

Безопасность на воздушном транспорте/ Air Transport Safety

Научная статья

УДК 351.814.2:612.886:004.946:159.9.961

<https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-2-6>

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ ФАКТОРОВ
СРЕДЫ, ВЛИЯЮЩИХ НА БЕЗОПАСНОСТЬ В АВИАЦИИ***

*Евгений Юрьевич Старков,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации
Москва, Россия*

*Елена Эдуардовна Сигалева,
Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва, Россия*

*Николай Иванович Николайкин**,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Москва, Россия*

*Галина Павловна Степанова,
Государственный научный центр Российской Федерации –
Институт медико-биологических проблем РАН,
Москва, Россия*

Аннотация. В данной статье приводятся показатели безопасности полётов в отечественной гражданской авиации на фоне данных статистики пассажирооборота последних лет. На базе обзора статистики негативных авиационных событий, результатов расследования их причин, соответствующих научных публикаций и собственных исследований утверждается следующее: наряду с традиционными причинами произошедших событий в значительном числе случаев отмечается нарушение пространственной ориентировки и ошибочные действия опытных экипажей.

Выявлено, что пока остаются малоисследованными некоторые факторы опасности, способствующие появлению иллюзий и дезориентации человека, приводящих к его ошибочным действиям. Это такие факторы среды, как повышенный шум и резкие изменения состояния электромагнитных полей.

Представлен обзор исследований кинетоза (укачивания) как болезни движения, представляющей собой реакцию в виде симптомов, демонстрируемых вегетативной нервной системой. Обращено внимание на новое явление – киберболезнь у преобладающего числа пользователей технологии виртуальной реальности. Сегодня это особенно актуально в связи с широким использованием беспилотных летательных аппаратов, управляемых через напольные дисплеи виртуальной реальности.

Для повышения безопасности полётов и снижения травматизма в авиации и космонавтике показана значимость купирования у авиационного персонала проявлений негативного действия укачивания и киберболезни. Прежде всего важно разработать психофизиологические показатели отбора операторов и обосновать критериальные значения для условий

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

** Ответственный автор за связь с редакцией

деятельности операторов разнообразных типов техники с технологией виртуальной реальности.

Ключевые слова: авиация; безопасность полетов; человеческий фактор; шум; утомляемость; качивание; потеря ориентации.

Для цитирования:

Старков, Е. Ю. Об особенностях воздействия некоторых факторов среды, влияющих на безопасность в авиации / Е. Ю. Старков, Е. Э. Сигалева, Н. И. Николайкин, Г. П. Степанова // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2026. – Том 13. – №02. – С. 6-27. – <https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-2-6>

Вклад авторов в работу: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов: Николайкин Н.И является членом редакционного совета журнала «Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык» с 2014 г., но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру двойного слепого рецензирования. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Original research article

PECULIARITIES OF THE IMPACT OF SOME ENVIRONMENTAL FEATURES AFFECTING AVIATION SAFETY

*Evgeniy Yu. Starkov,
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
Moscow, Russia*

*Elena E. Sigaleva,
Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Nikolay I. Nikolaykin,
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
Moscow, Russia*

*Galina P. Stepanova,
Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia*

Abstract. Flight safety indicators in Russian civil aviation are presented against the backdrop of passenger turnover statistics for recent years. Based on an adverse aviation event statistics review, investigations into their causes, relevant scientific publications, and our own research, the following is stated. Along with the traditional causes of these events, spatial orientation disturbances and erroneous actions by experienced crews are observed in a significant number of cases.

It is revealed that certain hazard factors contributing to the development of illusions and human disorientation, leading to erroneous actions, remain understudied. These are environmental factors such as increased noise and sudden changes in the state of electromagnetic fields.

The article presents a review of kinetosis research, as a motion sickness, that is a reaction characterized by symptoms manifested by the autonomic nervous system. Attention is drawn to a new phenomenon: cybersickness, which affects a significant number of virtual reality users. This is especially relevant today given the widespread use of unmanned aerial vehicles controlled through head-mounted Human Mobile Devices.

* Corresponding author

To improve flight safety and reduce injuries in aviation and astronautics, the importance of alleviating the negative effects of motion sickness and cybersickness in aviation personnel has been demonstrated.

Above all, it is important to develop psychophysiological indicators for selecting operators and substantiate criteria for the operating conditions of various types equipment operators using virtual reality technology.

Keywords: aviation; flight safety; human factor; noise; fatigue; motion sickness; disorientation.

To cite this article:

Starkov, E. Yu., Sigaleva, E. E., Nikolaykin N. I., Stepanova G. P. (2026). Peculiarities of the impact of some environmental features affecting aviation safety. *Crede Experto: transport, society, education, language*, vol. 13, no. 2, pp. 6-27 DOI: <https://doi.org/10.51955/2312-1327-2026-2-6> (in Russ.).

Author Contributions: Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

Conflicts of interest: N. I. Nikolaykin has been a member of the Editorial Board of the journal *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language* since 2014 but was not involved in the decision to publish this article. The article underwent the journal’s standard double-blind peer review process. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest in connection with the publication of this article.

Введение (Introduction)

Гражданская авиация РФ за последние годы столкнулась с рядом серьезных проблем, связанных с мировыми событиями: это и пандемия COVID-19, и санкционные ограничения во всех аспектах, и их проявления. Однако по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат)¹ и Федерального агентства воздушного транспорта (Росавиации)² в отечественной гражданской авиации (ГА) по ряду производственных показателей, начиная с 2020 г., наблюдались стабилизация и даже некоторый рост (рис. 1, 2).

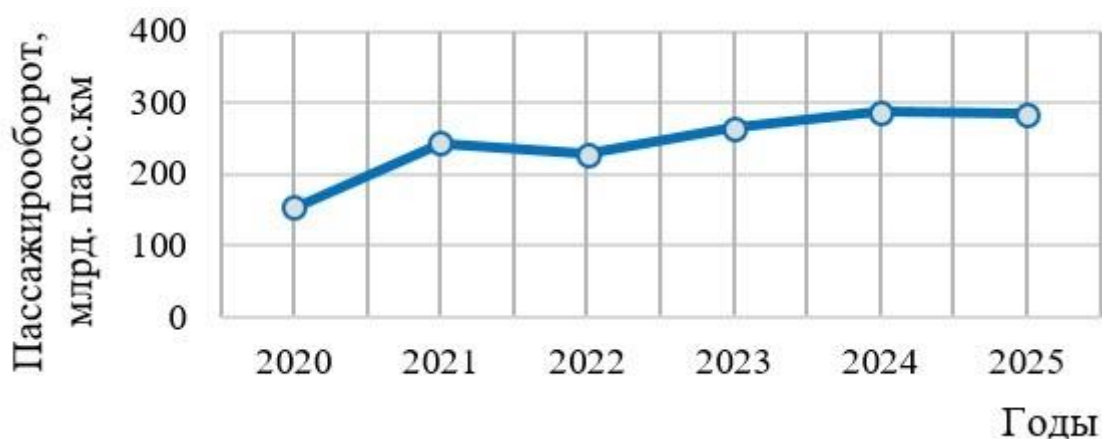


Рисунок 1 – Пассажирооборот отечественной ГА по годам
Figure 1 – Passenger turnover of domestic civil aviation by year

¹ Федеральная служба государственной статистики (Росстат): Официальная статистика: Транспорт // [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 14.01.2026).

² Росавиация: Территориальные органы // [Электронный ресурс]. – URL: <https://favt.gov.ru/o-rosaviacii-territorialnye-organy/> (дата обращения: 14.01.2026).

Хозяйственная деятельность ГА, как и любой отрасли экономики, сопровождается негативными событиями. С того момента, как человек взойдёт на борт воздушного судна (ВС) с целью совершить полёт, уже существует вероятность того, что полёт не закончится благополучно и последуют катастрофические последствия для людей, материальных ценностей и окружающей среды [Николайкин и др., 2015; Старков и др., 2016].

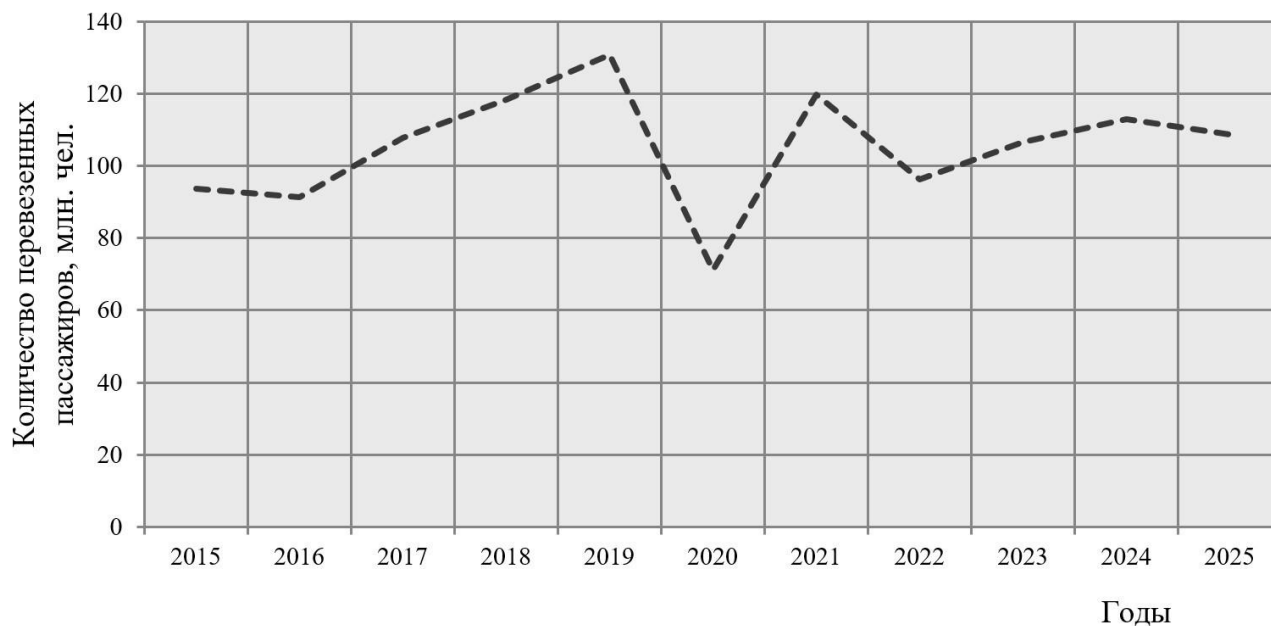


Рисунок 2 – Количество пассажиров, перевезенных отечественной ГА, по годам
Figure 2 – Number of passengers transported by domestic civil aviation, by year

По данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК), за последние 5 лет в ГА РФ ежегодно происходило от 20 до 40 авиационных происшествий (АП) с различными ВС, в которых погибало от 11 до 18 чел. Количество АП, а также катастроф за последние 35 лет с ВС отечественной ГА, по данным [МАК..., б.г.], иллюстрирует рисунок 3, а число погибших в катастрофах – рисунок 4.



Рисунок 3 – Количество авиационных происшествий и катастроф по годам
Figure 3 – Number of aviation accidents and disasters by year

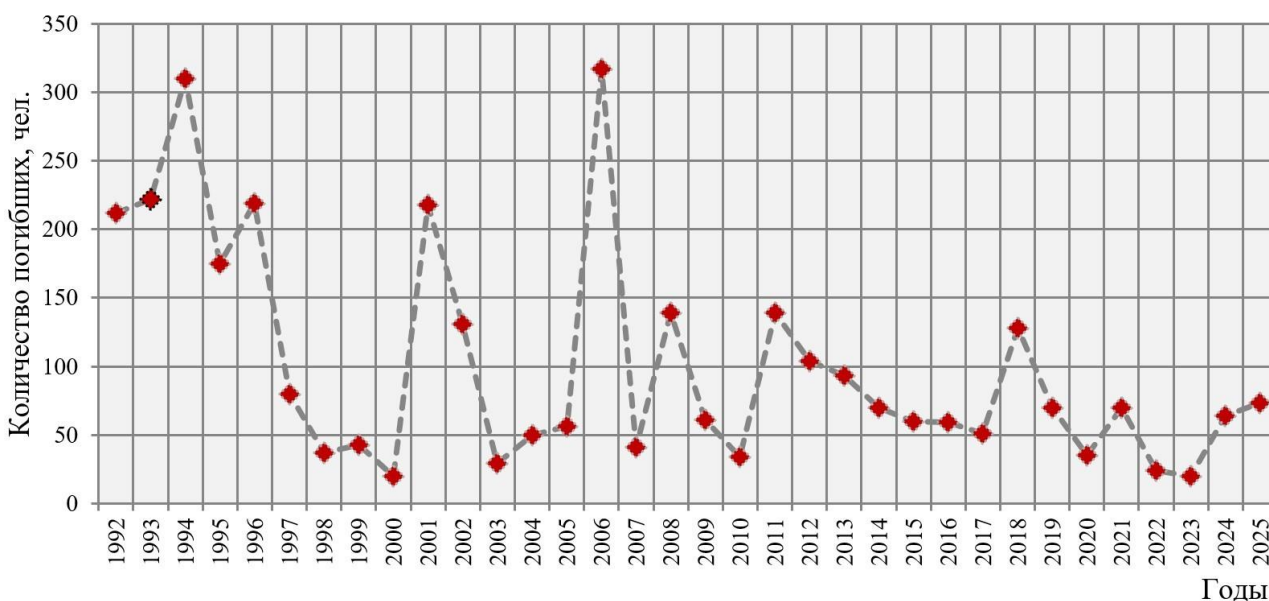


Рисунок 4 – Количество погибших в катастрофах с ВС отечественной ГА по годам
Figure 4 – Number of fatalities in accidents involving domestic civil aviation aircraft by year

Материалы и методы (Materials and Methods)

Методология настоящего исследования заключается в проведении научного обзора с целью выявления и анализа значимости негативного воздействия некоторых неочевидных факторов окружающей среды и физиологических особенностей на адекватность поведения человека-оператора, осуществляющего обслуживание авиатехники и управление на всех этапах от подготовки до совершения полёта, для повышения безопасности полётов (БП)

путём разработки и совершенствования методов и средств парирования факторов опасности, включая купирование приступов заболеваний человека-оператора.

Терминологической и эмпирической базами настоящего исследования послужили:

– официальные и рабочие документы Международной организации гражданской авиации (ИКАО), её комитетов, комиссий;

– информация Росстата, Росавиации, Межгосударственного авиационного комитета (МАК), представленная на интернет-ресурсах этих государственных органов;

– книги, монографии, научные статьи, диссертации по теме исследования.

Материалом исследования также послужили результаты предыдущих работ авторов на кафедре Безопасности полётов и жизнедеятельности (БПиЖД) Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА) и в Отделе Клинико-физиологических исследований и экспертизы Государственного научного центра Российской Федерации (ГНЦ РФ) Института медико-биологических проблем Российской академии наук (ИМБП РАН), включая собственные результаты.

Теоретические исследования основаны на изучении, анализе и обобщении данных эмпирической базы.

Результаты (Results)

Наиболее негативными авиационными событиями являются АП, которые происходят не только с крупными ВС. Значительное число АП приходится на небольшие ВС, как представлено в таблице 1 по данным [МАК..., б.г.]. Не единичны случаи, когда наряду с традиционными причинами комиссии по расследованию АП отмечали странные ошибочные действия хорошо подготовленных опытных экипажей ВС. Это нарушения пространственной ориентировки, потеря контроля за характеристиками полёта и тому подобное.

Таблица 1 – Перечень летательных аппаратов (ЛА), с которыми в 2023-2025 гг. имели место АП

Table 1 – List of aircraft involved in accidents in 2023–2025

Квартал	Наименование ЛА, по годам		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
I	Ми-8Т, AS 350 В3, Robinson R44, Ан-2ТП	Ми-8Т	Cetus 704, P2002-JF
II	Sky Wolf, СП-30В, PA28-140-22922, Robinson R66, C-172N, ANSAT, Беркут	LAK-17B FES, Robinson R66, DA 40 NG, Ан-26-100, Robinson R-44 II, HC-4, PA-28R-201, Ми-8Т, Л-145, Robinson R44	ZLIN Z-142, C-18Т.2, ВТ-440, Ан-2, СП-30АС, Дельфин-3, СП-37М, Robinson R66
III	X-32 Лунь, Robinson R-44, АЛ-145М, АХ-8	Ми-8МТВ-1, ТРН-01, Robinson R44, Robinson R66, Авиатика А	Ан-2 (3 ВС), P-2002 Sierra RG, МАИ-

Квартал	Наименование ЛА, по годам		
	2023 г.	2024 г.	2025 г.
	COMANDANTE, Borey, Ми-8Т, Cessna C-172G, Ан-2	890, Алекс 251, Ми-171, Ми-8Т (2 ВС), Ан-2 (2 ВС), Z-42NG, Bristell RG, Мермейд, Ми-8 АМТ, КОАЛА, Robinson R-44 II, RRJ-95LR-100, C172-0381, Borey	890УМ, Лунь, СП-30К, Ан-24РВ, Robinson R66, Ми-8Т, Bell-407, Л-54, Cessna 182RG
IV	ТР-301, Ми-2	Ан-2 (3 ВС), RRJ-95LR-100, Ми-2, АНСАТ, Ан-3	Cessna 172N, Eurocopter AS-350 В3, КА-226, Ан-2

Так, например, комиссия МАК по расследованию АП с вертолетом (2023 г., Республика Саха (Якутия), на удалении 325 км северо-восточнее населенного пункта Жиганск) отмечает [МАК..., б.г.], что способствующими факторами АП явились:

– *«нарушение методики выполнения взлета, выразившееся в длительном разгоне скорости над заснеженной безориентирной местностью без набора высоты, что, наиболее вероятно, привело к нарушению пространственной ориентировки командира воздушного судна (КВС) с потерей контроля за высотой полета».*

В другом случае АП с вертолетом (2023 г., Мурманская область, 3 км восточнее н. п. Ловозеро) в отчете комиссии МАК [МАК..., б.г.] отмечено, что событие *«... произошло при выполнении захода на посадку над неконтрастной (заснеженной) безориентирной местностью, днем, в метеоусловиях, не соответствующих правилам визуального полета (из-за сниженной видимости в условиях снежных осадков), из-за потери экипажем контроля за высотой полета, что привело к столкновению вертолета с землей в управляемом полете».*

Ещё в одном случае АП с вертолётom (2022 г., Благовещенский р-н Республики Башкортостан) в материалах по расследованию катастрофы [МАК..., б.г.] отмечено, что способствующим фактором, наиболее вероятно, явилось энергичное пилотирование, не требовавшееся на данном этапе полёта, которое свидетельствовало о состоянии усталости и переутомления КВС. В отчёте записано: *«Выполнение маневрирования с интенсивным одновременным изменением нескольких параметров полёта (разворот по курсу, изменение крена, тангажа и скорости полёта) могло способствовать возникновению как оптических иллюзий, так и соматогравитационных иллюзий, то есть неадекватному восприятию КВС пространственного положения вертолётa».*

Также в случае АП с самолётom Bristell RG (2024 г., Шкотовский р-н Приморского края) специалисты комиссии МАК [МАК..., б.г.] отмечают: *«Отвлечение внимания и энергичные маневры в облаках при отсутствии видимости естественного горизонта и наземных ориентиров могли способствовать ложному восприятию КВС положения и перемещения ВС относительно земной поверхности – возникновению иллюзий*

пространственного положения». Хаотичные изменения параметров движения и положения ВС на заключительном участке полёта были признаны свидетельством потери КВС представления о положении ВС в пространстве, то есть потери пространственной ориентировки.

Аналогичные выводы сделали авторы работы [Bushby et al., 2018], изучившие статистику аварийности по данным Минобороны Великобритании и причины 53 АП с винтокрылыми ВС, имевших место с 2000 по 2015 гг.; в 43% случаев отмечена пространственная дезориентация пилотов. Авторы работы [Bushby et al., 2023] подчеркивают, что пространственная дезориентация остается стойкой и серьезной проблемой для экипажей вертолетов, особенно в условиях высокой рабочей нагрузки и обманчивых визуальных подсказок.

В авиации в критические моменты, когда деятельность человека требует большой концентрации внимания (особенно у пилотов, операторов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и подобных специалистов), нетрадиционные факторы опасности могут стать особенно важными. В материалах по расследованию АП часто встречаются случаи с указанием на ошибки человека, принимавшего ответственные решения, которые могли быть предопределены влиянием условий окружающей среды. К ним можно отнести такие, как:

- невнимательность при интерпретации данных приборов;
- нераспознавание ложных визуальных ориентиров;
- несвоевременное принятие решения;
- необоснованность решений на вылет ВС при получении информации об ухудшении метеоусловий;
- недостаточная осмотрительность при маневрировании;
- ошибки при выполнении операций (например, при заходе на посадку);
- потеря пространственной ориентировки в условиях тумана, осадков, снежных или пыльных вихрей, белизны и блеска снежного покрова;
- визуальные иллюзии при полете ночью над безориентирной местностью;
- утомление из-за длительной непрерывной работы, несоблюдения времени отдыха;
- невыполнение по забывчивости, невнимательности, усталости процедур по обслуживанию ВС.

Дискуссия (Discussion)

В отрасли постоянно и всесторонне проводится оценка риска для безопасности полетов и иных возможных последствий, выявляются факторы опасности, влияющие как на отдельные полеты, так и на деятельность авиакомпаний в целом, рассматриваются организационные и системные проблемы всей отрасли. Авиационные организации, работая над повышением уровня БП, создают системы управления безопасностью полетов (СУБП), не ограничиваясь достижением приемлемого уровня риска. При управлении БП недопустима остановка деятельности по снижению риска, требуется его постоянное уменьшение и контроль [Lushkin et al., 2017]. С принятием в 2025 г.

новой редакции Воздушного кодекса РФ затронуты формулировки ряда важных понятий в сфере безопасности полётов [Шаров, 2025], что, как считается, улучшит нормативное обеспечение процессов разработки СУБП поставщиков авиационных услуг.

В частности, ведутся многообразные всесторонние исследования общепризнанной [Human Factors..., 1998] основной причины АП, а именно человеческого фактора, в направлении установления связи допущенных ошибок с психофизиологическими особенностями авиационного специалиста как компонента в системах управления безопасностью полётов [Кормилицына, 2025].

Анализ эмпирической базы данных о причинах АП, содержащейся в материалах МАК соответствующих расследований, позволил выявить, что в настоящее время остаётся малоисследованным ряд факторов опасности, способствующих появлению иллюзий, дезориентации и совершению человеком-оператором необъяснимых действий, которые могут привести к риску различного уровня: от приемлемого до катастрофического. К таким факторам опасности, входящим по классификации ИКАО [Safety Management..., 2017] в группу «Человеческий фактор», можно, наряду с усталостью, отнести укачивание по различным причинам, влияние на человека-оператора шума, резких возмущений электромагнитных полей и, возможно, иное.

Причинами таких авиационных событий (авиационных инцидентов и АП) являются ошибки человека, который занимается не только управлением авиатехникой, но и обеспечивает ее обслуживание. Естественно, имеют место и ошибочные действия, связанные с традиционными (давно и постоянно учитываемыми) факторами опасности, и с иными факторами опасности, которые выявлены и учитываются относительно недавно. Так, из-за регулярной повторяемости у авиационных специалистов как фактора опасности, серьезное внимание стали уделять утомляемости, что отражено в методических материалах ИКАО [Manual..., 2020]. В систему управления безопасностью полетов интегрируют систему управления риском из-за утомляемости экипажа [Гузий, 2022], например, в компании «ЮТэйр» [Гузий и др., 2022]. Выявлена связь утомляемости с индивидуальными суточными ритмами авиаспециалистов [Рыбалкина, 2023]. Предложена методика управления утомляемостью [Еникеев и др., 2020].

Исключительные по развитию утомляемости условия труда имеют место в разнообразных чрезвычайных ситуациях, при ликвидации их последствий и, особенно, в процессе поисково-спасательных работ, при расследовании причин АП.

Исследование профессионально значимых особенностей работников ГА продолжается [Кормилицына, 2025], целью является поиск методов снижения риска, возникающего вследствие усталости, путём своевременного выявления её признаков и причин. При этом в отрасли ведутся исследования по выявлению неочевидных и пока мало учитываемых факторов опасности, в частности связанных с усталостью (утомлением) по различным причинам, в том числе из-

за воздействия факторов опасности, связанных с состоянием среды, окружающей человека-оператора на рабочем месте.

Проблема негативного воздействия факторов опасности на человека-оператора актуальна не только для ГА. В последние годы она в значительной степени предопределяет тематику исследований ИМБП РАН, изучающего здоровье и поведение космонавтов.

Проведён комплекс исследований по установлению особенностей влияния электромагнитных излучений (полей) и, особенно, их аномально быстрых (скачкообразных) изменений на энергетику молекул воды, внутреннюю среду живого и, в целом, на организм человека [Вода как..., 2020; Лифанова и др., 2021; Цетлин и др., 2019].

Специалистами отдела Клиническо-физиологических исследований и экспертизы ГНЦ РФ ИМБП РАН на основании анализа условий жизнедеятельности и работы на борту обитаемых космических аппаратов выявлено значительное негативное воздействие такого широко распространенного фактора опасности, как шум [Апробация метода..., 2024]. Анализ статистики травматизма на авиапредприятиях ГА подтвердил важность изучения и учета этого фактора опасности, повсеместно присутствующего на рабочих местах [Производственный травматизм..., 2023], а также целесообразность разработки не только методов коллективной защиты от шума (снижения уровня его генерирования в источнике и подавления по пути распространения), но и способов индивидуальной защиты человека.

В частности, получены и научно обоснованы значительные положительные результаты применения отопротекции аргонокислородной газовой смесью [Nonauditory..., 2023] для уменьшения негативного воздействия шума на человека.

Показано, что шум является серьезным условием (фактором опасности), способствующим авиационным событиям и травматизму в ГА [Шум..., 2024], особенно с учетом перспективы развития авиаперевозок сверхзвуковыми воздушными судами [Шапкин и др., 2022].

Для защиты человека в опасных ситуациях за счёт предварительной подготовки организма путем усиления его адаптационных возможностей разработаны рекомендации по проведению предварительных интервальных гипоксических тренировок в сочетании с физическими нагрузками [Апробация метода..., 2024].

Хорошо известна проблема под названием «морская болезнь». В последнее время обратили внимание на то, что такой фактор опасности, как явление укачивания, возникает у некоторых людей и в иных ситуациях.

Согласно данным исследований [Ляшедько, 2025], нарушения пространственной ориентировки у членов летного экипажа составляют одну из ведущих причин авиационных происшествий, достигая, по различным оценкам, не менее 20 % случаев в гражданской авиации.

Пространственная дезориентация представляет собой комплексное психоневрологическое расстройство, характеризующееся нарушением

способности человека правильно воспринимать свое положение и направление движения в пространстве. В работе [Newman et al., 2020] пространственная дезориентация определяется как *«неспособность пилота поддерживать осознание своей (и воздушного судна) ориентации, положения и траектории относительно Земли»*. Это состояние проявляется трудностями в определении направления локализации собственного тела относительно окружающей среды, составлении маршрута и использовании навигационных ориентиров. За период исследования 1981–2016 гг. по данным [Newman et al., 2020] выявлено 94 случая, связанных с пространственной дезориентацией, при этом отмечалось увеличение числа происшествий из-за дезориентации относительно происшествий из-за потери управления при наборе высоты в 1,5 раза, а в полёте при уходе на второй круг – в 5 раз (21% относительно 4%).

Укачивание считается болезнью движения, которая, помимо морской, возникающей вследствие качки, бывает также транспортной (в частности, при езде по горной дороге), воздушной, железнодорожной, космической. Оно представляет собой очень тяжелую реакцию в виде вегетативных вызовов, различных симптомов, которые демонстрирует вегетативная нервная система. Такая реакция обусловлена деятельностью подкорковых структур головного мозга, которые управляют дыханием, сердечно-сосудистой системой, артериальным давлением, состоянием кожных покровов (влажность, бледность и т.п.). В частности, это реакция вестибулярной системы в форме тошноты-рвоты под влиянием Nervus vagus (блуждающего нерва) основного подкоркового нерва, обеспечивающего соответствующую реакцию нервной системы. Человек повлиять на это не может.

Находясь в транспорте, человек испытывает неприятные ощущения. Тем более, когда происходит качка и отмечается регулярное отклонение центра тяжести человека с раздражением вестибулярного аппарата (системы внутреннего уха, отвечающей за равновесие и координацию), что приводит к выраженным симптомам болезни движения (кинетоza).

Людей укачивает по-разному, одни могут укачаться быстро, тогда как есть и не подверженные укачиванию [Melo et al., 2018], которые могут получать удовольствие, как на аттракционе. Причины укачивания разнообразны, и сам процесс укачивания протекает по-разному. Лётчики-спортсмены и военные летчики регулярно выполняют сложные фигуры пилотажа, тогда как летчики гражданских ВС с подобным сталкиваются редко, преимущественно в нестандартных, предаварийных и аварийных случаях.

В контексте авиационной психофизиологии [Благинин и др., 2018; Ляшедько, 2025] пространственная ориентировка определяется как способность пилота точно оценивать положение и движение воздушного судна относительно поверхности Земли и окружающего пространства. По данным исследования [Allum et al., 2022], установлена важная роль вестибулярных сигналов в пространственном восприятии ориентации при встрече с препятствиями и, в частности, предполагается, что острый односторонний вестибулярный неврит способствует изменениям вестибулярной функции, модулирующей обход

препятствий. Потеря пространственной ориентировки в полете приводит к искажённому восприятию пространственного положения самолета по параметрам тангажа, крена и высоты, что существенно повышает риск ошибок управления.

В условиях орбитального полета при воздействии микрогравитации у половины всех космонавтов в течение первых 24-72 часов космического полета имеет место космическая форма болезни движения. Она рассматривается как еще одна форма укачивания, несмотря на существенные различия в симптоматике, что изложено в [Thornton et al., 2013].

Отсутствие гравитационного вектора приводит к инконгруэнтности (рассогласованию) вестибулярной афферентации, а также к дестабилизации взаимодействия между отолитовым аппаратом и полукружными каналами. Возникающий сенсорный конфликт провоцирует развитие комплекса вегетативных и психосоматических нарушений, существенно снижающих операторскую эффективность космонавтов [Thornton et al., 1974]. Согласно статистическим данным, симптомы SMS (Space Motion Sickness) наблюдаются у 70% участников космических миссий, причем в 50% случаев они классифицируются как среднетяжелые или тяжелые [Heer et al., 2006].

Последнее время общество вестибулологов новый вид болезни движения обозначило как киберболезнь (или киберукачивание), то есть болезнь, вызванную использованием электронных устройств, таких как очки виртуальной реальности (Virtual Reality – VR) и VR-шлемы (Head-Mounted Display – HMD), которые погружают пользователя в трехмерную виртуальную среду [McHugh, 2019].

Широкая интеграция цифровых технологий (VR-устройства, симуляторы, смартфоны) способствовала росту распространенности киберкинетоза, обусловленного интенсивной стимуляцией зрительного анализатора при отсутствии реального физического перемещения [Analysis..., 2020]. Ключевым феноменом здесь выступает векция – ложное ощущение перемещения собственного тела в пространстве, которое зачастую предшествует развитию тошноты [Matsnev, 1987].

После использования таких очков человек долго испытывает неустойчивость, некое головокружение, неприятные ощущения, что предъявляет особые требования к психофизиологическим качествам оператора, к его способности сохранять адекватную пространственную ориентировку в хаотичной, экстремально запутанной среде [Способность оператора..., 2021]. В целом, по мнению авторов работы [Cybersickness..., 2024], результаты многочисленных исследований показывают, что *«виртуальная реальность наряду с возможным положительным терапевтическим воздействием также может вызывать побочные эффекты»*.

Киберболезнь, связанная с классическим укачиванием и укачиванием в симуляторах, является полисимптомным¹, многофазным заболеванием, которое поражает до 80 процентов пользователей, впервые использующих шлемы виртуальной реальности. Буквально десятилетие тому назад прогнозировался экспоненциальный рост использования VR-технологии, что и произошло [McHugh, 2019], однако кинетоз является значительным препятствием расширения применения технологии виртуальной реальности (VR), ограничивающим привлечение новых пользователей [Ramaseri-Chandra et al., 2025]. По данным современных исследований, почти в четверти случаев наблюдается тяжелое течение [Focusing..., 2022]. Отмечается, что лица старшей возрастной группы более подвержены киберукачиванию (особенно при использовании автосимуляторов), однако для этой формы, как и для классических кинетозов, характерен эффект габитуации (привыкания) [The effects..., 2019].

Сенсорный конфликт в HMD-шлемах аналогичен механизму развития SMS у космонавтов, что позволяет предположить возможность экстраполировать методы предотвращения (защиты) человека-оператора из одной сферы деятельности в другую, менее изученную.

Помимо прочего, изложенного выше, известен синдром дебаркаmenta (Mal de Débarquement) или синдром высадки, имеющий общий механизм развития с морской болезнью, но возникающий после прекращения пассивного движения (морских, воздушных или сухопутных путешествий). Клинически синдром проявляется головокружением, ощущением качания или неустойчивости, хронической усталостью, головной болью и гиперчувствительностью к визуальным стимулам [The Mal..., 2019]. В отличие от классического укачивания, данная патология характеризуется неспособностью мозга быстро реадaptироваться к стабильной поверхности после длительного воздействия динамической среды.

Сегодня много версий [Brain activity..., 2023; Cybersickness..., 2024] того, почему возникает укачивание (кинетоз), по одной из основных [The relationship..., 2022] считается, что в основе развития кинетозов лежит сенсорный конфликт – несоответствие информации, поступающей от вестибулярной (15%), зрительной (80%) и проприоцептивной² (5%) систем [Ляшедько и др., 2022].

В обычных земных условиях нервная система человека привыкла к некому стандарту реактивности на внешние воздействия. К тому, как человек куда-то пошел, как он повернулся, наклонился, совершил некие иные воздействия, как возникли центробежные ускорения. Все это нам привычно, но когда они становятся необычными, тогда привычная схема в мозге вступает в противоречие с теми сигналами, которые поступают извне, в частности в виде зрительной информации.

¹ Характерными симптомами киберболезни являются тошнота, головокружение, дезориентация, размытое зрение и головные боли.

² Проприоцептивная система – «мышечное чувство» или «шестое чувство», позволяющее оценивать положение и движение частей тела в пространстве без зрения.

Причины возникновения дезориентации многофакторны и включают как физиологические, так и психологические компоненты. С психосоматической точки зрения тревожные переживания, предшествующие полету, могут провоцировать проявления кинетоза. У лиц, ранее сталкивавшихся с симптомами укачивания, формируется устойчивое ожидание их повторения, что усиливает реакцию организма. Страх, тревога перед возможным ухудшением самочувствия, так же как и бдительность, вызывают [Threat effects..., 2017] стрессовую реакцию, нарушающую согласованную работу вестибулярной системы. Эмоциональное напряжение проявляется в виде повышенной тревожности, мышечного тонуса и общей физиологической активации. На выраженность кинетоза могут влиять внешние и внутренние факторы: переутомление, недосыпание, голод или переедание, гормональные колебания, а также приём отдельных медикаментов. Известно [Двигательные расстройства..., б.г.], что антидепрессанты, антибиотики, антигистаминные препараты, миорелаксанты, транквилизаторы, психостимуляторы и некоторые анальгетики способны вызывать побочные реакции, связанные с нарушением равновесия и ориентации.

Во время полета турбулентность вызывает хаотические колебания воздушного судна, что приводит к раздражению рецепторов внутреннего уха и зрительного анализатора. Дополнительное воздействие оказывает низкая влажность воздуха и ограниченная подвижность во время длительных перелетов, способствующие обезвоживанию и гипоксии. Гиперактивация периферических рецепторов вызывает возбуждение симпатического отдела вегетативной нервной системы и парасимпатических ядер блуждающего нерва, что проявляется типичными симптомами – тошнотой, головокружением, головной болью и общей слабостью.

Под воздействием природных и климатических факторов, оказывающих индивидуальное влияние на физиологическое и психическое состояние человека, в случае нахождения человека в среде, лишенной обычных ориентиров, пространственная дезориентация может усиливаться. Длительное пребывание в непривычных условиях вызывает напряжение регуляторных систем организма и перестройку обменных процессов. Например, воздействие холода вызывает периферический вазоспазм¹ и перераспределение кровотока в пользу внутренних органов для сохранения тепла, что также отражается на самочувствии пилота и его способности к правильной пространственной оценке ситуации.

Заключение (Conclusion)

В случае, когда потенциально укачиваемый человек является оператором некой технической системы с ручным управлением, вероятность ошибочных поступков (непреднамеренных) возрастает значительно, риск может стать

¹ Вазоспазм — состояние организма, характеризующееся внезапным сужением кровеносных сосудов, что может привести к снижению притока крови к различным органам и тканям.

неприемлемым, что приведет к аварии. В авиации при выполнении полётов условия для укачивания членов экипажа присутствуют постоянно.

Новой сферой деятельности авиации, активно развивающейся последнее десятилетие, является всё расширяющееся применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Укачивания оператора, управляющего БПЛА в специальных очках FPV (First Person View – вид от первого лица) или в видеошлеме, способствует рассогласованию информации, поступающей человеку через зрение и вестибулярный аппарат. Условия труда оператора, часами управляющего БПЛА, в большинстве случаев характеризуются наличием шума повышенного уровня, что способствует быстрой утомляемости человека.

Признаки болезни движений изучаются, разрабатываются методы распознавания кинетоза, в частности с использованием электроэнцефалографии (ЭЭГ). Одной из первоочередных задач является разработка и стандартизация достоверных методов диагностики, измерения и нормирования признаков киберзаболевания.

Для снижения опасности дезориентации летчиков активно разрабатываются специализированные пилотажно-навигационные комплексы. К перспективным технологиям относятся системы с интегрированными базами данных топографического рельефа, объединённые со спутниковой навигацией, автоматическим зависимым наблюдением и интеллектуальными алгоритмами управления. Такие системы при потере пилотом пространственной ориентации позволяют в автоматическом режиме переводить воздушное судно в безопасное положение, обеспечивая стабильность полета до восстановления функционального состояния человека.

Важнейшим направлением профилактики является психофизиологическая подготовка летного состава. Ведутся работы по обоснованию метода использования своевременных перерывов и адаптации к виртуальной реальности. Использование современных тренажёров и технологий виртуальной реальности, в частности, разработка сценариев пространственной дезориентации для вертолетов в условиях искусственной учебной среды позволяют моделировать критические ситуации и формировать устойчивые навыки восстановления пространственной ориентировки, что способствует повышению безопасности полётов.

Поскольку перспективы эффективного и полного исключения проявлений киберболезни в настоящее время признаются неясными, разрабатываются психофизиологические показатели отбора операторов беспилотных летательных аппаратов разнообразных типов, обосновываются критериальные значения условий их деятельности, ведется подбор специализированных медикаментозных препаратов.

Список литературы

Апробация метода повышения адаптационных возможностей организма человека посредством сочетанного воздействия физических нагрузок и интервальных гипоксических тренировок / О. И. Орлов [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. 2024. Т. 27, №1. С. 44-53. DOI 10.18127/j15604136-202401-06. EDN DJXJMS.

Благинин А. А. Влияние различных видов нагрузок на качество пространственной ориентации и операторскую деятельность операторов авиационного профиля / А. А. Благинин, С. Н. Синельников, С. П. Ляшедько // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2018. Т. 20, №2. С. 99-104. EDN XRZEUH.

Вода как индикатор космофизических воздействий на организм человека в условиях архипелага Шпицберген / Н. К. Белишева, В. В. Цетлин, А. А. Мартынова [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2020. Т. 54, №2. С. 96-104. DOI 10.21687/0233-528X-2020-54-2-96-104. EDN XZUHEV.

Гузий А. Г. Актуальность совершенствования системного управления риском, связанным с утомляемостью. Проблемы безопасности полётов. 2022. №11. С. 39-43. DOI 10.36535/0235-5000-2022-11-5. EDN VXLVAR.

Гузий А. Г. Система управления риском, связанным с утомляемостью, в системе управления безопасностью полётов авиакомпании «Ютэйр» / А. Г. Гузий, А. П. Костина // Проблемы безопасности полётов. 2022. №11. С. 12-24. DOI 10.36535/0235-5000-2022-11-2. EDN JCDFAV.
Двигательные расстройства. Неврология. Справочник заболеваний ММЦ ОДА // [Электронный ресурс]. – URL: <https://mmc-oda.ru/spravochnik-zabolevanij/nevrologiya/dvigatelnye-rasstroystva/> (дата обращения: 03.01.2026).

Еникеев Р. В. Методика управления утомляемостью инженерно-технического персонала / Р. В. Еникеев, А. Л. Рыбалкина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2020. Т. 9, №3(51). С. 132-137. DOI 10.46548/21vek-2020-0952-0024. EDN YUBVIF.

Кормилицына И. Н. Психофизиологические особенности авиационного специалиста как компонент человеческого фактора в системах управления безопасностью полётов. Научный вестник ГосНИИ ГА. 2025. №49. С. 67-76. EDN BFSINN.

Лифанова Р. З. Влияние электромагнитного излучения радиодиапазона на организм в целом и структурные единицы / Р. З. Лифанова, В. С. Орлова, В. В. Цетлин // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100, №2. С. 123-128. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-2-123-128. EDN JLVRRF.

Ляшедько С. П. Психофизиологическое обоснование системы профилактически пространственной дезориентации летного состава: специальность 3.3.7 «Авиационная, космическая и морская медицина»: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Ляшедько Семён Петрович. Санкт-Петербург, 2025. 273 с.

Ляшедько С. П. Физиология пространственной ориентировки летчиков / С. П. Ляшедько, А. А. Благинин, Ю. В. Сазонов // Кремлевская медицина. Клинический вестник. 2022. №1. С. 105-108. DOI 10.26269/8pne-w487. EDN OJBWRQ.

МАК. База по расследованиям // [Электронный ресурс]. – URL: <https://mak-ias.org/rassledovaniya/> (дата обращения: 12.01.2026).

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.

Производственный травматизм в гражданской авиации / Н. И. Николайкин [и др.] // Безопасность труда в промышленности. 2023. №12. С. 58-64. DOI 10.24000/0409-2961-2023-12-58-64. EDN RHKDWK.

Рыбалкина А. Л. Влияние индивидуальных суточных ритмов на утомляемость инженерно-технического персонала // Crede Experto: транспорт, общество, язык. 2023. №4. С. 20-27. DOI 10.51955/2312-1327_2023_4_20. EDN BYOAIL.

Способность оператора к ведению пространственной ориентировки при дистанционном управлении беспилотными аппаратами в виртуальной среде / Ю. А. Бубеев, В. М. Усов, Б. И. Крючков [и др.] // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2021. Т. 55, №3. С. 16-27. DOI 10.21687/0233-528X-2021-55-3-16-27. EDN EYRGNI.

Старков Е. Ю. О возможности снижения экологического воздействия при авиационном происшествии / Е. Ю. Старков, Н. И. Николайкин // *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2016. №2(30). С. 13-19. EDN WAVWYF.

Цетлин В. В. Исследование воздействия электромагнитных факторов окружающей среды на воду и внутреннюю среду живых организмов / В. В. Цетлин, Г. П. Степанова // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2019. Т. 53, №6. С. 70-76. DOI 10.21687/0233-528X-2019-53-6-70-76. EDN PECNEY.

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

Шаров В. Д. Об изменениях в Воздушном кодексе Российской Федерации в части управления безопасностью полётов // *Проблемы безопасности полетов*. 2025. №1. С. 29-41. DOI 10.36535/0235-5000-2025-01-4. EDN QEHSSEM.

Шум как условие, способствующее авиационным событиям / Е. Ю. Старков [и др.] // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. 2024. №3. С. 6-20. DOI: 10.51955/2312-1327_2024_3_6. EDN BUQOFW.

Allum J. Acute unilateral vestibular neuritis contributes to alterations in vestibular function modulating circumvention around obstacles: A pilot study suggesting a role for vestibular signals in the spatial perception of orientation during circumvention / J. Allum, H. M. Rust, F. Honegger // *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 2022. Vol. 16. P. 807686. DOI: 10.3389/fnint.2022.807686. EDN TQHIDC.

Analysis on Mitigation of Visually Induced Motion Sickness by Applying Dynamical Blurring on a User's Retina / G. Yu. Nie, H. B. L. Duh, Yu. Liu, Y. Wang // *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 2020. Vol. 26, №8. P. 2535-2545. DOI: 10.1109/tvcg.2019.2893668. EDN JMXSGP.

Brain activity differences between susceptible and non-susceptible populations under visually induced motion sickness based on sensor-space and source-space analyses / Lu Zhou [et al.] // *Brain Research*. 2023. Vol. 1815. P. 148474. DOI: 10.1016/j.brainres.2023.148474. EDN AVPOYD.

Bushby A. J. R. Spatial Disorientation Scenarios for the AW159 Helicopter Within a Synthetic Training Environment / A. J. R. Bushby, S. J. Gaydos // *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2023. Vol. 94, №5. P. 377-383. DOI 10.3357/AMHP.6172.2023.

Bushby A. J. R. UK Military Rotary-Wing Accidents: 2000-2015. / A. J. R. Bushby, N. Powell-Dunford, W. D. Porter // *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2018. №89(9). Pp. 842-847. DOI 10.3357/AMHP.5081.2018.

Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality Ciberenfermedad. Revisión sistemática de la literatura sobre efectos adversos asociados a la Realidad Virtual / L. Simón-Vicente, S. Rodríguez-Cano, V. Delgado-Benito [et al.] // *Neurología (English Edition)*. 2024. Vol. 39, Is. 8. Pp. 701-709. DOI.org/10.1016/j.nrleng.2022.04.007.

Focusing on cybersickness: pervasiveness, latent trajectories, susceptibility, and effects on the virtual reality experience / L. E. Garrido, M. Frías-Hiciano, M. Moreno- Jiménez [et al.] // *Virtual Real*. 2022. Vol. 26(4). Pp. 1347-1371. DOI: 10.1007/s10055-022-00636-4. EDN VPFAQQ.

Heer M. Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures / M. Heer, W. H. Paloski // *Auton Neurosci*. 2006. №129(1-2). Pp. 77-79. DOI 10.1016/j.autneu.2006.07.014.

Human Factors Training Manual (Doc 9683-AN/950) // [Электронный ресурс]. 1998 – URL: <https://skylibrarys.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/doc-9683-human-factor-training-manual.pdf> (дата обращения: 06.01.2026).

Lushkin A. M. Fatigue as a Hazardous Factor for Flight Save / A. M. Lushkin, I. N. Kormilitsyna // *Civil Aviation High Technologies*. 2017. Vol. 20, №3. Pp. 131-138. EDN YTXTWR.

Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches. Doc 9966-2016. Second Edition, Version 2 (Revised) // [Электронный ресурс]. – 2020. URL: <https://www.normsplash.com/Samples/ICAO/124425566/ICAO-9966-2020-en.pdf> (дата обращения: 06.01.2026).

Matsnev E. I. Comparative assessment of vestibular, optokinetic, and optovestibular stimulation in the development motion sickness / E. I. Matsnev, M. P. Kuz'min, L. N. Zakharova // *Aviation Space and Environmental Medicine*. 1987. Vol. 58, №10. Pp. 954-957. EDN TFFVYF.

McHugh N. Measuring and Minimizing Cybersickness in Virtual Reality // [Электронный ресурс]. – 2019 URL: <https://ir.canterbury.ac.nz/server/api/core/bitstreams/a393edb3-5bcc-4b50-be7e-b4634ea2d713/content> (дата обращения: 06.01.2026).

Melo M. Presence and cybersickness in immersive content: Effects of content type, exposure time and gender / M. Melo, J. Vasconcelos-Raposo, M. Bessa // *Computers & Graphics*. 2018. Vol. 71. Pp. 159-165. DOI.org/10.1016/j.cag.2017.11.007.

Newman R. L. The magnitude of the spatial disorientation problem in transport airplanes / R. L. Newman, A. H. Rupert // *Aerospace Medicine and Human Performance*. 2020. Vol. 91, №2. P. 65-70. DOI 10.3357/amhp.5442.2020. EDN BRZDQP.

Nonauditory effects of noise exposure to the human body / E.E. Sigaleva [et al.] // *Human Physiology*. 2023. Vol. 49, №6. Pp. 649-655. DOI 10.1134/S036211972260059X. EDN CSURPT.

Ramaseri-Chandra A. N. A Machine Learning–Driven Adaptive Adjustment Framework for Real-Time Cybersickness Mitigation in Virtual Reality / A. N. Ramaseri-Chandra, H. Reza // *Research Square*. 2025. DOI 10.21203/rs.3.rs-8080753/v1.

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: 06.01.2026).

The effects of habituation and adding a rest-frame on experienced simulator sickness in an advanced mobility scooter driving simulator / J. Heutink, M. Broekman, K. A. Brookhuis, [et al.] // *Ergonomics*. 2019. №62(1). Pp. 65-75. DOI 10.1080/00140139.2018.1518543.

The Mal de Débarquement Syndrome / V. Mucci, M. Sussetto, M. Ranieri [et al.] // *Revue Médicale Suisse*. 2019. №15(665). Pp. 1737-1739. DOI 10.53738/REVMED.2019.15.665.1737.

The relationship betweenvection, cybersickness and head movements elicited by illusory motion in virtual reality / K. M. T. Pöhlmann [et al.] // *Displays*. 2022. Vol. 71. P. 102111. DOI 10.1016/j.displa.2021.102111. EDN RLKNMU.

Thornton W. E. Anthropometric changes and fluid shifts / W. E. Thornton, G. W. Hoffler, J. A. Rummel // *Proc. of the Skylab Life Sci. Symp.* 1974. Vol. 2 // [Электронный ресурс]. 1974 – URL: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006319>. (дата обращения: 16.02.2026).

Thornton W. E. Space motion sickness and motion sickness: symptoms and etiology / W. E. Thornton, F. Bonato // *Aviat Space Environ Med*. 2013. №84(7). Pp. 716-721. DOI 10.3357/ASEM.3449.2013. EDN YCOKDK.

Threat effects on human oculo-motor function / E. N. Naranjo T. Cleworth, J. Allum [et al.] // *Neuroscience*. 2017. №359. Pp. 289-298. DOI 10.1016/j.neuroscience.2017.07.024.

References

Allum J., Rust H. M., Honegger F. (2022). Acute unilateral vestibular neuritis contributes to alterations in vestibular function modulating circumvention around obstacles: A pilot study suggesting a role for vestibular signals in the spatial perception of orientation during circumvention. *Frontiers in Integrative Neuroscience*. 16: 807686. DOI 10.3389/fnint.2022.807686.

Belisheva N. K., Tsetlin V. V., Martynova A. A. [et al.]. (2020). Water as an indicator of cosmic physical effects on the human organism in the conditions of the Svalbard archipelago. *Aerospace and environmental medicine*. 54(2): 96-104. DOI 10.21687/0233-528X-2020-54-2-96-104 (In Russian)

- Blaginina A. A., Sinelnikov S. N., Lyashed'ko S. P. (2018). Influence of different types of loads on quality of spatial orientation and operator activity of operators of an aviation profile. *Bulletin of Russian Military Medical Academy*. 20(2): 99-104. (In Russian)
- Bubeev Yu. A., Usov V. M., Kryuchkov B. I. [et al.]. (2021). Operator's spatial orientation ability during control of remotely-piloted aircraft in virtual reality. *Aerospace and environmental medicine*. 55(3): 16-27. DOI 10.21687/0233-528X-2021-55-3-16-27. (in Russian)
- Bushby A. J. R., Gaydos S. J. (2023). Spatial Disorientation Scenarios for the AW159 Helicopter Within a Synthetic Training Environment. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 94(5): 377-383. DOI 10.3357/AMHP.6172.2023.
- Bushby A. J. R., Powell-Dunford N., Porter W. D. (2018). UK military rotary-wing accidents: 2000-2015. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 89(9): 842-847. DOI 10.3357/AMHP.5081.2018.
- Enikeev R. V., Rybalkina A. L. (2020). Maintenance staff fatigue management methodology. *XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus*. 9(3(51)): 132-137. DOI 10.46548/21vek-2020-0952-0024. (In Russian)
- Garrido L. E., Frías-Hiciano M., Moreno- Jiménez M. [et al.]. (2022). Focusing on cybersickness: pervasiveness, latent trajectories, susceptibility, and effects on the virtual reality experience. *Virtual Real*. 26(4): 347-1371. DOI 10.1007/s10055-022-00636-4.
- Guziy A. G., Kostina A. P. (2022). Risk management system associated with fatigue in the flight safety management system of UTair Airlines. *Flight safety problems*. 11: 12-24. DOI 10.36535/0235-5000-2022-11-2. (In Russian)
- Guziy A. G. (2022). The relevance of improving the systemic management of fatigue-related risks *Flight safety problems*. 11: 39-43. DOI 10.36535/0235-5000-2022-11-5. (In Russian)
- Heer M., Paloski W. H. (2006). Space motion sickness: incidence, etiology, and countermeasures. *Auton Neurosci*. 129(1-2): 77-79. DOI 10.1016/j.autneu.2006.07.014.
- Heutink J., Broekman M., Brookhuis K. A., Melis-Dankers B. J. M., Cordes Ch. (2019). The effects of habituation and adding a rest-frame on experienced simulator sickness in an advanced mobility scooter driving simulator. *Ergonomics*. 62(1): 65-75. DOI 10.1080/00140139.2018.1518543.
- Human Factors Training Manual. Doc 9683-AN/950 (1998). Available at: <https://skylibrarys.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/doc-9683-human-factor-training-manual.pdf> (accessed 6 January 2026).
- IAC. Investigation Database. Available at: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/> (accessed 12 January 2026). (In Russian)
- Kormilitsyna I. N. (2025). Psychophysiological characteristics of an aviation specialist as a component of the human factor in safety management systems. *Scientific bulletin of the state research institute of civil aviation*. 49: 67-76. (In Russian)
- Lifanova R. Z., Orlova V. S., Tsetlin V. V. (2021). Effects of radiofrequency electromagnetic radiation on the organism as a whole and structural units. *Hygiene and sanitation*. 100(2): 123-128. DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-2-123-128. (In Russian)
- Lushkin A. M., Kormilitsyna I. N. (2017). Fatigue as a Hazardous Factor for Flight Save. *Civil Aviation High Technologies*. 20(3): 131-138.
- Lu Zhou, Haixu Hu, Bing Qin, Qiaoqiao Zhu, Zhiyu Qian. (2023). Brain activity differences between susceptible and non-susceptible populations under visually induced motion sickness based on sensor-space and source-space analyses. *Brain Research*. 1815: 148474. DOI 10.1016/j.brainres.2023.148474.
- Lyashed'ko S. P., Blaginina A. A., Sazonov Yu. V. (2022). Physiology of the spatial orientation of pilots. *Kremlin Medicine: Clinical Bulletin*. 1: 105-108. DOI 10.26269/8pne-w487. (In Russian)
- Lyashed'ko S. P. (2025). Psychophysiological justification of the preventive system of flight personnel spatial disorientation: diss. ... Doctor of Medical Sciences: 3.3.7. St. Petersburg, 2025. 273 p. (In Russian)

Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches. Doc 9966-2016. Second Edition, Version 2 (2020). Available at: <https://www.normsplash.com/Samples/ICAO/124425566/ICAO-9966-2020-en.pdf> (accessed 6 January 2026).

Matsnev E. I., Kuz'min M. P., Zakharova L. N. (1987). Comparative assessment of vestibular, optokinetic, and optovestibular stimulation in the development motion sickness. *Aviation Space and Environmental Medicine*. 58(10): 954-957.

McHugh N. (2019). Measuring and Minimizing Cybersickness in Virtual Reality. Available at: <https://ir.canterbury.ac.nz/server/api/core/bitstreams/a393edb3-5bcc-4b50-be7e-b4634ea2d713/content> (accessed 1 January 2026).

Melo M., Vasconcelos-Raposo Jo., Bessa M. (2018). Presence and cybersickness in immersive content: Effects of content type, exposure time and gender. *Computers & Graphics*. 71: 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2017.11.007>.

Movement disorders. Neurology. Disease handbook MMC ODA. Available at: <https://mmc-oda.ru/spravochnik-zabolevanij/nevrologiya/dvigatelnye-rasstroystva/> (accessed 3 January 2026). (In Russian)

Mucci V., Sussetto M., Ranieri M., Cavuscens S., Fornos A. P., Guinand N. (2019). The Mal de Débarquement Syndrome. *Rev Med Suisse*. 15(665): 1737-1739.

Naranjo E. N., Cleworth T. W., Allum J. H. J., Inglis J. T., Lea J., Westerberg B. D., Carpenter M. G. (2017). Threat effects on human oculo-motor function. *Neuroscience*. 359: 289-298. DOI 10.1016/j.neuroscience.2017.07.024.

Newman R. L., Rupert R. L. (2020). The magnitude of the spatial disorientation problem in transport airplanes. *Aerospace Medicine and Human Performance*. 91(2): 65-70. DOI 10.3357/amhp.5442.2020.

Nie G. Y., Duh H. B., Liu Y., Wang Y. (2020). Analysis on mitigation of visually induced motion sickness by applying dynamical blurring on a user's retina. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 26(8): 2535-2545. DOI 10.1109/TVCG.2019.2893668.

Nikolaikin N. I., Merzlikin I. N., Sigaleva E. E., Stepanova G. P. (2023). Occupational injuries in civil aviation. *Occupational safety in industry*. 12: 58-64. DOI 10.24000/0409-2961-2023-12-58-64. (In Russian)

Nikolaikin N. I., Starkov E. Yu. (2015). Assessment of aviation events ecological danger on air transport. *Scientific Bulletin of MSTU GA*. 218 (8): 17-23. (in Russian)

Orlov O. I., Suvorov A. V., Grishin V. I. (2024). The method of increasing human's body adaptive capabilities through the combined effects of physical activity and interval hypoxic training approbation. *Biomedical radioelectronics*. 27(1): 44-53. DOI 10.18127/j15604136-202401-06 (In Russian)

Pöhlmann Th., Föcker Ju., Dickinson P., Parke A., O'Hare L. (2022). The relationship betweenvection, cybersickness and head movements elicited by illusory motion in virtual reality. *Displays*. 71: 102111. DOI.org/10.1016/j.displa.2021.102111.

Ramaseri-Chandra A. N., Reza H. (2025). A Machine Learning–Driven Adaptive Adjustment Framework for Real-Time Cybersickness Mitigation in Virtual Reality. Research Square. DOI 10.21203/rs.3.rs-8080753/v1.

Rybalkina A. L. (2023). Influence of individual circadian rhythms on maintenance staff fatigue. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 4: 20-27. DOI 10.51955/2312-1327_2023_4_20. (In Russian)

Safety Management Manual (SMM). Doc 9859-AN/474. Fourth edition (2017). Available at: https://www.aex.ru/imgupl/files/ICAO%20Doc%209859%20-%20SMM_Edition%204%20-%20Peer%20Review.pdf (accessed 6 January 2026).

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)

- Sharov V. D. (2025). On amendments to the Air Code of the Russian Federation regarding flight safety management. *Flight safety problems*. 1: 29-41. DOI 10.36535/0235-5000-2025-01-4. (In Russian)
- Sigaleva E. E., Pasekova O. B., Degterenkova N. V., Marchenko L. Yu., Matsnev E. I. (2023). Nonauditory effects of noise exposure to the human body. *Human Physiology*. 49(6): 649-655. DOI 10.1134/S036211972260059X.
- Simón-Vicente L., Rodríguez-Cano S., Delgado-Benito V., Ausín-Villaverde V., Cubo Delgado E. (2024). Cybersickness. A systematic literature review of adverse effects related to virtual reality Ciberenfermedad. Revisión sistemática de la literatura sobre efectos adversos asociados a la Realidad Virtual. *Neurología (English Edition)*. 39(8): 701-709. DOI.org/10.1016/j.nrleng.2022.04.007
- Starkov E. Yu., Nikolaikin N. I., Sigaleva E. E., Stepanova G. P. (2024). Noise as a contributing to aviation events condition. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 3: 6-20. DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_6. (In Russian)
- Starkov E. Yu., Nikolaykin N. I. (2016). About possibility of aviation incident ecological influences decrease. *XXI century: resumes of the past and challenges of the present plus*. 2(30): 13-19. (In Russian)
- Thornton W. E., Bonato F. (2013). Space motion sickness and motion sickness: symptoms and etiology. *Aviat Space Environ Med*. 84 (7): 716-721. DOI 10.3357/ASEM.3449.2013.
- Thornton W. E., Hoffler G. W., Rummel J. A. (1974). Anthropometric changes and fluid shifts. *Proc. of the Skylab Life Sci. Symp. 2*. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19750006319> (accessed 16 February 2026).
- Tsetlin V. V., Stepanova G. P. (2019). Studies of the influence of environmental electromagnetic factors on water and the internal medium of living organisms. *Aerospace and environmental medicine*. 53(6): 70-76. DOI 10.21687/0233-528X-2019-53-6-70-76. (In Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений Юрьевич Старков – кандидат технических наук, доцент кафедры «Безопасность полетов и жизнедеятельности» (БПиЖД) МГТУ ГА, Московский государственный технический университет гражданской авиации Кронштадтский б-р, д. 20, Москва, 125493, Россия;
orcid.org/0000-0003-0380-2714; e-mail: starkoff89@mail.ru

Елена Эдуардовна Сигалева – доктор медицинских наук, профессор РАН, заведующая отделом «Клинико-физиологических исследований и экспертизы» ГНЦ РФ ИМБП РАН, Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Хорошевское шоссе, д. 76А, Москва, 123007, Россия;
orcid.org/0000-0001-9899-1604; e-mail: sigaleva@mail.ru

Николай Иванович Николайкин – доктор технических наук, профессор кафедры «Безопасность полетов и жизнедеятельности» (БПиЖД) МГТУ ГА, Московский государственный технический университет гражданской авиации Кронштадтский б-р, д. 20, Москва, 125493, Россия;
orcid.org/0000-0001-9867-2208; e-mail: nikols_n@mail.ru

Галина Павловна Степанова – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела «Клинико-физиологических исследований и экспертизы» ГНЦ РФ ИМБП РАН, Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем РАН, Хорошевское шоссе, д. 76А, Москва, 123007, Россия;
orcid.org/0000-0003-2594-3702; e-mail: gallog15@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Evgeniy Yu. Starkov, Cand. of Sci. (Technology), Associate Professor, Flight and Life Safety Department, Moscow State Technical University of Civil Aviation, 20 Kronshtadtsky blvd, Moscow, 125493, Russia;
orcid.org/0000-0003-0380-2714; e-mail: starkoff89@mail.ru

Elena E. Sigaleva, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Clinical and Physiological Research and Expertise, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute for Biomedical Problems of the Russian Academy of Sciences (SSC RF – IBMP RAS), 76A Khoroshevskoe Shosse, Moscow, 123007, Russia;
orcid.org/0000-0001-9899-1604; e-mail: sigaleva@mail.ru

Nikolay I. Nikolaykin, Dr. Sci. (Technology), Professor, Flight and Life Safety Department, Moscow State Technical University of Civil Aviation, 20 Kronshtadtsky blvd, Moscow, 125493, Russia;
orcid.org/0000-0001-9867-2208; e-mail: nikols_n@mail.ru

Galina P. Stepanova, Cand. of Sci. (Medicine), Leading Research Fellow, Department of Clinical and Physiological Research and Expertise, State Scientific Center of the Russian Federation – Institute of Biomedical Problems, Russian Academy of Sciences, 76A Khoroshevskoe Shosse, Moscow, 123007, Russia;
orcid.org/0000-0003-2594-3702; e-mail: gallog15@mail.ru

Поступила в редакцию	15.04.2026	Received	15 April 2026
Принята в печать	22.05.2026	Accepted for publication	22 May 2026
Опубликована	16.06.2026	Published	16 June 2026