



Обзорная статья
УДК 613.6:629.73
DOI: 10.37482/2687-1491-Z298

Современные научные представления о профессиональном здоровье авиационных специалистов (обзор)

Елена Евгеньевна Аденинская^{1✉}, Наталья Борисовна Забродина²,
Борис Григорьевич Потиевский³

¹⁻³Центральная клиническая больница гражданской авиации, Москва, Россия

¹mail@ckbga.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0001-7483-3855>

²mail@ckbga.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8509-5103>

³mail@ckbga.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1855-9362>

¹Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна, Москва, Россия

^{2,3}Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

Аннотация. Обеспечение профессионального долголетия пилотов и диспетчеров управления воздушным движением является одной из приоритетных стратегических задач гражданской авиации. Традиционные подходы медицины труда, основанные на выявлении нозологических форм профессиональных заболеваний, демонстрируют ограниченную эффективность в условиях глубокой трансформации характера деятельности. Цель исследования – системный анализ концепций профессионального здоровья авиационных специалистов и выявление факторов его формирования на основе данных современной литературы. Проведен аналитический обзор отечественных и зарубежных публикаций, размещенных в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и eLIBRARY.RU, за последние 10 лет с привлечением более ранних фундаментальных источников. Установлено, что в авиационной медицине происходит концептуальный переход от юридической категории «профессиональное заболевание» к медико-биологическому понятию «профессиональное здоровье» как состоянию функциональных резервов организма. Выявлен глобальный сдвиг профиля рисков от доминирования физических факторов среды (шум, вибрация) к организационным и психофизиологическим детерминантам: сменному графику, хроническому десинхронозу и воздействию обесогенной среды. Показано, что пилоты и диспетчеры образуют единый контур риска, где лимитирующим фактором профессионального долголетия выступает истощение адаптационных ресурсов, ведущее к кардиометаболическим нарушениям и преждевременному старению на фоне накопленного «биологического долга». Обнаружено, что высокая когнитивная сложность труда при условии адекватного восстановления выполняет функцию нейротренинга, способствуя формированию когнитивного резерва и долгосрочной нейропротекции. Обоснована необходимость смены парадигмы медицинского обеспечения полетов – перехода от стратегии «экспертного отсева» к проактивному управлению модифицируемыми факторами

риска (гигиена сна, нутритивный статус, физическая активность) и динамическому мониторингу функциональных резервов организма работников. Реализация данного подхода является ключевым условием сохранения кадрового потенциала гражданской авиации и безопасности полетов.

Ключевые слова: авиационная медицина, медицина труда, функциональные резервы организма, пилот, диспетчер управления воздушным движением, профессиональное здоровье, профессиональное долголетие

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии финансовой заинтересованности при подготовке данной статьи.

Для цитирования: Аденинская Е.Е., Забродина Н.Б., Потиевский Б.Г. Современные научные представления о профессиональном здоровье авиационных специалистов (обзор) // Журнал медико-биологических исследований. 2026. Т. 14, № 3. С. 89–103. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z298>

Review article

Contemporary Scientific Perspectives on the Professional Health of Aviation Specialists (Review)

Elena E. Adeninskaya^{1✉}, Natalia B. Zabrodina², Boris G. Potievsky³

¹⁻³Central Clinical Hospital of Civil Aviation, Moscow, Russia

¹mail@ckbga.ru ✉, <https://orcid.org/0000-0001-7483-3855>

²mail@ckbga.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8509-5103>

³mail@ckbga.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1855-9362>

¹State Scientific Center of the Russian Federation – A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

^{2,3}Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

Abstract. Maintaining the professional longevity of pilots and air traffic controllers is a priority strategic objective for civil aviation. Traditional occupational medicine approaches, based on identifying nosological forms of occupational diseases, have demonstrated limited effectiveness in the context of the profound transformation of work patterns. The aim of this study is to conduct a systematic analysis of the concepts of professional health of aviation specialists and identify the factors influencing it based on contemporary research works. An analytical review of domestic and international publications in the PubMed, Scopus, Web of Science, and eLIBRARY databases over the last 10 years was conducted, including earlier fundamental sources. The study shows that aviation medicine is undergoing a conceptual transition from the legal category of “occupational disease” to the medico-biological concept of “professional health” as a state of the body’s functional reserves. A global shift in the risk profile is revealed, from the dominance of physical environmental factors (noise, vibration) to organizational and psychophysiological determinants such as shift work, chronic desynchronization, and exposure to an obesogenic environment. Pilots and air traffic controllers belong to the same risk profile, where the limiting factor for professional longevity is the depletion of adaptive reserves, leading to cardiometabolic disorders and premature aging against the background of accumulated “biological debt”. High cognitive complexity of work provides neurotraining, contributing to the development of cognitive reserve and long-term neuroprotection,

if adequate recovery is ensured. The need for a paradigm shift in medical flight support is substantiated: a shift from the “expert deselection” strategy to the proactive management of modifiable risk factors (sleep hygiene, nutritional status, physical activity) and dynamic monitoring of employees’ functional reserves. Implementation of this approach is key for maintaining the human resources potential of civil aviation and ensuring flight safety.

Keywords: aviation medicine, occupational medicine, functional reserves, pilot, air traffic controller, occupational health, professional longevity

Funding. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

For citation: Adeninskaya E.E., Zabrodina N.B., Potievsky B.G. Contemporary Scientific Perspectives on the Professional Health of Aviation Specialists (Review). *Journal of Medical and Biological Research*, 2026, vol. 14, no. 3, pp. 89–103. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z298>

Профессиональное здоровье авиационных специалистов – членов летных экипажей и диспетчеров управления воздушным движением (УВД) – один из ключевых факторов обеспечения безопасности полетов [1–3], поэтому сохранение их профессионального здоровья является фундаментальным приоритетом гражданской авиации.

Целью настоящей работы стал анализ современных научных представлений о профессиональном здоровье авиационных специалистов и выявление общих и специфических факторов его формирования у пилотов и диспетчеров УВД. Данные профессиональные группы объединены высокой ответственностью, сменным режимом труда, хроническим психоэмоциональным напряжением и дефицитом восстановления [4, 5]. Несмотря на различия в характере профессиональной нагрузки – воздействие специфических факторов полета у пилотов и преобладание операторской когнитивной нагрузки у диспетчеров, механизмы реализации профессиональных рисков у них во многом схожи и связаны с истощением адаптационных резервов [6, 7]. Это делает сравнительный анализ таких групп методологически обоснованным и значимым для формирования целостной концепции профессионального здоровья авиационных специалистов.

Проведен поиск отечественных и зарубежных публикаций в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и eLIBRARY.RU с ис-

пользованием русскоязычных и англоязычных терминов: «профессиональное здоровье», «авиационная медицина», «медицина труда», «функциональные резервы», «профессиональное долголетие», «пилоты и диспетчеры управления воздушным движением», а также их сочетаний с понятиями утомления, сменной работы, когнитивной нагрузки и кардиометаболического риска. Хронологический охват составил последние 5–10 лет с включением более ранних фундаментальных источников. Материалом для анализа послужили обзорные и оригинальные статьи. Критериями отбора публикаций выступили соответствие заявленной проблематике, полнота представления данных и научная обоснованность.

Подходы к пониманию профессионального здоровья в медицине труда и авиационной медицине

В международной практике подходы к охране труда и медицинскому обеспечению работающего населения базируются на широком понимании термина «профессиональное здоровье» (occupational health) [8], выходящем далеко за рамки клинической медицины и охватывающем вопросы адаптации работы к человеку и человека к работе [9]. Здоровье специалиста рассматривается не как статичное отсутствие болезней, а как динамический ресурс, формирующий внутреннюю защиту от широкого спектра производственных угроз, к которым относятся химические, биологические, физические и психо-

социальные факторы, а также риски, связанные с режимом и организацией труда [8].

Критически важным для авиационной медицины и медицины труда является четкое разграничение трех понятий: «профессиональное заболевание», «заболевание, связанное с работой» и «профессиональное здоровье». В зарубежной научной литературе такое разграничение проводится последовательно, тогда как в отечественной практике эти понятия нередко смешиваются, что затрудняет оценку реального влияния условий труда на состояние здоровья работников и прогноз профессионального долголетия [8, 10–13].

Профессиональное заболевание (occupational disease) представляет собой узкую юридическую и экспертную категорию, обозначающую заболевание, ассоциированное с влиянием конкретного вредного производственного фактора. При установлении связи заболевания с профессией оценивается причинная обусловленность конкретной нозологической формы воздействием данного фактора, что концептуально соответствует принципу «один фактор – одна болезнь» [8, 14]. Исторически такой подход был ориентирован на выявление прямой причинной связи, однако по мере накопления научных данных стало очевидно, что большинство хронических заболеваний имеет многофакторную природу [9, 15]. Вследствие этого в научной литературе широкое распространение получило понятие «заболевания, связанные с работой» (work-related diseases), т. е. полиэтиологические состояния, одним из факторов риска развития которых наряду с возрастом, образом жизни и индивидуальными особенностями организма выступают условия труда. Именно к данной категории относится большинство патологических состояний, оказывающих существенное влияние на профессиональное долголетие авиационных специалистов, прежде всего сердечно-сосудистые и метаболические нарушения [9, 15, 16]. В метаанализе F. Omran показано, что условия труда в подобных случаях выступают не как изолированный повреждающий агент, а как сложный комплекс

физических и психосоциальных воздействий, преимущественно модифицируемых и направленных, реализация которых в заболевании определяется уровнем адаптационных возможностей организма [16].

Согласно данным I. Shin et al., мультифакторная природа заболеваний, формирующихся при участии профессиональных факторов, существенно затрудняет оценку вклада условий труда и определяет различия в национальных подходах к экспертизе [17]. При наличии выраженных индивидуальных факторов риска юридическое доказательство существенного вклада условий труда часто приобретает формализованный характер и не отражает реальных биологических механизмов развития заболевания, что указывает на ограниченность экспертно-страховой модели и необходимость смещения акцента на профилактику и управление профессиональным здоровьем [17, 18].

В отличие от профессиональных заболеваний и болезней, связанных с работой, профессиональное здоровье представляет собой функциональную категорию, отражающую состояние физиологических, когнитивных и адаптационных резервов организма, обеспечивающих надежность профессиональной деятельности в условиях хронических нагрузок независимо от наличия формально признанной патологии [8, 14, 19]. Современные концепции рассматривают профессиональное здоровье как интегральную характеристику, определяющую устойчивость деятельности в условиях стресса и высокой ответственности [19].

Признание многофакторной природы профессиональных рисков обуславливает трансформацию подходов к управлению здоровьем в медицине труда. В обзорной работе W. Kirsten показано, что традиционная модель охраны труда, ориентированная преимущественно на нормативный контроль внешних факторов, обладает ограниченной эффективностью в отношении хронических неинфекционных заболеваний [9]. В качестве альтернативы обосновывается концепция «здорового рабочего места» (healthy workplace), интегрирующая

контроль условий труда с активным управлением состоянием здоровья и образом жизни работников. Аналогичные выводы получены и в авиационной медицине: систематический обзор D. Wilson et al. подчеркивает необходимость целенаправленного управления модифицируемыми факторами риска для обеспечения профессионального долголетия [20].

В авиационной медицине в последние годы прослеживается смещение акцента от жесткой дисквалификации по медицинским показаниям к стратегиям управления рисками и профилактики, ориентированным на сохранение функциональной надежности специалистов [5]. Это обусловлено требованиями безопасности полетов и глобальным старением кадрового состава [2, 21, 22], а также значимыми экономическими факторами. Высокая стоимость подготовки и поддержания квалификации делает преждевременную утрату трудоспособности таких специалистов критически невыгодной для авиакомпаний и организаций аэронавигационного обслуживания [23, 24]. В этом контексте поддержание работоспособности персонала рассматривается как один из наиболее эффективных ответов на вызовы, связанные со старением населения и необходимостью обеспечения устойчивости рабочей силы [25]. Вместе с тем практическая реализация такого подхода требует доказательной базы. Это предполагает детальный анализ причин снижения профессиональной надежности и структуры хронических заболеваний, формирующих профиль профессионального здоровья авиационных специалистов и определяющих границы их профессионального долголетия [2, 20].

В дополнение к вышеизложенным определениям, современная авиационная медицина предлагает рассматривать профессиональное здоровье через призму резилиентности (resilience) – интегральной способности организма не просто сопротивляться стрессу, но и активно восстанавливать функциональное равновесие после пиковых нагрузок [5, 19]. Согласно модели Y. Stern et al., резилиентность объединяет когнитивные и физиологические

резервы в единый защитный буфер, определяющий устойчивость человека к профессиональному износу [19]. С этой позиции развитие клинической патологии является индикатором истощения внутреннего адаптационного ресурса, который ранее позволял организму успешно компенсировать высокую интенсивность нагрузок [8, 9].

Профиль профессионального риска авиационных специалистов

Понимание механизмов формирования профессионального здоровья невозможно без анализа экспозиционной нагрузки, характер которой в современной авиации претерпел существенные изменения. Анализ литературы свидетельствует о смещении акцентов: если ранее ведущая роль отводилась воздействию физических факторов производственной среды, то в настоящее время все большее значение приобретают организационные и психофизиологические детерминанты, во многом общие для операторских профессий [4, 16, 26].

Профессиональная среда пилотов характеризуется уникальным сочетанием специфических условий полета и организационного стресса [16]. Согласно метаанализу F. Omran, современный профиль риска у данных специалистов определяется именно взаимодействием различных факторов, при этом роль традиционных физических факторов существенно снизилась [16]. Последние приобрели более специфичный характер: радиационные риски ограничиваются узким спектром патологий [27], а акустическая нагрузка в кабинах современных самолетов практически не приводит к развитию профессиональной тугоухости [12].

На этом фоне сохраняется значение эргономический компонент: вынужденная рабочая поза остается одной из ведущих причин дорсалгий у пилотов независимо от типа воздушного судна [28]. Вместе с тем именно организационные факторы в настоящее время рассматриваются как основные детерминанты истощения их функциональных резервов. Показано, что накопление усталости в большей степени связано со сменным графиком, ночными вылетами

и трансмеридианными перелетами, приводящими к хроническому десинхронозу, чем с самим процессом пилотирования [26]. При этом формальная гигиеническая оценка напряженности труда, относящая деятельность пилота к подклассу условий 3.3 и основанная на количественном учете сенсорной нагрузки, не всегда отражает реальную физиологическую цену деятельности опытного специалиста с высокой степенью автоматизации профессиональных навыков [29].

Для диспетчеров УВД профиль профессиональной нагрузки формируется преимущественно за счет операторского и когнитивного стресса. Согласно В. Hilburn [30], ключевым фактором является когнитивная сложность воздушной обстановки, которая не всегда коррелирует с количественными показателями интенсивности трафика. Систематический обзор М. Terenzi et al. показал, что особенности организации смен в сочетании с выраженной гипокинезией и дефицитом восстановления оказывают более неблагоприятное влияние на состояние здоровья диспетчеров, чем кратковременные пики рабочей нагрузки [31].

Таким образом, обе профессиональные группы характеризуются высоким уровнем психоэмоциональной напряженности труда, однако принципиальное различие заключается в отсутствии у диспетчеров воздействия специфических факторов полета. Это позволяет рассматривать их профессиональную деятельность как модель преимущественно операторского стресса в наземных условиях.

Категория «напряженность трудового процесса» остается одним из наиболее дискуссионных элементов оценки условий труда авиационных специалистов. В отечественной гигиенической традиции напряженность рассматривается как интегральная характеристика, определяемая плотностью информационных потоков, дефицитом времени и высокой ответственностью, что формально позволяет классифицировать труд как вредный [29]. В международной литературе когнитивный компонент напряженности анализируется в иной

концептуальной рамке – через понятие ментальной рабочей нагрузки (mental workload). Отмечено, что она обуславливается не столько количеством обрабатываемой информации, сколько стратегиями ее переработки и уровнем автоматизации деятельности [32]. Более того, исследования указывают на нелинейный характер ее влияния: при определенных условиях высокая интеллектуальная активность может выступать не только фактором утомления, но и стимулятором нейропластичности, что ставит под сомнение прямую экстраполяцию гигиенической модели оценки вредности труда на интеллектуальную деятельность [33]. Так, в работе Р. Minoretti et al. действующие пилоты в возрасте 60–64 лет демонстрировали более высокую скорость обработки информации и более низкие уровни биомаркеров нейронального повреждения по сравнению с сопоставимыми по возрасту офисными работниками [34]. Полученные данные позволяют рассматривать характерную для пилотов когнитивную нагрузку не только как фактор утомления, но и как возможный механизм нейропротекции и замедления биологического старения мозга.

Анализ условий труда авиационных специалистов требует учета средовых факторов, формирующих метаболические риски. В современной науке для описания совокупности внешних условий (физических, социальных, экономических), которые стимулируют потребление избыточной энергии и ограничивают физическую активность, способствуя тем самым набору веса, используется термин «обесогенная среда» (obesogenic environment) [20, 35].

Применительно к авиации данная концепция детально обоснована в обзоре D. Wilson et al. [35]. Авторы рассматривают рабочее пространство пилотов и диспетчеров УВД как классическую модель такой среды, где патологическое воздействие реализуется через триаду факторов: вынужденную гиподинамию, ограниченный доступ к качественному питанию и хроническое нарушение циркадных ритмов. При этом подчеркивается, что данные условия носят системный и слабо модифицируемый характер

(нельзя изменить базовую конструкцию кабины или отменить ночные смены), что обуславливает необходимость переключения внимания с попыток преобразования среды на формирование индивидуальных стратегий адаптации и сохранения здоровья. Биологические механизмы этого воздействия раскрыты в работе С.С. Gupta et al., где показано, что сменный режим труда выступает эндокринным триггером, нарушающим регуляцию аппетита и энергетического обмена, в т. ч. через изменения секреции грелина и лептина [36].

Таким образом, современные данные смещают акцент с формального учета отдельных факторов и показателей напряженности на рассмотрение условий труда авиационных специалистов как целостной среды жизнедеятельности. В этих условиях ведущим риском становится хроническое нарушение баланса между нагрузкой и восстановлением, приводящее к истощению адаптационных резервов и снижению уровня профессионального здоровья [35, 36].

Физиологические механизмы адаптации и формирования профессионального здоровья авиационных специалистов

Реализация влияния описанных выше факторов риска в конкретные нозологические формы не носит линейный характер. Анализ литературы показывает, что между воздействием профессиональной среды и манифестацией заболевания лежит стадия функциональных изменений, которые могут быть как адаптивными, так и дезадаптивными [19]. Ключевым условием перехода функционального сдвига в клиническую патологию становится истощение компенсаторных резервов организма на фоне хронического дефицита восстановления и метаболического неблагополучия [20, 26].

Метаболический статус в условиях обесогенной среды и десинхроноза оказывается критическим фактором риска. По данным С.С. Gupta et al., нарушение циркадной регуляции аппетита (грелин/лептин) ведет к формированию инсулинорезистентности и набору веса даже у исходно здоровых лиц [36]. Таким образом, если у пилотов сосудистые риски потенцируются нарушением биоритмов в разных часо-

вых поясах, то у диспетчеров УВД доминирует фактор полной иммобилизации, блокирующей естественные механизмы утилизации стрессовых гормонов и глюкозы [7, 36, 37].

В отношении когнитивных функций авиационных специалистов наблюдается сложная и во многом парадоксальная динамика, которую невозможно описать в рамках простой модели профессионального износа. Современные научные данные, обобщенные в модели Y. Stern et al., предлагают рассматривать интеллект специалиста через концепцию когнитивного резерва [19]. Формирование когнитивного резерва, обеспечивающего более эффективное использование и перестройку нейронных сетей, является одним из возможных механизмов сохранения когнитивной эффективности при возрастных изменениях [19, 34]. В работе A. Nunes, A.F. Kramer показано, что накопленный опыт позволяет компенсировать возрастное ухудшение сенсомоторных реакций за счет перехода от реактивных ответов к прогнозирующим и заранее сформированным стратегиям выполнения профессиональных задач [38].

Однако описанный высокий потенциал имеет обратную сторону, связанную с накоплением функционального утомления. Как отмечают M. Causse et al., хотя сама по себе когнитивная нагрузка тренирует мозг, она требует значительных энергетических затрат. В условиях дефицита восстановления, характерного для сменного графика, происходит истощение доступного ресурса внимания [33], из-за чего структурно сохраненный и тренированный мозг теряет способность к мобилизации в критический момент. Для диспетчеров УВД этот риск усугубляется монотонностью нагрузки, когда необходимость непрерывного поддержания ментальной модели воздушной обстановки на фоне утомления приводит к снижению оперативной бдительности при сохранности общего интеллекта [39].

Таким образом, профессиональное долголетие в авиации обеспечивается балансом между тренирующим эффектом деятельности, который формирует мощный когнитивный резерв,

и кумулятивным утомлением, которое временно блокирует доступ к этому резерву при нарушении режимов труда и отдыха [34, 39, 40].

Связующим звеном между сохранным интеллектом и метаболическими рисками является система регуляции, а ключевым маркером истощения резервов выступает утомление. Исследование M. Sallinen et al. доказывает, что основным драйвером снижения надежности является не сложность задач, а дефицит сна и нарушение циркадных ритмов [26]. Невозможность полноценного восстановления в условиях ротации смен приводит к накоплению «биологического долга». P. Minoretti et al. подтвердили природу этого феномена на биохимическом уровне, показав, что дефицит отдыха сдвигает гормональный баланс в сторону разрушения тканей. Таким образом запускается процесс ускоренного старения организма еще до появления первых симптомов болезни [41].

В связи с этим сон рассматривается современной наукой не как пассивный отдых, а как критически важный активный процесс. Именно в данном состоянии происходит активное выведение продуктов метаболизма из тканей мозга и восстановление когнитивного резерва, необходимого для надежной работы на следующие сутки [26, 34, 37].

Анализ медико-экспертных заключений показывает, что профессиональное долголетие авиационных специалистов в наибольшей степени ограничивается не прямым повреждающим воздействием факторов производственной среды, а постепенным истощением адаптационных резервов организма. Косвенным подтверждением этого у летного состава служит устойчиво воспроизводимый эффект здорового работника. Исследования L.C. Yong et al. и A. Linnersjö et al., а также систематический обзор и метаанализ А.Н. Котерова и Л.Н. Ушенковой демонстрируют, что показатели общей смертности у пилотов ниже популяционных значений [27, 42, 43].

На фоне низкой смертности и высокой выживаемости в профессии у авиационных специалистов выявляется другая проблема – зна-

чительная распространенность хронических состояний, приводящих к утрате допуска к работе. По данным R. Simons et al., ведущими причинами необратимой дисквалификации пилотов остаются заболевания системы кровообращения и расстройства психической сферы, причем их частота резко возрастает после 50 лет [2]. Схожая структура медицинских ограничений характерна и для диспетчеров УВД: в исследовании J.S. Kim et al. показано, что сердечно-сосудистая патология также занимает лидирующую позицию среди причин ограничения их профессиональной деятельности [44].

При этом структура временной нетрудоспособности имеет принципиально иной характер. Как показали S.H. Gunduz, S. Metin, кратковременные отстранения от работы у авиационных специалистов чаще всего связаны с острыми воспалительными заболеваниями верхних дыхательных путей и баротравмами [45]. Эти состояния, как правило, успешно поддаются лечению и не приводят к утрате профессиональной годности.

Важно подчеркнуть, что несмотря на накопление хронических факторов риска действующая система медицинского контроля по-прежнему эффективна в предотвращении острых состояний, способных привести к внезапной утрате работоспособности (инкапситации). Риск инкапситации непосредственно при выполнении профессиональных обязанностей у авиационных специалистов остается низким. Согласно данным S. Evans, S.A. Radcliffe, подобные эпизоды чаще обусловлены обратимыми функциональными нарушениями, в т. ч. со стороны желудочно-кишечного тракта, а не острыми сосудистыми катастрофами [46].

Таким образом, при сочетании низкой смертности и редких случаев инкапситации основной угрозой профессиональному долголетию авиационных специалистов становится постепенное накопление метаболических нарушений и истощение психоэмоциональных ресурсов. Систематический обзор D. Wilson et al. выявляет устойчивую тенденцию роста распространенности избыточной массы тела и дислипидемии

у пилотов [20], тогда как исследование X. Li et al. указывает на профессиональное выгорание как один из ведущих факторов риска у диспетчеров УВД [47].

В отношении специфических профессиональных заболеваний показано, что для современных условий труда значимость таких факторов, как хроническая шумовая нагрузка, существенно снизилась. Исследователями A.S. Wagstaff, P. Arva не выявлено достоверных различий в слуховой функции у пилотов современных лайнеров и диспетчеров [12]. На этом фоне одним из наиболее устойчивых специфических рисков у пилотов остается повышенный риск развития меланомы кожи, ассоциированный с нарушением циркадных ритмов и особенностями профессионального режима труда [48].

Профилактика нарушений здоровья и управление профессиональным здоровьем авиационных специалистов

Анализ этиологии выявленных рисков показывает, что большинство угроз здоровью авиационных специалистов носит модифицируемый характер [20]. Это обосновывает необходимость смены парадигмы медицинского обеспечения: от стратегии «экспертного отсева» к стратегии активного управления функциональными ресурсами организма [5].

Поскольку полностью устранить воздействие сменного графика и обесогенной среды невозможно, ключевым инструментом длительного сохранения трудоспособности указанных специалистов становится реализация концепции «здорового рабочего места» [9]. Особое значение в ней придается гигиене сна, поскольку накопление «биологического долга» и хронический дефицит восстановления напрямую связаны с истощением когнитивных резервов и ускорением биологического старения [37]. В этом контексте системы управления рисками утомления (fatigue risk management systems) следует рассматривать не как административный инструмент, а как важнейший элемент медицинской профилактики.

Не менее значимым компонентом профилактики остается физическая активность. Для

диспетчеров УВД, работающих в условиях выраженной гипокинезии, и для пилотов, подверженных транзитной гиподинамией, регулярные физические нагрузки не только выполняют общеоздоровительную функцию, но и способствуют поддержанию метаболического гомеостаза [7]. Коррекция пищевого поведения также приобретает особую роль, поскольку в условиях десинхроноза именно нутритивные факторы во многом определяют риск формирования инсулинорезистентности и метаболических нарушений, характерных для сменного труда [36].

Заключение

Анализ современной литературы свидетельствует о необходимости перехода от узкого экспертного подхода, ориентированного на выявление профессиональных заболеваний, к оценке и сохранению функциональных резервов авиационных специалистов, определяющих надежность их профессиональной деятельности [5, 8, 19].

Современный профиль профессиональных рисков в авиации характеризуется смещением акцента от физических факторов среды к организационным и психофизиологическим детерминантам. Сменный режим труда, хронический десинхроноз, обесогенная среда и кумулятивное утомление оказывают решающее влияние на профессиональное долголетие авиационных специалистов [16, 26, 35].

Несмотря на различия в характере деятельности, пилоты и диспетчеры УВД образуют единый контур профессионального риска, в основе которого лежит истощение адаптационных резервов, реализующееся преимущественно через сердечно-сосудистые и метаболические нарушения в старших возрастных группах [2, 20, 44]. При этом высокая когнитивная сложность труда при условии адекватного восстановления может выполнять нейропротективную функцию, способствуя сохранению когнитивных ресурсов [33, 34].

Сочетание низкой смертности и высокой частоты случаев медицинской дисквалификации авиационных специалистов подчеркивает необходимость перехода от стратегии экспертного отбора к проактивному управлению

профессиональным здоровьем. Контроль модифицируемых факторов риска и мониторинг доклинических признаков истощения функциональных резервов рассматриваются как ключевые условия профессионального долголетия данной категории работников.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Зибарев Е.В., Кравченко О.К., Климов А.А., Ивашов С.Н. Оптимизация режимов труда и отдыха членов летных экипажей с целью повышения безопасности полетов в гражданской авиации // Медицина труда и пром. экология. 2022. Т. 62, № 3. С. 193–200. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-193-200>
2. Simons R., Maire R., Van Drongelen A., Valk P. Grounding of Pilots: Medical Reasons and Recommendations for Prevention // *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2021. Vol. 92, № 12. P. 950–955. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5985.2021>
3. Wang L., Gao S., Hong R., Jiang Y. Effects of Age and Flight Exposure on Flight Safety Performance: Evidence from a Large Cross-Sectional Pilot Sample // *Safety Sci.* 2023. Vol. 165, № 9. Art. № 106199. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106199>
4. Minoretti P., Emanuele E. Health in the Skies: A Narrative Review of the Issues Faced by Commercial Airline Pilots // *Cureus.* 2023. Vol. 15, № 4. Art. № e38000. <https://doi.org/10.7759/cureus.38000>
5. Matthews M.J., Stretanski M.F. Pilot Medical Certification. Treasure Island, 2026. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567745/> (дата обращения: 11.02.2026).
6. Праскурничий Е.А., Куличенко В.П., Полубенцева Е.И., Иванов И.В. Безопасность полетов – новые понятийные и концептуальные авиамедицинские аспекты // *Авиакосм. и экол. медицина.* 2021. Т. 55, № 5. С. 31–39. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-5-31-39>
7. Sonati J., De Martino M., Vilarta R., Maciel É., Moreira E., Sanchez F., De Martino G., Sonati R. Quality of Life, Health, and Sleep of Air Traffic Controllers with Different Shift Systems // *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2015. Vol. 86, № 10. P. 895–900. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4325.2015>
8. Rosenstock L., Cullen M., Fingerhut M. Chapter 60. Occupational Health // *Disease Control Priorities in Developing Countries* / ed. by D.T. Jamison et al. 2nd ed. Washington, 2006. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11750/> (дата обращения: 11.02.2026).
9. Kirsten W. The Evolution from Occupational Health to Healthy Workplaces // *Am. J. Lifestyle Med.* 2022. Vol. 18, № 1. P. 64–74. <https://doi.org/10.1177/15598276221113509>
10. Панкова В.Б., Вильк М.Ф., Зибарев Е.В., Федина И.Н. К вопросу учета новых факторов в патогенезе профессиональной потери слуха (на примере работников транспорта) // Медицина труда и пром. экология. 2022. Т. 62, № 8. С. 488–500. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-488-500>
11. Богданова В.Е., Сериков В.В., Закревская А.А., Дмитриева Е.В. Организационная культура авиакомпаний как фактор рисков для профессионального здоровья пилотов и безопасности полетов в современной российской гражданской авиации // Медицина труда и пром. экология. 2021. Т. 61, № 10. С. 667–673. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-10-667-673>
12. Wagstaff A.S., Arva P. Hearing Loss in Civilian Airline and Helicopter Pilots Compared to Air Traffic Control Personnel // *Aviat. Space Environ. Med.* 2009. Vol. 80, № 10. P. 857–861. <https://doi.org/10.3357/ASEM.1991.2009>
13. Choi J.H., Jung H.S., Choi E.H. Association of Control Service Types with Aviation Medical Examination Results and Sick Leave in Air Traffic Controllers in Korea // *Healthcare (Basel).* 2025. Vol. 13, № 2. Art. № 132. <https://doi.org/10.3390/healthcare13020132>
14. Piňosová M., Andrejiova M., Badida M., Moravec M. Occupational Disease as the Bane of Workers' Lives: A Chronological Review of the Literature and Study of Its Development in Slovakia. Part 1 // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021. Vol. 18, № 11. Art. № 5910. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115910>
15. Franco G. Bernardino Ramazzini's *De Morbis Artificum Diatriba* on Workers' Health – the Birth of a New Discipline // *J. UOEH.* 2021. Vol. 43, № 3. P. 341–348. <https://doi.org/10.7888/juoeh.43.341>

16. *Omran F.* The Prevalence of Occupational Health Problems In-Flight Crews (Pilots and Flight Attendants): A Systematic Review and Meta-Analysis. Cape Town, 2023. URL: <http://hdl.handle.net/11427/39816> (дата обращения: 11.02.2026).
17. *Shin I., Oh J.B., Yi H.K.* Workers' Compensation Insurance and Occupational Injuries // *Saf. Health Work.* 2011. Vol. 2, № 2. P. 148–157. <https://doi.org/10.5491/SHAW.2011.2.2.148>
18. *Pega F., Hamzaoui H., Náfrádi B., Momen N.C.* Global, Regional and National Burden of Disease Attributable to 19 Selected Occupational Risk Factors for 183 Countries, 2000–2016: A Systematic Analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-Related Burden of Disease and Injury // *Scand. J. Work Environ. Health.* 2022. Vol. 48, № 2. P. 158–168. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4001>
19. *Stern Y., Albert M., Barnes C.A., Cabeza R., Pascual-Leone A., Rapp P.R.* A Framework for Concepts of Reserve and Resilience in Aging // *Neurobiol. Aging.* 2023. Vol. 124. P. 100–103. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2022.10.015>
20. *Wilson D., Driller M., Johnston B., Gill N.* The Prevalence of Cardiometabolic Health Risk Factors among Airline Pilots: A Systematic Review // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022. Vol. 19, № 8. Art. № 4848. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084848>
21. *Li G., Baker S.P., Grabowski J.G., Qiang Y., McCarthy M.L., Rebok G.W.* Age, Flight Experience, and Risk of Crash Involvement in a Cohort of Professional Pilots // *Am. J. Epidemiol.* 2003. Vol. 157, № 10. P. 874–880. <https://doi.org/10.1093/aje/kwg071>
22. *Huster K.M., Müller A., Prohn M.J., Nowak D., Herbig B.* Medical Risks in Older Pilots: A Systematic Review on Incapacitation and Age // *Int. Arch. Occup. Environ. Health.* 2014. Vol. 87, № 6. P. 567–578. <https://doi.org/10.1007/s00420-013-0901-x>
23. *Wilkening R.* The Age 60 Rule: Age Discrimination in Commercial Aviation // *Aviat. Space Environ. Med.* 2002. Vol. 73, № 3. P. 194–202.
24. *Simons R., van Drongelen A., Roelen A., Maire R., Brouwer O., van Dijk H., Valk P.* Age Limitations Commercial Air Transport Pilots: Final Report EASA_REP_RESEA_2017_1 / European Union Aviation Safety Agency. URL: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA_REP_RESEA_2017_1.pdf (дата обращения: 11.02.2026).
25. *Трубецков А.Д., Каменева А.Д.* Использование индекса трудоспособности (Work Ability Index) в медицине труда (обзор литературы) // *Гигиена и санитария.* 2022. Т. 101, № 6. С. 645–648. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-645-648>
26. *Sallinen M., Onninen J., Ketola K., Puttonen S., Tuori A., Virkkala J., Åkerstedt T.* Self-Reported Reasons for On-Duty Sleepiness among Commercial Airline Pilots // *Chronobiol. Int.* 2021. Vol. 38, № 9. P. 1308–1318. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1927071>
27. *Котеров А.Н., Ушенкова Л.Н.* «Эффект здорового работника» у пилотов и радиация: систематический обзор и мета-анализ. Сравнение с показателями для работников ядерной индустрии // *Радиационная биология. Радиоэкология.* 2025. Т. 65, № 2. С. 131–155. <https://doi.org/10.31857/S0869803125020027>
28. *AlMuammar S., Alkhalidi R., Aldeali R., Allbdi D., Ismail N., Alasmari B., Alsharif R., Alkhalidi A., Alasmari M.* In the Captain's Chair: A Cross-Sectional Study on Back Pain among Commercial Airline Pilots in Saudi Arabia // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2025. Vol. 26, № 1. Art. № 143. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08405-5>
29. *Зибарев Е.В., Бухтияров И.В., Кравченко О.К., Астанин П.А.* Разработка новой концепции оценки напряженности труда пилотов гражданской авиации // *Анализ риска здоровью.* 2022. № 2. С. 73–87. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.07>
30. *Hilburn B.* Cognitive Complexity in Air Traffic Control: A Literature Review. Brétigny-sur-Orge, 2004. 56 p.
31. *Terenzi M., Ricciardi O., Di Nocera F.* Rostering in Air Traffic Control: A Narrative Review // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2022. Vol. 19, № 8. Art. № 4625. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084625>
32. *Masi G., Amprimo G., Ferraris C., Priano L.* Stress and Workload Assessment in Aviation – a Narrative Review // *Sensors (Basel).* 2023. Vol. 23, № 7. Art. № 3556. <https://doi.org/10.3390/s23073556>
33. *Causse M., Mouratille D., Rouillard Y., El Yagoubi R., Matton N., Hidalgo-Muñoz A.* How a Pilot's Brain Copes with Stress and Mental Load? Insights from the Executive Control Network // *Behav. Brain Res.* 2024. Vol. 456. Art. № 114698. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2023.114698>
34. *Minoretti P., Fortuna G., Lavdas K., D'Acquino D.* Functional and Blood-Based Biomarkers of Brain Aging in Senior Airline Pilots Approaching Mandatory Retirement: A Case-Control Comparison with Age-Matched Office Workers // *Cureus.* 2025. Vol. 17, № 8. Art. № e90822. <https://doi.org/10.7759/cureus.90822>

35. Wilson D., Driller M., Johnston B., Gill N. Healthy Nutrition, Physical Activity, and Sleep Hygiene to Promote Cardiometabolic Health of Airline Pilots: A Narrative Review // *J. Lifestyle Med.* 2023. Vol. 13, № 1. P. 1–15. <https://doi.org/10.15280/jlm.2023.13.1.1>
36. Gupta C.C., Coates A.M., Dorrian J., Banks S. The Factors Influencing the Eating Behaviour of Shiftworkers: What, When, Where and Why // *Ind. Health.* 2019. Vol. 57, № 4. P. 419–453. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0147>
37. Minoretti P., Santiago Sáez A., García Martín Á., Liaño Riera M., Gómez Serrano M., Emanuele E. Prevalence of Hepatic Steatosis and Fibrosis in Apparently Healthy Airline Pilots: A Transient Elastography Study // *Hepatol. Forum.* 2024. Vol. 5, № 1. P. 7–10. <https://doi.org/10.14744/hf.2023.2023.0050>
38. Nunes A., Kramer A.F. Experience-Based Mitigation of Age-Related Performance Declines: Evidence from Air Traffic Control // *J. Exp. Psychol. Appl.* 2009. Vol. 15, № 1. P. 12–24. <https://doi.org/10.1037/a0014947>
39. Li W.C., Kearney P., Zhang J., Hsu Y.L., Braithwaite G. The Analysis of Occurrences Associated with Air Traffic Volume and Air Traffic Controllers' Alertness for Fatigue Risk Management // *Risk Analysis.* 2021. Vol. 41, № 6. P. 1004–1018. <https://doi.org/10.1111/risa.13594>
40. Inoue S., Furuta K., Nakata K., Kanno T., Aoyama H., Brown M. Cognitive Process Modelling of Controllers in En Route Air Traffic Control // *Ergonomics.* 2012. Vol. 55, № 4. P. 450–464. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.647093>
41. Minoretti P., Santiago Sáez A., García Martín Á., Liaño Riera M., Gómez Serrano M. Carotid Intima-Media Thickness, Overweight, and Poor Sleep Quality in Commercial Airline Pilots: A Cross-Sectional Study // *Cureus.* 2024. Vol. 16, № 7. Art. № e63552. <https://doi.org/10.7759/cureus.63552>
42. Yong L.C., Pinkerton L.E., Yiin J.H., Anderson J.L., Deddens J.A. Mortality among a Cohort of U.S. Commercial Airline Cockpit Crew // *Am. J. Ind. Med.* 2014. Vol. 57, № 8. P. 906–914. <https://doi.org/10.1002/ajim.22318>
43. Linnarsjö A., Brodin L.Å., Andersson C., Alfredsson L., Hammar N. Low Mortality and Myocardial Infarction Incidence among Flying Personnel During Working Career and Beyond // *Scand. J. Work Environ. Health.* 2011. Vol. 37, № 3. P. 219–226. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3134>
44. Kim J.S., Han B.S., Kwon Y.H., Lim J.U. A 5-Year Analysis of Aviation Medical Examinations in South Korea // *Aerosp. Med. Hum. Perform.* 2022. Vol. 93, № 6. P. 499–506. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5973.2022>
45. Gunduz S.H., Metin S. Medical Reasons for Permanent and Temporary Disqualification of Turkish Civil Aviation Pilots // *Arch. Environ. Occup. Health.* 2024. Vol. 79, № 3–4. P. 113–120. <https://doi.org/10.1080/19338244.2024.2359416>
46. Evans S., Radcliffe S.A. The Annual Incapacitation Rate of Commercial Pilots // *Aviat. Space Environ. Med.* 2012. Vol. 83, № 1. P. 42–49. <https://doi.org/10.3357/ASEM.3134.2012>
47. Li X., Huang Z., Peng X., Zhang J., Liu Y., Luo Y., Guo L. Job Satisfaction, Burnout, and Safety Behavior in Air Traffic Controllers: A Mediation Analysis and Decision Tree Insights // *Front. Public Health.* 2025. Vol. 13. Art. № 1626328. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1626328>
48. Sanlorenzo M., Wehner M.R., Linos E., Kornak J., Kainz W., Posch C., Vujic I., Johnston K., Gho D., Monico G. et al. The Risk of Melanoma in Airline Pilots and Cabin Crew: A Meta-Analysis // *JAMA Dermatol.* 2015. Vol. 151, № 1. P. 51–58. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2014.1077>

References

1. Zibarev E.V., Kravchenko O.K., Klimov A.A., Ivashov S.N. Optimization of Work and Rest Modes of Flight Crew Members in Order to Improve Flight Safety in Civil Aviation. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2022, vol. 62, no. 3, pp. 193–200 (in Russ.). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-3-193-200>
2. Simons R., Maire R., Van Drongelen A., Valk P. Grounding of Pilots: Medical Reasons and Recommendations for Prevention. *Aerosp. Med. Hum. Perform.*, 2021, vol. 92, no. 12, pp. 950–955. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5985.2021>
3. Wang L., Gao S., Hong R., Jiang Y. Effects of Age and Flight Exposure on Flight Safety Performance: Evidence from a Large Cross-Sectional Pilot Sample. *Safety Sci.*, 2023, vol. 165. Art. no. 106199. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106199>
4. Minoretti P., Emanuele E. Health in the Skies: A Narrative Review of the Issues Faced by Commercial Airline Pilots. *Cureus*, 2023, vol. 15, no. 4. Art. no. e38000. <https://doi.org/10.7759/cureus.38000>

5. Matthews M.J., Stretanski M.F. *Pilot Medical Certification*. Treasure Island (FL), 2026. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567745/> (accessed: 11 February 2026).
6. Praskurnichiy E.A., Kulichenko V.P., Polubentseva E.I., Ivanov I.V. Flight Safety – New Conceptual Aeromedical Aspects. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*, 2021, vol. 55, no. 5, pp. 31–39 (in Russ.). <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-5-31-39>
7. Sonati J., De Martino M., Vilarta R., Maciel É., Moreira E., Sanchez F., De Martino G., Sonati R. Quality of Life, Health, and Sleep of Air Traffic Controllers with Different Shift Systems. *Aerosp. Med. Hum. Perform.*, 2015, vol. 86, no. 10, pp. 895–900. <https://doi.org/10.3357/AMHP.4325.2015>
8. Rosenstock L., Cullen M., Fingerhut M. Chapter 60. Occupational Health. Jamison D.T. et al. (eds.). *Disease Control Priorities in Developing Countries*. 2nd ed. Washington (DC), 2006. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11750/> (accessed: 11 February 2026).
9. Kirsten W. The Evolution from Occupational Health to Healthy Workplaces. *Am. J. Lifestyle Med.*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 64–74. <https://doi.org/10.1177/15598276221113509>
10. Pankova V.B., Vilk M.F., Zibarev E.V., Fedina I.N. On the Issue of Taking into Account New Factors in the Pathogenesis of Occupational Hearing Loss (on the Example of Transport Workers). *Russ. J. Occup. Health Ind. Ecol.*, 2022, vol. 62, no. 8, pp. 488–500. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-488-500>
11. Bogdanova V.E., Serikov V.V., Zakrevskaya A.A., Dmitrieva E.V. Airline Organizational Culture as a Risk Factor for Pilots' Professional Health and Flight Safety in Modern Russian Civil Aviation. *Russ. J. Occup. Health Ind. Ecol.*, 2021, vol. 61, no. 10, pp. 667–673 (in Russ.). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-10-667-673>
12. Wagstaff A.S., Arva P. Hearing Loss in Civilian Airline and Helicopter Pilots Compared to Air Traffic Control Personnel. *Aviat. Space Environ. Med.*, 2009, vol. 80, no. 10, pp. 857–861. <https://doi.org/10.3357/asem.1991.2009>
13. Choi J.H., Jung H.S., Choi E.H. Association of Control Service Types with Aviation Medical Examination Results and Sick Leave in Air Traffic Controllers in Korea. *Healthcare (Basel)*, 2025, vol. 13, no. 2. Art. no. 132. <https://doi.org/10.3390/healthcare13020132>
14. Piňosová M., Andrejiova M., Badida M., Moravec M. Occupational Disease as the Bane of Workers' Lives: A Chronological Review of the Literature and Study of Its Development in Slovakia. Part 1. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2021, vol. 18, no. 11. Art. no. 5910. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115910>
15. Franco G. Bernardino Ramazzini's De Morbis Artificum Diatriba on Workers' Health – the Birth of a New Discipline. *J. UOEH*, 2021, vol. 43, no. 3, pp. 341–348. <https://doi.org/10.7888/juoeh.43.341>
16. Omran F. *The Prevalence of Occupational Health Problems In-Flight Crews (Pilots and Flight Attendants): A Systematic Review and Meta-Analysis*. Cape Town, 2023. Available at: <http://hdl.handle.net/11427/39816> (accessed: 11 February 2026).
17. Shin I., Oh J.B., Yi H.K. Workers' Compensation Insurance and Occupational Injuries. *Saf. Health Work*, 2011, vol. 2, no. 2, pp. 148–157. <https://doi.org/10.5491/SHAW.2011.2.2.148>
18. Pega F., Hamzaoui H., Náfrádi B., Momen N.C. Global, Regional and National Burden of Disease Attributable to Selected Occupational Risk Factors. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2022, vol. 48, no. 2, pp. 158–168. <https://doi.org/10.5271/sjweh.4001>
19. Stern Y., Albert M., Barnes C.A., Cabeza R., Pascual-Leone A., Rapp P.R. A Framework for Concepts of Reserve and Resilience in Aging. *Neurobiol. Aging*, 2023, vol. 124, pp. 100–103. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2022.10.015>
20. Wilson D., Driller M., Johnston B., Gill N. The Prevalence of Cardiometabolic Health Risk Factors among Airline Pilots: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 8. Art. no. 4848. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084848>
21. Li G., Baker S.P., Grabowski J.G., Qiang Y., McCarthy M.L., Rebok G.W. Age, Flight Experience, and Risk of Crash Involvement in a Cohort of Professional Pilots. *Am. J. Epidemiol.*, 2003, vol. 157, no. 10, pp. 874–880. <https://doi.org/10.1093/aje/kwg071>
22. Huster K.M., Müller A., Prohn M.J., Nowak D., Herbig B. Medical Risks in Older Pilots: A Systematic Review on Incapacitation and Age. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 2014, vol. 87, no. 6, pp. 567–578. <https://doi.org/10.1007/s00420-013-0901-x>
23. Wilkening R. The Age 60 Rule: Age Discrimination in Commercial Aviation. *Aviat. Space Environ. Med.*, 2002, vol. 73, no. 3, pp. 194–202.

24. Simons R., van Drongelen A., Roelen A., Maire R., Brouwer O., van Dijk H., Valk P. *Age Limitations Commercial Air Transport Pilots: Final Report EASA_REP_RESEA_2017_1*. Available at: https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA_REP_RESEA_2017_1.pdf (accessed: 11 February 2026).
25. Trubetskov A.D., Kameneva A.D. The Use of the Work Ability Index in Occupational Health (Literature Review). *Hyg. Sanit.*, 2022, vol. 101, no. 6, pp. 645–648 (in Russ.). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-6-645-648>
26. Sallinen M., Onninen J., Ketola K., Puttonen S., Tuori A., Virkkala J., Åkerstedt T. Self-Reported Reasons for On-Duty Sleepiness among Commercial Airline Pilots. *Chronobiol. Int.*, 2021, vol. 38, no. 9, pp. 1308–1318. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1927071>
27. Koterov A.N., Ushenkova L.N. The “Healthy Worker Effect” in Pilots and Radiation: A Systematic Review and Meta-Analysis. Comparison with Indicators for Nuclear Industry Workers. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2025, vol. 65, no. 2, pp. 131–155 (in Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0869803125020027>
28. AlMuammar S., Alkhalidi R., Aldeali R., Allbdi D., Ismail N., Alasmari B., Alsharif R., Alkhalidi A., Alasmari M. In the Captain’s Chair: A Cross-Sectional Study on Back Pain among Commercial Airline Pilots in Saudi Arabia. *BMC Musculoskelet. Disord.*, 2025, vol. 26, no. 1. Art. no. 143. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08405-5>
29. Zibarev E.V., Bukhtiyarov I.V., Kravchenko O.K., Astanin P.A. Development of a New Concept for Assessing Work Intensity of Civil Aviation Pilots. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 2, pp. 73–87 (in Russ.). <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.2.07>
30. Hilburn B. *Cognitive Complexity in Air Traffic Control: A Literature Review*. Brétigny-sur-Orge, 2004. 69 p.
31. Terenzi M., Ricciardi O., Di Nocera F. Rostering in Air Traffic Control: A Narrative Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 8. Art. no. 4625. <https://doi.org/10.3390/ijerph19084625>
32. Masi G., Amprimo G., Ferraris C., Priano L. Stress and Workload Assessment in Aviation: A Narrative Review. *Sensors (Basel)*, 2023, vol. 23, no. 7. Art. no. 3556. <https://doi.org/10.3390/s23073556>
33. Causse M., Mouratille D., Rouillard Y., El Yagoubi R., Matton N., Hidalgo-Muñoz A. How a Pilot’s Brain Copes with Stress and Mental Load? Insights from the Executive Control Network. *Behav. Brain Res.*, 2024, vol. 456. Art. no. 114698. <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2023.114698>
34. Minoretti P., Fortuna G., Lavdas K., D’Acquino D. Functional and Blood-Based Biomarkers of Brain Aging in Senior Airline Pilots Approaching Mandatory Retirement: A Case-Control Comparison with Age-Matched Office Workers. *Cureus*, 2025, vol. 17, no. 8. Art. no. e90822. <https://doi.org/10.7759/cureus.90822>
35. Wilson D., Driller M., Johnston B., Gill N. Healthy Nutrition, Physical Activity, and Sleep Hygiene to Promote Cardiometabolic Health of Airline Pilots: A Narrative Review. *J. Lifestyle Med.*, 2023, vol. 13, no. 1, pp. 1–15. <https://doi.org/10.15280/jlm.2023.13.1.1>
36. Gupta C.C., Coates A.M., Dorrian J., Banks S. The Factors Influencing the Eating Behaviour of Shiftworkers: What, When, Where and Why. *Ind. Health*, 2019, vol. 57, no. 4, pp. 419–453. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2018-0147>
37. Minoretti P., Santiago Sáez A., García Martín A., Liaño Riera M., Gómez Serrano M., Emanuele E. Prevalence of Hepatic Steatosis and Fibrosis in Apparently Healthy Airline Pilots: A Transient Elastography Study. *Hepatol. Forum*, 2024, vol. 5, no. 1, pp. 7–10. <https://doi.org/10.14744/hf.2023.2023.0050>
38. Nunes A., Kramer A. F. Experience-Based Mitigation of Age-Related Performance Declines: Evidence from Air Traffic Control. *J. Exp. Psychol. Appl.*, 2009, vol. 15, no. 1, pp. 12–24. <https://doi.org/10.1037/a0014947>
39. Li W.C., Kearney P., Zhang J., Hsu Y.L., Braithwaite G.R. The Analysis of Occurrences Associated with Air Traffic Volume and Air Traffic Controllers’ Alertness for Fatigue Risk Management. *Risk Analysis*, 2021, vol. 41, no. 6, pp. 1004–1018. <https://doi.org/10.1111/risa.13594>
40. Inoue S., Furuta K., Nakata K., Kanno T., Aoyama H., Brown M. Cognitive Process Modelling of Controllers in En Route Air Traffic Control. *Ergonomics*, 2012, vol. 55, no. 4, pp. 450–464. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.647093>
41. Minoretti P., Santiago Sáez A., García Martín A., Liaño Riera M., Gómez Serrano M. Carotid Intima-Media Thickness, Overweight, and Poor Sleep Quality in Commercial Airline Pilots. *Cureus*, 2024, vol. 16, no. 7. Art. no. e63552. <https://doi.org/10.7759/cureus.63552>
42. Yong L.C., Pinkerton L.E., Yiin J.H., Anderson J.L., Deddens J.A. Mortality among a Cohort of U.S. Commercial Airline Cockpit Crew. *Am. J. Ind. Med.*, 2014, vol. 57, no. 8, pp. 906–914. <https://doi.org/10.1002/ajim.22318>
43. Linnarsjö A., Brodin L.Å., Andersson C., Alfredsson L., Hammar N. Low Mortality and Myocardial Infarction Incidence among Flying Personnel during Working Career and beyond. *Scand. J. Work Environ. Health*, 2011, vol. 37, no. 3, pp. 219–226. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3134>

44. Kim J.S., Han B.S., Kwon Y.H., Lim J. A 5-Year Analysis of Aviation Medical Examinations in South Korea. *Aerosp. Med. Hum. Perform.*, 2022, vol. 93, no. 6, pp. 499–506. <https://doi.org/10.3357/AMHP.5973.2022>
45. Gunduz S.H., Metin S. Medical Reasons for Permanent and Temporary Disqualification of Turkish Civil Aviation Pilots. *Arch. Environ. Occup. Health*, 2024, vol. 79, no. 3–4, pp. 113–120. <https://doi.org/10.1080/19338244.2024.2359416>
46. Evans S., Radcliffe S.A. The Annual Incapacitation Rate of Commercial Pilots. *Aviat. Space Environ. Med.*, 2012, vol. 83, no. 1, pp. 42–49. <https://doi.org/10.3357/ase.3134.2012>
47. Li X., Huang Z., Peng X., Zhang J., Liu Y., Luo Y., Guo L. Job Satisfaction, Burnout, and Safety Behavior in Air Traffic Controllers. *Front. Public Health*, 2025, vol. 13. Art. no. 1626328. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1626328>
48. Sanlorenzo M., Wehner M.R., Linos E., Kornak J., Kainz W., Posch C., Vujic I., Johnston K., Gho D., Monico G. et al. The Risk of Melanoma in Airline Pilots and Cabin Crew: A Meta-Analysis. *JAMA Dermatol.*, 2015, vol. 151, no. 1, pp. 51–58. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2014.1077>

Поступила в редакцию 13.02.2026 / Одобрена после рецензирования 14.04.2026 / Принята к публикации 17.04.2026.
Submitted 13 February 2026 / Approved after reviewing 14 April 2026 / Accepted for publication 17 April 2026.