, Moscow, May 23–25 2018 / Institut problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova RAN; Moskovskij gosudarstvennyj universitet imeni M.V. Lomonosova. M.: Institut problem upravlenija im. V.A. Trapeznikova RAN. 131-132. EDN XYEQFV. (in Russian)
- Balgabekov T. K., Orazalina A. B. (2015). Application of the queuing theory in improving the efficiency of operation of international highway corridors. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. 3-3: 411-414. EDN TNZKZR. (in Russian)
- Fickling D., He E. (2018). The Future of Transport Is the Future of Cities. Available at: <https://www.bloomberg.com/opinion/articles/2018-11-06/polluted-megacities-push-transport-s-future-to-ward-the-rails> (accessed 04 September 2024).
- Il'ina T. V., Mamonova V. S. (2018). Mathematical modeling of production processes represented by single-phase queuing systems. *New technologies, materials and equipment for the Russian aerospace industry: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Proceedings, Kazan, August 08–10 2018. V. 2. Kazan: Kazan State technical University named after Tupolev, 2018. P. 612-618. EDN CQKWCA. (in Russian)
- Mihaylov A. Ju., Popova E. L. (2020). Analysis of mathematical models for calculating intervals in main flows for prevailing road conditions in the Russian Federation. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*. 17-6(76): 714-725. DOI 10.26518/2071-7296-2020-17-6-714-725. EDN RYOHPR. (in Russian)
- On-street Parking Management. An international Toolkit (2016). Available at: https://sutp.org/files/contents/documents/resources/B_Technical-

Documents/GIZ_SUTP_TD14_On_Street_Parking_Management_en.pdf (accessed 10 September 2024).

Popov V. A., Pavlovets A. V., Pavlovets N. V. (2023). Application of information modeling technologies in the design and construction of airport infrastructure. *Intelligent technologies in transport*. S1(35-1): 134-138. EDN NQSCZI. (in Russian)

Shheglola V. D., Shishkov A. A. (2017). Parking as a solution to the problem of insufficient parking spaces. *Perspektivy razvitiya nauki i obrazovanija: Sbornik nauchnyh trudov po materialam XXIV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*, Moscow, December 28, 2017 / ed. by A.V. Tugolukov. M.: Individual'nyj predprinimatel' Tugolukov Aleksandr Valer'evich, 2017. P. 210-212. EDN XSXPHB. (in Russian)

Shishkin A. V., Meshkov A. A., Saginova O. V., Trohova E. V. (2019). International practice of logistics solutions for parking space in megacities: a comparative analysis. *Mezhdunarodnaja trgovlja i trgovaja politika*. 4(20): 65-75. DOI 10.21686/2410-7395-2019-4-65-75. EDN VUDAYN. (in Russian)

Smyshljaeva A. A., Reznikova K. M., Savchenko D. V. (2021). The Parking Problem: Foreign Experience and the State of Things in Russia. *Othody i resursy*. 8(1): 5. DOI 10.15862/05INOR121. EDN RCSSTK. (in Russian)

Svistunova A. S., Khasanov D. S., Kravets D. M. (2021). Simulation model of delivering passengers from the parking lot to the airport terminal based on the agent approach. *Desjataja vsrossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija po imitacionnomu modelirovaniju i ego primeneniju v nauke i promyshlennosti «Imitacionnoe modelirovanie. Teorija i praktika» (IMMOD-2021): Conference proceedings (electronic)*, Saint-Petersburg, October 20–22, 2021 / Editors Plotnikov A.M., Dolmatov M.A., Smirnova E.P. Sankt-Peterburg: AO «Centr tehnologij sudostroenija i sudoremonta», 2021. P. 377-381. EDN KNNFON. (in Russian)

Ustinova M. A. (2015). Improving the safety and efficiency of motor transport by creating a single urban parking space. *Arhitektura, stroitel'stvo, transport : materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (k 85-letiju FGBOU VPO "SibADI")*, Omsk, December 02–03, 2015. Omsk: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Siberian State Automobile and Highway Academy" (*SibADI*), 2015. P. 934-938. EDN VMRXGZ. (in Russian)

Vyazgina V. P., Smolin P. A. (2018). Main problems and prospects for the development of parking in large cities. *Environmental problems and solutions: natural scientific and socio-cultural aspects: sbornik statej po materialam V Molodezhnoj mezhhregional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, magistrantov i aspirantov*, Nizhny Novgorod, November 21 2018 / Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after Kozma Minin. Nizhny Novgorod: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Nizhny Novgorod State Pedagogical University named after Kozma Minin», 2018. P. 34-35. EDN YSMONV. (in Russian)

ДИСКУРС, ДИСКУРСИВНЫЕ ПРАКТИКИ И ТЕКСТ: ВЕКТОРЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 811.11

ББК 81.2

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_157

АКСИОЛОГИЧЕСКИЕ СТРАТЕГИИ В МАСС-МЕДИАЛЬНОМ ДИСКУРСЕ

*Надежда Николаевна Казыдуб,
orcid.org/0000-0002-6667-3967,
доктор филологических наук, профессор
Красноярский государственный педагогический
университет им. В. П. Астафьева,
ул. Ады Лебедевой, 89
Красноярск, 660049, Россия
nadejda_kazydoub@mail.ru*

*Анна Борисовна Тимошева,
orcid.org/0009-0005-7792-6623,
аспирант
Красноярский государственный педагогический
университет им. В. П. Астафьева,
ул. Ады Лебедевой, 89
Красноярск, 660049, Россия
annatimosheva@mail.ru*

Аннотация. В статье рассматриваются аксиологические стратегии, моделирующие эффект речевого воздействия в научно-популярном и образовательном масс-медиаальных дискурсах. В работе высвечивается воздействующий потенциал медиатекстов образовательного характера и научно-популярной тематики. На основе анализа эмпирического материала выявлены и охарактеризованы способы реализации аксиологической стратегии критического плана, оптимизирующей и футурологической аксиологических стратегий.

Ключевые слова: аксиологические стратегии, научно-популярный дискурс, образовательный дискурс, медиатекст, ценностные концепты.

AXIOLOGICAL STRATEGIES IN MEDIA DISCOURSE

*Nadezhda N. Kazydub,
orcid.org/0000-0002-6667-3967,
Doctor of Sciences (Philology), Professor
Krasnoyarsk State Pedagogical University
named after V. P. Astafiev,
89, Ada Lebedeva street,
Krasnoyarsk, 660049, Russia
nadejda_kazydoub@mail.ru*

*Anna B. Timosheva,
orcid.org/0009-0005-7792-6623,
post-graduate student
Krasnoyarsk State Pedagogical University
named after V. P. Astafiev,
89, Ada Lebedeva street,
Krasnoyarsk, 660049, Russia
annatimosheva@mail.ru*

Abstract. The article explores axiological strategies as tools of modelling pragmatic effects in popular-science and educational media discourses. The paper highlights the influencing potential of educational and popular science media texts. The empirical material analysis reveals the basic means of realizing the following axiological strategies: critical, optimizing and futurological.

Key words: axiological strategy, value concepts, popular science, educational discourse, media texts.

Введение (Introduction)

Интенсивное технологическое развитие последних десятилетий позволяет средствам массовой информации расширять свои возможности продвижения определенных смыслов и воздействия на широкого адресата. Актуальной становится проблема изучения аксиологического потенциала масс-медиа дискурса, т.е. его способности трансформировать и конструировать ценностные установки отдельного индивидуума и общества в целом. В лингвистике и коммуникативных науках масс-медиа дискурс определяется как языковые и социальные практики, осуществляемые в средствах массовой информации и массовой коммуникации, где аксиологическая составляющая выступает одним из ведущих инструментов дискурсивного воздействия. Так, основываясь на работах Т.Г. Добросклонской, медиадискурс можно понимать как функционально обусловленный тип дискурса, который содержит совокупность вербальных и экстралингвистических характеристик, отражающих сложную связь в информационном обществе, а особенностью медиадискурса является создание и трансляция знаний и оценок как средство конструкции реальности [Добросклонская, 2014, с. 182]. Настоящая статья содержит описание аксиологических стратегий, выступающих в качестве инструмента дискурсивного ориентирующего воздействия на аксиологическом уровне в научно-популярном и образовательном масс-медиа дискурсах.

Материалы и методы (Materials and methods)

Эмпирическим материалом для лингвистического анализа послужили научно-популярные и образовательные видео-лекции, размещенные на сайте ted.com, а также видео уроки и публикации российских образовательных сайтов, и сайтов российских университетов. Выбор публичных выступлений в формате ted-лекций в качестве материала исследования обоснован несколькими факторами: разнообразием тематики выступлений, особой аксиологической нагруженностью и широким воздействующим потенциалом публичной коммуникации. Исследование выполнено с применением методов

когнитивно-дискурсивного анализа, контекстуального анализа и лингвоаксиологического анализа.

Обсуждение (Discussion)

Высокий исследовательский интерес к научно-популярному дискурсу связан не только с продвижением научных и технических идей современными средствами массовой информации, но и с его спецификой. Научно-популярный дискурс отличается от других видов дискурса прежде всего тем, что он находится на стыке научного и публицистического стилей, он стремится к расширению представлений аудитории о научных исследованиях и достижениях с фокусом на новизне и значимости научных открытий. При этом используются языковые средства, которые позиционируют науку как привлекательную и концептуально прозрачную для непрофессионалов область знания с целью формирования интереса к научным изысканиям со стороны общественности [Mullet, 2018, с. 130]. Образовательный масс-медиаальный дискурс, в свою очередь, ориентирован на аудиторию с разнообразными уровнями предварительных знаний и стремится к передаче знаний в доступной и упрощённой форме для достижения образовательных целей на массовом уровне. В таком дискурсе средства массовой информации выступают не только как каналы передачи знаний, но и как средства формирования общественного мнения, что требует особого внимания к точности и объективности предоставляемой информации [Roslyng et al., 2023, с. 16]. Именно научно-популярный и образовательный медийные дискурсы способны быстро реагировать на глобальные перемены в обществе, на борьбу прежних и новых ценностей и обращать внимание на актуальные аксиологические аттракторы [Якоба, 2022, с. 202]. Процессы аттрактивизации и вовлечения целевой аудитории в коммуникативное пространство в обозначенных выше типах дискурса происходят за счет актуализации ценностных концептов, релевантных для данного адресата и общества в целом, и применения аксиологических стратегий и операций, конгруэнтных актуальной коммуникативной ситуации.

В современной лингвистике представлены различные интерпретации понятия «аксиологические стратегии». А. Н. Баранов выделяет основные пункты аксиологического анализа ситуации и её компонентов (например, оценка по количественным параметрам), разграничивает оценку и дескрипцию, обозначая в качестве критериев признаки каузальности и ориентации на акт принятия решения, и рассматривает аксиологические стратегии на материале оценочных паремий. Ученый отмечает стабильность аксиологических оценок в определенной лингвокультуре и их фиксированность в семантике паремий и в предикатной лексике как неких языковых «мемов», хранящих культурно зависимые представления о структуре деятельности [Баранов, 1989, с. 74]. В исследованиях последних лет отмечается векторная, динамическая и синергичная природа аксиологических стратегий, их направленность на реализацию некоторого замысла высказывания. Так, Е. Ф. Серебрянникова и О.Н. Садовникова определяют

аксиологические стратегии как «оптимальный способ конструирования наиболее значимого для медиатора ценностного смысла, который выводит познание объекта на новый уровень интерпретации в координатах необходимого, желаемого, должного» [Серебренникова и др., 2021, с. 159]. В данной работе понятие аксиологической стратегии трактуется как некая последовательность коммуникативных действий, объединяющая в себе набор операций, механизмов и средств, актуализирующих определенные ценностные концепты, которые адресант осознанно или неосознанно использует в дискурсе с целью обеспечения эффективности коммуникативного события.

В настоящем исследовании в фокусе научной рефлексии – три основных аксиологических стратегии, обозначенные в работе О.Н. Садовниковой при рассмотрении дискурса об инновациях как валоризирующего типа дискурса. Исследователь выявляет и разграничивает следующие стратегии: 1) аксиологическая стратегия критического плана, где набор коммуникативных действий и средств на уровне дестинации нацелен на конструирование аксиологических параметров ситуации, апеллирующих в коммуникативном пространстве к необходимости изменения реальности; 2) оптимизирующая аксиологическая стратегия, в которой адресант стремится трансформировать ценностное отношение к дискурсному топикю через обозначение не только абсолютной цели-идеала из мира должного и желаемого, но и алгоритма конкретных шагов как способов реализации данной цели; 3) футурологическая аксиологическая стратегия, интенциональность которой направлена на создание образа будущего посредством экстраполирования и проецирования сценария будущего, воодушевления и побуждения аудитории к действию [Садовникова, 2021]. В данной статье рассматриваются средства реализации перечисленных выше аксиологических стратегий в научно-популярном и образовательном медиадискурсах.

Результаты (Results)

Комплексный анализ эмпирического материала позволил зафиксировать широкий диапазон применения всего комплекса аксиологических стратегий при конструировании персуазивного эффекта в научно-популярном и образовательном масс-медиаальных дискурсах. Аксиологическая стратегия критического плана может быть продемонстрирована на материале лекции специалиста в сфере академической мобильности Ричарда Ривза, который стремится транслировать идею о том, что гендерное неравенство образовательных результатов в школах и университетах многих стран проявляется в различии уровней освоения учебных предметов и дисциплин: обучающиеся мужского пола показывают более низкие образовательные результаты. Приведём пример.

(1) *Probably like most of you, I'm used to thinking about **gender equality** and the goal of gender equality as synonymous with the advancement of women and girls. But it's now clear that there are many boys and men who've fallen behind and that we have to be able to think about **gender inequality** in both directions. ... And the*

gender gaps are even more stark for Black Americans. For every Black man getting a college degree, there are two Black women. So, anybody who really cares about boys and men has to care about racial injustice and economic inequality... Right now, in too many of our schools, our boys feel like square pegs being forced into round holes [Reeves, 2023].

Проблема гендерного неравенства, по мнению учёного, объясняется особенностями возрастного развития юношей и девушек, а также нехваткой учителей-мужчин в современных образовательных организациях. Для высвечивания необходимости смены существующей образовательной парадигмы используются отрицательно маркированные оценочные номинации, которые вербализуют дефициты современного образования: *disabling* (if a condition or injury is disabling, it affects your body or your brain and makes you unable to use it properly [MED, 2007, с. 415]), *disorienting* (to disorient – 1) to make someone confused about where they are or what direction they are moving in; 2) to make someone unable to think clearly or make sensible decisions [MED, 2007, с. 415]), *not working well*, *disadvantages* (*disadvantage* – something that makes someone or something less effective, successful, or attractive [MED, 2007, с. 423]), и актуализируется аксиологически маркированная оппозиция GENDER EQUALITY/GENDER INEQUALITY. Прагматический эффект дискурсивизации усиливается посредством включения в дискурсивное пространство аксиологем-словосочетаний с отрицательной коннотацией: RACIAL INJUSTICE (*injustice* – failure to treat someone fairly and to respect their rights [MED, 2007, с. 778]) и ECONOMIC INEQUALITY (*inequality* – a situation in which people are not equal because some groups have more opportunities, power, money etc than others [MED, 2007, с. 772]). Пространство аксиологического воздействия уплотняется за счёт актуализации экспрессивной идиомы: *feel like square pegs being forced into round holes*.

Продемонстрируем особенности реализации оптимизирующей аксиологической стратегии на примере выступления дизайнера экологичного бренда одежды и создателя онлайн-магазина Дайары Буссо «How to choose clothes for longevity, not the landfill» (Как выбирать одежду, которая будет служить вам долго и не отправится на свалку – перевод А.Т.).

(2) *One*, we can survey customers online to cocreate designs they actually want to consume or purchase. *Two*, we can produce consciously, on demand or based on preorders to reduce waste. And *three*, we can actively mitigate returns to reduce overconsumption. ...*We are cocreating a responsible future together* [Bousso, 2023].

Данное обращение к аудитории на интенциональном уровне нацелено на формирование общественной установки, что производство и покупка одежды могут быть одновременно экологичными и прибыльными при соблюдении трех основных принципов: 1) участие потенциальных покупателей в создании дизайна, 2) производство по предзаказу и 3) ограничение количества товара, отправляемого одному покупателю. На операциональном уровне адресант апеллирует к таким ценностным концептам, как SUSTAINABILITY, LONGEVITY, TRADITION, LOVE, CULTURE, RESOURCES, CONSCIOUS

CONSUMPTION, и обосновывает возможность включения в этот ряд концепта PROFITABILITY, который по своей семантике противопоставляется обозначенным выше концептам, но в функциональном плане входит в общее концептуальное пространство дискурсивизации. Оптимизирующая аксиологическая стратегия реализуется с помощью аксиологемы-словосочетания RESPONSIBLE FUTURE (responsible – sensible, reliable and able to be trusted to do the right thing [MED, 2007, с. 1268]; future – the time that follows the present time [MED, 2007, с. 612] и языковых репрезентантов алгоритма достижения прагматической цели, что способствует эффективной дестинации дискурса.

Успешность реализации оптимизирующей стратегии в выступлении Д. Буссо также конструируется за счёт актуализации когнитивных механизмов рефреймирования (пример 3); преодоления негативных переживаний адресата и продвижения позитивных когнитивных сценариев и позитивизации (пример 4); включения в дискурс эмоционально окрашенных иллокуций и экспрессивных лексем [Казыдуб, 2020, с. 148]:

(3) *The **concept of waste** wasn't even conceivable for us. See, **sustaining things** is not just what we do. **It's a love language** about who we are.*

(4) *I was given a second chance to be alive, and that instilled in me a **deep desire** to not only sustain my health but also our shared resources, a culture of love, and most importantly, **the gift of life on this precious planet** we take so much for granted [Bouso, 2023].*

Сущность аксиологической стратегии футурологического плана (инспирирующей стратегии) заключается в стремлении говорящего вдохновить и побудить потенциального адресата к некому действию из мира должного, вселить в сознание адресата некую идею, связанную с предметом обсуждения [Серебренникова и др., 2023, с. 138]. Рассмотрим данную стратегию на примере выступления учителя литературы на конкурсе «Учитель года 2022», в котором эта стратегия реализуется комплексом языковых и речевых средств: лексическими единицами с положительной коннотацией, глаголами в будущем времени и иллокуциями прямого побуждения к действию.

(5) *Текст становится отправной точкой урока и это **может иметь очень большой культурный эффект**. Дорогие друзья, сегодня я показала вам силу текстов, она может быть социальная, нравственная, культурная и методическая. **Я призываю вас коллекционировать интересные тексты, и тогда у вас будут получаться интересные уроки и воспитательные события. Сам текст вам будет в этом помогать** [Макарова, 2022].*

Инспирация и побуждение к действию могут конструироваться и за счет использования лексических единиц, актуализирующих аксиологические концепты, релевантные для целевой аудитории. Так, в следующем примере, размещённом на сайте Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева, реализуются концепты ЛЮБОЗНАТЕЛЬНОСТЬ, ЗНАНИЕ, НАВЫКИ:

(6) *Этот проект дает возможность окунуться в увлекательный мир науки и открытий вместе с преподавателями нашего университета. В рамках «Университетских суббот» мы предлагаем поучаствовать в мастер-классах, которые **позволят не только расширить свои знания, но и получить практические навыки в различных областях** [Симанович, 2024].*

Футурологическая (инспирирующая стратегия) также может быть представлена в виде репрезентации и контекстуального описания сценария желаемого будущего с включением в это описание лексических единиц с положительной аксиологической коннотацией, как в примере выступления организатора обучающего центра для женщин Эммы Пиллотон-Лэм, выдвигающей на передний план вопрос о необходимости вовлечения большего количества женщин в организацию городской среды.

(7) ***I want to walk on sidewalks, cross bridges and enter buildings that I know were raised by a community of builders that represents us all. ...And so, the next generation of tradeswomen, our students, will enter the trades knowing what it feels like to be **respected and valued** and will know how to demand it when they're not*** [Pilloton-Lam, 2021].

Таким образом, аксиологические стратегии, в частности, стратегия критического плана, оптимизирующая и инспирирующая стратегии, моделируют прагматическое воздействие на адресата в научно-популярном и образовательном масс-медиаальных дискурсах как условие успешного продвижения научных и образовательных проектов. Тем самым научно-популярный и образовательный медиадискурсы приобретают характеристики продвигающих текстов (подробнее о продвигающих текстах [Ухова и др., 2019; Ухова, 2020]). В рамках реализации аксиологических стратегий формируется интерес к научным исследованиям и образовательным программам, обеспечивается социальное одобрение авторских идей и проектируются заложенные в программе прагматического воздействия сценарии аксиологического выбора и коммуникативного поведения целевой аудитории.

Conclusion (Заключение)

Подводя итог проведенному исследованию, следует отметить, что аксиологические стратегии критического и футурологического плана, а также оптимизирующая аксиологическая стратегия широко представлены в научно-популярном и образовательном масс-медиаальных дискурсах. В ходе анализа эмпирического материала выявлено, что разнообразие способов актуализации данных аксиологических стратегий намного шире в научно-популярном дискурсе. Этот тезис может быть обоснован различием между образовательным и научно-популярным дискурсами, которое заключается в способах представления информации: в масс-медиаальном образовательном дискурсе часто объективируются стандартизированные подходы к обучению и информационные кампании, которые направлены на изменение общественных норм или поведения, тогда как в научно-популярном дискурсе адресант стремится стимулировать интеллектуальное переживание научного

контента и любопытство, вовлекая аудиторию в процесс научного поиска и дискуссию о его потенциальном влиянии на общество и повседневную жизнь. Комплексный эффект воздействия на целевую аудиторию конструируется посредством реализации аксиологических стратегий (критической, оптимизирующей и инспирирующей), которые вербализуются функционально-специализированными языковыми единицами – аксиологемами.

Библиографический список

- Аниськина Н. В.* Коммуникативно-стилевая мимикрия как важный прием создания "продвигающего" текста / Н. В. Аниськина, Л. В. Ухова // *Маркетинговая лингвистика. Закономерности продвигающего текста.* М.: Общество с ограниченной ответственностью "ФЛИНТА", 2019. С. 48-57. EDN НКPDFB.
- Баранов А. Н.* Аксиологические стратегии в структуре языка (паремиология и лексика) // *Вопросы языкознания.* 1989. № 3. С. 74-90.
- Добросклонская Т. Г.* Массмедийный дискурс как объект научного описания // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки.* 2014. № 13(184). С. 181-187. EDN TFXGWT.
- Казыдуб Н. Н.* Аксиологическая перспективизация как инструмент дискурсивного конструирования // *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева (Вестник КГПУ).* 2020. № 4(54). С. 143-152. DOI 10.25146/1995-0861-2020-54-4-250. EDN COFWYP.
- Макарова Е. С.* Мастер-класс «Сила текста. Осмысление как фактор грамотности» // [Электронный ресурс]. – 2022. URL: https://teacher-of-russia.ru/index.php?page=chron_page_29_09_2022 (дата обращения 20.04.2024).
- Садовникова О. Н.* Аксиологические стратегии дискурса об инновациях (на материале русского и китайского языков): специальность 10.02.19 "Теория языка": диссертация на соискание ученой степени кандидата филологических наук / Садовникова Ольга Николаевна, 2022. 170 с. EDN WZQQXE.
- Садовникова О. Н.* Способы реализации аксиологической стратегии дискурса Китайской мечты / О. Н. Садовникова, Е. Ф. Серебренникова // *Культура и текст.* 2023. № 4(55). С. 134-145. DOI 10.37386/2305-4077-2023-4-134-145. EDN OGRSEG.
- Серебренникова Е. Ф.* Стратегичность валоризирующего дискурса в предметной сфере инноваций / Е. Ф. Серебренникова, О. Н. Садовникова // *Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 2: Языкознание.* 2021. Т. 20, № 1. С. 158-167. DOI 10.15688/jvolsu.2021.1.13. EDN SRTFBQ.
- Симанович В. М.* Университетские субботы в педагогическом // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.kspu.ru/page-42229.html> (дата обращения 22.04.2024).
- Ухова Л. В.* 3.1. Маркетинговый дискурс: "продвигающий" текст в цифровой среде // *Человек и его дискурс – 6: дигитализация коммуникативных практик.* – Москва-Волгоград : Общество с ограниченной ответственностью "ПринТерра-Дизайн", 2020. С. 117-127. EDN FNSRHB.
- Якоба И. А.* Борьба аксиологических аттракторов медийного дискурса в период пандемии коронавируса (2020–2021 гг.) // *Коммуникативные исследования.* 2022. Т. 9. № 1. С. 192–206. DOI 10.24147/2413-6182.2022.9(1).192-206.
- Bouso D.* How to choose clothes for longevity, not the landfill // TED 2023 // [Электронный ресурс]. URL: https://www.ted.com/talks/diarra_bouso_how_to_choose_clothes_for_longevity_not_the_landfill (дата обращения 02.04.2024).
- MED – Macmillan English Dictionary for Advanced Learners. 2nd edition. Oxford: Macmillan, 2007. 1748 p.

- Mullet D. R.* A General Critical Discourse Analysis Framework for Educational Research // *Journal of Advanced Academics*. 2018. № 29 (2). p. 116–142.
- Pilloton-Lam E.* (2021) What if women built the world they want to see? Available https://www.ted.com/talks/emily_pilloton_lam_what_if_women_built_the_world_they_want_to_see (дата обращения 12.04.2024).
- Reeves R.* How to solve the education crisis for boys and men // TED // [Электронный ресурс]. – 2023. URL.: https://www.ted.com/talks/richard_reeves_how_to_solve_the_education_crisis_for_boys_and_men/transcript (дата обращения 26.04.2024).
- Roslyng M. M.* Media power and politics in framing and discourse theory / M. M. Roslyng, C. Dindler // *Communication Theory*. 2023. № 33 (1). p. 11-20.

References

- Anis'kina N. V., Ukhova L. V.* (2019). Communicative-stylistic mimicry as an important means of “advancing” text construction. *Marketing linguistics. Typical patterns of the “advancing” text: collective monograph*. Moscow: FLINTA, 2019. pp. 48-56. (In Russian).
- Baranov A. N.* (1989). Axiological strategies in the language structure (paremiology and lexis). *Voprosy yazykoznaniiya*. 3: 74-90. (In Russian).
- Bouso D.* (2023). How to choose clothes for longevity, not the landfill. Available at: https://www.ted.com/talks/diarra_bouso_how_to_choose_clothes_for_longevity_not_the_landfill (accessed 2 April 2024).
- Dobrosklonskaya T.G.* (2014). Mass media discourse as an object of scientific description. *Nauchnye vedomosti BelGU. Series: humanities*. 13(184): 181-187. (In Russian).
- Kazydub N. N.* (2020). Axiological perspectivization as a tool of discourse construction. *Vestnik KGPU im V.P. Astafyeva*. 4(54): 143-152. DOI 10.25146/1995-0861-2020-54-4-250. (In Russian).
- MED – Macmillan English Dictionary for Advanced Learners. 2nd edition (2007). Oxford: Macmillan, 2007. 1748 p.
- Makarova E. S.* (2022). The power of text. Comprehension as a literacy factor. Master-class. Available at: https://teacher-of-russia.ru/index.php?page=chron_page_29_09_2022 (accessed 2 April 2024). (In Russian).
- Mullet D. R.* (2018). A General Critical Discourse Analysis Framework for Educational Research. *Journal of Advanced Academics*. 29(2): 116-142.
- Pilloton-Lam E.* (2021). What if women built the world they want to see? Available at: https://www.ted.com/talks/emily_pilloton_lam_what_if_women_built_the_world_they_want_to_see (accessed 12 April 2024).
- Reeves R.* (2023). How to solve the education crisis for boys and men? Available at: https://www.ted.com/talks/richard_reeves_how_to_solve_the_education_crisis_for_boys_and_men/transcript (accessed 26 April 2024).
- Roslyng M. M., Dindler C.* (2023). Media power and politics in framing and discourse theory. *Communication Theory*. 33(1): 11-20.
- Sadovnikova O. N.* (2021). Axiological strategies in discourse on innovation (Russian and Chinese languages). Autoref. of diss...cand. philol. sciences: 10.02.19. Irkutsk. 24 p. (In Russian).
- Sadovnikova O. N., Serebrennikova E. F.* (2023). Means of Chinese dream discourse axiological strategy realization. *Kul'tura i tekst*. 4: 134-145. DOI 10.37386/2305-4077-2023-4-134-145. (In Russian).
- Serebrennikova E. F., Sadovnikova O. N.* (2021). Strategic nature of valorization discourse in the subject sphere of innovations. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta*. Ser. 2. Yazykoznanie. 20(1): 158-167. DOI 10.15688/jvolsu2.2021.1.13. (In Russian).
- Simanovich V. M.* (2024). Saturdays in Pedagogical University. Available at: <https://www.kspu.ru/page-42229.html> (accessed 22 April 2024). (In Russian).

Ukhova L. V. (2020). 3.1. Marketing discourse: “advancing” text in the digital environment. *Person and his Discourse – 6: Digitalisation of Communicative Practices*: collective monograph / M. R. Zheltukhina (Ed.), VSSPU, IL RAS. Moscow – Volgograd: *PrinTerra-Design*: 117-127. (In Russian).

Yakoba I. A. (2022). ‘Combat’ of media discourse axiological attractors in coronavirus pandemic (2020-2021). *Kommunikativnye issledovaniya*. 9(1): 192-206. DOI 10.24147/2413-6182.2022.9(1).192-206. (In Russian).

ЛИНГВОПОРТРЕТИСТИКА И АРХЕОЛОГИЯ ЗНАНИЯ: ВЕНСКИЕ ОРИГИНАЛЫ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ДИСКУРСЕ ОККУПИРОВАННОЙ АВСТРИИ

*Софият Алиевна Аммурзаева,
orcid.org/0009-0005-8821-9844,
соискатель*

*Кабардино-Балкарский государственный
университет имени Х.М. Бербекова,
ул. Чернышевского, 173
Нальчик, 360004, Россия
asofa@yandex.ru*

Аннотация. Предлагаемая статья обращается к феномену венского городского оригинала на примере трех персоналий, обладающих официальным статусом оригинала, особыми антуражем, идиолектом, идиокинесикой и перлокутивным воздействием на венскую и в целом австрийскую публику. Цель работы – исследовать судьбы венских оригиналов в период диктатуры национал-социалистов после «аншлюса» Австрии. Актуальность статьи связана с разработкой методологии нового направления в лингвокультурологии – лингвопортретистики, которая рассматривается как своего рода археология знания о значимых реальных персоналиях культуры конкретных стран. Это направление отличается от лингвоперсонологии своей ориентацией не на обобщения культурных типажей, отраженных, прежде всего, в фразеологическом фонде языков и литературной традиции, а на изучение диссипативных групп, охватывающих личностей, которые можно рассматривать как живые культурные феномены, к которым, вне всякого сомнения, принадлежат городские оригиналы. Методы, использованные в статье, включают систематизацию, классификацию, интерпретативный и контекстуальный анализ, а также метакритический анализ биографической и научной литературы. Статья содержит рассуждения о специфике дискурсов, которые формировались вокруг Гельмута Квальтингера, Беатрис Трианги и Карла Сесты, с опорой на биографические материалы, журналистские расследования, труды по лингвокультурологии и тексты, созданные венскими оригиналами. Исследование является попыткой реконструировать интеллектуальный дискурс австрийской столицы первой половины XX века.

Ключевые слова: лингвокультурология, городские оригиналы, интеллектуальный дискурс Вены, Гельмут Квальтингер, Беатрис Трианги, Карл Сеста.

LINGUISTIC PORTRAITURE AND THE ARCHAEOLOGY OF KNOWLEDGE: VIENNESE ORIGINALS IN THE INTELLECTUAL DISCOURSE OF THE OCCUPIED AUSTRIA

*Sofiyat A. Atmurzayeva,
orcid.org/0009-0005-8821-9844,
applicant*

*Kabardino-Balkarian State University,
173, Chernischevskogo street
Nalchik, 360004, Russia
asofa@yandex.ru*

Abstract. The proposed article addresses the phenomenon of the Viennese urban originals on the example of three personalities with official original status, special entourage, idiolect, idiokinesics and perlocutive impact on the Viennese and generally Austrian public. The aim of the paper is to investigate the Viennese originals' fate during the National Socialist dictatorship after the "Anschluss" of Austria. The relevance of the article is connected to the development of the methodology of a new direction in Language and Culture Studies – Linguistic Portraiture that is regarded as a kind of archaeology of knowledge about real culturally significant personalities of specific countries. This direction differs from Linguistic Personology in its orientation: it is not aimed at generalizing cultural types reflected, first of all, in the phraseological fund of languages and their literary tradition, but at the study of dissipative groups encompassing personalities that can be regarded as living cultural phenomena, to which urban originals doubtlessly belong. The methods used in the article include systematization, classification, interpretative and contextual analysis, and metacritical analysis of biographical and scientific literature. The article speculates on the specificity of the discourses that took shape around Helmut Qualtinger, Beatrice Triangi and Karl Sesta, drawing on biographical materials, investigative journalism, works on linguocultural studies and texts produced by Viennese originals. The study is an attempt to reconstruct the intellectual discourse of the Austrian capital in the first half of the twentieth century.

Keywords: language and culture studies, urban originals, intellectual discourse of Vienna, Helmut Qualtinger, Beatrice Triangi, Karl Sesta.

Введение

Судьбы венских оригиналов лишь отчасти пересекаются с историческими событиями в Австрии в 1930-1940-х гг. Так, одним из первых оригиналов принято считать «милого Августина» (*der liebe Augustin*), известного волынщика и повесу, которого в 1679 г., согласно легенде, бросили в яму с умершими от чумы, полагая, что он также скончался. Однако Августин просидел в этой яме всю ночь и спасся от последствий благодаря пению, алкоголю и легкомысленной весёлости, которую австрийцы называют практически непереводаемым термином *Schmäh*. Не принимая эту историю всерьёз, Х. Мюллер всё же квалифицирует её как пример типично венского отношения к жизни – серьёзные ситуации следует всегда воспринимать с чувством юмора [Müller, 2024].

Венских оригиналов она характеризует всё же как «настоящих личностей в венской повседневности», которых описывают как индивидуалистов, живущих особняком от других, приобретших городскую известность по той причине, что они, с одной стороны, являются ярко выраженными аутсайдерами общественной жизни, но, с другой, обладают харизмой, привлекают внимание окружающих (хоть и не всегда одобрительное), не обращая внимания на них. Оригиналы нередко нарушают общественные нормы, игнорируют традиции и приличия, и вокруг них возникают истории и мифы, передаваемые из уст в уста ради развлечения.

Вне всякого сомнения, первыми признаками оригинала служат внешность и необычное поведение. Так, в начале 19 века некий Йозеф Кизелак заставил о себе говорить всю Австрию, нацарапав собственное имя в общественных местах бесчисленное количество раз и, якобы, проигнорировав даже увещания императора Франца Иосифа I. «Имперская графиня» Трианги, обрядившись в костюмы, изрядно накрашенная и увешанная

бижутерией, танцевала в начале 20 века на улицах Вены экзотический, по её мнению, танец «Сладострастие», заключающийся в том, что, выполнив один неспешный поворот вокруг своей оси, она уверяла раздосадованных прохожих в том, что это был последний из тысячи поворотов, уже совершённых до того. Из современных случаев известен оригинал, опрашивающий каждую даму в венском метро линии U4, не желает ли она выпить с ним пива. Нонконформизм, владение словом, жажда публичности – эти составляющие городского оригинала в целом проявились во множестве случаев именно в Вене, хотя они и не являются исключительно венским феноменом.

Столкновение такого оригинала с реальностью не всегда проходит бесследно, о чем свидетельствует судьба венских оригиналов в Австрии времен «аншлюса». История Австрии как «Восточной марки», части «третьего рейха», до сих пор представляет собой сложную историческую проблему как для историографов двадцатого века, так и для австрийцев в целом [Kastner, 2019]. В беседах с жителями Вены нередко проскальзывает идея о том, что Вторая мировая война окончилась для Австрии не в 1945 г., а лишь в 1955 г. вместе с завершением раздела и оккупации страны союзными войсками.

Сложные ассоциации вызывают и кадры кинохроники, демонстрирующие воодушевление австрийцев при вступлении германских войск во время «аншлюса» 12 марта 1938 г. и их восторженную реакцию на речь «фюрера», произнесённую им с балкона дворца Хофбург тремя днями позже. 1 мая 1939 г. в «присоединённой» Австрии вступил в силу закон «О структуре управления Восточной маркой», который разделил бывшую Австрию на «имперские области» (гау). Впоследствии даже «Восточная марка» (Ostmark) не устраивала нацистов как географический термин и была заменена ими в 1942 г. на «альпийские и дунайские имперские области». Гауляйтерами (партийными и административными главами) этих областей назначались исключительно выходцы из «исконного рейха» (Altreich), что порождало ещё большее недовольство населения. Так, в конце 1940 г. имперским наместником и гауляйтером Вены стал Бальдур фон Ширах, организовавший массовую депортацию венских евреев. Но до того, ещё в период с марта 1938 г. по май 1939 г., из Австрии в Ригу и Минск депортировали 130000 лиц «еврейской расы», а в ходе последней депортации 1942 г. 65000 человек были отправлены в концлагеря Освенцим и Терезиенштадт.

Практически сразу же после «присоединения» Австрии начались еврейские погромы (крупнейший – 9-10 ноября 1938 г. в Вене). С конца 1938 г. осуществлялась «аризация» предприятий и бизнеса, принадлежавших евреям, которые были вынуждены спешно продавать их одобренным властями новым «арийским» владельцам. «Аризации» были также подвергнуты более 50000 венских квартир.

С началом войны был организован регулярный призыв жителей Вены на фронт, были введены карточная система и обязательное затемнение. С 1940 г. в городе спешно строились бункеры, в 1942–1944 гг. – башни ПВО. С сентября 1944 г. Вена стала регулярно подвергаться бомбардировкам, а 12 марта 1945 г.

во время самой массивной бомбардировки были значительно повреждены здание оперы, собор Св. Стефана, Бургтеатр и другие знаковые достопримечательности столицы [NS-Zeit, s.a.].

Как складывалась жизнь простых австрийцев, что происходило в Вене в те годы, правы ли сторонники нарратива об Австрии как жертве национал-социализма, – эти вопросы долгое время рассматривались как табу и лишь в последние годы стали предметом беспристрастного анализа историков (см., напр., [Botz, 2018]). В то же время, не вызывает сомнений и тот факт, что далеко не все австрийцы приняли новый режим. Интересующие данное исследование «венские оригиналы» относятся большей частью к этой категории.

Материалы и методы

Методологической основой статьи является лингвопортретистика как своего рода археология знания о значимых реальных персоналиях культуры конкретных стран, что можно рассматривать как развитие лингвокультурологического направления, приобретающего все большую весомость в отечественной лингвистике (см. [Рябова, 2010]). Это новое направление в лингвокультурологии отличается от лингвоперсонологии своей ориентацией не на обобщения культурных типажей (как, например, в [Prototypical..., 2018]), отраженных, прежде всего, во фразеологическом фонде языков и литературной традиции, а на изучение диссипативных групп, охватывающих личностей, которые можно рассматривать как живые культурные феномены, к которым, вне всякого сомнения, принадлежат городские оригиналы. Их изучение включается в общую тенденцию в отечественном языкознании, которую, вслед за В.В. Дементьевым, возможно обозначить как «содержательноцентричную» [Дементьев, 2021].

Исследование столь особенной социальной группы базируется на сохранившихся произведениях венских оригиналов, посвящённой им мемуарной литературе, публикациях лингвистов, культурологов, специалистов по истории Вены, а также статьях в венской и в целом австрийской прессе. Как справедливо отмечает Ф. Краус, «газетные статьи – важная основа для этой работы. Хотя иногда они неидеальны с точки зрения объективности и правильного описания фактов, они часто остаются единственным источником информации. В любом случае, они иллюстрируют потребность в развлечениях того времени и до сих пор представляют собой очень забавное чтение» [Kraus, 2008, с. 15]. Привлекались также энциклопедические данные, поскольку не существует общепризнанного, канонического перечня венских оригиналов (см. [Horowitz, 2023]).

Для изучения феномена венских оригиналов наиболее полезны, как представляется, такие методы, как систематизация, классификация, интерпретативный и контекстуальный анализ. Особенно важными являются при этом такие параметры, как характерный для них антураж (особенности внешности, манера одеваться), идиолект данного реального венского оригинала (который реконструируется на основе письменного наследия

самого оригинала, а также воспоминаний о нём, репортажей и статей исследователей конкретных персоналий), идиокинемы (специфичное поведение) и перлокутемы (зафиксированная в источниках реакция жителей Вены на те или иные поступки оригинала) (подробнее о методах лингвопортретистики см. [Атмурзаева, 2023]). Важное место в ряду этих методов также занимает метакритический анализ научной и научно-популярной литературы, ценность которого уже доказана в трудах по философии языка (см., например, [Радченко, 2021]).

Дискуссия

Примером того, как по-разному складывались судьбы венских оригиналов, является биография Карла Сесты (1906–1974) (Karl Sesta, настоящая фамилия Сестак). Сесту в Вене называли “*der Blade*” (Толстяк), он считался воплощением «наглого венского болтуна», но сделал при этом блестящую футбольную карьеру.

Сеста поначалу получил профессию кузнеца, но одновременно выступал в качестве борца на любительских соревнованиях и исполнял венские народные песни. По выражению известного австрийского медиа-эксперта и историка спорта Маттиаса Маршика, Сеста довольно-таки преуспел «за столом в винной таверне и пабе, а также на футбольном поле» [Forster et al., 2009].

Известность этого яркого венского оригинала стала причиной интереса к нему со стороны национал-социалистов, стремившихся вскоре после присоединения Австрии расположить к себе местных футбольных фанатов. В официальном органе НСДАП «Фэлькишер беобахтер» писали: «Нужно ли доказывать тем, кто говорит об исчезновении «самой приятной спортивной нации в мире», что венцы сохраняют своего «бумажного» нападающего Синделара, своего Карли Шефера (*знаменитого фигуриста – АС*), своего «толстяка» Сесту? Или что венский футбол вымирает не больше, чем венский вальс?» [Forster et al., 2009]. В результате Сесту стали использовать в пропагандистских целях: он мелькал в кинохронике во время референдума о присоединении к Германии 10 апреля 1938 г. и в качестве рабочего на уборке урожая.

Однако есть сведения, что ещё в марте 1938 г. Сесту стали вытеснять из активной политической жизни, потому что он был неприемлем для нового режима. В то же время, 19 марта 1938 г. газета «*Neue Wiener Abendblatt*» сообщила, что Сеста временно возглавил состав футбольной сборной Австрии. В конце декабря 1938 г. во время гостевого матча «Австрии» против берлинской «Герты» произошла драка при «сенсационных обстоятельствах» в духе «хулиганских боксёрских матчей». За неё Сеста сначала был дисквалифицирован на шесть недель, однако затем спортивный лидер рейха Ганс фон Чаммер унд Остен лично «пересмотрел» это решение и удвоил наказание. Эту дисквалификацию часто связывают с, якобы, имевшей место так называемой «цитатой Гётца фон Берлихингена», непристойным

пожеланием, которое Сеста высказал в адрес главного тренера Рейха Хербергера или даже самого «спортивного лидера».

Данный пример характеризует основную вербальную специфику, особенное *дискурсивное проявление личности* (см. содержание данного термина в [Карасик, 2016]) этого венского оригинала, вокруг которого, благодаря его несдержанности, постепенно сложился не только культ талантливого футболиста, но и *мифологический дискурс*, постоянно пополнявшийся различными анекдотами и полуправдами о его встречах с влиятельными персонами. Помимо этого, сам Сеста активно формировал *дискурс городского полудиалектного острословия*, который можно визуализировать следующим примером: 7 декабря 1932 г. перед матчем со сборной Англии Сесту представили младшему сыну короля, принцу Георгу, который решил пошутить насчет первоначальной профессии Сесты (кузнечного дела). В ответ на реплику принца о том, что у венского игрока, по слухам, есть прекрасное ремесло, Сеста отреагировал фразой на венском полудиалекте: «*Oba ihna Hockn is a ned die Schlechtaste*» («Однако у Вас тоже нехилое дельце»).

Сеста прекрасно исполнял австрийские народные песни и даже некоторое время обучался пению. Зная об этом, капитан австрийской сборной Гуго Майзль часто заставлял его петь для команды во время длительных турне. Сеста отомстил ему, заявив на одной из пресс-конференций в ответ на упоминание того, что Майзль владеет множеством языков: «*Unser Teamchef böhmakelt in vierundzwanzig Sprachen*» («Наш тренер богемничает на двадцати четырех языках») [Karl Sesta..., s.a.]. В этой фразе Сеста использовал ироническое (если не сказать, издевательское) слово *böhmakeln*, означающее «говорить по-немецки с большим количеством чешских заимствований»; так характеризовали речь чешской прислуги (используя иногда также столь же иронический термин *Kuchldeutsch* – «кухонный немецкий»).

Острословие имело у Сесты подчас и инвективный характер, что только придавало ему ещё больший ореол простого парня, не обращающего внимания на условности. К сожалению, Сеста не оставил собственных мемуаров, которые позволили бы более обстоятельно и аутентично охарактеризовать те дискурсы, в которые он вольно или невольно внёс свой вклад.

22 апреля 1938 г. было принято решение о ликвидации профессионального футбола в «Восточной марке», что означало увольнение австрийских футболистов (в том числе и Сесты). Но нацистские чиновники постарались трудоустроить их в других местах. Так, Сеста стал торговцем: 13 сентября 1938 г. он подал заявление в так называемое Управление по сделкам с недвижимостью с целью «аризации» филиала пекарни «Хаммерброт» в девятом районе Вены. Это предприятие принадлежало венскому еврею Йозефу Бранду, который был вынужден отказаться от ведения дел в конце апреля 1938 г. и бежать из страны. 23 сентября 1938 г. его брат продал пекарню Карлу Сесте за 5% реальной стоимости, за «аризацию» этой пекарни Сеста заплатил 500 рейхсмарок. Помимо «доказательства происхождения», которое выдающийся футболист так и не смог предоставить, для «аризации»

требовалась оценка его политических взглядов. В заявлениях окружного руководства НСДАП от 31 октября и 14 ноября 1938 г. говорилось, что о Сесте «ничего плохого» не известно. Однако в досье Управления имущественных сделок содержится окончательная политическая оценка кадрового управления региона от 16 января 1939 г., составленная вскоре после берлинского скандала: «Вышеупомянутый вёл себя при прежней власти индифферентно» по отношению к национал-социализму.

После призыва в вермахт Сеста продолжал активно играть в команде спортивного клуба ВВС, который в 1943–1944 гг. выступал в высшем дивизионе с участием нескольких бывших профессионалов. С 1941 г. он провёл в общей сложности три международных матча за сборную Германии. После 1945 г. футбольная карьера почти 40-летнего Сесты окончательно завершилась, ему пришлось также отчитываться перед городскими властями Вены о присвоенном еврейском имуществе. В октябре 1953 г. ему удалось достичь мирового соглашения с бывшими владельцами пекарни: Бранд вернул себе свой бизнес и отказался от выплаты доходов, полученных после «деевреизации».

Однако моральная проблема, связанная с деятельностью яркого венского оригинала, осталась неразрешённой: как полагают исследователи биографии Сесты, «отмена профессионального футбола в 1938 г. не оправдывает, с моральной точки зрения, «аризацию» еврейских предприятий Синделаром, Сестой и, вероятно, рядом других профессиональных футболистов, но она имеет структурное объяснение. Именно австрийская склонность к поклонению героям и историческим анекдотам, вероятно, является причиной того, что тёмные стороны этой ситуации игнорировались, а Сеста, умерший в 1974 г., предпочитал, чтобы его помнили как «венского оригинала, которого не смогли заставить замолчать даже нацистские методы» (см. [Skocek et al., 2004]).

Противоположным примером можно считать венского оригинала, театрального и киноактёра, кабаретиста, чтеца Гельмута Густава Фридриха Квальтингера (1928–1986). В данном случае особое значение приобретает исследование зафиксированной в источниках биографии этого выдающегося венского литератора, выполняемое в рамках нарративной историографии (см. пример в [Radchenko et al., 2017]).

Квальтингер вырос в венской семье, принадлежавшей к обеспеченному среднему классу и образованной буржуазии. Его отец, Фридрих Квальтингер, гимназический учитель математики, физики и химии, был ярким сторонником национал-социализма, а мать Ида (урожденная Ладштеттер) была простой домохозяйкой. Поступив в университет, Квальтингер изучал медицину и журналистику, но затем бросил учебу и увлекся актерским мастерством. Он стал посещать венский театральный семинар Макса Райнхардта (1873–1943), однако его первые театральные пробы в Вене и Граце закончились неудачей [Helmut Qualtinger, s.a.].

«Мы были грязными детьми», – с иронией вспоминает актриса Эрни Мангольд о своей ранней и очень близкой дружбе с Квальтингером, с которым

она познакомилась в венском районе Леопольдштадт незадолго до окончания войны [Bartl et al., 2011]. Они любили проводить время в угольных подвалах, на развалинах города; несмотря на то, что все было разрушено, они надеялись на то, что на развалинах может возникнуть что-то новое. Мангольд и Квальтингер придерживались антифашистских взглядов. После окончания войны они устраивали обструкции бывшим нацистам: так, однажды они самовольно заняли виллу, принадлежавшую бежавшему из Вены нацисту, и проводили на ней непрерывные праздники и вечеринки.

Нацистский террор, который Квальтингер видел своими глазами, стал средоточием его критического творчества. В конце жизни он выступил с серией публичных разоблачительных чтений выдержек из гитлеровской «Майн кампф». Австрийский художник, писатель, поэт и актер Андре Хеллер писал: «Хельмут обладал тем, что я очень редко видел столь ярко выраженным у людей, не ставших жертвами национал-социализма: почти бешеным отвращением к фашизму и убийственной гитлеровской грязи. Он мучительно страдал из-за своего отца-нациста и стал первым радикалом-шестидесятником задолго до 1968 года» [Bartl et al., 2011]. Декламрование оригинальных текстов позволяло Квальтингеру формировать *антифашистский пост-текст, трансформированный паралингвистический дискурс*, что можно считать отличительной характеристикой этого оригинала.

В начале 1975 г. неофашистская организация ANR (Aktion Neue Rechte) развязала террор в Венском университете: её головорезы избивали студентов с левыми взглядами, срывали их мероприятия, приглашали известных неонацистов в качестве ораторов и скандировали нацистские лозунги. В ответ Коммунистический студенческий союз (KSV) организовал 12 мая 1975 г. крупное антифашистское мероприятие, и Квальтингер сразу же согласился принять в нём участие. Мероприятие называлось «Коллаж Зойфера», так как основным его мотивом стали тексты антифашиста Юры Зойфера (1912–1939), погибшего в Бухенвальде. Квальтингер читал отрывки из давно забытого романа Зойфера «Так начиналась партия», в котором острой критике подвергалось руководство социал-демократов, капитулировавшее в итоге перед нацистами. Квальтингер всю жизнь симпатизировал прогрессивному движению и ненавидел нацистов всех оттенков и лживую буржуазию с её культурными установками.

К его несомненным заслугам относится то, что молодой поэт Юра Зойфер не был забыт. Квальтингер использовал свою известность для популяризации литературного творчества Зойфера, устраивая чтения его произведений. «Он так подробно разбирал различные темы, что мог создать у своих знакомых достоверное впечатление, будто он сам был там и лично знал того или иного человека», – говорил его издатель, профессор Ульрих Шуленбург [Bartl et al., 2011]. Несмотря на то, что Квальтингер неоднократно утверждал, что был лично знаком с Зойфером, это маловероятно: Зойфер был арестован в марте 1938 г. при попытке нелегально пересечь швейцарскую границу и отправлен в концентрационный лагерь Дахау, а Квальтингеру в то время не было и десяти лет.

Однако Квальтингер был известен и провокационными театральными выступлениями (как в 1949 г. на премьере пьесы «Молодежь у шлагбаумов» в Граце), и скандальными пранками (первый из которых представлял собой его появление на публике со звездой на груди в роли «комиссара по культуре» с подложным мандатом городских властей на реквизицию виллы для организации театра левого толка, за что он был на три месяца арестован советской военной администрацией), и собственными текстами, в том числе на венском диалекте. Изучение его наследия как отражения яркой языковой личности – задача предстоящего исследования.

Третий и последний пример – венский оригинал с трагической судьбой, женщина, ставшая жертвой национал-социализма. Имперская графиня Беатрикс (Беатрис) Трианги фон унд цу Латш унд Мадернбург (урожденная Замек) родилась в Брюнне (теперь – Брно) в 1868 г. и стала известна как эстрадная певица и танцовщица, комедиантка и флейтистка-любительница. Свои титул и сложную фамилию она получила после третьего брака с газетным издателем, но до этого она, дочь еврейского фабриканта шёлка, была замужем за венским фабрикантом и болгарским коммерсантом.

Четырежды за пять лет она меняла вероисповедание, была иудейкой, католичкой, сербо-православной, а с 1899 г. – протестанткой. Овдовев в 1926 г., она стала устраивать званые вечера в своём венском доме, а затем начала демонстрировать в кабаре, барах и кинотеатрах свои вокальные, танцевальные и исполнительские таланты, которые, правда, оставляли желать лучшего. Трианги играла на губной гармонике, пианино и флейте в различных кабаре, пригородных пивных и небольших театрах.

Однако постепенно она приобрела популярность, особенно после создания своего оригинального танца «Wollust» («Сладострастие»). Известно, что негативная реакция публики нередко приводила её в ярость, а её агрессивное поведение становилось предметом судебных исков. Одетая в яркие наряды и носившая броский макияж в преклонном возрасте, игравшая на флейте смешные мелодии для прохожих, она постоянно подвергалась насмешкам венцев, однако никто не сомневался в её статусе венского оригинала.

Собственно, антураж и идиокинемы Трианги являлись, как представляется, яркими элементами *провокативного дискурса*, намеренной карнавализации собственной жизни, которая в целом характерна для многих венских оригиналов. Интересна и реакция венской публики, постоянно устраивавшая ей скандалы, прерывавшая полупрофессиональное исполнение единственного в её репертуаре произведения на флейте едкими замечаниями (в особенности касательно её претензии считаться «лучшей флейтисткой столетия»). Известна история, когда публика привязала верёвки к ножкам рояля, на котором она должна была играть, и постепенно оттаскивала рояль от увлеченной пианистки, однако та продолжала играть в воздухе [Kraus, 2008]. Перлюкуемы Трианги стали заметным компонентом в её городской мифологии, долго сохранявшейся в памяти венцев, с младенчества слышавших фразу «Глупый, как Трианги!».

Однако идиолект, вербальная характеристика Трианги вписываются уже в другую – *конфликтный дискурс*, непосредственно примыкающий к провокативному в её случае: судебные заседания с участием Трианги вызвали огромный интерес и нередко требовали присутствия полиции. Сенсацией стало знаменитое разбирательство по взаимным искам о защите чести и достоинства между Трианги и ещё одним оригиналом – Эрнстом Винклером, самозванным «королём золотой чернильной ручки», в 1933 г., отменённое в связи с наплывом жадной до развлечений местной публики [Kraus, 2008, с. 11]. На суды она являлась в робе, приводила в качестве доводов своё высокое положение в обществе и особенно свои непревзойдённые таланты.

Участие Трианги в процессах всегда широко освещалось в прессе, каждое её появление активно комментировалось журналистами и обсуждалось публикой, являясь гарантом того, что зал будет полон. Именно поэтому её приглашали на свои спектакли известный венский оперный певец Лео Слезак (она должна была исполнить одну из ролей в опере «Аида»), кабаретисты Карл Фаркас и Фритц Грюнбаум; представитель «новой деловитости», художник Кристиан Шад написал её портрет [Kraus, 2022].

Её повышенная эмоциональность во время выступлений стала поводом для лишения её юридической вменяемости. В 1939 г. она попала в поле зрения следователей криминальной полиции Вены, а в 1940 г. была арестована гестапо, откуда её перевели в дом для престарелых «Ам Штайнхоф». 28 апреля 1940 г. она скончалась в этом доме [Harten, 2023].

Заключение

Исследование роли венских оригиналов в лингвистическом и культурном наследии Австрии неотделимо, тем самым, от тёмных страниц истории этой страны. Изучение текстов оригиналов, их современников, посвящённых их жизни, проливает свет на то, как по-разному складывались их судьбы в период нацистского господства и насколько им удавалось противостоять его террору.

Это позволяет рассмотреть детали этого уникального для Вены лингвокультурного феномена, но также и экстраполировать выявленные характеристики оригиналов на подобные феномены в других немецкоязычных странах, рисуя широкую панораму «экзотических» персоналий в культуре Европы.

Библиографический список

- Атмурзаева С. А. Лингвопортретистика как основа и источник современной лингвоперсонологии // Вестник Пятигорского государственного университета. 2023. № 2. С. 88-94. DOI 10.53531/25420747. EDN JYEPBA.
- Дементьев В. В. О некоторых содержательноцентричных тенденциях в современной отечественной лингвистике // Вестник Томского государственного университета. Филология. 2021. № 72. С. 42-73. DOI 10.17223/19986645/72/3. EDN ZCRPNY.

- Карасик В. И.* Дискурсивное проявление личности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Лингвистика. 2016. Т. 20, № 4. С. 56-77. DOI 10.22363/2312-9182-2016-20-4-56-77. EDN XSHODJ.
- Радченко О. А.* Метаκριтика в лингвофилософской концепции Ю.С. Степанова // Критика и семиотика. 2021. № 1. С. 10-24. DOI 10.25205/2307-1737-2021-1-10-24. EDN WFHEZF.
- Рябова М. Ю.* Национальный язык и культура как объекты лингвокультурологии // Сибирский филологический журнал. 2010. № 2. С. 197-205. EDN MWCANF.
- Bartl A.* Der Heilige Trinker / A. Bartl, St. Grisseemann // [Электронный ресурс]. – 2011. URL: <https://www.profil.at/home/qualtinger-der-trinker-307674> (дата обращения: 01.05.2024)
- Botz G.* Nationalsozialismus i n Wien. Wien: Mandelbaum, 2018. 728 S.
- Forster D.* Ein echter Wiener geht nicht unter / D. Forster, G. Spitaler // DerStandard // [Электронный ресурс]. – 2009. URL: <https://www.derstandard.at/story/1259281053241/ballesterer-ein-echter-wiener-geht-nicht-unter> (дата обращения: 01.05.2024)
- Harten U.* Triangi von und zu Latsch und Madernburg (geb. Samek), Beatrix (Beatrice) Reichsgräfin // Österreichisches Musiklexikon online, begr. von Rudolf Flotzinger, hg. von Barbara Boisits (letzte inhaltliche Änderung: 4.4.2023) // [Электронный ресурс]. – 2023. URL: <https://dx.doi.org/10.1553/0x002e8d55> (дата обращения: 01.05.2024)
- Helmut Qualtinger // Austria.Forum // [Электронный ресурс]. – URL: https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Helmut_Qualtinger (дата обращения: 01.05.2024)
- Horowitz M.* Wiener Originale. Prägende Persönlichkeiten einer Stadt. Wien: Carl Ueberreuter Verlag, 2023. 208 S.
- Karl Sesta im Wiener Stadt- und Landesarchiv // [Электронный ресурс]. – URL: <https://presse.wien.gv.at/2008/08/28/karl-sesta-im-wiener-stadt-und-landesarchiv> (дата обращения: 01.05.2024)
- Kastner G.* Gruß aus Hitler-Deutschland. Der NS-Terror in Österreich 1933-1938 und seine Opfer. Wien: New academic press, 2019. 472 S.
- Kraus Fr.* Die Gräfin Triangi: ein Wiener Original der Zwischenkriegszeit // DerStandard. Blog [Электронный ресурс]. – 2022. URL: <https://www.derstandard.at/story/2000135399126/die-graefin-triangi-ein-wiener-original-der-zwischenkriegszeit> (дата обращения: 01.05.2024)
- Kraus Fr.* Wiener Originale der Zwischenkriegszeit. Diss. Universität Wien, 2008. 242 S.
- Müller H.* Auf der Suche nach dem Wiener Original // Alexandria // [Электронный ресурс]. – 2024. URL: <https://www.alexandria-magazin.at/magazin/auf-der-suche-nach-dem-wiener-original.php> (дата обращения: 01.05.2024)
- NS-Zeit // [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/NS-Zeit> (дата обращения: 01.05.2024)
- Prototypical layer of a concept: the English culture type “Private Detective” / *T. Tameryan, R. S. Alikayev., A. Sabanchieva, M. Mukova, R. Efendieva* // Amazonia Investiga. 2018. Vol. 7. Iss. 13. P. 322-330.
- Radchenko O. A.* Gender Literature: How much is it underpinned by authors’ private life? / O. A. Radchenko, V. V. Vetrinskaya // Training, Language and Culture. 2017. Vol. 1. Iss. 4. P. 56-67.
- Skocek J.* Das Spiel ist das Ernste. Ein Jahrhundert Fußball in Österreich / J. Skocek, W. Weisgram. Wien: Echomedia Verlag, 2004. 367 S.

References

- Atmurzaeva S. A.* (2023). Lingvoporetistika kak osnova i istochnik sovremennoj lingvopersonologii // *Vestnik Pjatigorskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2: 88-94. DOI 10.53531/25420747 (In Russian)
- Bartl A., Grisseemann St.* (2011). Der Heilige Trinker Available at: <https://www.profil.at/home/qualtinger-der-trinker-307674> (accessed 01 May 2024).
- Botz G.* (2018). Nationalsozialismus in Wien. Wien: *Mandelbaum*, 2018. 728 S.

- Dement'ev V. V.* (2021). O nekotoryh soderzhatel'nocentrichnyh tendencijah v sovremennoj otechestvennoj lingvistike. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Filologija*. 72: 42-73. (In Russian)
- Forster D., Spitaler G.* (2009). Ein echter Wiener geht nicht unter. Available at: <https://www.derstandard.at/story/1259281053241/ballesterer-ein-echter-wiener-geht-nicht-unter> (accessed 01 May 2024).
- Harten U.* (2023). Triangi von und zu Latsch und Madernburg (geb. Samek), Beatrix (Beatrice) Reichsgräfin // Österreichisches Musiklexikon online. Available at: <https://dx.doi.org/10.1553/0x002e8d55> (accessed 01 May 2024).
- Helmut Qualtinger // Austria.Forum. Available at: https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Helmut_Qualtinger (accessed 01 May 2024)
- Horowitz M.* (2023). Wiener Originale. Prägende Persönlichkeiten einer Stadt. Wien: *Carl Ueberreuter Verlag*, 2023. 208 S.
- Karasik V. I.* (2016). Diskursivnoe projavlenie lichnosti. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Serija: Lingvistika*. 20(4): 56-77. (In Russian)
- Karl Sesta im Wiener Stadt- und Landesarchiv (2008). Available at: <https://presse.wien.gv.at/2008/08/28/karl-sesta-im-wiener-stadt-und-landesarchiv> (accessed 01 May 2024)
- Kastner G.* (2019). Gruß aus Hitler-Deutschland. Der NS-Terror in Österreich 1933-1938 und seine Opfer. Wien: *New academic press*, 2019. 472 S.
- Kraus Fr.* (2008). Wiener Originale der Zwischenkriegszeit. Diss. Universität Wien, 2008. 242 S.
- Kraus Fr.* (2022). Die Gräfin Triangi: ein Wiener Original der Zwischenkriegszeit // *DerStandard*. Available at: <https://www.derstandard.at/story/2000135399126/die-graefin-triangi-ein-wiener-original-der-zwischenkriegszeit> (accessed 01 May 2024)
- Müller H.* (2024). Auf der Suche nach dem Wiener Original // *Alexandria*. Available at: <https://www.alexandria-magazin.at/magazin/auf-der-suche-nach-dem-wiener-original.php> (accessed 01 May 2024)
- NS-Zeit. Available at: <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/NS-Zeit> (accessed 01 May 2024)
- Radchenko O. A.* (2021). Metakritika v lingvofilosofskoj koncepcii Ju.S. Stepanova. *Kritika i semiotika*. 1: 10-24. (In Russian)
- Radchenko O. A., Vetrinskaya V. V.* (2017). Gender Literature: How much is it underpinned by authors' private life? *Training, Language and Culture*. 1(4): 56-67.
- Ryabova M. Yu.* (2010). National language and culture as objects of linguacultural studies. *Siberian journal of philology*. 2: 197-205. (In Russian)
- Skocek J., Weisgram W.* (2004). Das Spiel ist das Ernste. Ein Jahrhundert Fußball in Österreich. Wien: *Echomedia Verlag*, 2004. 367 S.
- Tameryan T., Alikaev R. S., Sabanchieva A., Mukova M., Efendieva R.* (2018). Prototypical layer of a concept: The English culture type "Private Detective". *Amazonia Investiga*. 7(13): 322-330.

СЕМАНТИКО-СТИЛИСТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭОНИМОВ-ЭПИТЕТОВ В НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ

*Екатерина Олеговна Туманова,
orcid.org/0000-0002-9798-280X,
кандидат филологических наук, доцент
Московский городской университет управления
Правительства Москвы имени Ю.М. Лужкова,
ул. Сретенка, 28
Москва, 107045, Россия
ekaterina.msu@mail.ru*

Аннотация. Значимые для отдельно взятой лингвокультурной общности исторические, культурные, политические, экономические и спортивные события фиксируются в языковом сознании носителей языка и находят свое отражение в его лексическом составе. Статья посвящена описанию семантико-стилистических особенностей немецкоязычных эонимов, т.е. лексических единиц, в семантике которых присутствует аллюзия на породившие их события в различных сферах жизни. Материал исследования представляют «эпитеты года», т.е. имена прилагательные из рейтинговых списков ежегодной лингвистической акции Общества немецкого языка в Германии «Слово года» за период с 1971 по 2023 годы. Автор посвятил свое исследование описанию основных характеристик отобранных единиц. Особая стилистическая маркировка эонимов-прилагательных свидетельствует об их метафорическом характере и возможности реализации стилистической функции эпитетов. В статье дается обобщенная характеристика эонимов-эпитетов в их диахронном аспекте. Предложенный автором подход к изучению языковой рефлексии исторических событий в немецкоязычном дискурсе представляет интерес для специалистов в области лингвокультурологии.

Ключевые слова: эоним, имя прилагательное, эпитет, языковая рефлексия, слова года, немецкий язык, ключевые слова текущего момента, лингвокультурология.

SEMANTIC AND STYLISTIC FEATURES OF EONYMS-EPITHETS IN THE GERMAN LANGUAGE

*Ekaterina O. Tumanova,
orcid.org/0000-0002-9798-280X,
Candidate of Philology, Associate Professor
Moscow City University of Management Moscow Government,
28, Sretenka St.
Moscow, 107045, Russia
ekaterina.msu@mail.ru*

Abstract. Historical, cultural, political, economic and sporting events that are significant for a particular linguistic-cultural community are fixed in the linguistic consciousness of native speakers and are reflected in their lexical composition. The article is devoted to the description of semantic and stylistic peculiarities of German eonyms, i.e. lexical units whose semantics include allusions to the events in various spheres of life that gave rise to them. The research material is represented by "epithets of the year", i.e. adjective names from the rating lists of the annual linguistic campaign of the German Language Society in Germany "Word of the Year" for the period from 1971 to 2023. The author has devoted his study to the description of the main

characteristics of the selected units. The special stylistic features of eonyms-adjectives testify to their metaphorical character and the possibility of fulfilling the stylistic function of epithets. The article gives a general characterisation of eonyms-epithets in their diachronic aspect. The approach proposed by the author to the study of the linguistic reflection of historical events in German-language discourse is of interest to specialists in the field of linguistic-cultural studies.

Keywords: eonym, adjective, epithet, linguistic reflection, word of the year, the German language, key words of the current moment, linguistic-cultural studies.

Введение

Значимые для отдельно взятой лингвокультурной общности исторические, культурные, политические, экономические и спортивные события фиксируются в языковом сознании носителей языка и находят свое отражение в его лексическом составе. Лексические единицы, фиксирующие в своей семантике динамические процессы в развитии общества, обозначаются термином «эонимы» [Туманова, 2023а, с. 80]. Эонимы представляют собой результат языковой рефлексии на определенный исторический момент, поэтому скрытый в них смысл не всегда может быть понятен без знания фоновой информации о соответствующей эпохе и подробного лингвокультурологического анализа.

Развитие любой языковой системы, как и ее успешное функционирование, находится в прямой зависимости от «конкретных условий» [Каплина и др., 2021, с. 155]. На возникновение в лингвокультуре таких языковых единиц, как эонимы, оказывают влияние события, «происходящие в различных областях жизни: экономике, политике, социальной сфере» [Сосой, 2022, с. 127]. Таким образом, описание эонимов возможно в отдельно взятом языковом сообществе в определенный период времени, что позволяет охарактеризовать наиболее значимые для данной лингвокультурной общности события. Сопоставление эонимов в различных языковых общностях способствует определению ключевых глобальных процессов, волнующих представителей разных культур и народов.

Список слов года не ограничивается именами существительными, среди них встречаются глаголы, прилагательные, причастия и наречия, аббревиатуры, числительные и цифровые гибридные словосочетания, небуквенные знаки (эмотиконы, хэштеги и т.д.) [Едличко, 2019, с. 86], а также фразовые единства (предложения).

Материалы и методы

Несмотря на многообразие исследований лингвистических рейтингов «Слово года», в абсолютном большинстве рассматриваются лишь лексические единицы, занимающие первые строчки списков, среди которых в основном представлены имена существительные. Именам прилагательным и глаголам «отводится гораздо меньше внимания» [Туманова, 2023б, с. 176]. Обосновывается данная статистика тем, что согласно результатам количественного анализа, подавляющее большинство главных слов года в стандартных и региональных рейтинговых списках немецкого языка представляют собой имена существительные (от 81% до 100%). Общее

количество имен прилагательных и глаголов не превышает 5% [Едличко, 2019, с. 93].

В настоящем исследовании представлены описание значения и анализ происхождения эонимов, являющихся именами прилагательными как частью речи и реализующих стилистическую функцию эпитетов. Обособленное изучение имен прилагательных, вошедших в список «Слово года», обосновывает актуальность и научную новизну настоящей работы.

Целью статьи стало выявление имен прилагательных в списках лингвистической акции «Wort des Jahres» (рус. Слово года), ежегодно отбираемых профессиональным жюри Общества немецкого языка в Германии (нем. Gesellschaft für die deutsche Sprache), и описание их семантики и функций в современной немецкой лингвокультуре. Главным критерием отбора лексемы в рейтинговый список является отражение в ней наиболее ярких событий, оставивших «след» в жизни немецкого народа и ассоциирующихся с текущим годом.

Слова года представляют собой лексику, связанную с конкретной эпохой. Она приобретает свою актуальность и значение в определенном историческом и социальном контексте. Социальная релевантность, или понятность, возможны только в контексте [Muhr, 2007, с. 25]. Слова года считаются самыми яркими лексическими единицами из группы эонимов для немецкоязычной лингвокультурной общности.

Для достижения поставленной в исследовательской работе цели применялись описательный метод, метод стилистического анализа и лексико-семантический метод.

Материалом исследования послужили 23 эонима, представляющих собой имена прилагательные. Отобранные методом сплошной выборки из общего списка всех слов года за весь период существования лингвистической акции с 1971 по 2023 годы эонимы-прилагательные представляют собой, таким образом, всего 4,86% всех эонимов. Анализ употребления отобранных эонимов в речи проводился посредством изучения и сопоставления лексикографических данных репрезентативного корпуса немецкого языка Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache, Мангеймского корпуса немецкого языка и публикаций в немецкоязычной прессе.

Результаты исследования

Особым признаком ключевых слов текущего момента (в предложенной нами терминологии – эонимов) считается их синтагматика, или сочетаемость слов [Шмелева, 1993, с. 34]. Данные языковые единицы при использовании в речи сопровождаются эпитетами, которые выполняют функцию «эмоционального наведения» (по В.И. Шаховскому) [Шаховский, 1991, с. 263]. Эонимы зачастую несут в себе метафорическое значение, эонимы-прилагательные способны, соответственно, выполнять стилистическую функцию эпитетов.

Главным словом 1971 года было выбрано прилагательное *aufmüpfig* (рус. упрямый, строптивый), которое часто встречалось в выступлениях партии

«Зеленые» и ассоциировалось со студенческими движениями конца 1960-х гг. в ФРГ.

В рейтинге слов 1979 года встречается следующий эоним-прилагательное *alternativ* (рус. альтернативный), который обозначает определенные социальные группы, представляющие оппозицию к большинству. В 2010 году его антоним *alternativlos* (рус. безальтернативный) был выбран антисловом года. Под «антисловом» понимается лексическая единица из различных сфер общественной жизни, «противоречащая основным гуманистическим принципам, дискредитирующая одну из социальных групп общества, используемая эвфемистически, завуалированно либо своим использованием вводящая окружающих в заблуждение» [Нефедова и др., 2021, с. 46].

Выбор лексемы *alternativlos* как антислова обосновывался тем, что при употреблении эонима возникает представление об отсутствии каких-либо возможных альтернативных путей принятия решений, что лишает последующие обсуждения и аргументацию всякого смысла. Рост уровня разочарованности в проводимой политике в 2010 году нашел свое языковое отражение в эониме [Unwort des Jahres, o.J.].

В 1981 году на третьем месте в списке «Слово года» располагается прилагательное-эоним (*rett*)*bar* (рус. пригоден к восстановлению). В данном случае речь идет не о лексеме, а именно о деривационном суффиксе *-bar*, который лег в основу многих неологизмов. Жюри Общества немецкого языка включило его в список слов года, хотя словом в традиционном понимании оно не является. Суффикс прилагательных *-bar*, восходящий к древневерхненемецким корням, ранее был самостоятельным прилагательным со значением «несущий, способный нести, приносить». Он относится к той же группе слов, что и слова *gebären* и *Bahre*, и происходит от латинского глагола *ferre* (*tragend*). Поэтому общее значение всех прилагательных на *-bar* можно передать как *die Eigenschaft X tragend*. В раннем нововерхненемецком языке неологизмы с *-bar* встречались довольно часто, их рост пришелся на XVI и XVII века в связи с появлением многих заимствованных из французского языка прилагательных с суффиксами *-ible* и *-able*. До XVIII века между суффиксами *-lich* и *-bar* прослеживалась некоторая конкуренция в словообразовании, были синонимические варианты, например: *undenklich – undenkbar, verkleinerlich – verkleinerbar* [Duden, o.J.; DWDS, o.J.].

Особенностью эонима начала 1980-х годов является тот факт, что по сравнению с более ранними прилагательными, которые часто были производными от существительных (*Frucht + -bar → fruchtbar*), современные прилагательные образованы от переходных глаголов (*retten + -bar → rettbar*). Так появляются в языке привычные для современного носителя языка формы: *abrechenbar, handhabbar, leistbar, regierbar, einsehbar, verantwortbar, verstehbar*, и, как почти все прилагательные, новые прилагательные были также отрицательными, *negierbar, unaufgebbar, unumkehrbar, unverziehbar, unabänderbar* т.п. В то же время носители языка выражали неодобрение по

поводу появления многочисленных чуждых новообразований и пытались «*zu retten, was rettbar war*» (рус. спасти то, что можно спасти) [DWDS, о.Я.].

В лингвистическом рейтинге 1989 года восьмую строчку занимает *multikulturell* (рус. объединяющий в себе различные культуры), которое в настоящее время получило негативные коннотации, обусловленные экстралингвистическими факторами.

В 1994 году в список «Слово года» было включено эоним-прилагательное с суффиксом *-bar* *bezahlbar* (рус. доступный). Именно в этом году в социальной сфере стали чаще отмечать особое право человека – право на жилище (нем. Grundrecht auf Wohnen). В социальной политике стали поднимать вопрос о том, что жилье должно оставаться доступным, особенно для семей. В своих программах с данным требованием выступали представители партий ХДС и СДПГ, однако планы по реализации этого требования оказались неоднородными. Правящая коалиция хотела строить 500 000 новых квартир в год и сделать закон о подоходном налоге (нем. das Einkommenssteuergesetz) более социальным. Немецкая ассоциация городов и муниципалитетов (нем. der Deutsche Städte- und Gemeindebund) потребовала выплачивать жилищные субсидии вместо субсидий на строительство и использовать частный капитал для строительства доступного жилья. Партийная коалиция ХДС/ХСС, напротив, выступила против «*kaum noch bezahlbare Subventionierung des sozialen Wohnungsbaus*» (рус. едва доступного субсидирования социального жилья) и «*für einen Ausgleich durch ein möglichst freie(s) Marktgeschehen*» (рус. за компенсацию через максимально свободный рынок) [DWDS, о.Я.]. Эоним-прилагательное использовалось не только в отношении жилья. В 1994 году появлялись *bezahlbare Arbeitsplätze*, *bezahlbares Autofahren*, *bezahlbare Preise im Nahverkehr*. В дальнейшем прилагательное часто стало употребляться в рекламном дискурсе, отражая желание людей получать товары хорошего качества по доступным ценам.

Спустя два года в рейтинг слов 1996 года попадает не утратившее и в настоящее время свою актуальность прилагательное *genmanipuliert* (рус. генетически модифицированный), которое отражает критическое отношение потребителей к генетически модифицированным продуктам, поскольку сам глагол *manipulieren* имеет в немецком языке негативную коннотацию. В электронном словаре Duden представлен следующий список синонимов, выражающих схожее действие: *beeinflussen* (рус. воздействовать), *bekehren* (рус. преобразовывать), *einer Gehirnwäsche unterziehen* (рус. подвергать промывке мозгов) [Duden, о.Я.]. С целью подавления волнений среди населения на уровне Евросоюза было предложено ввести обязательную маркировку товаров (нем. die Kennzeichnungspflicht). Речь шла не только о маркировке генетически модифицированных продуктов питания (нем. Genlebensmittel), но и тех продуктов, которые были произведены из генетически обработанных материалов (нем. Produkte aus gentechnisch behandelten Materialien), что обосновывалось возможными аллергическими реакциями у потребителей. В реальности добиться соблюдения маркировки оказалось проблематично, потому что не всегда удавалось доказать

генетическую модификацию продукта (*нем.* eine gentechnische Veränderung). При этом согласно данным опроса населения, в немецкоязычном дискурсе генетически модифицированные продукты воспринимаются как некачественные и непригодные к употреблению: «*Achtzig Prozent der Deutschen erklärten denn auch bei einer Umfrage im vergangenen Jahr, sie würden keine genmanipulierten Lebensmittel kaufen, über neunzig Prozent forderten zumindest eine klare Kennzeichnung*» [DWDS, o.J.].

В списке слов 1998 года встречаются сразу два эонима-прилагательных *nachhaltig* (*рус.* стойкий, продолжительный), *jahr-2000-fähig* (*рус.* информ. соответствующий требованиям 2000 года).

В 2000 году появляется эоним-прилагательное *brutalstmöglich* (*рус.* настолько жестоко, насколько это возможно). Впервые оно попадает в толковый словарь Duden в 2004 году [Duden, o.J.]. В электронном словаре приводятся следующие примеры его функционирования в речи: *die brutalstmögliche Aufklärung der Affäre* (*рус.* максимально жесткое выяснение обстоятельств дела); *er versuchte, sich brutalstmöglich für höhere Ämter zu profilieren* (*рус.* он пытался как можно более жестко заявить о себе на высшем посту), *seine Pläne brutalstmöglich durchziehen* (*рус.* осуществить свои планы как можно более жестко) [Duden, o.J.].

В 2004 году в качестве одного из слов года был выбран эоним-причастие *aufgestellt* (*рус.* установленный, созданный, развернутый, позиционированный), хотя он в полной мере не отражает события 2004 года, но тем не менее речь идет о неологизме, заимствованном путем метафорического переноса из военного или спортивного дискурса: «*die Dorfältesten haben eine eigene Milizen aufgestellt und die Extremisten vertrieben*» [DWDS, o.J.]. Употребление данной лексемы стало характерно для экономического и политического дискурса, так, например, СДПГ в Баварии назвала себя в 2004 году, задолго до грандиозной электоральной катастрофы ХСС в 2008 г., «*recht ordentlich aufgestellt*» [DWDS, o.J.].

Расширение сферы употребления лексемы *aufgestellt* в различных типах дискурсов связано с реализацией функции саморекламы, т.е. возможностью представить себя с наиболее выгодной и удачной стороны (позиции). Интерес представляют не только место расположения, но и характеристики данной локации: «*in Zentral- und Osteuropa sehr gut aufgestellt*», «*gut aufgestellt auf dem Binnenmarkt Japan*», «*in Ludwigshafen gut aufgestellt*», «*technologisch gut aufgestellt*» [DWDS, o.J.]. В политическом и экономическом дискурсах причастие означает не только позиционирование с рядом преимуществ, но и обеспечение стратегических возможностей (по сравнению с конкурентами). Компания может быть, например, *gut, exzellent, optimal, breit, überzeugend aufgestellt*.

Сочетание *gut aufgestellt* является одним из самых частотных вариантов употребления этого причастия. В Мангеймском корпусе немецкого языка данный эоним употребляется более 6400 раз [IDS Mannheim, o.J.].

На восьмой строчке рейтинга слов 2005 года появляется эоним-прилагательное *suboptimal* (*рус.* субоптимальный, не вполне оптимальный).

Имя прилагательное *optimal* было образовано в немецком языке путем заимствования от латинского *optimis* (рус. лучший, в лучшем), супплетивной формы превосходной степени прилагательного *bonus* (рус. хороший). Префикс латинского происхождения *sub-* несет в себе семантическое значение нахождения чего-либо внизу, ниже, под чем-либо или около чего-либо, указывая на зависимость, подчинение, вторичность и/или неполноту [Быков, 2008, с. 105].

Если некоторый предмет или товар не в полной мере отвечает требованиям или соответствует ожиданиям, то его можно назвать *suboptimal*, т.е. охарактеризовать как «*unter dem höchsten Qualitäts- oder Leistungsniveau, nicht optimal, weniger gut*» [GfdS, o.J.]. Однако в повседневной речи лексема обычно используется с ироническим оттенком или в качестве эвфемизма. Если проследить на сайте интернет-сервиса Google Trends частоту употребления эонима *suboptimal* за 2004-2023 годы, то ее пик наблюдается в сентябре 2005 года. Популярность в немецкоязычном дискурсе эоним получил после провокационного выступления действующего на тот момент канцлера Герхарда Шрёдера в телевизионной дискуссии ведущих политиков (*нем. Elefantenrunde*) 18 сентября 2005 года – в день выборов в Бундестаг. Среди прочего он обвинил СМИ в кампании против него и категорически исключил возможность того, что лидер ХДС Ангела Меркель возглавит большую коалицию. На следующий день Г. Шрёдер назвал свое поведение в телестудии «*suboptimal*», пояснив, что «*War nicht gut, ich weiß*» [Spiegel, 2005].

Эоним использовался в дискурсе масс-медиа как апеллятив к выступлению канцлера и выражал некий сарказм к общей ситуации развития в стране: «*Es gibt weder eine Krise in Deutschland, noch steckt Deutschland in einer Krise. Es ist alles nur so, wie der noch amtierende Kanzler seinen letzten großen Fernsehauftritt am Abend der Wahl beschrieben hat: „Suboptimal“*» [DWDS, o.J.].

2006 год стал особым для истории футбола в Германии, когда сборная страны заняла третье место на Чемпионате мира по футболу. Футбольная победа вызвала эйфорию и выразилась в активном использовании государственного флага (*нем. Flaggen-Euphorie*). Популярное издание Bild по этому случаю выпустило наклейку, где изображен немецкий триколор и надпись: «*Wir machen weiter! Schwarz-rot-geil!*» (рус. Мы будем продолжать! Черный-красный-классный). С лингвистической точки зрения, данный окказионализм привел к семантическому сдвигу в дефиниции прилагательного *geil*, которое ранее характеризовалось как неодобрительное, в некоторых случаях – табуированное. В новой языковой группе оно утратило свою особую коннотацию и перешло в группу общеупотребительных слов. Новое смысловое значение прилагательного закрепилось в языковом сознании носителей языка благодаря выступлению главного тренера сборной Германии Ю. Клинсмана перед миллионами фанатов: «*Ihr wart geil. Ihr seid die Fanweltmeister*» (рус. Вы были классные. Вы чемпионы среди фанатов). В ответ на произошедшие события в рейтинг 2006 года включен эоним *schwarz-rot-geil* (рус. черно-красно-классный), отразивший коренные изменения в

национальной картине мышления – открытое проявление гордости за достижения собственной нации [Туманова, 2023а, с. 88].

В рейтинг слов 2007 года был включен неологизм *spritdurstig* (рус. с большим расходом топлива), отражающий озабоченность населения Германии количеством потребления топлива крупногабаритными транспортными средствами. Прилагательное часто сочетается с существительными *Auto*, *Geländewagen*, *Kleinlaster*, например: «*Während die Pkw-Absätze um sieben Prozent abnahmen, schrumpften die Verkaufszahlen der spritdurstigen Kleinlaster den Angaben zufolge um 18 Prozent*». «*Zwei von drei Autos, die unter der US-Marke hergestellt werden, sind besonders spritdurstig*». «*Nach Medienberichten verweigerte die chinesische Regierung ihre Zustimmung, weil die spritdurstigen Geländewagen das Ziel torpedieren würden, die Umweltverschmutzung zu senken*». «*In den USA waren wie zu Vorkrisenzeiten die spritdurstigen Pick-up-Trucks und Geländewagen besonders beliebt*». «*Darunter litten neben dem Klima auch die Verbraucher: Spritdurstige deutsche Premium-Limousinen und SUVs bleiben das Maß der Dinge auf deutschen und europäischen Straßen*» [DWDS, о.Я.].

Годом позднее появляется эоним-причастие *verzockt* (рус. просаженные [деньги], например, в результате неудачных операций), занявшее вторую строчку в списке слов 2008 года. Как и слово-победитель *Finanzkrise* (рус. финансовый кризис), прилагательное также связано с драматическим развитием ситуации в банковской сфере, недвижимости и финансовом секторе. Эоним *verzockt* расширил свой диапазон значений и стал использоваться с целью критики действий менеджеров банков, проводящих высоко рискованные и спекулятивные финансовые операции (отсюда выбор второго причастия *verzockt* вместо формы инфинитива *verzocken*) [GfdS, о.Я.].

В 2012 году последнюю строчку рейтинга слов года занимает словосочетание *ziemlich beste ...* (рус. довольно лучшие). Данный эоним стал популярен благодаря выходу на экраны французской комедии о дружбе «*Ziemlich beste Freunde*» (рус. 1+1, франц. *Intouchables*) в начале года. Выражение быстро вошло в разговорный дискурс, стало «у всех на устах». Лингвистический интерес вызывает представленная форма превосходной степени, содержащая относительное наречие, что обычно считается нарушением нормы.

2014 год ассоциировался с забастовками машинистов в Германии, поэтому появился эоним *bahnsinnig* (рус. сходящий с ума по железной дороге), образованный от двух основ *Bahn* (рус. железная дорога) и *wahnsinnig* (рус. безумный, сумасшедший), указывающих на негативное отношение в обществе к происходящему. С одной стороны, забастовки машинистов немецких поездов являлись юридически законными. С другой стороны, население считало данные мероприятия избыточными, что и привело к появлению неологизма.

Два года спустя главным словом 2016 года становится эоним *postfaktisch* (рус. постправдивый), т.е. построенный не на фактах, а на эмоциях и чувствах. Во второй раз за всю историю ежегодного отбора слов прилагательное попало на первое место после 1971 года, во все остальные годы на первой строчке

оказывались имена существительные или словосочетания. Жюри Общества немецкого языка, таким образом, обратило внимание общественности на коренные политические изменения. Значение эонима может показаться «странным», так как в буквальном переводе с латыни он означает «после фактов». У реципиента может сложиться неверное представление о том, что речь идет об информации, «противоречащей» фактам [GfdS, o.J.]. Однако, постмодернизм (постструктурализм) основаны на идее новой эпохи, описанию которой посвящена книга Ральфа Киза «The Post-Truth Era: Dishonesty and Deception in Contemporary Life» (рус. Эпоха постправды: Бесчестность и обман в современной жизни), опубликованная еще в 2004 году. Канцлер Германии Ангела Меркель заявила: «*Wir leben im postfaktischen Zeitalter*» (рус. Мы живем в эпоху постправды) [Neue Zürcher Zeitung, 2016]. Таким образом, в немецкоязычном дискурсе появился термин «постправда». Дефиниция эонима указывает на утрату своей ценности правдивых (фактических) данных. Прилагательное представляет собой заимствование из английского языка (англ. *post truth*), где оно используется для описания того, что современные политические и социальные дискуссии чаще всего сводятся к эмоциям, а не к фактам.

Английский эквивалент *post truth* стал словом 2016 года по версии редакторов Оксфордского словаря английского языка. Большая часть социума с легкостью соглашается с очевидной ложью, не принимая правящую элиту. Исследования показали, что в 2016 году употребление слова «постправдивый» увеличилось более чем в двадцать раз по сравнению с годом ранее, а первое свидетельство употребления неологизма можно найти в эссе 1992 года, по сообщению главы Oxford Dictionaries Каспера Гратволя [Neue Zürcher Zeitung, 2016].

Пик употребления эонима пришелся на период проведения референдума о выходе Великобритании из ЕС и президентских выборов в США, данная тема нашла отражение и в других эонимах немецкого языка. Нарушая временную последовательность описания эонимов-прилагательных, отметим, что в 2019 году появляется деривативное прилагательное *brexitmüde* (рус. утомленный процессом выхода Британии из Европейского союза). В единственном прилагательном в рейтинге слов года объединяются эонимы *Brexit* (второе место в рейтинге 2016 года) и *Brexit chaos* (девятое место в рейтинге 2018 года), таким образом, в языке проявляется критика темы, которая держит социум в напряжении уже более года. Непрерывающиеся попытки Великобритании по выходу из Евросоюза (сокращенно – брексит), в частности постоянное освещение дебатов в Палате общин и поражения британского правительства при голосовании, привели к тому, что в национальном сознании жителей Германии появилась усталость от брексита. Референдум о выходе Великобритании из состава ЕС также стал примером «постфактической политики», так как сторонники брексита использовали для формирования негативного отношения в социуме к результатам референдума преднамеренную дезинформацию.

По образцу словообразовательной модели *Brexit* (Britain + Exit) в политическом дискурсе появляются такие «контаминантные наименования», как *Grexit* (рус. выход Греции из ЕС), *Öxit* (рус. выход Австрии из ЕС) [Едличко, 2019, с. 87], *Spexit* (рус. выход Испании из ЕС) или *Itexit* (рус. выход Италии из ЕС). В случае победы правого популиста Марин Ле Пен на президентских выборах во Франции в 2017 году в дискурсе высказывались предположения о возможном выходе Франции из Европейского союза (нем. *Frexit*).

В 2015 году появились и другие контаминантные наименования, например, выход Алексиса Ципраса на арену европейской политики *Alexit* (Alexis Tsipras + Exit) и переход Бастиана Швайнштайгера из национального футбольного клуба «Бавария» в английский клуб «Манчестер Юнайтед» – *Schwexit* (Bastian Schweinsteiger + Exit) [GfdS, o.J.].

На последнее место списка слов 2017 года попадает прилагательное, *hyggelig* (рус. уютный, комфортный), заимствованное из датского языка от *hygge* (рус. уютный, приятный, милый). Изначально эоним ассоциировался со скандинавским образом жизни, но со временем стал использоваться в немецкоязычном дискурсе для обозначения отношения к жизни [GfdS, o.J.]. *Hyggelig* выражает чувство радости и ассоциируется с доверительным окружением: «*Zum „hyggelig“ gehören Freunde, ein warmes Gefühl in vertraulicher Umgebung*». «*Die Insel gilt als besonders hyggelig, d. h. gemütlich, malerisch, behaglich oder niedlich, und damit „typisch dänisch“*» [DWDS, o.J.]. Однако, эоним встречался в прессе задолго до своего появления в рейтинговом списке, обоснованном модой на скандинавский стиль: «*Sie sind hell, freundlich, „hyggelig“ – einfach gemütlich*» [DWDS, o.J.].

Карьерные назначения экс-главы Федеральной службы по охране конституции Ханса-Георга Маасена в 2018 году отразились в языке посредством образования эонима с характеристиками оксюморона *strafbelobigt* (рус. наказанный поощрением). Ханс-Георг Маассен получил «штрафную благодарность», или даже «штрафное повышение». Скандальные поступки и неоднозначные заявления по поводу инцидентов в Хемнице, деятельности Эдварда Сноудена, электронного шпионажа привели к его освобождению от занимаемой должности и назначению на пост госсекретаря в Министерстве внутренних дел, что, по сути, было формальным повышением, однако привело к серьезным спорам в рамках Большой коалиции. Ханс-Георг Маасен был по итогам отправлен во временную отставку.

В 2020 году появляется эоним *systemrelevant* (рус. системно важный), используемый для описания компаний, которые во время кризиса государство финансово поддерживает с целью предотвращения банкротства, способного нанести серьезный ущерб инфраструктуре. Поддержка оказывалась также тем профессиональным группам (полиция, пожарная охрана, сектор здравоохранения и ухода, уборщики, торговля продуктами питания, сборщики урожая), которые не могли во время пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 работать дома, а их деятельность необходима для общества.

Тройку лидеров списка слов 2023 года замыкает прилагательное *leseunfähig* (рус. не способный читать). Прилагательное «отсылает к серьезным проблемам у нации Гёте и Шиллера в системе школьного образования, особенно начального» [Фомичев, 2023]. Пандемия коронавирусной инфекции, породившая множественные случаи закрытия школ на период локдауна, отсутствие базовых знаний немецкого языка у постоянно прибывающих в Германию мигрантов привели к падению уровня развития навыков чтения у населения страны. Последние социологические исследования показали, что у примерно 30 % четвероклассников отсутствуют начальные навыки чтения. Жюри Общества немецкого языка указывает на то, что само прилагательное *leseunfähig* связано с трудностями при понимании сложных текстов, однако, очевидным становится фундаментальное падение уровня грамотности и образования в Германии [GfdS, o.J.].

Заключение

Лингвокультурологический анализ эонимов, отобранных из ежегодно публикуемых Обществом немецкого языка результатов лингвистического проекта «Слово года» в Германии, позволил определить семантические особенности имен прилагательных, реализующих в речи функцию эпитетов. Проанализированные имена прилагательные представляют собой яркие примеры языковой рефлексии на происходящие и значимые для немецкоязычного дискурса события и явления в разных областях жизни: повседневной жизнедеятельности, спорте, экологии, экономике и политике.

В научных трудах, посвященных лингвистическому анализу слов года, отмечаются их основные характеристики, среди которых чаще всего указывается частотность употребления, популярность в речи носителей языка. Активность употребления и частотность возникновения эонимических прилагательных свидетельствуют об их роли в политическом дискурсе, дискурсе масс-медиа, онлайн-дискурсе, как исторически маркированных и контекстно-обусловленных лексем.

Имена прилагательные, представляющие собой эонимы, выступают символами определенного периода в развитии немецкоязычной лингвокультурной общности (*strafbelobigt, rettbar, suboptimal*), а в ряде случаев и мирового сообщества (*postfaktisch, brexitmüde*). Эонимы являются результатом воплощения творческого, словообразовательного и аксиологического потенциала современного немецкого языка. Они фиксируют определенный момент, отпечатав это событие в своей языковой форме и храня память о нем в своей семантике. При употреблении в речи они могут вызывать ассоциации с теми исключительными событиями, которые их породили, выступая в роли прецедентных текстов в последующих сообщениях в дискурсе масс-медиа или повседневной коммуникации.

В виду того, что понимание, интерпретация и адекватный перевод эонимов не возможны без знания скрытых в них дополнительных смыслов и аллюзий, их дальнейшее исследование как особого класса лексических

единиц, отражающих исторический момент, открывает новые перспективы для развития лингвокультурологии.

Библиографический список

- Быков А. А.* Анатомия терминов. 400 словообразовательных элементов из латыни и греческого: учебный словарь-справочник. М.: НЦ ЭНАС, 2008. 192 с. EDN QTQJQX
- Едличко А. И.* Главные слова года: структурно-функциональная и социолингвистическая характеристика // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Лингвистика. 2019. № 4. С. 80-97. DOI 10.18384/2310-712X-2019-4-80-97. EDN VAMPBN.
- Каплина М. М.* Топонимика Эльзаса как объект лингвистической лимологии / М. М. Каплина, С. А. Жезлова // Верхневолжский филологический вестник. 2021. № 3 (26). С. 151-157. DOI 10.20323/2499-9679-2021-3-26-151-157. EDN REUEFK.
- Нефедова Л. А.* «Антислово» года как особый вид лингвистической рефлексии в Германии и Австрии / Л. А. Нефедова, А. М. Кустова // *Studia Germanica, Romanica et Comparatistica* Т. 17, Вып. 1 (51), 2021. С. 45-54. EDN RIMXDS.
- Сосой О. А.* Этимология и семантика глагольных фразеологизмов в немецком языке: XXI век // Верхневолжский филологический вестник. 2022. № 4 (31). С. 127-132. DOI 10.20323/2499-9679-2022-4-31-127-132. EDN SAXAOP.
- Туманова Е. О.* Колористические эонимы как результат языковой рефлексии политической системы Германии с 1978 по 2021 годы // Политическая лингвистика. 2023а. № 2 (98). С. 79-90. DOI 10.26170/1999-2629_2023_02_09
- Туманова Е. О.* Реализация языковой игры в немецкоязычных эонимах (на примере глагольных единиц) // Верхневолжский филологический вестник. 2023б. № 3 (34). С. 174-181. DOI 10.20323/2499_9679_2023_3_34_174
- Фомичев Ф.* Итоги года в Германии в 5 словах / Ф. Фомичев // Московская немецкая газета. 23.12.2023. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.mdz-moskau.eu/itogi-goda-v-germanii-v-5-slovah/> (дата обращения: 15.01.2024).
- Шаховский В. И.* О деривационном принципе «эмоционального наведения» // Принцип деривации в истории языкознания и современной лингвистике: Тез. докл. Пермь, 1991. С. 263-265.
- Шмелева Т. В.* Ключевые слова текущего момента // *Collegium*. 1993. № 1. С. 33-41.
- Duden // [Electronic resource]. – URL: <https://www.duden.de/> (дата обращения: 20.12.2023).
- DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache // [Electronic resource]. – URL: <https://www.dwds.de/> (дата обращения: 27.12.2023).
- GfdS – Gesellschaft für die deutsche Sprache. Wort des Jahres // [Electronic resource]. – URL: <https://gfds.de/aktionen/wort-des-jahres/> (дата обращения: 12.01.2024).
- IDS Mannheim [Electronic resource]. – URL: <https://cosmas2.ids-mannheim.de/cosmas2-web/> (дата обращения: 23.09.2023).
- Muhr R.* Das österreichische Wort des Jahres. Geschichte – Intentionen und Ergebnisse. In: *APTUM – Zeitschrift für Sprachkritik und Sprachkultur*. 2007. Nr. 1. S. 25-40.
- Neue Zürcher Zeitung. «Postfaktisch» ist das internationale Wort des Jahres. 16.11.2016. [Electronic resource]. URL: <https://www.nzz.ch/feuilleton/aktuell/oxford-dictionaries-postfaktisch-ist-das-internationale-wort-des-jahres-ld.128721> (дата обращения: 03.01.2024).
- Spiegel. Schröder bedauert TV-Auftritt am Wahlabend. 22.09.2005. [Electronic resource]. – URL: <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/elefantenrunde-schroeder-bedauert-tv-auftritt-am-wahlabend-a-376035.html> (дата обращения: 23.09.2023).
- Unwort des Jahres [Electronic resource]. – URL: <https://www.unwortdesjahres.net/unwort/das-unwort-seit-1991/2010-2019/> (дата обращения: 27.08.2023)

References

- Bykov A. A. (2008). Anatomy of terms. 400 word-forming elements from Latin and Greek: educational dictionary-guide. [Anatomija terminov. 400 slovoobrazovatel'nyh jelementov iz latyni i greche-skogo: uchebnyj slovar'-spravochnik]. Moscow: NC ENAS, 2008. 192 p. (In Russian)
- Duden. Available at: <https://www.duden.de/> (accessed 20 December 2023). (In German)
- DWDS – Digitales Wörterbuch der deutschen Sprache. [Digital dictionary of the German language] Available at: <https://www.dwds.de/> (accessed 27 December 2023). (In German)
- Fomichev F. (2023). The results of the year in Germany in 5 words. [Itogi goda v Germanii v 5 slovah]. *Moscow German newspaper*. 23.12.2023. [Electronic resource]. – URL: <https://ru.mdz-moskau.eu/itogi-goda-v-germanii-v-5-slovah/> (accessed 15.01.2024). (In Russian).
- GfdS – Gesellschaft für die deutsche Sprache. Wort des Jahres. [Association for the German Language. Word of the year] Available at: <https://gfdS.de/aktionen/wort-des-jahres/> (accessed 12 January 2024). (In German)
- IDS Mannheim. Available at: <https://cosmas2.ids-mannheim.de/cosmas2-web/> (accessed 23 September 2023). (In German)
- Kaplina M. M., Zhezlova S. A. (2021). Toponymy of Alsace as an object of linguistic limology. [Toponimika Jel'zasa kak ob#ekt lingvisticheskoy limologii]. *Verkhnevolzhsky philological bulletin*. 3(26): 151-157. (In Russian)
- Muhr R. (2007). Das österreichische Wort des Jahres. Geschichte – Intentionen und Ergebnisse. [The Austrian word of the year. History - intentions and results]. In: *AP-TUM - Zeitschrift für Sprachkritik und Sprachkultur*. 1: 25-40. (In German)
- Nefedova L. A., Kustova A. M. (2021). Un-words of the year as special type of linguistic self-reflection in Germany and Austria. [«Antislovo» goda kak osobyj vid lingvisticheskoy refleksii v Germanii i Avstrii] *Studia Germanica, Romanica et Comparatistica*. 17-1(51): 45-54. (In Russian)
- Neue Zürcher Zeitung. «Postfaktisch» ist das internationale Wort des Jahres. 16.11.2016. Available at: <https://www.nzz.ch/feuilleton/aktuell/oxford-dictionaries-postfaktisch-ist-das-internationale-wort-des-jahres-ld.128721> (accessed 03 January 2024). (In German)
- Shakhovskiy V. I. (1991). On the derivational principle of "emotional guidance". [O derivacionnom principe «jemocional'nogo navedenija»]. *Derivation principle in the history of linguistics and modern linguistics* Proc. of Perm, 1991: 263-265. (In Russian)
- Shmeleva T. V. (1993). Key words of the current moment. [Kljuchevye slova tekushhego momenta] *Collegium*. 1: 33-41. (In Russian)
- Sosoi O. A. (2022). Etymology and semantics of verb phraseological phrases in German: XXI century. [Jetimologija i semantika glagol'nyh frazeologizmov v nemeckom jazyke: XXI vek]. *Verkhnevolzhskiy philological vestnik*. 4(31): 127-132. (In Russian)
- Spiegel. Schröder bedauert TV-Auftritt am Wahlabend. [Spiegel. Schröder regrets TV appearance on election night] 22.09.2005. Available at: <https://www.spiegel.de/politik/deutschland/elefantenrunde-schroeder-bedauert-tv-auftritt-am-wahlabend-a-376035.html> (accessed 23 September 2023). (In German)
- Tumanova E. O. (2023a). Color Eonyms as a Result of the Linguistic Reflection of the German Political System From 1978 to 2021. [Koloristicheskie jeonimy kak rezul'tat jazykovoj refleksii politicheskoy sistemy Germanii s 1978 po 2021 gody] *Political Linguistics*. 2(98): 79-90. (In Russian) doi: 10.26170/1999-2629_2023_02_09.
- Tumanova E. O. (2023b). Realization of language game in German eonyms (on the example of verbal units). [Realizacija jazykovoj igry v nemeckojazychnyh jeonimah (na primere glagol'-nyh edinic)] *Verkhnevolzhskiy philological bulletin*. 3(34): 174-181. (In Russian) doi: 10.20323/2499_9679_2023_3_34_174
- Unwort des Jahres. [Non-word of the year] Available at: <https://www.unwortdesjahres.net/unwort/das-unwort-seit-1991/2010-2019/> (accessed 27 November 2023) (In German)
- Yedlichko A. I. (2019). Key words of the year: structural, functional, and sociolinguistic characteristics. [Glavnye slova goda: strukturno-funkcional'naja i sociolingvisticheskaja harakteristika]. *Vestnik of Moscow State Regional University. Series: Linguistics*. 4: 80-97. (In Russian)

УСТОЙЧИВЫЙ СЛОВАРНЫЙ ФОНД ДУНСЯНСКОГО ЯЗЫКА: СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ ИСТОЧНИКОВ XX И XXI ВЕКОВ

*Иннокентий Николаевич Новгородов,
orcid.org/0000-0002-9378-0987,
доктор филологических наук,
член научно-редакционного совета международного
информационно-аналитического журнала «Crede Experto:
транспорт, общество, образование, язык»,
г. Иркутск, 664047, Россия, ул. Коммунарков, 3
i.n.novgorodov@mail.ru*

*Анна Андреевна Васильева,
orcid.org/0000-0001-9975-9380,
кандидат филологических наук
Северо-Восточный федеральный
университет имени М.К. Аммосова,
ул. Белинского, д 58
Якутск, 677000, Россия
silong84@mail.ru*

Аннотация. В статье установлен устойчивый словарный фонд дунсянского языка по источникам XX и XXI веков отечественных и зарубежных авторов. Обнаружено внешнее сходство в подавляющем количестве слов, что свидетельствует об устойчивости изучаемого фонда монгольского языка Китая. Вместе с тем в некоторой части слов выявляются расхождения в морфологии и семантике слов. Для дальнейшего исследования дунсянского языка необходимо изучение его фонологической системы.

Ключевые слова: устойчивый словарный фонд, дунсянский язык, отечественные и зарубежные источники XX и XXI веков.

THE DONGXIANG LEIPZIG-JAKARTA LIST: SIMILARITIES AND DISCREPANCIES OF THE XXTH AND XXIST CENTURIES SOURCES

*Innokentiy N. Novgorodov,
orcid.org/0000-0002-9378-0987,
Doctor of Philological Sciences
a member of the advisory board of international informational and
analytical journal «Crede Experto: transport, society, education, language»,
Kommunarov St. 3,
Irkutsk, 664047, Russia
i.n.novgorodov@mail.ru*

*Anna A. Vasilieva,
orcid.org/0000-0001-9975-9380,
Candidate of Philological Sciences
North-Eastern Federal University
named after M.K. Ammosov,
58, Belinsky street
Yakutsk, 677000, Russia
silong84@mail.ru*

Abstract. The article presents the Leipzig-Jakarta list of the Dongxiang language according to the sources of the XXth and XXIst centuries of domestic and foreign scientists. The authors demonstrate the similarity in the vast majority of words, which indicates the stability of the studied list of the Mongolian language in China. At the same time, some part of the words reveal discrepancies in morphology and their semantics. Studying of the phonological system is necessary for further research of the Dongxiang language.

Key words: the Leipzig-Jakarta list, the Dongxiang language, domestic and foreign sources of the XXth and XXIst centuries.

Введение

Статья является продолжением ранее начатых исследований по устойчивому словарному фонду монгольских языков [Новгородов, 2019а; Новгородов, 2019б].

Фундаментальное изучение конвергенции языков алтайской общности актуально, так как ранее раскрытие масштабной древнейшей конвергенции тюркских и монгольских, монгольских и тунгусо-маньчжурских, тунгусо-маньчжурских и корейских, корейских и японских языков было предпринято в первичном виде [Щербак, 1997; Щербак, 2005; Clauson, 1962; Doerfer, 1963; Doerfer, 1985; Vovin, 2010; Janhunen, 2024] (для удобства изложения здесь обозначим указанных авторов антиалтаистами). Из истории алтаистики известно, что антиалтаисты 1) выступают против идей алтаистов о родстве тюркских, монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейских и японских языков (здесь – алтаисты) [Ramstedt, 1957; Poppe, 1960; Miller, 1971; Starostin et al, 2003]; 2) объясняют сходства алтайских языков разновременными заимствованиями, контактами и конвергенциями.

Существует огромное число классификаций тюркских, монгольских и тунгусо-маньчжурских языков, которые находятся в зависимости от существующих противоположных подходов в объяснении генезиса алтайской языковой общности.

На наш взгляд, для дальнейшего изучения конвергенции языков алтайской общности целесообразно продолжить изучение устойчивого словарного фонда, на базе которого возможно установление систематизаций тюркских, монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейских и японских языков.

Известно, что алтайская конвергентная языковая общность представлена на огромной территории Евразии от Японского моря на востоке, до Средиземного моря на западе. Значительная часть указанной общности представлена в Китае.

В Китае представлены языки, относящиеся к алтайской языковой общности. Так, наряду с тюркскими и тунгусо-маньчжурскими языками обнаруживаются различные языки монгольских народов. Среди них и язык дунсян.

Дунсяне (самоназвание: *сарта* (китайское 撒尔塔) или *санта*; китайское управленческое 东乡族, пиньинь Dōngxiāngzú) – этническое меньшинство в провинции Ганьсу, Китай. Язык относится к монгольской семье. Собственная

письменность отсутствует. Большинство дунсян владеют китайским языком. Дунсяне исповедуют ислам, в частности суннизм и ихевани.

Дунсяне в основном живут в предгорьях к западу от реки Тао, к востоку от реки Дася и к югу от реки Хуанхэ в Линься-Хуэйском автономном округе провинции Ганьсу, городе Ланьчжоу, префектуре Динси и тибетском автономном округе Ганьнань. После основания Нового Китая некоторые дунсяне иммигрировали из Ганьсу в Синьцзян-Уйгурский автономный округ.

Согласно «Китайскому статистическому ежегоднику-2021», население Дунсян в Китае составляет 774 947 человек.

Дунсяне получили свое название, потому что жили в Дунсяне, в Хэчжоу (ныне Линься, провинция Ганьсу). До основания Нового Китая они не признавались единым этническим меньшинством, и их часто называли «дунсян хуэй» или «монгольский хуэй». Это связано с тем, что народность дунсян очень похожа на народность хуэй на северо-западе с точки зрения образа жизни и религиозных верований, и исторические документы часто относят ее к национальности хуэй.

По историческому происхождению дунсян отсутствуют прямые и полные литературные записи, только отдельные исторические материалы и фрагменты легенд, а в Хэчжоу, где дунсяне жили поколениями, нет отдельных записей, а имеющиеся очень противоречивы. В основном информация черпается из записей народа хуэй, монголов и теории полиэтнической интеграции.

Согласно различным данным предками дунсян были сарты из Средней и Западной Азии. Когда они вернулись с монгольской армией из среднеазиатского похода Чингисхана, они поселились на территории современного Дунсяна и слились с местным населением, таким образом, ханьцы, монголы и другие популяционные группы постепенно образовали дунсян [东乡族].

Дунсянский язык распространён в провинции Ганьсу, а именно в Дунсянском автономном уезде (东乡族自治县, Dongxiang Autonomous County) Линься-Хуэйского автономного округа (临夏回族自治州, Linxia Hui Autonomous Prefecture) и соседних уездах и округах. Дунсянский – разговорный язык, применяемый лишь в обиходно-бытовой сфере как средство общения населения данного автономного уезда. Молодежь и работники административных учреждений в некоторых ситуациях общения пользуются китайским языком. Диалектная система отсутствует. Подробнее можно ознакомиться с языком в специальной научной литературе [Тодаева, 1961].

Науке известны стандартизированные списки базисной лексики. Например, широко известны списки Мориса Сводеша и устойчивого словарного фонда (the Leipzig-Jakarta list). Список Сводеша был основан главным образом на интуиции и для преодоления этого недостатка был предложен устойчивый словарный фонд.

Устойчивый словарный фонд выявлен на основе данных самого языка в соответствии с критериями. Как пишут авторы в книге «Loanwords in the World's languages», при создании этого списка слова выделялись по критериям: устойчивость к заимствованию (unborrowed score), всеобщность (representation score), доступность для восприятия (simplicity score), степень архаичности (age score), совокупность указанных данных (composite score) [Tadmor, 2009, p. 68]. Список представляет собой наиболее устойчивую к иноязычному влиянию область лексики. Однако в изучении устойчивого словарного фонда нужно иметь в виду, что любое слово может быть заимствовано, так как не существуют языки, в которых не отражались бы контакты, процессы конвергенции носителей конкретного языка с различными народами. Между тем, каково бы ни было смешение, всегда можно установить основу смешанного языка.

100-словный устойчивый словарный фонд установлен из 18 тематических групп: 1) the physical world/физический мир, 2) kinship/родство, 3) animals/животный мир, 4) the body/части тела, 5) food and drink/еда и питье, 7) the house/дом, 8) agriculture and vegetation/с/х и растительность, 9) basic actions and technology/ основные действия и технология, 10) motion/движение, 11) possession/обладание, 12) spatial relations/пространственные отношения, 13) quantity/количество, 14) time/время, 15) sense perception/чувственное восприятие, 16) emotions and values/эмоции и ценности, 17) cognition/познание, 18) speech and language/язык и речь, 24) miscellaneous function words / различные функциональные слова.

Целью статьи является установление устойчивого словарного фонда (the Leipzig-Jakarta list) дунсянского языка как уникального диагностического признака этого языка.

Для достижения цели поставлены задачи установления источников по дунсянскому языку, так как у авторов статьи не было возможности живого и прямого обсуждения устойчивого словарного фонда с дунсянами. Источниками явились опубликованные в России и Китае, а также на Западе специальные труды. Конкретные источники указаны ниже. Выявление устойчивого словарного фонда (the Leipzig-Jakarta list) дунсянского языка согласно источникам.

Новизной работы является сам факт установления устойчивого словарного фонда дунсянского языка как диагностического признака с учётом источников отечественного языкознания и лингвистики Запада.

Теоретическое значение статьи заключается в создании базиса в виде диагностических данных/признаков в целях классификации современных монгольских языков. Устойчивый словарный фонд является одним из аргументов конвергентного происхождения связей языков алтайской общности и отсутствия их родственных связей.

Практическое значение статьи заключается в установлении диагностических данных/признаков дунсянского языка в виде устойчивого словарного фонда, позволяющего отделить его от других многочисленных языков Китая и, в частности, от других монгольских языков.

В связи с диагностическими данными/признаками необходимо их пояснить. Диагностическими данными/признаками являются позитивные и негативные признаки, по которым группа языков, несколько языков или один язык чётко отграничиваются от всех остальных языков семьи. Таким образом, диагностический признак – это типическая языковая черта, имеющая разные сферы проявления [Щербак, 1994, с. 24]. Диагностические признаки выступают дополнением к дифференциальным признакам языка.

Дифференциальные признаки формируются в недрах праязыка, являются результатом его древнейшей дивергенции или конвергенции и отражаются в современных языках и используются в их классификации. Дифференциальные признаки, используемые для классификации языков, устанавливаются эмпирически. Алтаистами эмпирически не установлены дифференциальные признаки тюркских, монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейского и японских языков, то есть признаки, различающие их и восходящие к алтайскому праязыку, как это было сделано в отношении, например, тюркских языков [Щербак, 1994, с. 12-42]. Алтаисты в качестве объединяющих фонетических аргументов (соответствий) тюркских, монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейских и японских языков приводят, например, «закон Рамстедта-Пельйо», ротацизм, ламбдаизм. Но при этом указанные аргументы не различают тюркские, монгольские, тунгусо-маньчжурские, корейские и японские языки друг от друга, а объединяют их. Кроме того, эти объединяющие признаки не признаются таковыми антиалтаистами, а считаются ими фактами фонетического освоения заимствований, то есть субституциями фонем. С точки зрения антиалтаистов указанные объединяющие признаки отсутствуют, так как алтайского праязыка не существовало, в недрах которого могли бы возникнуть дифференциальные признаки родственных алтайских языков. Например, алтаисты ротацизм и ламбдаизм рассматривают как важное доказательство их гипотезы. На самом деле праалтайские *-r'(-) и *-l'(-) отделяют чувашский от остальных тюркских языков (в которых они выступают в виде -z(-)/-s(-) и -š(-)/-s(-)), но не различают тюркские, монгольские, тунгусо-маньчжурские, корейские и японские языки, а «объединяют» их согласно воззрениям алтаистов. Пожалуй, единственный признак, разделяющий тюркские языки от монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейских и японских проявляется в рамках действия «закона Рамстедта-Пельйо» (если отвлечься от идей Г. Дёрфера по халаджскому начальному h- (< *p-)), но он не дифференцирует оставшиеся языки. Таким образом, алтаистами не представлены дифференциальные признаки алтайских языков.

При этом необходимо принимать во внимание, что современные языки возникают не только в результате дивергенции, но и конвергенции. В связи с процессами дивергенции и конвергенции в происхождении языка тот или иной дифференциальный признак, возникший в праязыке, может быть утрачен или изменён (трансформирован). В некоторых случаях, в связи с процессами конвергенции, в современных языках происходит смешение дифференциальных признаков. Поэтому большую роль в изучении

первоначального состояния языков играют диагностические признаки, в данном случае устойчивый словарный фонд, наряду с конкретной спецификой того или иного языка. Диагностические признаки могут отражать результаты как древнейшей, так и относительно поздней эволюции языков.

Материалы и методы исследования

Основным материалом исследования является монография Б.Х. Тодаевой «Дунсянский язык», изданная в г. Москве в 1961 г., в издательстве «Восточная литература», которая содержит лексические материалы середины XX века. Ценными являются материалы конца XIX века Г.Н. Потанина, представленные Б.Х. Тодаевой в указанной монографии. Этот источник в статье указан как [Тодаева, 1961]. Данные Г.Н. Потанина по дунсянскому языку требуют отдельного специального рассмотрения.

Также в статье использовался материал дунсянско-китайского словаря: Ma Guozhong 马国, Chen Yuanlong 陈元龙. 2012. 东乡语汉语词典 [Дунсянско-китайский словарь]. Gansu Minzu chubanshe. Этот источник в статье указан как [Ma et al., 2012].

Дополнительно был использован материал:

а) дунсянско-китайского словаря: 东乡语词汇 (Лексика дунсянского языка (Словарь дунсян)), изданный 蒙古语族语言方言研究所丛书 (в сборнике (серии) материалов по исследованию монгольских языков и диалектов монгольского языка) 布和等编 1983 (в 1983 году под редакцией Бу Хэ и др.) 内蒙古大学蒙古语文研究所 (Институтом исследования монгольского языка и литературы Университета Внутренней Монголии) (указан как [Bu, 1983]);

б) монографии: Nugteren Hans. 2011. Mongolic Phonology and the Qinghai-Gansu Languages. Utrecht. Thèse de doctorat. Leiden University. 563 p. (указан как [Nugteren, 2011]);

в) Жулии Лефорт, младшего научного сотрудника Центра лингвистических исследований Восточной Азии (CRLAO) в Париже, Франция.

Материалы источников подаются в оригинальном написании.

В целях изучения сходств и различий источников XX и XXI веков используется сопоставление словарного состава.

Результаты

Ниже представлен устойчивый словарный фонд дунсянского языка и даны пояснения к нему.

Цифра 1 является порядковым номером пункта устойчивого словарного фонда; ‘ant’ – значением пункта на английском языке; 3. 817 – идентификационным номером списка базы данных «Worldloanword» по конкретной тематической группе, которая доступна по адресу (<http://wold.clld.org/meaning>); а) – материал Б.Х. Тодаевой; *naibusэ* – дунсянская форма слова, написанная кириллицей; [Тодаева, 1961, с. 132] – указание на источник и его страницу; у Г.Н. Потанина *на бэ цзу* – словарный

материал Г.Н. Потанина; б) – материал источника [Ma et al., 2012]; *paipuzi* – дунсянская форма слова, написанная латиницей; [paipudzi] – транскрипция дунсянского слова согласно сравнительной таблице фонетических знаков дунсянского языка и международных фонетических знаков [Ma et al., 2012, p. 9]; [Ma et al., 2012, p. 343] – указание на источник и его страницу; mǎyǐ – пиньинь (китайское 拼音, pīnyīn; более официально: 汉语拼音, Hànyǔ pīnyīn, Ханьюй пиньинь, то есть «Запись звуков китайского языка») – система романизации для путунхуа (китайское традиционное 普通話, управленческое 普通话, пиньинь Pǔtōnghuà) – официального языка в Китайской Народной Республике; 蚂蚁 ‘муравей’ – китайский иероглиф и его значение на русском языке:

1 ant 3.817

а) *paibusэ* ‘муравей’ [Тодаева, 1961, с. 132], ср. у Г.Н. Потанина *па бэ цзу*;

б) *paipuzi* [paipudzi] [Ma et al., 2012, p. 343] mǎyǐ 蚂蚁 ‘муравей’;

2 arm/hand 4.33

а) *ka* ‘рука’ [Тодаева, 1961, с. 124], ср. у Г.Н. Потанин *ка*;

б) *kha* [qa] [Ma et al., 2012, p. 221] shǒu 手 ‘рука’;

3 ash 1.84

а) *калун фуніэсэн* ‘зола’ [Тодаева, 1961, с. 125], *фуніэсун* ‘зола’, [Тодаева, 1961, с. 138], *калун* ‘жаркий’ [Тодаева, 1961, с. 125];

б) *funiesun* [funiəsun] [Ma et al., 2012, p. 114] huī 灰 ‘пепел’; с точки зрения Ж. Лефорт в дунсянском здесь может быть использована форма *fīniesun* [funiəsun] ‘пепел’;

4 back 4.19

а) *нурун* ‘спина’ [Тодаева, 1961, с. 131];

б) *beizi* [‘bəidzi] [Ma et al., 2012, p. 36] bèizi 背子 ‘спина’, *nurun* [nurun] [Ma et al., 2012, p. 327] jǐliáng 脊梁 ‘позвоночный столб’;

5 big adjective 12.55

а) *фугіэ* ‘большой’ [Тодаева, 1961, с. 138], ср. у Г.Н. Потанина *фукэ*;

б) *fugie* [fugiə] [Ma et al., 2012, p. 110] dà 大 ‘большой’;

6 bird 3.581

а) *бунджу* ‘птица’ [Тодаева, 1961, с. 113], ср. у Г.Н. Потанина *шиванг*;

б) *bunzhu* [buŋdzu] [Ma et al., 2012, p. 50] niǎo 鸟 ‘птица’, *siban* [‘siban] [Ma et al., 2012, p. 402] chìbǎng 翅膀 ‘крыло’;

7 to bite 4.58

а) *джау-* ‘кусать’ [Тодаева, 1961, с. 119], *каджа-* ‘кусать’ [Тодаева, 1961, с. 124];

б) *zhao-* [dzao] [Ma et al., 2012, p. 496] yǎo 咬 ‘кусать’;

8 bitter adjective 15.37

а) *ку* ‘горький’ [Тодаева, 1961, с. 123], *кышун* ‘горький’ [Тодаева, 1961, с. 126];

б) *kao* [kao] [Ma et al., 2012, p. 218] *kǔ* 苦 ‘горький’, *kuxin* [kuɕin] [Ma et al., 2012, p. 252] *kǔ xìng* 苦性 ‘горечь’;

9 black adjective 15.65

а) *kapa* ‘чёрный’ [Тодаева, 1961, с. 125], ср. у Г.Н. Потанина *xapa*;

б) *khara* [qara] [Ma et al., 2012, p. 226] *hēi* 黑 ‘чёрный’;

10 blood 4.15

а) *чусун* ‘кровь’ [Тодаева, 1961, с. 141], ср. у Г.Н. Потанина *чсун*;

б) *chusun* [tʃusun] [Ma et al., 2012, p. 68] *xiè* 血 ‘кровь’;

11 to blow (intransitive) 10.38

а) *фулиэ-* ‘дуть, продувать, выдувать’ [Тодаева, 1961, с. 138];

б) *feilie-* [fəiliə] [Ma et al., 2012, p. 106] *chuī* 吹 ‘дуть’;

12 bone 4.16

а) *ясун* ‘кость’ [Тодаева, 1961, с. 122], ср. у Г.Н. Потанина *ясун*;

б) *yasun* [jasun] [Ma et al., 2012, p. 479] *gǔ* 骨 ‘кость’;

13 breast 4.41

а) *эчэн* ‘грудная клетка’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *ečen* [ətʃən] [Ma et al., 2012, p. 92] *xiōng* 胸 ‘грудь’, *gogo* [gogo] [Ma et al., 2012, p. 147] *rǔfáng* 乳房 ‘грудь (женская)’, *gogo* [Bu, 1983, p. 91] *rǔfáng* 乳房 ‘грудь (женская)’;

14 to burn (intransitive) 1.852

а) *кан* *mai-* ‘сжигать, поджигать’ [Тодаева, 1961, с. 125], *кан* ‘огонь’ [Тодаева, 1961, с. 125], *mai-* ‘ставить, класть, пускать, подпускать’ [Тодаева, 1961, с. 125], *шытара-* ‘гореть’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *sidara-* [sidara] [Ma et al., 2012, p. 403] *rán* 燃 ‘зажигать’; *qan tai-*, *qan sdara-* [Bu, 1983, p. 68] *zháohuǒ* 着火, *diǎnhuǒ* 点火 ‘зажигать’ ‘поджигать’, *qan* [Bu, 1983, p. 68] *huǒ* 火 ‘огонь’;

15 to carry 10.61

а) *данла-* ‘нести’ [Тодаева, 1961, с. 117], *бэйлиэ-* ‘нести на спине’ [Тодаева, 1961, с. 113];

б) *beilie-* [bèiliə] [Ma et al., 2012, p. 35] *bèi* 背 ‘нести на спине’, *danla-* [daŋla] [Ma et al., 2012, p. 76] *dān* 担 ‘нести (на плечах, на коромысле)’;

16 child (kin term) 2.43

а) *кыван* ‘сын, мальчик’ [Тодаева, 1961, с. 124], ср. *кывасыла* ‘дети’, ср. у Г.Н. Потанина *кывенг*;

б) *kewon* [kəwoŋ] [Ma et al., 2012, p. 221] *nánhái* 男孩 ‘мальчик’ *érzi* 儿子 ‘сын’, *kewon* используется в значении ‘сын’, но обладает семантикой ‘ребёнка’, которая проявляется во множественном числе *kewosi* [кə ‘wosi] [Ma et al., 2012, p. 221] *háizimen* 孩子们 ‘дети’;

17 to come 10.48

а) *ирэ-* ‘приходить’ [Тодаева, 1961, с. 124] ‘приходить’;

- б) *ire-* [irə] [Ma et al., 2012, p. 194] lái 来 ‘приходить’;
18 to crush/to grind ‘давить; дробить/молоть’ 5.56
а) *нуду-* ‘толочь, измельчать’ [Тодаева, 1961, с. 131];
б) *qida-* [tɕida] [Ma et al., 2012, p. 358] mó 磨 ‘молоть’, *nudu-* [nudu] [Ma et al., 2012, p. 326] yán 研 ‘растирать, толочь’, *nudu-* [Vu, 1983, p. 32] zá 砸 ‘раздавливать; (рас)толочь, (рас)тереть; колоть’;
19 to cry/to weep 16.37
а) *уила-* ‘плакать’ [Тодаева, 1961, с. 137], ср. у Г.Н. Потанина *вийла-*;
б) *wila-* [wila] [Ma et al., 2012, p. 457] kū 哭 ‘плакать’;
20 to do/to make 9.11
а) *киэ-* ‘делать’ [Тодаева, 1961, с. 123];
б) *gie-* [giə] [Ma et al., 2012, p. 142] gàn 干 ‘делать’;
21 dog 3.61
а) *ноби-* ‘собака’ [Тодаева, 1961, с. 130], ср. у Г.Н. Потанина *нохэй*;
б) *nogvei* [пoxэй] [Ma et al., 2012, p. 323] gǒu 狗 ‘собака’;
22 to drink 5.13
а) *очи-* ‘пить’ [Тодаева, 1961, с. 132], ср. у Г.Н. Потанина *учы-*;
б) *и-* [u] [Ma et al., 2012, p. 438] hē 喝 ‘пить’; *otɕi-* [Vu, 1983, p. 15] hē 喝 ‘пить’ (воду, чай), *и-* [Vu, 1983, p. 17] hē 喝 ‘пить’ (большими глотками);
23 ear 4.22
а) *чыкэң* ‘ухо’ [Тодаева, 1961, с. 141], ср. у Г.Н. Потанина *чыкынг*;
б) *chighin* [tɕiɣun] [Ma et al., 2012, p. 59] ěrduo 耳朵 ‘ухо’, *tɕigəŋ* ‘ухо’ [Vu, 1983, p. 160];
24 to eat 5.11
а) *иджиэ-* ‘есть, кушать’ [Тодаева, 1961, с. 121], ср. у Г.Н. Потанина *ичжэ-*;
б) *ijie-* [idziə] [Ma et al., 2012, p. 189] chī 吃 ‘есть’;
25 egg 5.97
а) *эндэби-* ‘яйцо’ [Тодаева, 1961, с. 144], ср. у Г.Н. Потанина *эндыгэй*;
б) *endegvei* [эндэxэй] [Ma et al., 2012, p. 95] dàn 蛋 ‘яйцо’;
26 eye 4.21
а) *нудуң* ‘глаз’ [Тодаева, 1961, с. 131], ср. у Г.Н. Потанина *нутунг*;
б) *nudin* [nuduŋ] [Ma et al., 2012, p. 326] yǎnjing 眼睛 ‘глаз’;
27 to fall 10.23
а) *бау-* ‘спускаться, сходиться, слезать’ [Тодаева, 1961, с. 112], *джиэлиэ-* ‘падать’ [Тодаева, 1961, с. 119], *уна-* ‘падать, сваливаться’ [Тодаева, 1961, с. 137];
б) *bao-* [bao] [Ma et al., 2012, p. 27] xià 下 ‘падать вниз’, *уна-* [una] [Ma et al., 2012, p. 442] dǎo 倒 ‘падать, сваливаться’, сходный во внешнем облике глагол в материале Б.Х. Тодаевой выступает в другом значении *jielie-* [dziəliə] [Ma et al., 2012, p. 204] jiē 接 ‘принимать’;

28 far adverb 12.44

а) *боло, болони* ‘далеко’ [Тодаева, 1961, с. 116];

б) *gholo* [golo] [Ma et al., 2012, p.133] *yuǎn* 远 ‘далеко’;

29 fire 1.81

а) *кан* ‘огонь’ [Тодаева, 1961, с. 125], ср. у Г.Н. Потанина *канг*;

б) *khan* [qɑŋ] [Ma et al., 2012, p. 224] *huǒ* 火 ‘огонь’;

30 fish 3.65

а) *джабасун* ‘рыба’ [Тодаева, 1961, с. 119];

б) *zhagvasun* [dʒɑvɑsʊŋ] [Ma et al., 2012, p. 493] *yú* 鱼 ‘рыба’;

31 flesh/meat 4.13

а) *миба* ‘мясо’ [Тодаева, 1961, с. 128], ср. у Г.Н. Потанина *мига*;

б) *migva* [mivɑ] [Ma et al., 2012, p.287] *ròu* 肉 ‘мясо’;

32 fly 3.83

а) *шунбун* ‘муха’ [Тодаева, 1961, с. 143];

б) *shunbun* [ʃʊŋbʊŋ] [Ma et al., 2012, p.401] *cāngying* 苍蝇 ‘муха’;

33 to give 11.21

а) *ogi-* ‘дать’ [Тодаева, 1961, с. 131];

б) *ogi-* [ogi] [Ma et al., 2012, p. 331] *gěi* 给 ‘давать’, с точки зрения Ж. Лефорт в дунсянском здесь могут быть использованы глаголы *ogi-/agi-* в значении ‘давать’ [Ву, 1983, р. 2, 13];

34 to go 10.47

а) *javu-* ‘ходить’ [Тодаева, 1961, с. 122], *эчы-* ‘идти’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *echi-* [ətʃi] [Ma et al., 2012, p. 92] *qù* 去 ‘идти’, *yawu-* [jawu] [Ma et al., 2012, p. 480] *zǒu* 走 ‘ходить’;

35 good adjective 16.71

а) *гау, гауни* ‘хорошо, хороший’ [Тодаева, 1961, с. 114];

б) *gao* [gao] [Ma et al., 2012, p. 121] *hǎo* 好 ‘хорошо’;

36 hair 4.14

а) *усуң* ‘волосы’ [Тодаева, 1961, с. 138], ср. у Г.Н. Потанина *усун*;

б) *usun* [usʊŋ] [Ma et al., 2012, p. 449] *tóufa* 头发 ‘волосы’;

37 hard adjective 15.74

а) *кытун, кытунни* ‘твёрдый’ [Тодаева, 1961, с. 126];

б) *khidun* [qʰidʊŋ] [Ma et al., 2012, p. 230] *yìng* 硬 ‘твёрдый’;

38 he/she/it/him/her 2.931

а) *hə* ‘он’ [Тодаева, 1961, с. 140], *эбэн* ‘он’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *tere/hhe/hhe tere* [təɾə]/[hə] [Ma et al., 2012, p. 426, 170] *tā* 他 / 她 ‘он’ ‘она’ ‘его’ ‘её’, *egven* [əvən] [Ma et al., 2012, p. 93] *tā* 他 / 她 ‘он’ ‘она’;

39 to hear 15.41

- а) *соносу*-‘слушать, услышать’ [Тодаева, 1961, с. 133], *чэнлиэ*- ‘слушать, услышать, прислушаться, подслушать’ [Тодаева, 1961, с. 141], *чыкэнда*-‘слышать, услышать’ [Тодаева, 1961, с. 141];
- б) *chenlie*- [tʂənliə] [Ma et al., 2012, p. 58] tīng 听 ‘слышать’; *sonosu*- [sonosu] [Ma et al., 2012, p. 407] tīngjiàn 听见 ‘слышать’, *chighinda*- [tʂiguunda] [Ma et al., 2012, p. 60] dǎtīng 打听 ‘осведомляться’, ‘шептать/говорить на ухо тихо’;
- 40** heavy adjective 15.81
- а) *гунду*, *гундуні* ‘тяжёлый’ [Тодаева, 1961, с. 115];
- б) *gundu* [guŋdu] [Ma et al., 2012, p. 155] zhòng 重 ‘тяжелый’;
- 41** to hide (transitive) 12.27
- а) *ниу*- ‘прятать, таить’ [Тодаева, 1961, с. 130];
- б) *niu*- [niu] [Ma et al., 2012, p. 322] duǒ 躲 ‘прятаться’;
- 42** to hit/to beat 9.21
- а) *эбы*- ‘бить’ [Тодаева, 1961, с. 144];
- б) *egvi*- [эвш] [Ma et al., 2012, p. 93] dǎ 打 ‘бить’;
- 43** horn 4.17
- а) *эвэ* ‘рог’ [Тодаева, 1961, с. 144];
- б) *ewe* [əwə] [Ma et al., 2012, p. 102] jiǎo 角 ‘рог’;
- 44** house 7.12
- а) *гизэ* ‘дом, здание’ [Тодаева, 1961, с. 114], ср. у Г.Н. Потанина *кэ*;
- б) *gie* [giə] [Ma et al., 2012, p. 142] fángzi 房子 ‘дом’;
- 45** I/me 2.91
- а) *би* ‘я’ [Тодаева, 1961, с. 112];
- б) *bi* [bi] [Ma et al., 2012, p. 39] wǒ 我 ‘я’;
- 46** in в 12.012
- а) *джіэрэ* ‘в, на’, ‘наверху’ [Тодаева, 1961, с. 120], *соторо* ‘в’, ‘внутри’, ‘потроха’, ‘потроха’ [Тодаева, 1961, с. 133];
- б) *sudoro* [sudoro] [Ma et al., 2012, p. 409] líbiān 里边 ‘внутри’; *jiere* [dziərə] [Ma et al., 2012, p. 207] shàngmian 上面 ‘на’;
- 47** knee 4.36
- а) *одэу* ‘колени’ [Тодаева, 1961, с. 131], ср. у Г.Н. Потанина *уату*;
- б) *odou* [odəu] [Ma et al., 2012, p. 330] xīgài 膝盖 ‘колени’;
- 48** to know 17.17
- а) *мэджіэ*- ‘знать’ [Тодаева, 1961, с. 129];
- б) *meijie*- [məʒiə] [Ma et al., 2012, p. 282] zhīdao 知道 ‘знать’;
- 49** to laugh 16.25
- а) *шиніэ*- ‘смеяться’ [Тодаева, 1961, с. 129];
- б) *xinie*- [ɕiniə] [Ma et al., 2012, p. 472] xiào 笑 ‘смеяться’;

50 leaf 8.56

а) *лачын* ‘лист’ [Тодаева, 1961, с. 127], ср. у Г.Н.Потанина *лачын*;

б) *lachin* [latʃin] [Ma et al., 2012, p. 253] *yèzi* 叶子 ‘лист’;

51 leg/foot 4.35

а) *куан* ‘нога’ [Тодаева, 1961, с. 123], *шыҗара* ‘нога’, ‘нога (ступня)’ [Тодаева, 1961, с. 11, 43], ср. у Г.Н. Потанина *шикара*;

б) *kon* [koŋ] [Ma et al., 2012, p. 243] *jiǎo* 脚 ‘нога (ступня)’, *shighara* [ʃigara] [Ma et al., 2012, p. 391] *tuǐ* 腿 ‘нога’;

52 liver печень 4.45

а) ‘печень’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;

б) *shiro* [ʃiro] [Ma et al., 2012, p. 396] *gān* 肝 ‘печень’;

53 long adjective spatial relations 12.57

а) *фуду* ‘длинный’ [Тодаева, 1961, с. 138];

б) *fudu* [fudu] [Ma et al., 2012, p. 109] *cháng* 长 ‘длинный’;

54 louse вошь 3.811 the head louse, 3.8112 the body louse

а) ‘вошь’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;

б) *bosun* [bosuŋ] [Ma et al., 2012, p. 47] *shīzi* 虱子 ‘вошь’;

55 mouth 4.24

а) *аман* ‘рот’ [Тодаева, 1961, с. 110], ср. у Г.Н. Потанина *аманг*;

б) *aman* [amaŋ] [Ma et al., 2012, p. 7] *kǒu* 口 ‘рот’;

56 name 18.28

а) *нэрэ* ‘имя’ [Тодаева, 1961, с. 131]; ср. у Г.Н. Потанина *нэрэ*;

б) *nere* [nərə/niərə] [Ma et al., 2012, p. 313, 318] *míng* 名 ‘имя’;

57 navel 4.43

а) ‘пуп, пупок’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;

б) *kuaisun* [kuaisuŋ] [Ma et al., 2012, p. 246] *dùqí* 肚脐 ‘пупок’;

58 neck 4.28

а) *буджун* ‘шея’ [Тодаева, 1961, с. 116], *бүдҗыҗи* ‘шея’, ‘коса’ [Тодаева, с. 117];

б) *ghuzhun* [gudzuŋ] [Ma et al., 2012, p. 142] *bózi* 脖子 ‘шея’, *ghizhigvei* [gudziʋəi] [Ma et al., 2012, p. 131] *jǐng* 颈 ‘шея’;

59 new adjective 14.13

а) *шыни* ‘новый’ [Тодаева, 1961, с. 143];

б) *shini* [ʃini] [Ma et al., 2012, p. 393] *xīn* 新 ‘новый’;

60 night 14.42

а) *шэни* ‘ночь’ [Тодаева, 1961, с. 142], ср. у Г.Н. Потанина *сени*;

б) *onjien* [oŋdziən] [Ma et al., 2012, p. 336] *wǎn* 晚 ‘ночь’, *xièni* [xièni] [Ma et al., 2012, p. 467] *yèjiān* 夜间 ‘ночь’;

61 nose 4.23

а) *кава* ‘нос’ [Тодаева, 1961, с. 142], ср. у Г.Н. Потанина *кава*;

б) *khawa* [qawa] [Ma et al., 2012, p. 228] *bízi* 鼻子 ‘нос’;

62 not 24.06

а) *бу* ‘не’ [Тодаева, 1961, с. 113], *улиэ* ‘нет’ [Тодаева, 1961, с. 137], *эсэ* ‘не’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *wi* [wi] [Ma et al., 2012, p. 456] *méiyǒu* 没有 ‘нет’, *bùzài* 不在 ‘отсутствие’ (используется с частицами *ya* и *ye*, которые добавляются после *wi*, причём *wi* нельзя использовать отдельно), *ulie* [uliə] [Ma et al., 2012, p. 442] *bù* 不 ‘нет, не’; *ese* [əsə] [Ma et al., 2012, p. 101] *méi* 没 ‘без’, ‘нет, не’;

63 old adjective 14.15

а) *очиэн* ‘старый’ [Тодаева, 1961, с. 132];

б) *oqiao* [otɕiao] [Ma et al., 2012, p. 336] *lǎo* 老 ‘старый’;

64 one 13.01

а) *ji* ‘один’ [Тодаева, 1961, с. 122], *ниэ* ‘один’ [Тодаева, с. 130];

б) *nie* [niə] [Ma et al., 2012, p. 314] *yī* — ‘один’;

65 rain 1.75

а) *бура* ‘дождь’ [Тодаева, 1961, с. 116];

б) *ghura* [gura] [Ma et al., 2012, p. 139] *yǔ* 雨 ‘дождь’;

66 red adjective 15.66

а) *хулабан* ‘красноватый’ [Тодаева, 1961, с. 139], *хулан*, *хуланни* ‘красный’ [Тодаева, 1961, с. 139], ср. у Г.Н. Потанина *хуланг*, *хупулабан* ‘красный, красноватый’, ср. *ув улаан* [Тодаева, 1961, с. 139], *чиміэн* ‘красный’, ‘изящный’ [Тодаева, 1961, с. 140];

б) *hulan* [χulaŋ] [Ma et al., 2012, p. 185] *hóng* 红 ‘красный’, *qimien* [tɕimien] [Ma et al., 2012, p. 364] *tǐmiàn* 体面 ‘приятный (о внешности)’;

67 root 8.54

а) ‘корень’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;

б) *giinzi* [gɕindzi] [Ma et al., 2012, p. 147] *gēnzi* 根子 ‘корень’, *undusun*, *untusun* ‘корень’ [Nugteren, 2011, p. 541];

68 rope 9.19 91

а) *джиэсун* ‘верёвка’ [Тодаева, 1961, с. 120];

б) *jiesun* [dʒiəsun] [Ma et al., 2012, p. 208] *shéngzi* 绳子 ‘веревка’;

69 to run (intransitive) 10.46

а) *холу-* ‘бегать’ [Тодаева, 1961, с. 139];

б) *holu-* [χolu] [Ma et al., 2012, p. 176] *pǎo* 跑 ‘бежать’;

70 salt 5.81

а) *дансун* ‘соль’ [Тодаева, с. 117], ср. у Г.Н. Потанина *дабасун*;

б) *dansun* [daŋsun] [Ma et al., 2012, p. 76] *yán* 盐 ‘соль’;

71 sand 1.215

а) *шазы* ‘песок’ [Тодаева, 1961, с. 142];

б) *shazi* [ʃadzi] [Ma et al., 2012, p. 387] *shāzi* 沙子 ‘песок’;

72 to say 18.22

а) *киэлиэ-* ‘говорить, рассказывать’ [Тодаева, 1961, с. 123], ср. у Г.Н. Потанина *кэли*;

б) *kielie-* [kiəliə] [Ma et al., 2012, p. 238] *shuō* 说 ‘говорить’;

73 to see 15.51

- а) *уджэ*- ‘смотреть, рассматривать, лечить’ [Тодаева, 1961, с. 137];
 б) *uzhe*- [udzə] [Ma et al., 2012, p. 450] kàn 看 ‘видеть’;
74 shade/shadow 1.63
- а) ‘тень’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;
 б) *xiaojiao* [ɕiaod͡ziao] [Ma et al., 2012, p. 463] yǐngzi 影子 ‘тень’;
75 skin/hide 4.12
- а) *арасун* ‘кожа, шкура’, ‘кожица, тонкий покров, корка, шелуха’ [Тодаева, 1961, с. 18, 111], ср. у Г.Н. Потанина *арасун*;
 б) *arasun* [arasuŋ] [Ma et al., 2012, p. 16] pí 皮 ‘кожа’;
76 small adjective 12.56
- а) *га* ‘маленький’ [Тодаева, 1961, с. 114], *мэла мэлани* ‘маленький’ [Тодаева, 1961, с. 129], ср. у Г.Н. Потанин *мила*;
 б) *ga* [ga] [Ma et al., 2012, p. 117] xiǎo 小 ‘маленький’, *mila* [mila] [Ma et al., 2012, p. 289] xiǎo 小 ‘маленький’;
77 smoke 1.83
- а) *фуніэ* ‘дымка, мгла’ [Тодаева, 1961, с. 138];
 б) *funi* [funi] [Ma et al., 2012, p. 113] yān 烟 ‘дым’;
78 soil 1.212
- а) *тура* ‘земля, прах’ [Тодаева, 1961, с. 136], *тура (шура)* ‘земля’ [Тодаева, 1961, с. 6], *баджа* ‘земля, почва’ [Тодаева, 1961, с. 116], ср. у Г.Н. Потанина *качжа*;
 б) *tura* [tura] [Ma et al., 2012, p. 436] tǔ 土 ‘земля’, *ghazha* [gad͡ʒa] [Ma et al., 2012, p. 127] dì 地 ‘земля’;
79 to stand 12.15
- а) *бай*- ‘стоять’ [Тодаева, 1961, с. 111];
 б) *bai*- [bai] [Ma et al., 2012, p. 23] zhàn 站 ‘стоять’;
80 star 1.54
- а) *ходун* ‘звезда’ [Тодаева, 1961, с. 139], ср. у Г.Н. Потанина *хотун*;
 б) *hodun* [χoduŋ] [Ma et al., 2012, p. 175] xīng 星 ‘звезда’;
81 stone/rock 1.44
- а) *ташы* ‘камень’ [Тодаева, 1961, с. 135], ср. у Г.Н. Потанина *ташь*;
 б) *tashi* [taʃi] [Ma et al., 2012, p. 423] shítou 石头 ‘камень’;
82 to suck 5.16
- а) *гого*- ‘сосать’ [Тодаева, 1961, с. 114], *лашы*- ‘сосать’ [Тодаева, 1961, с. 127];
 б) *gogo*- [Bu, 1983, p. 91] shǔn rǔ 吮乳 ‘вскармливать грудью’, *gogo*- [gogo] [Ma et al., 2012, p. 147] shǔn nǎi 吮奶 ‘сосать молоко’, chī nǎi 吃奶 ‘кормить грудью’, *gogogva*- [gogova] [Ma et al., 2012, p. 148] bǔrǔ 哺乳, shǔn 吮 ‘сосать, кормить грудью’, *lashi*- [laʃi] [Ma et al., 2012, p. 257] yòng zuǐ xīzhe chī 用嘴吸着吃 ‘есть ртом, всасывая’; *xiyi*- [ɕiji] [Ma et al., 2012, p. 474] xī 吸 ‘вдыхать, втягивать, всасывать’;
83 sweet adjective 15.35
- а) *андату* ‘вкусный’ [Тодаева, 1961, с. 111];

б) *andatu* [aŋdatu] [Ma et al., 2012, p. 13] kěkǒude 可口的 ‘вкусный’,
xiāng 香 ‘ароматный’;

84 tail 4.18

а) *шięң* ‘хвост’ [Тодаева, 1961, с. 142], ср. у Г.Н. Потанина *шыңг*;

б) *xien* [çiən] [Ma et al., 2012, p. 467] wěiba 尾巴 ‘хвост’;

85 to take 11.13

а) *agi-* ‘братъ’ [Тодаева, 1961, с. 110];

б) *agi-* [agi] [Ma et al., 2012, p. 3] ná 拿, qǔ 取 ‘take’, с точки зрения Ж. Лефорт в дунсянском здесь могут быть использованы глаголы *ogi-/agi-* в значении ‘братъ’ [Bu, 1983, p. 2, 13];

86 thick adjective 12.63

а) *джуджан* ‘толстый’ [Тодаева, 1983, с. 120], *биэдун* ‘толстый’ Тодаева [Тодаева, 1961, с. 24, 122];

б) *zhuzhan* [dzudzʒaŋ] [Ma et al., 2012, p. 513] hòu 厚 ‘толстый’, *biedun* [biədun] [Ma et al., 2012, p. 39] cū 粗 ‘широкий, толстый’;

87 thigh 4.351

а) ‘бедро’ у Б.Х. Тодаевой не отмечено;

б) *boya* [boja] [Ma et al., 2012, p. 48] dàtuǐ 大腿 ‘бедро’, *giya* [Nugteren, 2011, p. 345], *gija* [Bu, 1983, p. 85] xiǎotuǐ 小腿 ‘голень’;

88 this 24.07

а) *энэ* ‘это’ [Тодаева, 1961, с. 144];

б) *ene* [ənə] [Ma et al., 2012, p. 96] zhèige 这个 ‘это/этот’;

89 to tie 9.16

а) *джіэсунла-* ‘связывать’ [Тодаева, 1961, с. 120];

б) *zhayi-* [dzaji] [Ma et al., 2012, p. 499] zā 扎 ‘связать’;

90 tongue 4.26

а) *кіэліэн* ‘язык’ [Тодаева, 1961, с. 123], ср. у Г.Н. Потанина *кэлэн*;

б) *kielien* [kiəliən] [Ma et al., 2012, p. 239] shétou 舌头 ‘язык’;

91 tooth 4.27

а) *ja* ‘зуб’ [Тодаева, 1961, с. 122], *шыдуң* ‘зуб’ [Тодаева, 1961, с. 143], ср. у Г.Н. Потанина *шитунг*;

б) *shidun* [ʃiduŋ] [Ma et al., 2012, p. 390] yáchǐ 牙齿 ‘зуб’;

92 water 1.31

а) *усу* ‘вода’ [Тодаева, 1961, с. 137];

б) *usu* [usu] [Ma et al., 2012, p. 448] shuǐ 水 ‘вода’;

93 what? 17.64

а) *jan* ‘что’ [Тодаева, 1961, с. 122];

б) *yan* [jaŋ] [Ma et al., 2012, p. 476] shénme 什么 ‘что?’;

94 who? 17.68

а) *кіэн* ‘кто’ [Тодаева, 1961, с. 123];

б) *kien* [kiən] [Ma et al., 2012, p. 241] sheí 谁 ‘кто?’

95 wide adjective 12.61

а) *агуі агуіні* ‘обширный, необъятный’ [Тодаева, 1961, с. 110];

б) *agvui* [avui] [Ma et al., 2012, p. 3] *kuān* 宽 ‘широкий’;

96 wind 1.72

а) *kəi* ‘ветер’ [Тодаева, 1961, с. 124];

б) *kai* [kai] [Ma et al., 2012, p. 216] *fēng* 风 ‘ветер’;

97 wing 4.392

а) *сыбан* ‘крыло’ [Тодаева, 1961, с. 134];

б) *siban* [‘sibaŋ] [Ma et al., 2012, p. 402] *chibǎng* 翅膀 ‘крыло’;

98 wood 1.43

а) *мутун* ‘дерево, деревянный’ [Тодаева, 1961, с. 129], ср. у Г.Н. Потанина *мутун*;

б) *mutun* [mutuŋ] [Ma et al., 2012, p. 301] *shù* 树 ‘дерево’, *mùtou* 木头 ‘дерево’ ‘древесина’;

99 yesterday 14.49

б) *учубуду* ‘вчера’ [Тодаева, 1961, с. 138];

б) *fuzhugvudu* [fudzʊvudu] [Ma et al., 2012, p. 116] *zuótiān* 昨天 ‘вчера’;

100 you (singular) 2.92

а) *чи* ‘ты’ [Тодаева, 1961, с. 141];

б) *chi* [tʃi] [Ma et al., 2012, p. 58] *nǐ* 你 ‘ты’.

Обсуждение

В источнике XX века впервые предпринято систематическое описание дунсянского языка согласно традициям советского языкознания. В источниках XXI века продолжено описание дунсянского языка на базе достижений лингвистики Китая и Запада.

В источниках XX и XXI веков дунсянского языка обнаружено подавляющее большинство внешне сходных слов при наличии незначительного числа расхождений, что свидетельствует о стабильности развития устойчивого словарного фонда изучаемого языка в соответствующих тематических группах.

Существенным различием, несмотря на сходство во внешнем облике подавляющего большинства слов в источниках XX и XXI веков, является различная трактовка фонетической системы дунсянского языка.

Например, положительной стороной работы Б.Х. Тодаевой является разработка фонологии дунсянского языка [Тодаева, 1961, с. 7, с. 12]. Фонологическая система использована в написании дунсянских слов средствами кириллицы. Однако несколькостораживает объявление согласных к и г переднеязычными, отсутствие фонологической оппозиции гласных по долготе/краткости [Тодаева, 1961, с. 7, с. 12]. В этой связи требуется дополнительное изучение фонетики дунсянского языка и установление особенностей его фонологической системы.

На Западе и судя по китайскому источнику [Ma et al., 2012] в алфавитных системах не используется продвинутая советская фонологическая система и её выражение в латинской алфавитной системе, ср.: «Сравнительная таблица фонетических знаков дунсянского языка и международных фонетических

знаков» [Ma et al., 2012, p. 9]. Из-за этого система написания дунсянских слов средствами латиницы имеет несколько осложнённый характер, например, имеются трифтонги (iao, uai), передача аффрикат (ср. у Б.Х. Тодаевой всего две: ч, дж) представлена многими знаками (ɕ, tɕ, dz, tʂ, dz, ts) [Ma et al., 2012, p. 9], наличие значительного количества диграфов в обозначении согласных: *gh* – [ɣ], *kh* – [q], *gv* – [в] и т.д.

Различия в морфологии слов в источниках немногочисленны. Примеры: в пункте № 22 наряду с обнаруженной разницей в семантике в словах со значением ‘пить’ прослеживается аффикс глаголообразования -чы. У Б.Х. Тодаевой аффикс представлен в словоформе *очи-* [Тодаева, 1961, с. 132] (ср. у Г.Н. Потанина *учы-*), в источнике [Ma et al., 2012] указанный аффикс отсутствует *и-*[u] [Ma et al., 2012, p. 438], в словаре Ву Не обнаружены оба варианта с незначительной разницей в периферийных значениях *отʂи-* [Ву, 1983, p. 15] ‘пить’ (с комментарием «пить чай, вино и т.д.»), *и-* [Ву, 1983, p. 17] ‘пить’ (с комментарием «большими глотками пить воду и т.д.»);

в пункте № 16 о наличии семантики ‘ребёнок’ в слове *кыван* – *кыван* ‘сын, мальчик’ свидетельствуют формы множественного числа: *кывасыла* – *kewosi* ‘дети’, причём в последней отсутствует показатель множественного числа -ла.

Анализ источников показал, что в источнике Б.Х. Тодаевой отсутствуют слова для обозначения пунктов: № 54 *liver* ‘печень’ 4.45, № 57 *navel* 4.43 ‘пупок’, № 887 *thigh* 4.351 ‘бедро’ (тематическая группа «части тела»), № 54 *louse* ‘вошь’ 3.811 (тематическая группа «животные»), № 67 *root* 8.54 ‘корень’ (тематическая группа «сельское хозяйство и растительность»), № 74 *shade/shadow* 1.63 ‘тень’ (тематическая группа «физический мир»).

В источниках различаются слова, обозначающие пункты, например:

в пункте № 62 обнаружена разница в словах со значением обозначения ‘нет, не’. У Б.Х. Тодаевой обнаруживаем серию: *бу* ‘не’ [Тодаева, 1961, с. 113], *улиэ* ‘нет’ [Тодаева, 1961, с. 137], *эсэ* ‘не’ [Тодаева, 1961, с. 144], в источнике [Ma et al., 2012] к этому ряду примыкает *wi* [wi] [Ma et al., 2012, p. 456] *méiyǒu* 没有 ‘нет’, *bùzài* 不在 ‘отсутствие’ (используется с частицами *ya* и *ye*, которые добавляются после *wi*, причём *wi* нельзя использовать отдельно);

в пункте № 89 *to tie* 9.16 ‘связывать’ у Б.Х. Тодаевой *джіэсунла* [Тодаева, 1961, с. 120], глагол, образованный от *джіэсун* ‘веревка’, однако в источнике [Ma et al., 2012] он не обнаружен, и глагол ‘связывать’ представлен формой *zhayi-* [dzaji] [Ma et al., 2012, p. 499], образованной от китайского *zā* 扎 ‘связывать’, в словаре Ву Не представлены оба варианта, но у глагола *dziəsula-* [Ву, 1983, p. 168] указано значение ‘измерять с помощью веревки’.

Частичное различие представляют собой пункты:

№ 4 *back* 4.19 ‘спина’ у Тодаевой Б.Х. *нурун* [Тодаева, 1961, с. 131], в источнике [Ma et al., 2012] *beizi* [‘bəidzi] [Ma et al., 2012, p. 36];

№ 8 *bitter* 15.37 ‘горький’ у Б.Х. Тодаевой записаны как *ку* [Тодаева, 1961, с. 123] и *кышун* ‘горький’ [Тодаева, 1961, с. 126], в источнике [Ma et al.,

2012] *kao* [kao] [Ma et al., 2012, p. 218], однако в данном источнике также есть слово *kuxin* [kuɕin] [Ma et al., 2012, p. 252] со значением имени существительного ‘горечь’;

№ 64 one 13.01 ‘один’ у Тодаевой для данного понятия указаны два слова *ji* [Тодаева, 1961, с. 122] и *niэ* [Тодаева, 1961, с. 130], тогда как в источнике [Ma et al., 2012] отсутствует *ji*, обнаружено только *nie* [niэ] [Ma et al., 2012, p. 314].

Далее обнаруживается сдвиг в семантике слов, например:

в пункте № 4 в источнике а) представлено *нурун* в значении ‘спина’, в то время как в источнике б) имеем *nurun* ‘позвоночный столб’ и новообразование *beizi* ‘спина’;

в пункте № 6 в одном из источников ‘птица’ представлено как *шиванг* (Г.Н. Потанин), в то время как в другом источнике *siban* [‘sibaŋ] [Ma et al., 2012, p. 402] имеет значение ‘крыло’;

в пункте № 18 у Б.Х. Тодаевой значение ‘молоть, толочь’ представлено одним словом *нуду-* [Тодаева, 1961, с. 131], а в источнике [Ma et al., 2012] подобное значение имеют два слова *qida-* [tɕida] [Ma et al., 2012, p. 358] и *nudu-* [nudu] [Ma et al., 2012, p. 326], в словаре Бу Не также представлены два варианта *nudu-* [Бу, 1983, p. 32] и *dzaji-* [Бу, 1983, p. 174], которые отличаются специализированными значениями по сравнению с основным ‘толочь, измельчать’: *qida-* ‘толочь’ (о муке), *nudu-dzaji-* ‘колоть’ (например, орехи).

Заключение

Современную алтаистику отличает фундаментальное изучение конвергенции языков алтайской общности. Раскрытие масштабной конвергенции тюркских и монгольских, монгольских и тунгусо-маньчжурских, тунгусо-маньчжурских и корейских, корейских и японских языков в древнейшее, древнее, средневековое и современное время является актуальной задачей современной алтаистики. Конвергенция предопределила возникновение алтайских сходств, которые ранее были ошибочно интерпретированы в качестве наследия алтайского праязыка, подвергшегося дивергенции.

Для вскрытия конвергенции языков алтайской общности целесообразно продолжить изучение устойчивого словарного фонда, на базе которого возможно установление систематизаций тюркских, монгольских, тунгусо-маньчжурских, корейских и японских языков.

В статье установлен уникальный устойчивый словарный фонд дунсянского языка – одного из монгольских языков Китая, по источникам XX и XXI веков отечественных и зарубежных авторов. Установленный фонд является уникальным диагностическим признаком дунсянского языка, отличающим его от других монгольских языков. Устойчивый словарный фонд является базисом в классификации монгольских языков.

В источниках XX и XXI веков дунсянского языка обнаружено внешнее сходство в подавляющем количестве слов, что свидетельствует об

устойчивости изучаемого фонда этого языка. Вместе с тем в некоторой части слов выявляются расхождения, в частности, в морфологии и семантике слов.

Для дальнейшего исследования дунсянского языка необходимо изучение его фонологической системы.

Благодарность

Выражаем благодарность Жулии Лефорт, младшему научному сотруднику Центра лингвистических исследований Восточной Азии (CRLAO), г. Париж, Франция.

Библиографический список

- Новгородов И. Н.* Глаголы устойчивого словарного фонда монгольских языков // Актуальные проблемы монголоведения и тюркологии: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию бурятского отделения ИГУ, Иркутск, 02 ноября 2019 года. Иркутск: Издательство ИГУ, 2019а. С. 47-52. EDN EZSRUO.
- Новгородов И. Н.* Глаголы устойчивого словарного фонда и списка М. Сводеша в тюркских и монгольских языках // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: гуманитарные науки. 2019б. № 9-2. С. 163-169. EDN QOLINQ
- Тодаева Б. Х.* Дунсянский язык. М.: Восточная литература, 1961. 151 с.
- Щербак А. М.* Введение в сравнительное изучение тюркских языков. СПб.: Наука, 1994. 191 с.
- Щербак А. М.* Ранние тюркско-монгольские языковые связи (VIII-XIV вв.). СПб., 1997. 291 с.
- Щербак А. М.* Тюркско-монгольские языковые контакты в истории монгольских языков. СПб., 2005. 195 с.
- Clauson G.* Turkish and Mongolian Studies. London: Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland, 1962. 261 p.
- Doerfer G.* Türkische und mongolische Elemente im Neupersischen. Bd. I. Mongolische Elemente im Neupersischen. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag, 1963. 557 S.
- Doerfer G.* Mongolo-Tungusica. Tungusica. Bd. 3. Wiesbaden: Harrassowitz, 1985. 307 S.
- Janhunen J.* The unity and diversity of Altaic. *Annual Review of Linguistics*. 2024. № 9. 135-154.
- Miller R. A.* Japanese and the other Altaic languages. Chicago, London: University of Chicago Press, 1971. 331 p.
- Nugteren H.* Mongolic Phonology and the Qinghai-Gansu Languages. Utrecht: Leiden University, 2011. Thèse de doctorat. 563 p.
- Poppe N.* Vergleichende Grammatik der Altaischen Sprachen. T. 1. Vergleichende Lautlehre. Wiesbaden, 1960. 256 p.
- Ramstedt G.* Einführung in die altaische Sprachwissenschaft. Bd. Lautlehre. Helsinki: Suomalais-Ugrilainen Seura, 1957. 192 S.
- Starostin S.* An Etymological dictionary of the Altaic languages / S. Starostin, A. Dybo, O. Mudrak. Brill: Academic Pub, 2003. 2106 p.
- Tadmor U.* Loanwords in the world's languages: findings & results // Loanwords in the world's languages: a comparative handbook / edited by Martin Haspelmath, Uri Tadmor. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co., 2009. 1081 p.
- Vovin A.* Korea-Japonica: a re-evaluation of a common genetic origin. Honolulu : University of Hawai'i Press : Center for Korean Studies, University of Hawai'i, 2010. 278 p.
- 东乡族 – 东乡族 . Дунсяне. [Электронный ресурс]. – URL: https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%9C%E4%B9%A1%E6%97%8F/154648?fr=ge_al (дата обращения 22.08.2023 г.)

Лексикографические источники

Bu He. 东乡语词汇 [Дунсянско-китайский словарь]. 1983, 194 с. (на дунсянском и китайском языках).

Ma Guozhong 马国忠, *Chen Yuanlong* 陈元龙. 东乡语汉语词典 [Дунсянско-китайский словарь]. Gansu Minzu chubanshe. 2012. 518 с. (на дунсянском и китайском языках)

References

Clauson G. (1962). *Turkish and Mongolian Studies*. Royal Asiatic Society of Great Britain and Ireland. London, 1962. – 261 p.

Doerfer G. Türkische und mongolische Elemente im Neupersischen. Bd. I. Mongolische Elemente im Neupersischen. Wiesbaden: Franz Steiner Verlag, 1963. 557 S.

Doerfer G. Mongolo-Tungusica. Tungusica. Bd. 3. Wiesbaden: Harrassowitz, 1985. 307 S.

Janhunen, J. (2023). The unity and diversity of Altaic. *Annual Review of Linguistics*. 9: 135-154

Miller R. A. (1971). Japanese and the other Altaic languages. Chicago, London: *University of Chicago Press*, 1971. 331 p.

Novgorodov I. N. (2019a). Glagoly ustojchivogo slovarnogo fonda mongol'skih yazykov [Verbs of the Leipzig-Jakarta list of the Mongolian languages]. *Aktual'nye problemy mongolovedeniya i tyurkologii* [Actual problems of the Mongolian and Turkic studies]. 47-52. (in Russian)

Novgorodov I. N. (2019b). Glagoly ustojchivogo slovarnogo fonda i spiska M. Svodesha v tyurkskih i mongol'skih yazykah [Verbs of the Leipzig-Jakarta list and list of M. Swadesh in Turkic and Mongolian languages]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki: gumanitarnye nauki*. 9-2: 163-169. (in Russian)

Nugteren H. Mongolic Phonology and the Qinghai-Gansu Languages. Utrecht: Leiden University, 2011. Thèse de doctorat. 563 p.

Poppe N. (1960). Vergleichende Grammatik der Altaischen Sprachen. T. 1. Vergleichende Lautlehre. Wiesbaden, 1960. 256 p.

Ramstedt G. Einführung in die altaische Sprachwissenschaft. Bd. Lautlehre. Helsinki: Suomalais-Ugrilainen Seura, 1957. 192 S.

SHCHerbak A. M. (1997). Rannie tyurko-mongol'skie yazykovye svyazi (VIII–XIV vv.) [Early Turkic-Mongolian linguistic ties (VIII-XIV centuries)]. Saint Petesburg: *ILI RAN*. 292 p. (in Russian)

SHCHerbak A. M. (2005). Tyurksko-mongol'skie yazykovye kontakty v istorii mongol'skih yazykov [Turkic-Mongolian linguistic contacts in the history of the Mongolian languages]. Saint Petesburg: *Nauka*. 195 p. (in Russian)

SHCHerbak A. M. (1994). Vvedenie v sravnitel'noe izuchenie tyurkskih yazykov [Introduction to the Comparative Study of Turkic Languages]. Saint Petesburg: *Nauka*, 1994. 191 p. (in Russian)

Starostin S., Dybo A., Mudrak O. (2003). An Etymological dictionary of the Altaic languages. 3 Volumes (Handbook of Oriental Studies / Handbuch Der Orientalistik - Part 8: Uralic & Central Asian Studies, 8). Brill: Academic Pub, 2003. 2106 p.

Tadmor U. (2009). Loanwords in the world's languages: findings & results // Loanwords in the world's languages: a comparative handbook / edited by Martin Haspelmath, Uri Tadmor. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co., 2009. 1081 p.

Todaeva B. H. (1961). Dunsyanskij yazyk [The Dongxiang language]. Moscow: *Vostochnaya literatura*, 1961. 151 p. (in Russian)

Vovin A. (2010). Korea-Japonica: a re-evaluation of a common genetic origin. Honolulu: *University of Hawai'i Press: Center for Korean Studies, University of Hawai'i*, 2010. 278 p.

东乡族 – 东乡族 . Dongxiang [Electronic resource] URL: https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%9C%E4%B9%A1%E6%97%8F/154648?fr=ge_ala (date of the application 22/08/2023). (in Chinese).

Lexicographic sources

Bu He. (1983). 东乡语词汇 [Dongxiang Language Dictionary]. 1983. 194 p. (in Dongxiang, Chinese).

Ma Guozhong 马国忠, *Chen Yuanlong* 陈元龙. (2012). 东乡语汉语词典 [Dongxiang-Chinese Dictionary]. Gansu Minzu chubanshe. [Ma & Chen]. 2012. 518 p. (in Dongxiang, Chinese).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

УДК 378

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_212

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ НЕФОРМАЛЬНОГО ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЯ ВЗРОСЛЫХ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ (РКИ)

*Анна Альбертовна Занкова,
orcid.org/0000-0002-4745-7126,
Университет Монтаны,
ул. Кампус, 32
Мизула, Монтана, 59812, США
annazankova@yahoo.com*

Аннотация. Во всем мире среди взрослых становится популярной образовательная практика изучать иностранные языки, во-первых, индивидуально, во-вторых, неформально, в-третьих, в онлайн-формате, однако наблюдается довольно низкий уровень разработанности теоретико-методологических основ такого обучения. В статье рассмотрены преимущества неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ под руководством преподавателя, а также комплекс организационных закономерностей, подходов и принципов функционирования данного образовательного феномена. Нами было выявлено, что индивидуальное неформальное онлайн-обучение РКИ базируется на таких организационных закономерностях, как управление педагогическим процессом, единство деятельности преподавателя и взрослых обучающихся, закономерность динамики педагогического процесса. Кроме этого, одними из основных принципов, которые лежат в основе исследуемого формата обучения, являются андрагогические и принципы гибкого обучения. Эффективная организация обучения является одной из актуальных проблем современной дидактики, поэтому важным является выявление теоретических и методологических основ популярных образовательных практик.

Ключевые слова: неформальное онлайн-обучение взрослых, РКИ, онлайн-формат, методологическое обоснование, синхронное онлайн-обучение, синхронный – асинхронный режимы коммуникации, онлайн-преподаватель.

METHODOLOGICAL ORGANIZATION OF NON-FORMAL ONLINE LANGUAGE TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE TO ADULT LEARNERS

*Anna A. Zankova,
orcid.org/0000-0002-4745-7126,
Montana State University,
32, Campus dr.
Missoula, Montana, 59812, USA
annazankova@yahoo.com*

Abstract. Individual non-formal online language learning format is becoming more popular around the world. However, it is observed that the theoretical and methodological

foundations are currently not fully developed. The article considers the advantages of non-formal individual online teaching Russian as a foreign language to adult learners under the teacher's guidance, as well as a set of organizational patterns, approaches, and principles of functioning of this educational phenomenon. We have found out that individual non-formal online language learning is based on the following pedagogical organizational patterns: the management of the pedagogical process, the unity of teacher and learner's activities, the dynamics of the pedagogical process. Effective organization of learning process is one of the current problems of modern didactics; therefore, it is important to consider the theoretical and methodological justifications of popular educational trends.

Keywords: non-formal online language learning, Russian as a foreign language, online format, methodological justification, synchronous online learning, synchronous and asynchronous modes of communication, online teacher.

Introduction (Введение)

Развитие цифровых технологий, главным образом, позволило обучающимся получить доступ к изучению иностранных языков в любое время и в удобном для них месте, а значит взрослым обучающимся воплотить концепцию образования в течение жизни, а преподавателям – получить возможность различными способами реализовывать образовательные программы и предоставлять методическую поддержку обучающимся [Garrison, 2009].

Надо заметить, что неформальное обучение взрослых развивается во всех сферах, в том числе и в изучении иностранных языков, и является феноменом современного образовательного пространства. Неформальное иноязычное обучение как процесс получения знаний, навыков и умений в рамках дополнительного образования характеризуется организованностью, гибкостью, индивидуализацией и практико-ориентированностью, и может быть реализовано в традиционном (в аудитории), онлайн и смешанном форматах.

На сегодняшний день одной из популярных моделей реализации неформального иноязычного онлайн-обучения является изучение иностранного языка в языковых социальных сетях или в языковых школах, предлагающих индивидуальные онлайн-занятия с помощью программ IP-телефонии. В таких моделях обучающиеся и преподаватели отдалены географически, но интерактивность может быть даже выше, чем в традиционных контактных моделях обучения face-to-face [Гурьев, 2018].

Процесс непрерывности для взрослых в большинстве случаев реализуется через сферу неформального образования, так как формальное образовательное пространство не всегда способно, во-первых, оперативно внедрять инновации, во-вторых, отвечать потребностям взрослых обучающихся, которые требуют индивидуального, адаптивного и практико-ориентированного подхода. В концепции образования в течение жизни смещается фокус с преподавания на обучение [Rogers et al., 2013], т.е. с усвоения знаний на освоение практических навыков и умений [Московкин и др., 2020]. Также происходит максимальная индивидуализация учебного процесса, а контроль за освоением образовательной программы лежит на обучающемся, а не на учебном заведении.

Популярность неформального индивидуального обучения у взрослых обучающихся обусловлена следующими причинами [Занкова, 2019]:

1) отсутствие формальных оценок и формального тестирования, критерий эффективности обучения оценивается, в первую очередь, внутренним ощущением успеха или неудачи обучающегося;

2) максимальная индивидуализация обучения (учет опыта обучающегося, целей и задач, пожеланий, уровня языковой и компьютерной компетенции и т.д.);

3) учет индивидуальных психофизиологических особенностей обучающегося при построении программы обучения и корректировки курса;

4) гибкость в использовании различных методик, подбор оптимальной для каждого обучающегося методики обучения;

5) создание дружеской, доверительной атмосферы между обучающим и обучающимся, преподаватель как друг и помощник, а не учитель / наставник;

6) отсутствие психологического напряжения конкурентной среды, т.е. обучающийся не сравнивает себя с другими;

7) отсутствие стрессовых ситуаций и переживаний, связанных со страхом незнания того, что, возможно, знает другой обучающийся;

8) индивидуальный темп освоения материала;

9) постоянная и незамедлительная обратная связь.

В качестве объекта исследования нами выбрана организационная модель неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ под руководством преподавателя, реализуемая в синхронном и асинхронном режимах коммуникации. Практический опыт работы с данной моделью дает основания утверждать, что представленный формат онлайн-обучения РКИ имеет потенциальные возможности, во-первых, оправдать ожидания взрослых обучающихся, оплачивающих своё обучение самостоятельно, во-вторых, быть эффективным, при этом эффективность исследуемого педагогического процесса во многом будет зависеть от его организации.

Анализ теоретико-педагогических аспектов показал несоответствие достаточно высокого уровня развития образовательной практики неформального иноязычного образования и довольно низкого уровня разработанности теоретико-методологических основ эффективного функционирования педагогического процесса онлайн-взаимодействия взрослых обучающихся с преподавателем в условиях неформального онлайн-обучения РКИ.

Основную задачу методологического обоснования мы видим в подборе на общенаучном и конкретно-научном уровне комплекса методологических подходов, организационных закономерностей и принципов, на которых базируется организация исследуемой педагогической реальности: онлайн-взаимодействие обучающихся с онлайн-преподавателем с помощью цифровых инструментов в условиях неформального образования взрослых.

Materials and methods (Материалы и методы)

Новизна и специфика организационных условий предопределила комплексный подход к материалам и методам исследования. Такой подход включает теоретические и практические знания в области методики преподавания РКИ, андрагогики, электронного (онлайн) обучения в условиях неформального иноязычного образования, а также достижения современной дидактики в области формального онлайн-обучения взрослых иностранному языку. Ключевой позицией в нашем исследовании является тот факт, что обучение – «это процесс взаимодействия преподавателя и обучаемого» [Чванов и др., 2002, с. 110]. Таким образом, онлайн-обучение – это процесс взаимодействия преподавателя и обучающегося в синхронном и (или) асинхронном режимах коммуникации с помощью цифровых технологий (онлайн-коммуникация, онлайн-взаимодействие).

В качестве методов исследования нами выбраны теоретический анализ, обобщение и систематизация данных из российских и зарубежных источников в области неформального образования; в сфере применения цифровых технологий в иноязычном обучении взрослых; в оценке и анализе современного состояния организационных моделей онлайн-обучения иностранному языку.

Комплекс стратегических направлений для методологического обоснования организации педагогического процесса неформального онлайн-обучения взрослых РКИ базируется на научных позициях таких ученых, как Ю.К. Бабанский, В.П. Беспалько, Д.Ж. Джеферес, И.Ф. Исаев, А.А. Меньших, Е.С. Полат, И.П. Подласый, Т.С. Полякова, З.А. Решетова, Г.К. Селевко, В.А. Сластенин, М.В. Храмов, М.С. Чванов, Е.Н. Шиянов, Е.В. Яковлев, Н.О. Яковлева и др.

Discussion and results (Дискуссия и результаты)

В соответствии с основной задачей дидактики необходимо определить комплекс закономерностей, которым подчиняется процесс обучения [Азимов и др., 2009]. Согласно классификации И.Я. Лернера закономерности процесса обучения делятся на два вида: закономерности, присущие любому обучению, и закономерности, проявляющиеся в зависимости от вида и характера деятельности преподавателя и обучающегося, содержания, методов и средств обучения [Лернер, 1980].

В исследовании теоретических и практических аспектов индивидуального неформального онлайн-обучения взрослых РКИ мы опираемся на следующие основополагающие организационные закономерности: закономерность управления педагогическим процессом; закономерность единства деятельности преподавателя и взрослых обучающихся; закономерность динамики педагогического процесса.

Закономерность управления педагогическим процессом онлайн-обучения взрослых заключается в том, что получаемый результат в процессе изучения РКИ взрослыми обучающимися напрямую зависит, во-первых, от организации процесса индивидуального синхронного онлайн-обучения, во-

вторых, от интенсивности синхронного и асинхронного онлайн-взаимодействия между преподавателем и обучающимися, выбравшими данный формат обучения с обязательным сопровождением учебного процесса преподавателем. В таких условиях одинаково важно как преподавателю, так и обучающемуся получать адекватную и оперативную обратную связь и помощь, своевременное исправление ошибок, возможность корректировать произношение и т.д. Закономерность единства деятельности преподавателя и обучающегося означает, что эффективность получаемого результата прямо пропорциональна адекватному ответу онлайн-обучающегося на действия онлайн-преподавателя. Данная закономерность дидактики подтверждает важность единства преподавания (упорядоченной деятельности преподавателя, реализующего цели и задачи онлайн-обучения) и учения (деятельности онлайн-обучающегося, основанной на познании нового, опоре на имеющийся жизненный и практический опыт; получение новых знаний и выполнение необходимых упражнений и т.д.). Закономерность динамики педагогического процесса подтверждается тем, что каждый последующий результат онлайн-обучения зависит от предыдущего. В случае онлайн-обучения взрослых становится важным получение положительных результатов на каждом онлайн-занятии.

По нашему мнению, организационные закономерности соответствуют специфике исследуемого педагогического процесса и в своей совокупности подтверждают тот факт, что эффективность и результативность онлайн-обучения взрослых в условиях неформального иноязычного образования зависит от эффективного педагогического управления на основе инициативы преподавателя, а также от определенного уровня активности и самостоятельности взрослых обучающихся.

С объективными закономерностями функционирования педагогического процесса тесно связан ряд принципов, обеспечивающих методологическую базу научного подхода к организации неформального онлайн-обучения взрослых РКИ: научности, системности, технологичности, обратной связи, доступности, реализуемости, а также гибкости и оптимальности. Необходимо отметить, что в контексте онлайн-обучения взрослых РКИ актуальным для изучения данного педагогического процесса является учет принципов андрагогического знания. Содержание основных принципов научного подхода к исследованию функционирования педагогического процесса онлайн-обучения взрослых РКИ в условиях неформального образования рассмотрим в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание основных принципов функционирования педагогического процесса неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ

Принципы	Содержание принципов
Научности	Актуализация научных достижений в области педагогических инноваций и цифровых технологий в образовании взрослых
Системности	Функционирование онлайн-обучения осуществляется на основе системных характеристик педагогического процесса
Технологичности	Алгоритмизация педагогического процесса позволяет осуществлять действия онлайн-преподавателя на основе последовательных процедур
Обратной связи	Фокусирование педагогического процесса на промежуточных результатах и своевременной корректировке в случае несоответствия ожидаемому результату взрослых обучающихся
Доступности	Соответствие деятельности онлайн-преподавателя (исследователя) его профессиональной компетентности и возможности оценки полученного научного результата научно-профессиональным сообществом без привлечения специалистов из другой области
Реализуемости	Соответствие исследуемого процесса онлайн-обучения реальным педагогическим условиям, в которых он осуществляется, и возможность быть реализованным в аналогичных условиях в рамках современной образовательной системы

Специфика функционирования исследуемого педагогического процесса тесно связана с принципами гибкости и оптимальности, которые представляют собой конкретно-научный уровень методологического знания. В связи с этим рассмотрим подробнее принципы гибкости и оптимальности в условиях неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ. Вслед за Б. Коллис и Дж. Мунен под гибкостью обучения мы понимаем не только вариативность подхода к процессу онлайн-обучения, зависящего от местонахождения онлайн-обучающегося, но и сами компоненты гибкого обучения, такие как технология, педагогика (методика обучения), применение и специфика учебного заведения [Collis et al., 2001]. Таким образом, гибкость обучения характеризуется спецификой учебного заведения или формами обучения (формальное, неформальное), возможностями внедрения и применения технологий, а также внедрением педагогических (методических) принципов на основе технологических решений [Занкова, 2019]. Ключевым моментом в трактовке понятия «гибкости», по мнению Б. Коллис и Дж. Муннен, является возможность выбора обучающимся различных вариантов реализации этапов и процедур образовательного процесса [Collis et al., 2001].

Применительно к практике неформального онлайн-обучения взрослых РКИ, гибкость обучения – это переход от системы, в которой важные решения по реализации процесса обучения принимаются преподавателем, к системе, в которой обучающийся способен по целому ряду вопросов принимать самостоятельные решения с опорой на специфику образовательной

платформы. Следовательно, варьируется процесс обучения благодаря возможности выбора учебных материалов, способов их изучения, мультимедийных средств поддержки и т.д. [Занкова, 2019].

Сфера неформального иноязычного образования позволяет совместно с обучающимся построить максимально гибкий образовательный маршрут, учитывающий образовательные потребности обучающегося, условия, формат и среду обучения, в том числе повышая инклюзивность обучения. По нашему мнению, эффективность функционирования педагогического процесса онлайн-обучения взрослых РКИ в рамках неформального образования напрямую будет зависеть от реализации в полном объеме принципа гибкости, а также воплощения максимально возможной адаптивности по всем аспектам (время, содержание, требования, учебный процесс, доставка учебного материала / контента).

К основному принципу теории оптимизации педагогического процесса – принципу оптимальности не раз обращались педагоги и исследователи [Бабанский, 1989; Ильина, 1972; Кыверялг, 1980]. Принцип оптимальности, введенный в педагогику академиком Ю.К. Бабанским, означает, что в педагогическом процессе максимально возможные результаты должны достигаться при минимальных затратах времени и усилий [Бабанский, 1989], а в современных условиях платного образования еще и финансовых затрат. А.А. Кыверялг отмечал, что «выбор наилучшего варианта взаимодействия» преподавателя и обучающегося основан на поиске эффективных сочетаний различных методов преподавания и современного комплекса средств обучения, позволяющих оптимизировать процесс обучения [Кыверялг, 1980]. Опыт работы в сфере неформального иноязычного онлайн-обучения подтверждает тот факт, что подход к оптимизации через организацию онлайн-взаимодействия способен обеспечить «за отведенное время максимально эффективные результаты» [Кыверялг, 1980, с. 216].

Таким образом, актуальность приобретает системный менеджмент в образовательном аспекте (образовательный менеджмент), который предполагает оптимизацию человеческих, материальных и финансовых ресурсов для повышения эффективности образовательного процесса. В теоретическом аспекте оптимальный вариант подбирается путем сравнения, расчетов и сопоставления различных вариантов. Таким образом, опираясь на позиции Ю.К. Бабанского, мы считаем, что оптимальным будет тот процесс, который соответствует следующим требованиям:

- 1) содержание, структура и логика функционирования процесса обучения обеспечивают эффективность и качество;
- 2) достижение целей обучения обеспечивается без повышения временных и финансовых затрат.

Теоретико-методологическим основанием комплексного представления об организации неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ являются системный, деятельностный, личностно-ориентированный и андрагогический подходы.

Методология оптимизации Ю.К. Бабанского предполагает всестороннее изучение особенностей системного функционирования педагогического процесса на основе конкретизации задач обучения [Бабанский, 1977]. Стратегия системных исследований предполагает рассмотрение процесса неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ как систему с учетом ее внутренних и внешних связей и свойств, при этом необходимо уточнить, что исследуемая педагогическая система находится в определенных ограничениях:

1) внешние: неформальное иноязычное образование;

2) внутренние:

– обучение взрослых происходит в индивидуальном онлайн-формате и обязательно под руководством преподавателя;

– обязателен двойной режим онлайн-коммуникации между взрослыми обучающимися и преподавателем (синхронный/асинхронный формат онлайн-коммуникации).

Суть деятельностного подхода заключается в абсолютной роли деятельности: личность формируется и проявляется только в деятельности [Селевко, 2006]. В нашем исследовании понятие «организация деятельности» или «механизм функционирования» соответствует совокупности «процессов и действий, ведущих к образованию и совершенствованию взаимодействий между частями целого» [Новиков, 2005, с. 4] и согласованности взаимодействия частей целого. С позиции деятельностного подхода мы рассматриваем процесс онлайн-взаимодействия взрослых обучающихся и преподавателя, «действующих на основе определенных процедур и правил» [Новиков, 2005, с. 4]. Важную роль в управлении исследуемого нами педагогического процесса играет преподаватель. Деятельность преподавателя в указанных условиях полностью соответствует определению педагогической деятельности в традиционном понимании [Яковлев и др., 2010]: профессиональная деятельность онлайн-преподавателя направлена на обеспечение эффективного функционирования и развития педагогического процесса, осуществляемого в условиях неформального индивидуального онлайн-обучения.

Рассмотрим в Таблице 2 соответствие содержания деятельности преподавателя и обучающегося в онлайн-формате.

Таблица 2 – Содержание деятельности преподавателя и взрослого обучающегося в онлайн-формате

Деятельность онлайн-преподавателя	Деятельность взрослого обучающегося в онлайн-формате
Совместная постановка целей и задач в изучении РКИ	
<p>Организация и управление процессом онлайн-обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – определение стратегических, тактических и оперативных целей в рамках индивидуального подхода к каждому взрослому; – подбор средств, методов, методик и содержания онлайн-обучения, адекватных поставленным задачам и индивидуальным возможностям взрослых 	<p>Самоорганизация процесса онлайн-обучения РКИ</p> <p>в соответствии с организационно-дидактической структурой, предложенной преподавателем, и собственными возможностями в сфере цифровых технологий</p>
Контроль-анализ	Самоконтроль процесса усвоения учебного материала
Оценка и корректировка процесса онлайн-обучения взрослых РКИ	Получение запланированного уровня коммуникативной компетенции / практическое применение полученных знаний

Таким образом, содержание деятельности онлайн-преподавателя совпадает с содержанием деятельности обучающегося только в совместной постановке целей и задач. Однако эффективность онлайн-обучения в целом будет зависеть также и от структуры деятельности преподавателя (рис. 1).



Рисунок 1 – Структура деятельности онлайн-преподавателя

Как видно из рисунка 1, деятельность онлайн-преподавателя по своей структуре циклична: она начинается с совместного планирования, но не заканчивается анализом результатов обучающегося, а ведет к новому циклу планирования дальнейшего образовательного маршрута. Непрерывность деятельности онлайн-преподавателя соответствует принципам обучения взрослых, а также принципам гибкого и адаптивного обучения.

Деятельность взрослых, обучающихся в онлайн-формате, структурно организована по следующей схеме (рис. 2).

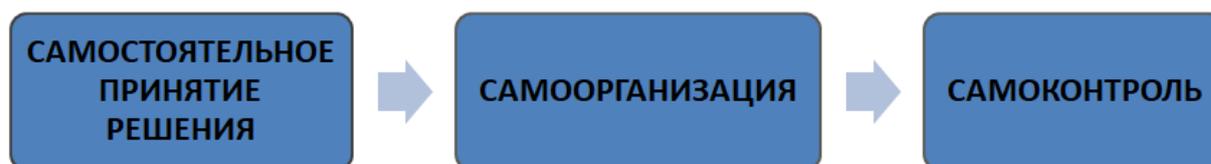


Рисунок 2 – Структура деятельности взрослых, обучающихся в онлайн-формате

Таким образом, деятельностный подход направляет педагогический процесс в русло психологической готовности онлайн-преподавателя и взрослых обучающихся адекватно онлайн-взаимодействовать в двухстороннем режиме онлайн-коммуникации, при этом онлайн-обучающиеся сохраняют собственные внутренние мотивы, цели и задачи, а деятельность онлайн-преподавателя должна соответствовать стратегическим и тактическим задачам в рамках поставленной обучающимися цели изучения РКИ.

Ряд отечественных педагогов и психологов внесли большой вклад в содержательный и технологический аспекты личностно-ориентированного подхода в традиционном формате обучения: А.Г. Асмолов, Е.В. Бондаревская, В.В. Сериков, И.С. Якиманская и др. Личностно-ориентированный подход в контексте андрагогической проблематики предполагает создание благоприятной среды для личностного роста взрослых обучающихся, а также методологически ориентирует деятельность преподавателя в условиях неформального онлайн-обучения с опорой на самопознание, самореализацию и индивидуализацию процесса обучения. Рассмотрим основные андрагогические принципы онлайн-обучения взрослых в контексте личностно-ориентированного подхода в условиях неформального образования в таблице 3.

Таблица 3 – Основные андрагогические принципы онлайн-обучения взрослых РКИ

Принципы обучения взрослых	Содержание принципов	Ожидаемый результат реализации принципа
Результативности	Гарантированное получение запланированных результатов, которые, по мнению взрослых, могут улучшить качество их жизни или профессиональной деятельности	Достижение определенного уровня коммуникативной компетенции
Экологичности	Непротиворечивое соответствие обучения нормам права, гуманности, этики, общечеловеческим ценностям – выступает в качестве индикатора качества обучения	Создание комфортных условий для изучения взрослыми обучающимися РКИ в индивидуальном онлайн-формате
Валеологичности	Рациональное соотношение физических, финансовых, временных и других затрат с полученными результатами	Достижение баланса между планируемыми и полученными результатами онлайн-обучения взрослых РКИ
Индивидуализации	Обеспечение педагогического и психологического комфорта каждому взрослому обучающемуся	Адаптация педагогических методик и цифровых технологий к индивидуальным потребностям и возможностям взрослых обучающихся в условиях онлайн-обучения
Оптимистичности	Обязательное укрепление у взрослых обучающихся веры в себя и свои возможности	
Доступности	Учет возрастных различий, особенностей, опыта и знаний в отборе учебного материала, темпа и др.	

Согласно Новому словарю методических терминов и понятий личностно-ориентированное обучение позволяет обучающимся «в соответствии со своими индивидуальными способностями и коммуникативными потребностями, возможностями модифицировать цели и результаты обучения [Азимов и др., 2009, с. 130]. В контексте андрагогики такая позиция личностно-ориентированного подхода является актуальной, так как исследуемый процесс онлайн-обучения требует учета «возрастных, психологических, профессиональных потребностей» взрослых обучающихся с опорой «на принципы дифференциации и индивидуализации» [Там же].

Опираясь на позиции личностно-ориентированного и андрагогического подходов, адаптируя их к исследуемому педагогическому процессу организации индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ в условиях неформального образования, мы считаем, что необходимым условием является осознание онлайн-преподавателем следующих позиций:

- взрослый обучающийся является центральной фигурой педагогического процесса;
- процесс познания взрослыми обучающимися важнее процесса преподавания;
- совместные дискуссии, обсуждения и диалоги важнее простого заучивания;
- важность для взрослых обучающихся самостоятельного приобретения знаний;
- уважение к личности взрослого обучающегося;
- отношение к обучаемому как целостной личности, с учетом его физических, духовных, нравственных характеристик, уважение его культурных и национальных традиций.

Такой подход к онлайн-взаимодействию субъектов исследуемого педагогического процесса в рамках личностно-ориентированного и андрагогического подходов требует отказаться от формальности и применять форму диалога: межличностного общения взрослого обучающегося и онлайн-преподавателя. Опираясь на личностно-ориентированный подход, мы предполагаем, что результативность онлайн-обучения взрослых РКИ возрастет, если процесс онлайн-обучения будет базироваться на личностном смысле, «становясь частью личностного опыта индивида» [Плаксий, 2003, с. 369].

Следовательно, педагогическое онлайн-взаимодействие, находящееся в центре организации исследуемого педагогического процесса, должно строиться на взаимном диалоге в системе «онлайн-преподаватель – цифровые технологии – взрослый обучающийся» и соответствовать партнерским отношениям в рамках андрагогического подхода.

Conclusion (Заключение)

Охарактеризовав исследуемый педагогический процесс с позиции современной дидактики, мы выявили объективные организационные закономерности функционирования неформального онлайн-обучения РКИ: управление педагогическим процессом; единство деятельности преподавателя и взрослых обучающихся; динамика педагогического процесса. Проведенный теоретический анализ и практическая деятельность в области неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ подтверждают потребность в эффективном педагогическом управлении, в единстве деятельности взрослых обучающихся и онлайн-преподавателя, в получении ожидаемых индивидуальных положительных результатов обучения на каждом занятии.

Исследуемый нами педагогический процесс опирается на методологическую базу принципов: научности, системности, технологичности, обратной связи, доступности и реализуемости. Специфика неформального индивидуального онлайн-обучения взрослых РКИ предполагает также опору на такие принципы, как гибкость и оптимальность, которые обеспечивают реализацию андрагогической модели и достижение максимального уровня индивидуализации и адаптивности. Всё это позволяет

не только реализовать в наивысшей степени процесс индивидуализации учебной деятельности, но и воплотить андрагогическую модель обучения в онлайн-среде, построить индивидуальный образовательный маршрут в цифровом образовательном пространстве.

Таким образом, методологическое обоснование специфики функционирования неформального онлайн-обучения взрослых РКИ рассмотрено с целью обеспечения системной связи теории с практикой и с опорой на определенные закономерности, принципы и подходы традиционного педагогического процесса. Такой подход обеспечивает научный статус реализации данного исследования, ориентируя и направляя научное познание с позиции современной дидактики.

Библиографический список

- Азимов Э. Г. Новый словарь методических терминов и понятий (теория и практика обучения языкам) / Э. Г. Азимов, А. Н. Щукин. М.: Издательство ИКАР, 2009. 448 с. EDN XQRFTT
- Бабанский Ю. К. Избранные педагогические труды. М.: Педагогика, 1989. 560 с.
- Бабанский Ю. К. Оптимизация процесса обучения (общедидактический аспект). М.: «Педагогика», 1977. 256 с.
- Гурьев С. В. Современное дистанционное обучение. М.: Компания КноРус, 2018 118 с. EDN SDFCQG.
- Занкова А. А. Изучение русского языка как иностранного в онлайн-среде: возможности и специфика // Мир науки, культуры, образования. 2019. № 2(75). С. 28-29.
- Ильина Т. И. Структурно-системный подход к организации обучения. М.: Знание, 1972. 72 с.
- Кыверялз А. А. Методы исследования в профессиональной педагогике. Таллин: «ВАЛГУС», 1980. 335 с.
- Лернер И. Я. Процесс обучения и его закономерности. М. Знание, 1980. 96 с.
- Московкин Л. В. О педагогических терминах «обучение» и «преподавание» / Л. В. Московкин, Е. Б. Рыкова // Профессорский журнал. Серия: Русский язык и литература. 2020. № 3(3). С. 34-42. DOI 10.18572/2687-0339-2020-3-34-42. EDN WAJCCN.
- Новиков Д. А. Теория управления организационными системами. М.: Московский психолого-социальный университет, 2005. 584 с. EDN PFGVIJ.
- Плаксий С. И. Качество высшего образования. М.: Национальный институт бизнеса. 2003. 653 с. EDN QSZWLH.
- Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий: [в 2 т.] Т. 1. М.: Можайский полиграфкомбинат. 2006. 816 с.
- Чванов М. С. Педагогическое проектирование технологий дистанционного обучения для подготовки специалистов / М. С. Чванов, М. В. Храмова, А. А. Меньших // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. 2002. 1(1). С. 110-115. EDN NVXQZV.
- Яковлев Е. В. Педагогическое исследование: содержание и представление результатов / Е. В. Яковлев, Н. О. Яковлева. Челябинск: Русско-Британский Институт Управления, 2010. 316 с. EDN QCODNL.
- Collis B. Flexible Learning in a Digital World / B. Collis, J. Moonen. London: Kogan Page Limited, 2001. 231 p.
- Garrison D. R. Implications of online and blended learning for the conceptual development and practice of distance learning // The Journal of Distance Education. 2009. 23 (2). Available from <http://www.ijede.ca/index.php/jde/article/%20view/471/889> (дата обращения: 30.03.2018).
- Rogers A. Teaching Adults. Fourth Edition / A. Rogers, N. Horrocks. Lexington, KY: Open University Press, 2013. 350 p.

References

- Azimov E. G., Schukin A. N. (2009). New dictionary of methodological terminology (theory and practice of teaching languages. Moscow: IKAR. 2009. 448 p. (In Russian)
- Babanskiy Yu. K. (1977). Optimization of the teaching process (general didactic aspect). Moscow: *Pedagogika*, 1977. 256 p. (In Russian)
- Babanskiy Yu. K. (1989). Selected pedagogical articles. Moscow: *Pedagogika*, 1989. 560 p. (In Russian)
- Chvanov M. S., Khramov M. V. (2002). Pedagogical design of distance learning technologies for preparing professionals. *Psichologo-pedagogicheskiy journal Gaudeamus*. 1(1): 110-115. (In Russian)
- Collis B., Moonen J. (2001). Flexible Learning in a Digital World. London: *Kogan Page Limited*, 2001. 231 p.
- Garrison D. R. (2009). Implications of online and blended learning for the conceptual development and practice of distance learning. *The Journal of Distance Education*. 23(2). Available at: <http://www.ijede.ca/index.php/jde/article/%20view/471/889> (accessed: 30.03.2018).
- Guriev S. V. (2018). Modern distance learning. Moscow: KnoRus, 2018. 118 p. (In Russian)
- Iljina T. I. (1972). Structural system approach to organizing the learning. Moscow: *Znaniye*. 1972. 72 p. (In Russian)
- Kyveryalg A. A. (1980). Research methods in professional pedagogy. Tallin: VALGUS, 1980. 335 p. (In Russian)
- Lerner I. Ya. (1980). The process of learning and its patterns. Moscow: *Znaniye*, 1980. 96 p. (In Russian)
- Moskovkin L. V., Rykova E. B. (2020). About pedagogical terms “training” and “teaching”. *Professorskii journal. Series: Russian language and literature*. 3(3): 34-42. (In Russian)
- Novikov D. A. (2005). Theory of managing organizational systems. Moscow: MPSI, 2005. 584 p. (In Russian)
- Plaksii S. I. (2003). Quality of Higher education. Moscow: *National institute of business*, 2003. 653 p. (In Russian)
- Rogers A., Horrocks N. (2013). Teaching Adults. Fourth Edition. Lexington, KY: Open University Press, 2013. 350 p.
- Selevko G. K. (2006). Encyclopedia of educational technologies. Vol. 1. Moscow: *Mozhaisk polygraph plant*, 2006. 816 p. (In Russian)
- Yakovlev E. V., Yakovleva N. O. (2010). Pedagogical research and the presentation of results. Chelyabinsk: *Russian-British Institute of Management*, 2010. 316 p.
- Zankova A. A. (2019). Learning Russian as a foreign language in online environment: opportunities and peculiarity. *Mir nauki, obrazovaniya i kulturi*. 2(75): 28-29. (In Russian)

УДК 82 (571.54)

ББК 83.3 (2 Рос. Бур)

С 57

DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_226

ПУТИ И СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ БУРЯТСКОГО ЯЗЫКА В ДЕТСКОЙ СРЕДЕ

*Сономбал Цыденович Содномов^{1,2},
orcid.org/0000-0002-9276-0925,*

¹доктор педагогических наук, профессор

*¹ГАУ ДПО РБ «Бурятский республиканский институт
образовательной политики»,*

ул. Советская, 30

Улан-Удэ, 670000, Россия

²главный эксперт

²Центр родных языков и культур народов РФ РАО,

ул. Погодинская, 8

Москва, 119121, Россия

sodnomov65@mail.ru

Аннотация. Проблема сохранения родного языка все еще остается острой, особенно в детской среде. Детский возраст – это особенный период развития человека, активного усвоения ребенком разговорного языка, становления и развития всех сторон речи – фонетической, лексической, грамматической. Наши исследования показывают, что из года в год увеличивается число детей дошкольного возраста, не понимающих и не говорящих на родном бурятском языке. «Сложилась специфическая ситуация, которая требует анализа и особого внимания со стороны органов власти, образовательных структур и широкой общественности» (Бадараев). Об этом и о способах и путях сохранения родного бурятского языка в детской среде размышляет автор, делится опытом проведения эксперимента и результатами экспериментальной деятельности по организации монологической речевой развивающей среды в дошкольных образовательных организациях. Описывает опыт организации родительских клубов по включению родителей в образовательную деятельность.

Ключевые слова: бурятский язык, эксперимент, предметно-пространственная среда, речевая среда, монологическая речевая среда, образы языков, детская речевая среда, субординативный билингвизм, социолингвистические условия, интерактивные технологии, родительская общественность, федеральная образовательная программа дошкольного образования, федеральный государственный образовательный стандарт дошкольного образования.

WAYS AND MEANS OF PRESERVING THE BURYAT LANGUAGE AMONG CHILDREN

Sonombal Ts. Sodnomov^{1,2},

orcid.org/0000-0002-9276-0925,

¹Doctor of Pedagogical Sciences, Professor

¹AEI APE RB Buryat Republican Institute

of Educational Policy,

30, Sovetskaya Street

Ulan-Ude, 670000, Russia

²chief expert

*²Center for Native Languages and Cultures
of the Peoples of the Russian Federation RAO,*

8, Pogodinskaya street

Moscow, 119121, Russia

sodnomov65@mail.ru

Abstract. The problem of preserving the native language still remains acute, especially among children. Childhood is a special period of human development, the child's active acquisition of spoken language, the formation and development of all aspects of speech - phonetic, lexical, and grammatical. Our research shows that the number of preschool children who do not understand and do not speak their native Buryat language is increasing from year to year. A very specific situation has developed that requires analysis and special attention from authorities and educational structures and the general public. The author reflects on this and on the ways and means of preserving the native Buryat language in children's environment, shares his experience of conducting and the results of experimental activities on organizing a monolingual speech development environment in preschool educational organizations. The author describes the experience of organizing parent clubs to include parents in educational activities.

Keywords: Buryat language, experiment, subject spatial environment, speech environment, monolingual speech environment, language images, children's speech environment, subordinate bilingualism, sociolinguistic conditions, interactive technologies, parental community, federal educational program of preschool education, federal state educational standard of preschool education.

ХҮҮГЭДЭЙ НАНАНАЙ БАЙДАЛДА БУРЯАД ХЭЛЭ АРШАЛАН ХАМГААЛГЫН ЗАРИМ АРГАНУУД

Introduction (Введение)

Хүүгэдэй наһан имагтал ондоо, өөрүн онсо янзатай хүнэй ажамидаралай үе. Энэл үедэ үхибүүн ярянай хэлэлгэтэй боложо эхилнэ, хэлэнэйн фонетическэ, лексическэ, грамматическа талань хүгжэжэ эхилнэ. Эдир наһанай, сэсэрлигэй наһанай үе, тон хэлэлгэдэ оролгын эхин шата, энэл үедэ буряад үхибүүнэй үндэһэн хэлэлгэ хүгжөөхэ, нарижуулха тон шухала гээд тэмдэглэе. Энэл наһанай үедэ, хүүгэдэй сэсэрлигүүдтэ буряад хэлэн дээрэ оршон байдал тогтоожо, үхибүүдээ буряад арадайнгаа жэнхэни байдалда хамжуулха шухала. Бүри хоёр мянган хоёр ондо эрдэмтэ Т.П. Бажеева буряад хэлэнэй байдал тэмдэглэһэн байна. Эрдэмтэнэй бэшэһээр «буряад хэлэн илангаяа залуушуулай дунда тон үсөөнөөр хэрэглэгдэнэ, харилсаха үүргээ дүүргэнэгүй» [Бажеева, 2002, с. 3].

Буряад ороной, Агын, Усть-Ордагай тойрогой дэбисхэр дээгүүр гүрэн түрын ажабайдалда буряад хэлэ сахин хамгаалха, хүгжөөхэ зорилготойгоор олон тоото хэмжээнүүд ябуулагдана. Тиигэбэшье, буряад хэлэн хүүлэй жэлнүүдтэ шахардуу байдалда байһан зандаа. Илангаяа, сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй дунда буряад хэлэлгэ тон үсөөнөөр дуулдана.

Сэсэрлигэй наһанай хүүгэд үндэһэн бураад хэлээ хэр мэдэнэб, мүн ажабайдалай оршомдо түрэлхи хэлээ хэрэглэнэ гээшэ гү, гэхэн асуудалда харюу бэдэржэ, шэнжэлэлгын ажал ябуулжа иимэ байдал элирүүлбэбди. Юрэнхыдөө, Агын, Усть-Ордагай хүүгэдэй сэсэрлигтэ ябадаг 4874 хүүгэд үнгэргэгдэһэн шэнжэлэлгэдэ хабаадаһан байна. Тэдэнэй дунда буряад хэлэн дээрэ 483 хүүгэд буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, дуугарна, 881 хүүгэд буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, муугаар дуугарна гээд элирүүлэгдэбэ. Харин, 1253 хүүгэд, хүнэй хандахада зарим тэды ойлгоно, дуугарнагүй, 741 хүүгэд хүнэй хандахада ойлгоногүй, дуугарнагүй.

Наһанайнь хэмжээгээр хаража үзэбэл, иимэ байдал элирээд ерэбэ:

– гурбан наһатайһаа дүрбэтэй болотор үнгэргэгдэһэн шэнжэлэлгэдэ нэгэ мянга зуун жаран табан хүүгэд хабаадаһан байна. Тэдэнэй, далан найманиинь буряад хэлээ мэдэнэ, ойлгоно, дуугарна, наян табаниинь буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, муугаар дуугарна. Харин, хоёр зуун табин гурбан хүүгэд зарим үгэнүүдые ойлгоно, бурыадаараа дуугаржа шаданагүй, зургаан зуун наян долоон хүүгэд буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоногүй, дуугарнагүй гээд манай шэнжэлэлгэ элирүүлбэ;

– дүрбэ наһатайһаа, табатай болотор, нэгэ мянган зуун далан найман хүүгэд үнгэргэгдэһэн шэнжэлэлгэдэ хабаадаба. Тэдэнэй, наян табаниинь буряад хэлээ мэдэнэ, ойлгоно, дуугарна, хоёр зуун табаниинь буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, муугаар дуугарна, гурбан зуун хорин хоёрын, хүнэй хандахада зарим үгэнүүдые мэдэнэ, ойлгоно, дуугарнагүй, харин табан зуун далан гурбаниинь дуугарнагүй гээд манай шэнжэлэлгэ элирүүлбэ;

– табан наһатайһаа зургаатай болотор, нэгэ мянган гурбан зуун гурбан хүүгэд үнгэргэгдэһэн шэнжэлэлгэдэ хабаадаба. Тэдэнэй, зуун дүшэн хоёрын буряад хэлээ мэдэнэ, ойлгоно, дуугарна, хоёр зуун жаран гурбаниинь буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, муугаар дуугарна гээд элирүүлэгдэбэ. Харин, гурбан зуун хорин табаниинь хүнэй хандахада зарим тэды ойлгоно, дуугарнагүй, табан зуун наян табаниинь хүнэй хандахада ойлгоногүй, дуугарнагүй;

– зургаан наһатайһаа долоон наһатай болотор, нэгэ мянган хоёр зуун арбан найман хүүгэд үнгэргэгдэһэн шэнжэлэлгэдэ хабаадаһан байна. Тэдэнэй, зуун далан найманиинь буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, дуугарна, хоёр зуун жаран хоёрын буряад хэлэн дээрэ хандахада ойлгоно, муугаар дуугарна гээд элирүүлэгдэбэ. Харин, гурбан зуун табин долоониинь хүнэй хандахада зарим тэды ойлгоно, дуугарнагүй, дүрбэн зуун арбан найман хүүгэд, хүнэй хандахада ойлгоногүй, дуугарнагүй. Нюдэндэ элеэр харагдахын тула, таблица соо оруулаад харая: нэгэдэхи таблица соо Үбэр Байгалай хизаарай Агын Буряад тойрогой байдал, хоёрдохи таблица соо Эрхүү можын Усть-Ордагай Буряад тойрогой байдал.

1-дэхи таблица – Үбэр Байгалай хизаарай Агын Буряад тойрогой байдал

Агын Буряад тойрогто	Хүүгэдэй наһан	Сэсэрлигтэ ябадаг хүүгэдэй тоо	Ойлгоно, дуугарна	Ойлгоно, муугаар дуугарна	Ойлгоно, дуугарна-гүй	Ойлгоногүй, дуугарнагүй
	3-тайһаа 4-тэй	558	71/12,7%	128 / 22,9%	210 / 37,6%	149 / 26,7%
	4-тэйһөө 5-тай	549	74 /13,4%	162 /29,5%	213 / 38,7%	100 / 18,2%
	5-тайһаа 6-тай	598	121 /20,2%	203 / 33,9%	200/ 33,4%	74 / 12,3%
	6-тайһаа 7-той	630	146/ 23,1 %	207 / 32,8%	190/ 30,1%	87 / 13,8 %
Хамта		2335	412/ 17,6%	700 / 29,9 %	813 /34,8%	410/ 17,5%

2-дохи таблица – Эрхүү можын Усть-Ордагай Буряад тойрогой байдал

Усть-Ордагай Буряад тойрогто	Хүүгэдэй наһан	Сэсэрлигтэ ябадаг хүүгэдэй тоо	Ойлгоно, дуугарна	Ойлгоно, муугаар дуугарна	Ойлгоно, дуугарна-гүй	Ойлгоногүй, дуугарнагүй
	3-тайһаа 4-тэй	607	7(1%)	23(4%)	39(6%)	538(89%)
	4-тэйһөө 5-тай	629	11(2%)	43(7%)	109(16%)	473(75%)
	5-тайһаа 6-тай	715	21(3%)	60(8%)	125(17%)	507(71%)
	6-тайһаа 7-той	588	32(5%)	55(9%)	167(28%)	331(56%)
Хамта		2539	71(3%)	181(7%)	440(17%)	1849(73%)

Таблица соо үгтэһэн, мүн хэлэгдэһэн тоонуудые хараад үзэхэдэ, буряад хэлэнэй байдалай жэлһээ жэлдэ сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй дунда сахардуу боложо байһаниинь элирнэ. Жэшэнь, ойлгодог, дуугардаг үхибүүдэй тоо жэлһээ жэлдэ үсөөн боложол байһаниинь элирбэ. Эндэ, эрдэмтэ методистнарай, багшанарай, психологуудай тэмдэглэһээр, гол шалтагааниинь гэхэдэ, мүнөө үсын, сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй гэртэһин, гэртээ үхибүүдтээ үндэһэн хэлэн дээрээ хөөрэлдэнэгүй, хүүгэдтээ буряад хэлэн дээрээ ном уншанагүй гэхэ мэтэ болоно. Теэдшье, мянга юһэн зуун наяд, ерээд ондо түрэнэн, мүнөө үсын залуу гэртэһинэй олонхиниинь үндэһэн хэлээ өөһэдөөшье мэдэдэггүй байһаниинь бултанда мэдээжэ. Эндэһээ уламжалан, хоёрдохи шалтагааниинь гэхэдэ манай оршом байдалда буряад хэлэн олонхи ушарта хэрэглэгдэнэгүй.

Materials and methods (Материалы и методы)

Хэрэглэгдэсэн методууд:

- статистическа арга;
- сэсэрлигүүдэй хүмүүжүүлэгшэдэй үнгэргэсэн болбосоролой ажаябуулгануудые ажаглалга;
- эксперимент зураглалга;
- сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй ажаябуулга ажаглалга.

Хэрэглэсэн зүйлнүүд:

– Россиин гүрэнэй гэгээрэлэй яаманай хоёр мянга хорин хоёр ондо сэсэрлигүүдтэ хэрэглэхэ сэсэрлигэй наһанай шэнэлэгдэсэн ФГОС баталагдаба гэхэн тогтоол¹⁸;

– Буряад республикын гүрэнэй «Сохранение и развитие бурятского языка в Республике Бурятия на 2021-2030 годы» [Об утверждении Государственной программы..., 2023] гэхэн программа.

Экспериментальна ажал эмхидхэлгэ, хүмүүжүүлэгшэдэй үнгэргэсэн болбосоролой ажаябуулгануудые ажаглалга, хүүгэдэй ажаябуулга ажаглалга ниитэлэл бэшэлгын үндэһэн боложо үгэнэ.

Discussion (Дискуссия)

Баримтанууд дээрэ үндэһэлэн харахада, эдэ хүүгэдэй түрэлхи хэлэниинь ород хэлэн болоод байна. Би 2015 ондо, буряад хэлэн «генетически родной, функционально второй» гэхэн ойлгосо оруулһанби. Мүнөө үедэ, энэшье ойлгосын зүб зандаа байһаниинь маргамаар, буряад хэлэмнай сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй дунда миин ярилсаанайшье, харилсаанайшье үүргэ дүүргэнэгүй ха юм. Тиимэһээ эдэ хүүгэдтэ ямар хэлэн үндэһэн хэлэн болоноб, гэхэн асуудал дамжаггүй гараад ерэнэ.

Ямар хэлэ үндэһэн хэлэн гээд тоохо болонобиди? Эрдэмтэдэй шэнжэлэлгэнүүдтэ хандая даа.

Филологийн эрдэмэй доктор, профессор Хазрет Заурбечевич Багираков «К вопросу о понятиях «Родной язык» и «Неродной язык» гэхэн статья соогоо иигэжэ бэшэнэ: «түрэлхи хэлэн» гэхэн ойлгосо «үнэдэһэн яһатанай хэлэн» гэхэн ойлгосотой таарншьегүй байжа болохо» [Багираков и др., 2012].

Эрдэмтэн Александр Николаевич Шовгенин «К вопросу разграничения понятий «родной язык», «первый язык», «второй язык», «неродной язык» в социолингвистических исследованиях» [Шовгенин, 2023] гэхэн статья соогоо «харилсаанда гол болоһон хэлэниинь түрүүшын хэлэн гээд элирүүлэгдэхэ, илангаяа бага наһанһаа хэрэглэгдэһэн һаа».

Буряадай эрдэм шэнжэлэлгын институтдай эрдэмтэд, социологууд хүүгэдэй ажаябуулгада буряад хэлэнэй байдал шэнжэлжэ, иимэ байдал элирүүлһэн байна:

1. «буряад хэлэн дээрэ һайнаар хэлэнэ» – 29,4%;
2. «буряад хэлэн дээрэ муугаар хэлэнэ» – 23,2%;

¹⁸ Приказ Министерства образования и науки РФ от 17 октября 2013 г. № 1155 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта дошкольного образования», изменения от 8 ноября 2022 г.

3. «буряад хэлэ мэдэнэгүй» – 48,1% иимэ дүнгүүдые абаад, эрдэмтэд иигэжэ бэшэнэ [Бурятский язык ... 2020, с. 104].

Мүнөө хүүгэдэй оршом байдалда үндэһэн хэлээ яжа хүгжөөхэ гээшэб гэһэн асуудал олоной анхарал татана. «Национальная родительская ассоциация социальной поддержки семьи и защиты семейных ценностей» гэһэн эмхи зургаанай харюусалгата секретарь А.В. Гусевай тэмдэглэһээр «Россиин Федерациин арадуудай түрэлхи хэлэнүүдые хамгаалга болон хургуулида үзэлгын асуудалнууд Россиин Федерациин гүрэнэй болбосоролой болон үндэһэтэнэй гол асуудалнуудай нэгэн болоно» [Гусев, 2022, с. 7]. Саашань энэ хүнэй тэмдэглэһээр «2019 ондо Буряад уласай 27% сэсэрлигэй наһанай хүүгэд буряад хэлээ мэдэхэ байна. Харин Ямала-Ненецкэ автономно тойрогто түрэлхи хэлэн дээрээ гэртэхин хүүгэдтээ харилсанагүй. Чукотско автономно тойрогто түрэлхи чукотско, эвенскэ, эскимоско хэлэнүүд Анадырь хотын болбосоролой нэгэшье эмхи зургаануудта үзэгдэнэгүй» гэжэ бэшэнэ. Профессор Ф.В. Габышева багшанарта хандажа, «үндэһэн хэлэнүүдээ үеһөө үедэ үзэлгэ үндэһэн соёлдо зүб һайниие бүрилдүүлгэ бүридэһэн болон системнэ хандасатайгаар ябуулбал таарамжатай гэжэ «Концепция преподавания якутского языка, литературы и культуры в Республике Саха (Якутия): от замысла до реализации» [Концепция..., 2023, с. 9] гэжэ ном соогоо тэмдэглэһэн байна.

Доцент О.А. Дареева сэсэрлигэй наһанай хүүгэдые буряад хэлэндэ хургаха асуудалда анхаралаа хандуулдаг, эрдэмэй ниитэлэлнүүдые бэшэдэг байна, тиихэдээ «үндэһэн буряад хэлээ хүгжөөлгэ болон хамгаалалгада тон шухала үүргэ хүүгэдые эдир наһанһаань хургагалга болон хамжуулга дүүргэдэг байна» гэжэ бэшэнэ [Дареева, 2021].

В. Шпотова «Пути решения проблемы речевого развития детей в ДОО» гэһэн ниитэлэл соогоо «хүнэй наһанда хэлэлгын бии бололгодо байгааи тон бага саг үршөөдэг байна – эдир болон сэсэрлигэй наһан. Энэл үе аман хэлэлгэ хүгжөөлгын шухала шата байжа, саашанхи шатадаа бэшэгэй хэлэлгэ хүгжөөлгын үндэһэн боложо үгэнэ» [Шпотова, 2023]. Эдэ, мүн ондоошье шэнжэлэлгэнүүдые уншаад, согсолходо мүнөө үеын сэсэрлигэй наһанай буряад хүүгэдэй үндэһэн хэлэниинь ород хэлэн болоно гү? Эндэһээ уламжалан бүришье орёо асуудал гараад ерэнэ. Ерээдүйн сагта эдэ хүүгэдэймнай буряадаар дуугарха, дундаа харилсаха байдалын үсөөрхэ, өөһдынгөө хүүгэдтэ үндэһэн хэлээ дамжуулхань тон орёо болоод байна. Яагаад, ямар арга хэрэглэжэ, үндэһэн хэлээ аршалха, саашань хүгжөөхэ болонобибди?

Results (Результаты)

Энэ асуудал шийдхээд туршаха зорилготойгоор 2020 онһоо хэдэн аймагуудай, мүн Улаан-Үдэ хотын арбан табан сэсэрлигүүдтэ «Монолингвальная речевая развивающая среда на бурятском языке в дошкольных образовательных организациях» гэһэн түсэл экспериментальна, туршалгын аргаар ябуулжа эхилһэн байнабди.

Түсэлэй гол шэглэлын гэхэдэ, сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй юрэнхы хүгжэлтэ, тэдэнэй үүсхэл, эдэбхи болон зохёохы арга хүмүүжүүлэгшэдтэй,

хүгжэмэй хүтэбэрилэгшэтэй, тамирай инструктортай, болбосоролой нэмэри праграмма нэбтэрүүлдэг багшанартай суг хамта ажаллалгын журамда үндэһэлэн үндэһэн соёлой оршом байдал, дүрбэн тэгшэ хүгжөөлгын байдал тогтоохо болоно. Хүүгэдые зүбөөр оршон байдалтай ниитэлэлүүлхэ (социализировать), психологическа, физическэ хүгжэлтэдэнь нүлөөлжэ, үндэһэн хэлэлгэ хүгжөөхэ зорилготойгоор сэсэрлигэй бүхы болбосорол-хүмүүжэлэй байдал буряад хэлэн дээрэ эмхидхэһэн байнабди. Тиигэжэ, «монолингвальная речевая среда на родном языке» гэһэн технологи нэбтэрүүлжэ эхилээбди. Юундэ энэ технологиин үүргэ тон харюусалгатай, үргэн дэлисэтэйб гэхэдэ, эрдэмтэ психологуудай, методистнарай тэмдэглэһээр хүнэй хэлэлгын бии бололгодо үхибүүнэй эдир болон бага наһан аргагүй ехэ удха шанартай гэжэ ойлгонобди, тиимэһээ хүнэй хүгжэлтын энэ наһанда онсо анхарал хандуулха тон шухала байна. Энэ үеһөө эхилжэ эдэбхитэйгээр энэ технологи хэрэглэлгэ шухала байна гэжэ манай туршалга элирүүлэн баталаа.

Энэ технологиин нэгэдэхи заршам, хүүгэдэй сэсэрлигтэ хуурмаг шэнжэтэй, зохёомол байдал тогтоожо буряад хэлэнэй дүрэ бии болголго болоно. Нэгэдэхи багашуулай бүлгэмдэ, буряад хэлэнэй оршон байдал тогтоожо, хүүгэдые буряад хэлэлгэ хадуун абхуулжа хургаха гэһэн зорилго бээлүүлэгдэнэ. Энэ эгээл хүшэр үе, буряад хэлэн дээрэ юумэ хэлэхэдэ ойлгодоггүй хүүгэдэй хүмүүжэл болбосоролой ажаябуулга эмхидхэлгэ болоно. Тиигэбэшье компенсаторна хандаса хэрэглэжэ ажаябуулга эмхидхэгдэһэн. Сэсэрлигэй наһанай багашуултай (2-4 болотор) энэ ажал эмхидгэгдэһэн.

Технологиин хоёрдохи заршам, нэмэри, үндэһэн соёлой үндэһэ һууритай программануудые зохёожо, болбосоролой байдалда нэбтэрүүлгэ болоно. Энэ заршам бээлүүлхын тула хэдэн парциальна программанууд зохёогдоо. Сэсэрлигэй болбосоролой гүрэнэй федеральна эрдэм һуралсалай стандартын художественно-эстетическэ шэглэл гүнзэгырүүлэн бээлүүлхын тула «Уран гархан» гэжэ программа Хэжэнгын аймагай «Жаргал» сэсэрлигэй багшанар Амгалан Аюшеевна Доржиева, Билигма Дондокдоржиевна Анзанова гэгшэд найруулан зохёон байна. Программын модульнууд гэхэдэ «Хүхюутэй хургаханууд», «Уран баримал», «Һэеы даралга», «Шэдитэ морин һүүл». «Хүхюутэй хургаханууд» гэһэн модуль гурбатайһаа таба наһатай болотор хүүгэдые заншалта бэшэ зуралгын техникэтэй танилсуулна, хурганай нугархайнуудые хүгжөөхэһөө гадна, ухаан бодолойнь, хадуун абалгын, наһан абалгын, бодомжолхо шадабариин эхин компонентнуудые бүрилдүүлэн хүгжөөнэ. Энэ программын аргаар үхибүүдые буряад арадай угалзануудтай танилсуулна, тэдэнэй уран һайханай зохёон байгуулгын шадабари заншалта болоогүй зуралгын аргаар хүгжөөнэ, уран һайханай урлалда һонирхол, түрэл байгаалида, буряад арадай ёһо заншалда дурлал, хүндэшэ хандалга хүмүүжүүлнэ. «Уран баримал» гэһэн модуль таба наатайһаа зургаа наһатай болотор нэбтэрүүлэгдэжэ, хүүгэдые даһатай талхаар юумэ бүтээлгын аргуудтай, гурим һубарилнуудтай танилсуулна, талхаар бүтээлгын урлалда һонирхол татуулна. «Һэеы даралга» гэһэн модуль зургаа наатайһаа долоон наһатай болотор нэбтэрүүлэгдэжэ, хүүгэдые хониной ноһонтой болон

нооһоной шэнжэтэй танилсуулжа, нооһоор зураг зураха, нойтон нооһо даралга, хуурай нооһо даралга гэхэн техникэнүүдтэй, тэдэнэй хэрэгсэлнүүдтэй танилсуулна. «Шэдитэ морин хүүл» гэхэн модуль зургаа наатайһаа долоон наһатай болотор нэбтэрүүлэгдэжэ, хүүгэдые мориной үһэнтэй болон үһэнэй шэнжэтэйн танилсуулна, мориной үүөөр хэгдэһэн бүтээлнүүдтэ һонирхол татуулна, буряад арадай ёһо заншалнуудта хамжуулна. Мүн тиихэдэ, үхибүүдые мориной үһэ һамнаха, үнгыень тааруулха, мушхаха, эмирхэ, гүрэхэ аргуудтай танилсуулна, бүтээлнүүдые хэжэ һургана. Программын модульнуудые бээлүүлгын хамагайн шухалань ажаябуулгын үедэ хүүгэдэй буряад хэлэлгэ хүгжөөлгэ, арадайнгаа үндэһэн соёлдо хамжуулга болоно. Авторнуудай тэмдэглэһээр «Уран гархан» гэхэн парциальная программа нэгэ хэлэнэй байдалда үндэһэн соёлой байдал тогтоожо сэсэрлигэй наһанай хүүгэдые түрэл арадайнгаа ёһо заншалтай, соёлтой танилсуулха, тэрээндэ хамжуулха гэхэн зорилготой» [Парциальная..., 2021, с. 4].

Хоёрдохи парциальная программа «Аман үгын абдар» сэсэрлигэй болбосоролой гүрэнэй федеральная эрдэм һуралсалай стандартын «Хэлэлгэ хүгжөөлгэ» гэхэн болбосоролой шэглэл гүнзэгырүүлнэ. Энэ программа буряад арадай аман зохёолтой танилсуулха зорилготойгоор багшанар Дарима Батуевна Дашиева, Дыжит-Ханда Цырен-Дондоковна Санжаева гэгшэд зохёһон. Би өөрынгөө «Развитие устной речи младших школьников: теория и практика» гэхэн монографи соогоо «Удхынгаа талаар үндэр хэмжээнэй аман зохёол зоной ажабайдал, түүхэ, ёһо заншал шэнжэлхэдэ сэгнэшэгүй үүргэтэй» гэжэ тэмдэглэнэб, [Содномов, 2005, с. 23] тиимэһээ энэ программын эрилтээр буряад арадай аман зохёолтой танилсуулхадаа, арадайнгаа түүхэтэй, абари зантай, ёһо заншалтай танилсуулна. Хүүгэд арадай аман зохёолой бага жанрнуудые сээжэлдэхэдэ, удха дээрэн хүдэлхэдэ хэлэлгээ хүгжөөнэ.

Гурбадахи парциальная программа «Хүхюухэн хонхонууд», авторнуудын Светлана Баировна Бадмаева, Должид Дашиевна Ванчижуй. Авторнуудайн тэмдэглэһэнэй ёһоор «Хонгёохон хонхонууд» гэхэн программа – 3-7 наһатай хүүгэдэй художественнэ-эстетическэ талаһаань хүгжөөхэ гэхэн зорилготой. Энэ программын эрилтээр хүгжэм шагнажа, дуу дуулажа, хүгжэмэй инструментүүд дээрэ наадуулжа һургана. Хүгжэмэй репертуар буряад арадай классическа мүн мүнөө үеын дуунуудтай танилсуулна [Бадмаева и др., 2021, с. 3].

Технологиин гурбадахи заршам, гэртэхиние хамжуулан ажал ябуулга. болбосоролой гүрэнэй эрдэм һуралсалай федеральная стандартын эрилтын ёһоор гэртэхиние хамжуулга заабол байха ёһотой юм. Педагогикын эрдэмэй доктор, Үбэр байгалай хизаарай университетэй профессор Александра Ивановна Улзытуева иигэжэ бэшэнэ: «үндэһэн соёлой идентичность бүрилдүүлгэдэ гэртэхинэй үүргэ ехэ» [Улзытуева, 2011, с. 75]. Энэ заршам бээлүүлгэ аргагүй удха шанартай, хүүгэдэй сэсэрлигүүдтэ гэртэхинтэй хүдэлэлгэ, болбосоролой ажаябуулгада хамжуулга тон нарибшалан эмхидхэгдэнхэй. Жэшээн, Хэжэнгын аймагай «Сэсэг» гэхэн сэсэрлигтэ залуу бүлэнэрэй «Сэсэг» гэжэ нэрэтэй бүлгэм байгуулагданхай. Тэрэ бүлгэмэй гол зорилгонь гэхэдэ: хүүгэдэй физическэ, психологическа хүгжэлтэдэ онсо

анхарал хандуулжа, таарамжатай байдал тогтоолго. Клубэйнгээ дэргэдэ элдэб олон түсэлнүүдые бээлүүлнэ. Эдэ түсэлнүүдтэ залуу гэртэхин аргагүй дуратайгаар хабаададаг байна. тиигэжэ, «Эсэгэ байха ямар ехэ жаргал бэ!». Энэ түсэлэй документнуудые абажа харахадамнай, гол зорилгонь, тодорхой зорилгонуудынъ яб байса бэшээтэй байһаниинь хайшаалтай.

Үхибүүдэй хүгжэлтэдэ, хүмүүжүүлдэ эсэгийн үүргэ аргагүй ехэ, энээн тухай энэ ссылжээр ороод хаража болоно: <https://youtu.be/ROC5ank690k> (энэ видео 2023 оной декабриин 27-до нээгдэн харагдана) [Какое счастье..., 2018].

Энэ түсэл бээлүүлгэ тухай сэсэрлигэй ахалагша хүмүүжүүлэгшэ Геля Баировна Цындежапова иигэжэ хэлэнэ «эсэгэнэрэй үүргэ ехэ, тэдэнэр хүүгэдтээ дуунуудые, шүлэгүүдые, оньһон үгэ болон таабаринуудые сээжэлдэнэ. Эсэгэнэрынъ хүүгэдтээ сүлөө сагаа үнгэргэхэдэ, тэдэнэй хайнаар ойлгодог, дүтэ харилсаатай болоно».

Гэртэхинтэй хамта мүн баһа «Сугтаа уншанабди!» гэхэн түсэл бээлүүлэгдэнэ. Эсэгэнэр үхибүүдтээ хамта буряад арадай онтохонуудые, уран зохёолшодой бүтээлнүүдые уншана, удхаарнь хөөрэлдэнэ. Сэсэрлигэй хүмүүжүүлэгшэдэй хэхэн ажал түрэлхи хэлээ хүгжөөлгэдэ аргагүй ехэ үүргэтэй, энээн тухай энэ ссылжээр ороод хаража болоно: <https://youtu.be/QgL9BhiYp0Q>. (энэ видео 2023 оной декабриин 27-до нээгдэн харагдана) [Хэжэнгэ-2022..., 2022]. Иимэ ажал эмхидхэхэдэ хүүгэдэй буряад хэлэлгэнь хүгжэнэ, тэдэндэ түрэлхи хэлэндэ дурлал хүмүүжүүлэгдэнэ. А.В. Гусевэй тэмдэглэхээр «түрэлхи хэлэ үзэлгэдэ гэртэхиние хамжуулга ехэхэн удхатай, бүлэдөө үнгэргэгдэхэн элдэб хэмжээнүүд нигүүлэсхы нүлөө үзүүлнэ» [Гусев, 2022, с. 9].

Мүн баһа хүүгэдэй буряад хэлэлгэ хүгжөөлгэдэ этнокультурна байдал тон ехэ үүргэтэй, жэшээлхэдэ Улаан-Үдэ хотын 52-дохи «Ая-ганга» гэхэн хүүгэдэй сэрлигтэ буряад арадай ёһо заншалтай, байдалтай, мүн бэе махабадаа хорихо, эрын гурбан наадантай, хүгжэмтэй танилсуулха таарамжатай оршон байдал тогтоондонхой [Содномов, 2020, с. 24].

2020 онһоо үнгэргэгдэхэн экспериментальна ажал тусхай дүнгүүдые харуулна. 2020 ондо буряад хэлэлгэ ойлгодоггүй байһан хүүгэдтэй ехэхэн ажал ябуулжа, гурбан праціальна программа бээлүүлжэ, тусхай онсо системээр ажаллажа яһала дүнгүүдые туйлабабди. Буряад хэлэлгэ хэр хадуун абадаг болобо гээшэб, буряад хэлэн дээрээ юрэ хирээр хөөрэлдэдэг болобо гү гэжэ элирүүлхэ зорилготойгоор мониторинг үнгэргэхэн байнабди.

Хүүгэдээ наададаг нааданхайнуудые, хэрэглэдэг хэрэгсэлнүүдые тематическа бүлэгүүдээр хубаагаад, абаад ерэхыень, харуулхыень, олоной дунда олохыень идханабди.

Юумэнэй нэрэнүүдые тэмдэглэхэн зурагууд, бодото юумэнүүд хэрэглэгдээ.

1. Бүлэ: хүбүүн, басаган, үхибүүд, папа (аба), мама (эжы, иибии), аха, эгэшэ, баабай (таабай), эжы (төөбии, төөдэй, теэбии).
2. Зэрлиг амитад: баабгай, үнэгэн, шандаган, шоно, заряа.
3. Хэрэгсэлнүүд: халбага, шанага, аяга, хутага, табаг.
4. Эдэе хоол: хилээмэн, тоһон, заһан, һүн, үндэгэн.

5. Хүнэй бэсын хуби: нюдэн, үһэн, хамар, шэхэн, гар.

Үнгэргэгдэһэн методиконь.

Нэгэдэхи вариант

- Манай сэсэрлигтэ олон нааданхайнууд бии. Намда баабгай абаад ерышдаа. Ямар бэрхэбшидаа! Намда шандага (үнэгэн, шоно, мори, нохой, хони, ямаа, үхэр, гахай) абаад ерышдаа.

Хоёрдохи вариант

- Кухня соо ороод, абаад харуулхыень идхаха. Намда халбага (һэрээ, аяга, халбага, хутага, табаг, хилээмэ, тоһо, загана, һү, үндэгэ) абаад үгэ даа.

Гурбадахи вариант

- Кухня соо ороод, абаад харуулхыень идхаха. Намда хартаабха, (үгэрсэ, морхооб, һонгино, мангир) абаад үгэ даа.

Дүрбэдэхи вариант

- Хүнэй бэсын хуби бэеэ дээрээ харуулхыень идхаха.

Глаголнуудые ойлгоһыень, хэлэлгэдээ хэрэглэжэ шададаг байһыень элирүүлхэ зорилготойгоор зураг харуулаад юу хэнэб? юугээр нааданаб? Хэн юу хэнэб? Гэһэн асуудалнууд табигдаа.

Юу хэнэб? Харюугай вариантнууд: наадана, шабана, зурана, дуулана, хатарна, харана, эдеэлнэ г.м. Хүбүүн наадана, хүбүүн шабана, хүбүүн харана, басаган дуулана. Хүбүүн ном уншана. Басаган дуу дуулана. Басаган зураг зурана. Басаган дуу дуулана. Басаган амһарта угаана.

Юугээр нааданаб? Харюугай вариантнууд: машинаар, күбигээр, хүүхэлдэйгээр, амһартаар. Хүбүүн машинаар наадана. Хүбүүн күбигүүдээр наадана. Басаган куклээр (хүүхэлдэйгээр) наадана. Басаган амһартаар наадана.

Хэн юу хэнэб? Харюугай вариантнууд: хоргодоно, бэдэрнэ, халуудана, сухалдана, баярлана. Басаган хоргодоно. Хүбүүн бэдэрнэ. Эжы халуудана. Басаган ном бэдэрнэ. Басаган стол доро хоргодоно. г.м.).

Тэмдэгэй нэрэнүүдые ойлгоһыень, хэлэлгэдээ хэрэглэжэ шададаг байһыень элирүүлхэ зорилготойгоор зураг харуулаад.

Хэн ямар бэ? Харюугай вариантнууд: зүрхэтэй, бэлигтэй, хайн ханаатай, ухаатай, эшэмхэй, хурдан, хүсэтэй, сэбэрхэн. Зүрхэтэй хүбүүн. Эшэмхэй басаган. Энэ хүбүүн бэлигтэй. Минии эжы хайн ханаатай.

Холбоо хэлэлгэ хадуун абаха шадабари элирүүлхэ ажалай гол зорилгонь, текст хэр хадуун абаад, асуудалнуудта харюусажа шаданаб гэжэ элирүүлхэ. Энэ шадабари «Зөөлэн бүхые диилэхэб» гэжэ текст дээрэ үндээлэн үнгэргэгдэбэ. Шэнжэлэлгын ябаса: Асуудал буряад хэлэн дээрэ табихада, ородоор гү, али буряадаар харюусахыень дурадхаха. Асуудал ород хэлэндэ оршуулжа болохогүй. Мониторингын ажал ябуулхадаа энэ гурбадахи таблица дүүргэхэ эрилтэ байгаа.

3-дахи таблица – Холбоо хэлэлгэ хадуун абаха шадабари элирүүлгэ

№	ФИО	Аюр хүбүүн үдэшлэн юу хэжэ һуугааб?	Аюр зураг зуража байгараа яагаа?	Аюрай эжы юун гэжэ хэлээб?	Эжынгээ «зөөлэн бүхэдэ диилдэхээ һанаа» гэхэдэ Аюр яагаа?	Аюр «зөөлэн бүхэ» гээшы мэдэхэ байгаа гү?
1	Аюр Б.	+	+	+	+	-
2	Таня К.	+	+	+	+	+
...						

Нэгэ һуралсалай жэл болоод, хүүгэд иимэ дүн харуулба. Дүрбэдэхи таблица анхаржа харагты.

4-дэхи таблица – Нэгэдэхи һуралсалай жэлэй дүнгүүд

Буряад хэлэ мэдэлгын хэмжээн	Экспериментын эхин. 2020 оной октябрь һара	Экспериментын дунда 2021 оной май һара
Ойлгоно, дуугарна	4,5 %	48 %
Ойлгоно, муугаар дуугарна	29,9 %	16 %
Ойлгоно, дуугарнагүй	16,4 %	8 %
Ойлгоногүй, дуугарнагүй	49,2 %	28 %

2022-2023 һуралсалай жэлнүүдтэ үнгэргэһэн ажалай дүн согсологдоо. 2023 оной май һарада экспериментын дүн гаргахаданай иимэ дүн харуулагдаба. Энэ табадахи таблица соо харуулагдана.

5-дахи таблица – Гурбадахи һуралсалай жэлэй дүнгүүд

Буряад хэлэ мэдэлгын хэмжээн	Экспериментын дунда 2023 оной май һара
Ойлгоно, дуугарна	61 %
Ойлгоно, муугаар дуугарна	-
Ойлгоно, дуугарнагүй	38,1 %
Ойлгоногүй, дуугарнагүй	-

Conclusion (Заключение)

Сэсэрлигэй наһанай хүүгэдэй буряад хэлэлгэ хүгжөөхэ ажалдаа «Монолингвальная речевая развивающая среда на бурятском языке в дошкольных образовательных организациях» гэһэн түсэл экспериментальна, туршалгын аргаар ябуулжа эхилһэмнай аргагүй дүнтэй байһаниинь мониторинг гэршэлнэ.

Тиимэхээ, үхибүүдэй хэлэндэ орожо байха үеһэнь эхилээд лэ үндэһэн түрэлхи хэлэндэнь хамжуулха, үндэһэн түрэлхи хэлэлгыень хүгжөөхэ шухала гээд баримталха байнабди. Хэрбээ, хара бага наһанһаа үндэһэн хэлэн дээрэнь ажаябуулгыень эмхидхэбэл, буряад хэлээ һайн мэдэдэг, түрэлхи хэлэн дээрээ

дуугардаг болохо байна. Үндэһэн хэлэн дээрэ дуугардаг болоһон хүүгэд, сэсэрлигээ дүүргэхэдээ ород, буряад хэлэнүүдтэй болохо байна. Энэ баримтаһаа уламжалан, иимэ байдалда өөдөө болоһон үхибүүд хоёр хэлэ тэгшэ мэдэдэг эдэбхитэй билингвалнууд боложо, хургуулида ороходоо ондоошье хэлэнүүдые эзэмдэн үзэхэ аргатай болоно.

Библиографический список

- Багироков Х. З. К вопросу о понятиях "родной язык" и "неродной язык" / Х. З. Багироков, З. У. Блягоз // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: Филология и искусствоведение. 2012. № 2. С. 130-133. EDN PIBNTN.
- Бадмаева С. Б. Парциальная образовательная программа по музыкальному воспитанию детей дошкольного возраста «Хонгёохон хонхонууд» / С. Б. Бадмаева, Д. Д. Ванчижуй. Улан-Удэ, 2021. 40 с.
- Бажеева Т. П. Социальный и языковой аспекты формирования раннего (детского) бурятско-русского и русско-бурятского двуязычия. Улан-Удэ : Бурятский научный центр Сибирского отделения РАН, 2002. 152 с. EDN WZKCCN.
- Бурятский язык в регионах России, Монголии и Китая: состояние, проблемы, факторы сохранения и развития: монография / отв. ред. Д. Д. Бадараев. Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2020. 256 с.
- Гусев А. В. Актуальные вопросы вовлечения родителей в обучение языкам народов Российской Федерации // Вестник образования Хабаровского края. 2022. № 3(11). С. 7-10.
- Дареева, О. А. Опыт реализации Государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на примере обучения бурятскому языку в дошкольных образовательных организациях в Республике Бурятия // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2021. Т. 6, № 1. С. 62-67. DOI 10.30853/ped210006. EDN HJYEIT.
- Какое счастье быть отцом!!! // [Электронный ресурс]. 2018. – URL: <https://youtu.be/ROC5ank690k> (дата обращения: 27.12.2023)
- Концепция преподавания якутского языка, литературы и культуры в Республике Саха (Якутия): от замысла до реализации / составители Ф. В. Габышева, С. С. Семенова. Якутск: Якутская республиканская типография им. Ю. А. Гагарина, 2023. 127 с.
- Об утверждении Государственной программы Республики Бурятия «Сохранение и развитие бурятского языка в Республике Бурятия на 2021-2030 годы» : Постановление Правительства Республики Бурятия от 28 декабря 2020 года № 816 г. Улан-Удэ : [с изменениями на 23 июня 2023 года] // [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/571091607> (дата обращения: 04.12.2023).
- Парциальная образовательная программа дошкольного образования по изобразительной деятельности «Уран гархан «Умелые ручки» для детей от 3 до 7 лет / А. А. Доржиева, Б. Д. Анзанова, Г. Г. Ахмадеева [и др.]. Улан-Удэ, 2021. 55 с.
- Содномов С. Ц. Бага наһанай нурагшадай аман хэлэлгэ хүгжөөлгэ : хургалгын теори болон практика [Развитие устной речи младших школьников: теория и практика обучения] / С. Ц. Содномов. Улаан-Удэ : Буряадай гүрэнэй университетэй хэблэл, 2005. 159 с.
- Содномов С. Ц. Развитие родной бурятской речи детей дошкольного возраста как основа формирования глобальных компетенций // Научно-методический журнал Поиск. 2020. № 5(73). С. 21-24. EDN GETRWU.
- Улзытуева А. И. Культурно-диалогическое развитие дошкольников в условиях билингвизма : монография. Москва : Флинта: Наука, 2011. 157 с.
- Хэжэнгэ-2022. Хүүгэдэй-түрэлхидэй хамтын түсэл «Сугтаа уншанабди!» «Шоные мэхэлһэн шандаган» // [Электронный ресурс]. 2022. – URL: <https://youtu.be/QgL9BhiYp0Q> (дата обращения: 27.12.2023).
- Шовгенин А. Н. К вопросу разграничения понятий «родной язык», «первый язык», «второй язык», «неродной язык» в социолингвистических исследованиях // Русский

лингвистический бюллетень. 2023. № 8(44). DOI 10.18454/RULB.2023.44.19. EDN UABNFG.

Шнотова В. Пути решения проблемы речевого развития детей в ДОО // [Электронный ресурс]. 2023. – URL: <https://xn--j1ahfl.xn--p1ai/librar> (дата обращения: 11.12.2023).

References

- Badmaeva S. B., Vanchizhuy D. D.* (2021). Partial educational program for musical education of preschool children “Hongyooohon khonkhonuud”. Ulan-Ude, 2021. 40 p.
- Bagirokov Kh. Z., Blyagoz Z. U.* (2012). On the issue of the concepts of “native language” and “non-native language”. *Bulletin of the Adygea State University. Series 2: Philology and art history.* 2: 130-133. EDN PIBNTN.
- Bazheeva T. P.* (2002). Social and linguistic aspects of the formation of early (children’s) Buryat-Russian and Russian-Buryat bilingualism. Ulan-Ude: *Buryat Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2002. 152 p. EDN WZKCCN.
- Buryat language in the regions of Russia, Mongolia and China: state, problems, factors and developments: monograph / rep. ed. D. D. Badaraev. Ulan-Ude: *Buryat State University Publishing House*, 2020. 256 p.
- Dareeva O. A.* (2021). Experience in implementing the State Program of the Russian Federation "Development of Education" on the example of teaching the Buryat language in preschool educational organizations in the Republic of Buryatia. *Pedagogy. Questions of theory and practice.* 6(1): 62-67. DOI 10.30853/ped210006. EDN HJYEIT.
- Dorzhieva A. A., Anzanova B. D., Akhmadeeva G. G. [et al.].* (2021). Partial educational program for preschool education in visual arts “Uran Garkhan “Skillful Hands” for children from 3 to 7 years old. Ulan-Ude, 2021. 55 p.
- Gabyшева F. V., Semenova S. S.* (2023). The concept of teaching the Yakut language, literature and culture in the Republic of Sakha (Yakutia): from concept to implementation. Yakutsk: *Yakut Republican Printing House named after. Yu. A. Gagarina*, 2023. 127 p.
- Gusev A. V.* (2022). Current issues of involving parents in teaching the languages of the peoples of the Russian Federation. *Bulletin of Education of the Khabarovsk Territory.* 3(11): pp.7-10.
- Hezhenge 2022. Khuygedey-turelkhidey hamtyn tusel “Sugtaa unshanabdi!” “Shony mehelhen shandagan” (2022). Available at: <https://youtu.be/QgL9BhiYp0Q> (accessed 27 December 2023).
- On approval of the State Program of the Republic of Buryatia “Preservation and development of the Buryat language in the Republic of Buryatia for 2021-2030”: Decree of the Government of the Republic of Buryatia dated December 28, 2020 No. 816 Ulan-Ude (2023). Available at: <https://docs.cntd.ru/document/571091607> (date of access:04.12 2023).
- Shovgenin A. N.* (2023). On the issue of distinguishing the concepts of “native language”, “first language”, “second language”, “non-native language” in sociolinguistic research. *Russian Linguistic Bulletin.* 8(44). DOI 10.18454/RULB.2023.44.19. EDN UABNFG.
- Shpotova V.* (2023). Ways to solve the problem of speech development of children in preschool education. Available at: <https://xn--j1ahfl.xn--p1ai/librar> (accessed 11 December 2023).
- Sodnomov S. Ts.* (2005). Baga nahanay huragshadai aman khelelge hygzhoøolge: hurgalgyn theory bolon practice [Development of oral speech of junior schoolchildren: theory and practice of teaching]. Ulaan-Ude: *Buryaadai Gurenei University Heblel*, 2005. 159 p.
- Sodnomov S. Ts.* (2020). Development of the native Buryat speech of preschool children as the basis for the formation of global competencies. *Scientific and methodological journal Search.* 5(73): pp. 21-24. EDN GETRWU.
- Ulzytueva A. I.* (2011). Cultural-dialogical development of preschoolers in conditions of bilingualism: monograph. Moscow: *Flinta: Nauka*, 2011. 157 p.
- What a joy it is to be a father!!! (2018). Available at: <https://youtu.be/ROC5ank690k> (date of access: 27.12 2023).

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)
З. И. Трубина (Нижний Тагил)

Литературный редактор

С. Т. Какаулина (Иркутск)

Выпуски электронного журнала регистрируются в ФГУП НТЦ «Информрегистр»

Дата выхода в свет: 26.09.2024

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/>