

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕДИЦИНЫ ТРУДА ИМЕНИ АКАДЕМИКА Н.Ф. ИЗМЕРОВА»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

ЗИБАРЕВ Евгений Владимирович

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ
ТРУДА У ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

3.2.4. Медицина труда

диссертация на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Научные консультанты:

заслуженный деятель науки, доктор медицинских

наук, профессор, академик РАН

Бухтияров Игорь Валентинович

доктор медицинских наук, профессор

Кузьмин Сергей Владимирович

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	4
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНОГО ТРУДА И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА У ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР).....	20
1.1. Условия труда пилотов гражданской авиации.....	20
1.2. Роль оценки напряженности труда в обеспечении безопасности полетов.....	29
1.3 Анализ факторов риска развития утомления у пилотов	34
1.4. Состояние здоровья и профессиональная заболеваемость пилотов	50
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	61
ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ ТРУДА ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ..	80
3.1. Гигиеническая характеристика производственных факторов на рабочих местах пилотов и особенности их нормирования.....	80
3.2. Анализ условий труда пилотов по данным санитарно-гигиенических характеристик	117
3.3. Анализ исследований напряженности труда пилотов по результатам анкетирования.....	124
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ПРИЧИН АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	134
ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ ПИЛОТОВ.....	173
5.1. Анализ хронической заболеваемости	173
5.2. Анализ причин профессиональной непригодности.....	184
5.3. Анализ профессиональной заболеваемости	187
5.4. Анализ показателей смертности	193
ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТОВ ВС ГА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТОВ НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ.....	201

ГЛАВА 7. КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА У ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	222
7.1. Критерии оценки напряженности труда по данным расследования авиационных происшествий и анкетного опроса	222
7.2. Критерии оценки напряженности труда на основе анализа руководств по летной эксплуатации.....	231
7.3. Критерии оценки напряженности труда по показателям информационных нагрузок	237
7.4. Критерии оценки напряженности труда по результатам физиологических исследований и данным окулографии	242
7.5. Новая концепция оценки напряженности труда пилотов.....	247
ГЛАВА 8. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ УТОМЛЕНИЯ ПИЛОТОВ.....	254
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	278
ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	291
ВЫВОДЫ	295
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	299
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	299
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	301

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

2П - второй пилот

АГ (1) - артериальная гипертензия

АГ (2) - авиагарнитура

АДс - систолическое артериальное давление

АДд - диастолическое артериальное давление

АК - авиационная катастрофа

АН - акустическая нагрузка

АП - авиационное происшествие

АПК НС - автоматизированный программный комплекс «Нервная система»

АПКУ - автоматизированная программа контроля утомления

АПФД - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия

БД - база данных

БММ - биоматематические модели

ВАК - Высшая аттестационная комиссия

ВВПК - время восприятия цветового последовательного контраста

ВЛЭК - врачебно-летная экспертная комиссия

ВОЗ - Всемирная организация здравоохранения

ВС - воздушное судно

ВСР - вариабельность сердечного ритма

ГА - гражданская авиация

ГБ - гипертоническая болезнь

дБ - децибел – *здесь* единица измерения шума и вибрации

дБА - единица измерения шума

ДИ - доверительный интервал

ДО - дополнительный отпуск

ДОРС — дифференцированная оценка состояния работоспособности

ЗОЖ - здоровый образ жизни

ИБС - ишемическая болезнь сердца

ИКАО - Международная организация гражданской авиации (ICAO – International Civil Aviation Organization)

КВС - командир воздушного судна

МАК - Межгосударственный авиационный комитет

Минздравсоцразвития России - Министерство здравоохранения и социального развития Российской Федерации

Минтруд России - Министерство труда и социального развития Российской Федерации

Минобрнауки России - Министерство образования и науки Российской Федерации

Минтранс России - Министерство транспорта Российской Федерации

МУК - методические указания

НМД - нормативно-методический документ

НТД - нормативно-технический документ

ОПР - оценка профессионального риска

ПБ - правила безопасности

ПДК - предельно допустимая концентрация

ПДК м.р. - максимально разовая предельно допустимая концентрация

ПДК с.с. - среднесменная предельно допустимая концентрация

ПДУ - предельно допустимый уровень

ПЗ - профессиональное заболевание

ПЗМР - простая зрительно-моторная реакция

ПК - производственный контроль

ПМО - периодический медицинский осмотр

ПНСТ - профессиональная сенсоневральная тугоухость

РЛЭ - Руководство по летной эксплуатации

РТО - режимы труда и отдыха

САН - опросник «Самочувствие, активность, настроение»

СГХ - санитарно-гигиеническая характеристика

СЗМР - сложная зрительно-моторная реакция

СМАД - суточное мониторирование артериального давления

СОР - стандартизованный относительный риск (англ. standardized incidence ratio - SIR)

СОП - стандартная операционная процедура

СОУТ - специальная оценка условий труда

ССЗ - сердечно-сосудистые заболевания

ССС - сердечно-сосудистая система

СУРУ - см. FRMS

ТК РФ - Трудовой кодекс Российской Федерации

УВД - управление воздушным движением

УЗ - уровень звука

УЗД - уровень звукового давления

УПР - управление профессиональным риском

УФИ - ультрафиолетовое излучение

ФАП МО ГА - Федеральные авиационные правила "Медицинское освидетельствование...»

ФЗ - Федеральный закон

ФР (1) - функциональные резервы организма

ФР (2) - факторы риска

ЦНС - центральная нервная система

ЧСС - частота сердечных сокращений

ЭМП и ЭМИ - электромагнитные поля и электромагнитные излучения

ЭЭГ - электроэнцефалограмма

FRMS - Fatigue risk management system - система управления рисками, связанными с утомляемостью (СУРУ)

RR - Relative risk (относительный риск)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Физиологические основы оценки напряженности труда были заложены более 40 лет назад [100, 104, 112], которые в итоге формализовались в Р 2.2.013-94, Р 2.2.755-99, Р 2.2.2006-05 [232, 233, 235] в виде 23 показателей. Однако, после реформы «регуляторной гильотины» статус гигиенических нормативов получили только 4 показателя - монотонность и 3 показателя сенсорных нагрузок, что привело к недооценке и снижению степени вредности труда для многих видов работ [36].

К числу наиболее напряженных видов трудовой деятельности относится труд пилотов современных воздушных судов гражданской авиации (ВС ГА), который определяется высокими сенсорными, интеллектуальными, эмоциональными нагрузками и особыми режимами труда: нерегулярная сменность и длительная продолжительность полетной смены, достигающей 10 часов и более; ночная работа; пересечение нескольких часовых поясов, которые приводят к утомлению, переутомлению и развитию десинхроноза [27, 146, 203], а в особых ситуациях – к возникновению в полете пространственной дезориентации или обману чувств [36, 94, 105].

Воздействие факторов производственной среды и трудового процесса на пилотов являются причиной истощения функциональных резервов организма, что приводит к снижению работоспособности, профессиональной надежности летного состава, увеличению количества ошибок деятельности и снижает безопасность полетов [27, 33, 146, 151, 168, 202, 276].

Оценке значимости человеческого фактора в авиационных происшествиях (АП) посвящено значительное число публикаций [118, 137, 142, 163, 205, 289, 341, 356, 391, 426]. Однако, основная роль в авиационных происшествиях в этих работах отводится нарушениям правил безопасности полетов, недостаткам подготовки пилотов, недисциплинированности, отсутствию взаимодействия в экипаже, недостаточности сна [14, 119, 120].

Отсутствуют данные, связывающие риски авиационных происшествиях с утомлением пилотов, обусловленным напряженностью труда, его количественными характеристиками, специфическими показателями летной нагрузки.

Кроме этого, длительное воздействие вредных факторов является одной из главных причин ухудшения здоровья летного состава, вследствие увеличения числа и тяжести течения хронических заболеваний, и как следствие – дисквалификация пилотов. Так, если распространённость хронической патологии среди населения к 50-ти годам увеличивается почти в 5 раз, по сравнению с возрастной группой 20-29 лет, то среди летного состава – это увеличение достигает почти 37 раз [80]. Влияние фактора напряженности труда на общее состояние здоровья является значимым для данной профессиональной группы работников.

Несмотря на важность осуществления контроля напряженности труда, в настоящее время проведение гигиенических исследований во время полета, недоступно. Это привело к тому, что фактическая количественная характеристика показателей напряженности труда пилотов современных воздушных судов, отсутствует. К числу причин, обуславливающих отсутствие таких данных, следует отнести и тот факт, что подходы к проведению измерений и оценки напряженности труда, изложенные в основных документах [155, 170, 235], имеют ряд ограничений при использовании их для данной категории работников, поскольку хронометражные исследования в условиях реального полета практически неприменимы, а объективные методы измерения и учета сенсорных нагрузок пилотов, отсутствуют.

Известно, что напряженность труда, особенно при выполнении интенсивных умственных работ, существенно повышается при воздействии прочих производственных факторов (шума, вибрации, неблагоприятного микроклимата, недостаточной освещенности, физической тяжести), ускоряющих развитие утомления [12, 26, 261, 287, 423]. Однако в работах, посвященных условиям труда пилотов [9, 46, 56]), оценке этих взаимосвязей и

сочетанному воздействию факторов уделено недостаточно внимания. В документе «Санитарно-гигиеническая характеристика вредности, опасности, напряженности, тяжести труда членов экипажей ВС ГА России» (Измеров Н.Ф. с соавт., 1997) представлена комплексная оценка условий труда пилотов с учетом эксплуатируемых ВС конца 90-х годов XX века. Значительная часть характеристик факторов изменилась и нуждается в пересмотре, в первую очередь, шумовые параметры ВС и показатели напряженности труда членов летных экипажей.

Таким образом, отсутствие достаточных данных об изменившихся условиях труда пилотов современных ВС и критериев для оценки напряженности труда, тенденции к ухудшению показателей состояния здоровья пилотов, высокие уровни аварийности в ГА, связанные с человеческим фактором, обуславливают актуальность проведения исследования.

Степень разработанности проблемы исследования.

Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации выявил значимость человеческого фактора в возникновении авиационных происшествий, связанного с напряженностью труда, стрессом и утомлением пилотов [32, 76, 422]. Одновременно, несовершенство нормативно-правовой базы, в которой отсутствуют показатели и нормативные требования к проведению оценки НТ пилотов, невозможность выполнения для них СОУТ по общей методике, привели к тому, что их условия труда в настоящее время не контролируются, система надзора за условиями труда не функционирует. Данные эпидемиологических исследований [48, 93, 132, 215, 223, 263] свидетельствуют о высокой распространенности хронических заболеваний сердечно-сосудистой, центральной нервной, пищеварительной систем и других болезней среди пилотов. Все эти факты в совокупности обуславливают необходимость принятия системных мер по снижению профессиональных рисков в этой группе работающих.

Для снижения неблагоприятного воздействия напряженности труда на состояние здоровья пилотов и разработки мероприятий длительного

поддержания работоспособности требуются дополнительные критерии оценки степени вредности условий труда по данному фактору, в том числе для проведения специальной оценки условий труда с учетом особенностей летной деятельности. Возникает необходимость разработки системного подхода к оценке напряженности труда, применимой для регламентации высоконапряженных работ, направленной на снижение рисков наступления утомления, продление трудового долголетия и снижение авиационных происшествий, как наиболее неблагоприятного исхода данного состояния [96].

Исследование проведено в рамках государственного задания № НИОКТР АААА-А19-119030190044-0 «Разработка метода выявления, определения уровня воздействия и порядка отнесения в зависимости от уровня воздействия к соответствующему классу условий труда показателей тяжести и напряженности трудового процесса, определяемых при проведении специальной оценки условий труда и характерных для членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации» по решению Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений.

Целью работы является научное обоснование концепции оценки напряженности труда пилотов современных воздушных судов для совершенствования системы здоровьесбережения, снижения профессиональных рисков и повышения безопасности полетов в гражданской авиации.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Провести комплексную гигиеническую оценку современного состояния условий труда пилотов с углубленным анализом показателей напряженности трудового процесса по данным санитарно-гигиенических характеристик, нормативно-технической документации воздушных судов, хронометражным исследованиям на всех этапах летной работы.
2. Оценить роль напряженности труда и утомления пилотов воздушных судов гражданской авиации в возникновении авиационных происшествий, определить значимые факторы риска для безопасности полета

по материалам авиационных расследований и результатам анонимного анкетного опроса пилотов.

3. Провести комплексные психофизиологические исследования при моделировании условий полета на авиационных тренажерах и обосновать показатели для контроля функционального состояния пилотов и степени их утомления при выполнении полетного задания, применив для этих целей методы исследования центральной нервной, сердечно-сосудистой систем, и глазодвигательной активности

4. Определить значимость напряженности труда в формировании приоритетных хронических заболеваний и смертности летного состава по результатам медицинских осмотров, заключений врачебно-летных экспертных комиссий, актов о случаях профессиональных заболеваний, базы данных Пенсионного Фонда РФ о жизненном статусе пилотов.

5. Разработать концепцию оценки напряженности труда пилотов гражданской авиации, включающую новые гигиенические показатели и критерии для контроля условий труда, предупреждения рисков утомления и повышения безопасности полетов.

6. Обосновать критерии для формирования групп профессионального риска пилотов, в зависимости от характеристик условий труда, интенсивности летной нагрузки и психофизиологических особенностей членов летных экипажей для разработки комплексной профилактической системы управления индивидуальными рисками утомления.

Научная новизна исследований

Впервые разработана концепция оценки напряженности труда пилотов, включающая нормативно-правовое и методическое обеспечение факторов риска на рабочих местах, новые показатели оценки сенсорных, информационных, интеллектуальных, эмоциональных нагрузок, режимов труда, расширение границ критериев вредности до класса 3.3, подтвержденные объективными данными гигиенических, физиологических

исследований, хронической заболеваемости и смертности, с обоснованием профилактической системы управления рисками утомления.

Предложена методологическая платформа оценки напряженности труда членов летных экипажей, включающая анализ структуры информационно-управляющего поля по показателям: количество и скорость смены цифробуквенных знаков, уровень критичности информации, площадь зоны внимания, коэффициент комфортного считывания, частота обновления изображения и разрешение экрана, новые методы контроля сенсорных нагрузок – по руководству летной эксплуатации воздушного судна и глазодвигательной активности пилота, а также математические модели для расчета информационных и интеллектуальных нагрузок.

Доказана приоритетная роль напряженности труда в комплексе производственных факторов за счет возросшей интеллектуальности и интенсивности деятельности на современных воздушных судах, выразившаяся в увеличении нагрузок по показателям плотности сигналов, количеству многофункциональных приборов, объему информационных потоков, уровни которых в особых условиях полета могут находиться на пределе возможностей восприятия и переработки информации анализаторными системами оператора.

Установлены высокие уровни напряженности труда и большая распространенность признаков утомления у членов летных экипажей (неполное восстановление после предыдущей смены, микросон в полете, замедленные реакции, ошибки деятельности) по результатам массового анкетного опроса пилотов и выявлены факторы риска возникновения аварий и катастроф (повышенные уровни шума, увеличенная длительность полетной смены, ночные полеты, недостаточность предполетного отдыха и годового отпуска) при расследовании авиационных происшествий последних 10 лет, представляющие реальную угрозу безопасности полетов.

Впервые, по результатам проведенного в Российской Федерации когортного эпидемиологического исследования смертности пилотов гражданской авиации, вышедших на пенсию, выявлено, что риск умереть в

данной профессиональной группе в целом, по сравнению с городским мужским населением России, достоверно ниже, однако темпы роста по возрастным уровням смертности у пилотов выше, что связано с увеличением уровня хронической заболеваемости, в том числе, сердечно-сосудистой патологией, обусловленной влиянием условий труда.

Научно обоснован метод оценки зрительных сигналов при применении системы отслеживания глазодвигательной активности (айтрекинг) по показателям снижения количества длинных саккад, увеличения частоты и уменьшения продолжительности фиксации, и разработаны количественные критерии для оценки сенсорных нагрузок на зрительный анализатор.

Количественно определены и дифференцированы по степени выраженности предикторы критического снижения работоспособности и развития утомления пилотов: увеличение длительности реакции и количества ошибок (пропуски, игнорирование сигналов, некорректная отработка руководства по летной эксплуатации), снижение концентрации внимания, изменение глазодвигательной активности и снижение вариабельности сердечного ритма, комплекс которых рекомендован для оценки функционального состояния пилотов.

Разработана система управления рисками утомления пилотов, включающая методологию формирования групп профессионального риска, в зависимости от уровня летных нагрузок, выраженности факторов производственной среды и трудового процесса, физиологических показателей, состояния здоровья и интегрального показателя утомления для принятия персонализированных мер профилактики и системного мониторинга в рамках предполетных осмотров и медицинского освидетельствования летной годности.

Теоретическая значимость заключается в том, что обоснованы закономерности формирования состояния утомления и хронических заболеваний системы кровообращения у пилотов в зависимости от реальных уровней напряженности труда, интенсивности летных нагрузок и других факторов производственной, социальной и окружающей среды.

Разработана многоуровневая система медико-профилактических технологий оценки напряженности труда и утомления пилотов современных типов воздушных судов, получены новые данные о профессиональных рисках здоровью пилотов, предложены принципы эффективной системы управления рисками с обоснованием корпоративных и индивидуальных профилактических программ, обеспечивающие сохранение здоровья, предотвращение развития утомления, поддержание высокой работоспособности, продление трудового долголетия пилотов и направленные на снижение аварийности в авиации.

Расширено представление о количественной оценке границ степеней вредности напряженности труда, основанное на комплексном учете эргометрических и психофизиологических критериев в профессиях с высоким уровнем сенсорных, информационных, интеллектуальных, эмоциональных нагрузок и особенностями режимов труда на примере лиц летных профессий. Получены новые знания о реальных уровнях напряженности труда, интенсивности летных нагрузок, распространенности состояния утомления среди действующих пилотов воздушных судов гражданской авиации, причинно-следственных взаимосвязях развития этого состояния и закономерностях возникновения авиационных происшествий при выполнении полетов на современных типах воздушных судов, обусловленных утомлением и его последствиями.

Практическая значимость

Результаты исследования позволили разработать новые показатели информационных, интеллектуальных и эмоциональных нагрузок и обосновать количественные критерии их оценки для разных классов условий труда (от 2 до 3.3 класса). В системе оценки профессиональных рисков на этапе идентификации предложено учитывать специфические для летного труда факторы-синергисты напряженности труда (шум, вибрация, микроклимат, световая среда, тяжесть труда), а на этапе управления рисками – формирование групп риска пилотов по индивидуальным уровням летных нагрузок, интегральному показателю утомления, психофизиологическим особенностям и

состоянию здоровья с целью определения объема и срочности мер профилактики. Разработана система управления рисками утомления, реализованная в автоматизированном комплексе. Результаты исследования о связи утомления и авиационных происшествий переданы в работу Межгосударственного авиационного комитета (МАК).

Предложены новые методы оценки сенсорных нагрузок – по данным хронометражного анализа руководств по летной эксплуатации и показателям глазодвигательной активности. Предложены новые критерии оценки утомления с использованием объективного метода - айтрекинга. Апробирована методология оценки напряженности труда в условиях смоделированного полета на авиационных тренажерах, позволившая определять наиболее информативные психофизиологические показатели для выявления утомления на основе методов оценки центральной нервной и сердечно-сосудистой систем.

Методология исследования базируется на системном анализе и концептуальном подходе к изучению современного состояния условий труда пилотов гражданской авиации, классификации производственных факторов по степени вредности и опасности и выявлении значимости показателей напряженности труда в изменении психофизиологического состояния пилотов при выполнении моделированного полета на авиатренажерах, а также оценке выраженности взаимосвязи между интенсивностью летных нагрузок, утомлением членов летных экипажей и рисками возникновения авиационных происшествий.

Использованы подходы к оценке профессионального риска, выявлению причинно-следственных взаимосвязей условий труда и показателей хронической, профессиональной заболеваемости и смертности пилотов по показателю отношение шансов смерти в исследуемой когорте в сравнении с популяционным контролем.

Положения, выносимые на защиту

1. Современные условия труда пилотов характеризуются сочетанным воздействием комплекса производственных факторов, среди которых ведущим,

является напряженность труда, повышающая риск утомления и авиационных происшествий, обусловленная выраженными сенсорными, информационными, интеллектуальными и эмоциональными нагрузками, связанными с выполнением полетов в ночное время, несоблюдением режимов труда и отдыха (чрезмерная длительность полетной смены, недостаточность предполетного отдыха и ежегодного отпуска, высокий налет часов за год).

2. Функциональное состояние пилота при моделировании летной деятельности с внештатными ситуациями, может существенно ухудшаться и приводить к снижению скорости реакции, концентрации внимания и памяти, увеличению количества ошибок деятельности, снижению способности организма к физиологическому восстановлению по показателям состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем и появлению признаков утомления, что представляет реальную угрозу безопасности полетов и созданию аварийных ситуаций.

3. Комплекс показателей для оценки напряженности труда по сенсорным, информационным, интеллектуальным, эмоциональным нагрузкам и режимам труда является обязательным при проведении специальной оценки условий труда пилотов и разработке системы управления профессиональными рисками, основанной на учете индивидуальных летных нагрузок, выявлении лиц наиболее высокого риска утомления, разработки персонифицированных режимов труда и отдыха и комплексов медицинской профилактики.

4. Разработанная концепция оценки напряженности труда является высокоэффективным инструментом для решения важной народнохозяйственной проблемы по сохранению здоровья и трудового долголетия пилотов, основанном на адекватных режимах труда и отдыха, индивидуальном учете и автоматизированном контроле летных нагрузок для предупреждения развития утомления и обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации.

Степень достоверности и апробация результатов

Материалы исследования базируются на открытых, проверяемых источниках. Достоверность полученных результатов определена большим, статистически достаточным объемом данных, репрезентативностью выборок.

Результаты диссертационного исследования доложены и обсуждены на 42 научных конгрессах, съездах, конференциях, в том числе: конференция Исполнительного комитета СНГ (Республика Беларусь, 2018, 2019), международная научно-практическая конференция «Здоровье и окружающая среда» (г. Минск, 2018), научно-практическая конференция ВМА имени С.М. Кирова «Актуальные проблемы авиационной и космической медицины» (г. Санкт-Петербург, 2018), «Всероссийская неделя охраны труда» (г. Сочи, 2019-2022), IX Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы анализа риска при обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия населения и защиты прав потребителей» (г. Пермь, 2019, 2022), 39-е заседание Координационно-консультативного авиамедицинского совета Межгоссовета/МАК (г. Москва, 2019), 7-ой Конгресс эксплуатантов ВС «Максимальные возможности подготовки летного состава на гражданских и военных самолетах в 21 веке» (Венгрия, г. Дебрецен, 2019), Российский Конгресс с международным участием «Профессия и здоровье» (2019, 2021), Второй Международный конгресс «Актуальные вопросы авиационной медицины» (г. Москва, 2019), научно-практическая конференция НИИЦ АКМ и ВЭ ЦНИИ ВВС МО РФ «Актуальные вопросы АКМ и авиационной психологи: состояние и перспективы развития» (г. Москва, 2019), IV Всероссийский форум по общественному здоровью (г. Москва, 2020), IV научно-практическая конференция «Психофизиологическое обеспечение профессиональной надежности персонала» (г. Москва, 2020), конференция «Здоровье, ответственность, труд» (г. Москва, 2020), круглый стол в Минтрансе России «Разработка новых гигиенических критериев оценки напряженности труда у пилотов гражданской авиации» (г. Москва, 2021), Форум по охране труда-2021 (2021), Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные вопросы профилактики инфекционных и неинфекционных болезней:

эпидемиологические и гигиенические аспекты» (г. Москва, 2021, 2022), конференция «Вместе с авиационным миром в будущее» (г. Москва, 2022), заседание Президиума «Ассоциация авиационно-космической, морской, экстремальной и экологической медицины России» (г. Москва, 2022), XIII Всероссийский съезд гигиенистов, токсикологов и санитарных врачей (г. Москва, 2022), заседание Бюро Секции профилактической медицины Отделения медицинских наук РАН (г. Москва, 2021, 2023).

Апробация работы проведена на заседании отдела по изучению гигиенических проблем медицины труда ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол №6 от 08.12.2023) и заседании межотдельческой конференции ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф.Эрисмана» Роспотребнадзора (протокол от 07.02.2023).

Внедрение результатов исследований

Результаты исследования использованы при подготовке:

- Постановления Правительства РФ от 14 октября 2022 г. N 1830 «О перечне рабочих мест в организациях, осуществляющих отдельные виды деятельности, в отношении которых специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей»;

- Постановления Правительства РФ от 05.07.2022 N 1206 «О порядке расследования и учета случаев профессиональных заболеваний работников»;

- проекта приказа Минтруда России «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации» (направлено на утверждение в Минтруд России исх. №01-08/223 от 08.02.2022);

- «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки» (утверждено на ученом совете, направлено для утверждения в Роспотребнадзор исх. №59-50-16/06-156-2023 от 06.02.2023).

Разработаны и утверждены на ученом совете ФГБНУ «НИИ МТ» 21 медико-профилактическая технология (протоколы №3 от 16.03.2020, №7 от

16.11.2020, №8 от 21.12.2020, №10 от 15.11.2021, №11 от 20.12.2021, № 11 от 21.11.2022).

Материалы исследования внедрены в учебный процесс кафедры профпатологии и производственной медицины ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (протокол заседания УМС №3 от 28.03.2022), учебный процесс ФГБОУ ВО СПбГУ ГА имени А.А. Новикова (акт внедрения от 28.11.2022).

Публикации в научной печати. По материалам исследования опубликовано 27 печатных работ, в том числе 17 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для публикации результатов научных исследований, из них 10 - включены в международную базу Scopus). Результаты исследований включены в главу 3 и главу 4 монографии «Национальное руководство по профпатологии».

Личный вклад автора состоит в планировании исследования, аналитическом обзоре литературы, сборе данных, разработке форм опросников и дизайне исследований на тренажерах и их проведении, статистической обработке и обобщении полученных данных, формулировке выводов и рекомендаций, подготовке публикаций и докладов на научных конференциях.

Доля личного участия автора в накоплении эмпирических данных, использованных для обоснования основных положений – более 90%; в теоретической части работы, обобщении и анализе материалов – 100%.

Объём и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, выводов, списка сокращений и списка литературы, содержащего 428 источников, из них 296 отечественных и 132 зарубежных. Диссертация изложена на 356 страницах машинописного текста, содержит 70 таблиц, иллюстрирована 31 рисунком.

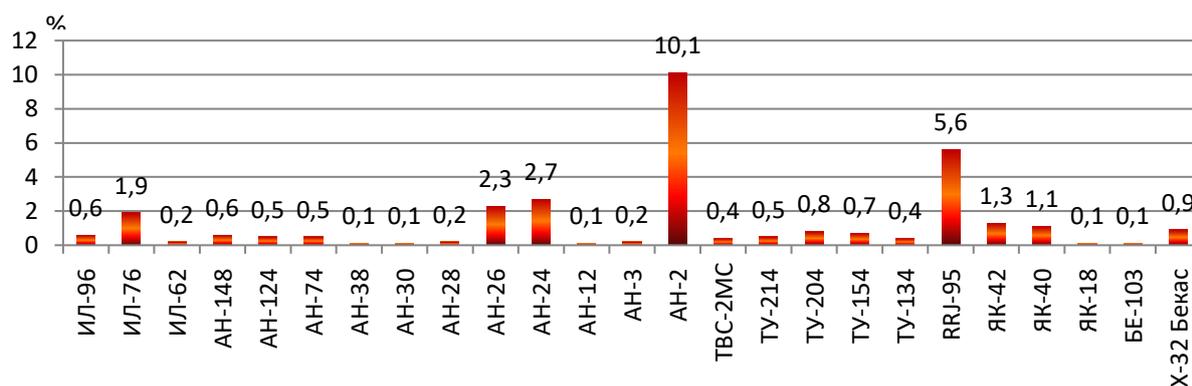
ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНОГО ТРУДА И ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ И ТРУДОВОГО ПРОЦЕССА У ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР)

Высокие уровни аварийности в ГА, связанные с человеческим фактором, требуют поиска их причин в изменившейся структуре деятельности пилотов, обоснования адекватных критериев оценки воздействующих факторов и путей снижения числа АП. С позиций медицины труда, ключевыми положениями обеспечения безопасности полетов, являются состояние здоровья и работоспособность пилотов, качество которых определяется, в первую очередь, условиями труда, усложнением профессиональной деятельности и возрастанием напряженности трудового процесса.

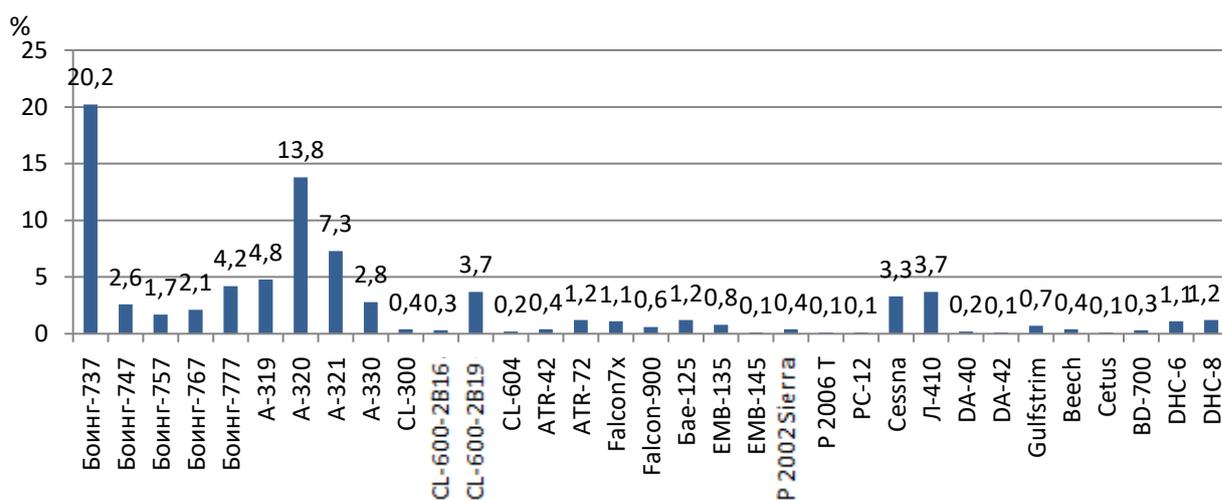
1.1. Условия труда пилотов гражданской авиации

Основным рабочим местом пилота является кабина ВС, условия труда в которой зависят от многих факторов: типа и технического состояния ВС, организации летной работы, режима труда и отдыха, интенсивности летной нагрузки и др. Модельный ряд эксплуатируемых в РФ гражданских ВС весьма разнообразен (рисунок 1.1) и включает около 25 российских и 33 иностранных типов [272].

Длительность эксплуатации более 70% ВС составляет свыше 15 лет, а для 28,4% превышает 30 лет (рисунок 1.2), что определенно ухудшает условия труда, повышает риск технических неполадок. Сложности, возникшие в ГА в последние годы, также не способствуют оздоровлению условий труда работников и отрасли в целом.



А



Б

Рисунок 1.1 – Структура парка ВС отечественного (А) и иностранного (Б) производства (% к общему количеству)

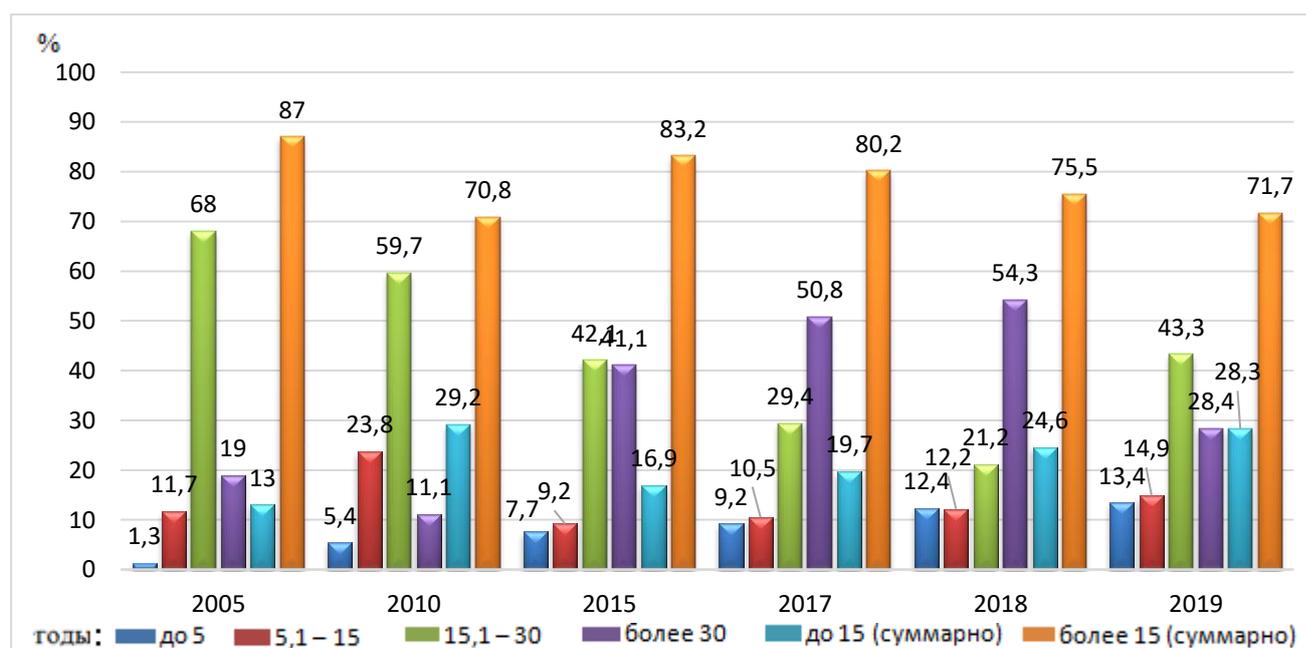


Рисунок 1.2 – Длительность эксплуатации российских ВС (% к итогу) [272]

К основным вредным факторам в труде пилотов относят шум, вибрацию, температурный дискомфорт и низкую влажность воздуха в кабине ВС, ЭМП РЧ, ионизирующее излучение природного (космического) происхождения, загрязнение воздуха кабин ВС вредными химическими веществами, фиксированная рабочая поза и высокое нервно-эмоциональное напряжение, а также воздействие ускорений, колебания барометрического давления, пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе, возможность загрязнения воздуха озоном [1, 9, 46, 56, 105]. Эти данные подтверждаются наиболее распространенными жалобами пилотов на обстановку в кабине – на сухость воздуха (53%), пыль и грязь (48%), шум (46%), недостаточное освещение (34%), статическое электричество (на примере ВС типа Boeing 737, 767, DC9, MD 81/90 [376]).

Однако в научной литературе практически отсутствуют исследования, в которых оценивались бы условия труда лиц летного состава по объективным данным собственных исследований. Статьи многих авторов малоинформативны и содержат повторяющиеся сведения. Например, из работы в работу утверждается, что современные летательные аппараты являются источником высокоинтенсивных шумов, достигающих в кабинах пилотов транспортных самолетов 95—104 дБ [56] и др. Положение справедливо лишь отчасти, поскольку для значительного количества современных типов ВС, уже характерны уровни шума в кабинах, не превышающие ПДУ [157, 396].

Следует также учитывать особенность акустической нагрузки (АН) на пилотов, связанную с использованием авиационных гарнитур для ведения переговоров с авиадиспетчерами. По данным [129], уровни звука под гарнитурой могут достигать 110 дБА, при этом шумы относятся к наиболее неблагоприятным по характеру - импульсным воздействиям (возможны треск, щелчки, перепады громкости и т.п.). Появление шумового фона с сильным треском при радиообмене может быть связано с повышенной электризацией ВС во время грозы [161].

Особый характер шумового воздействия на пилотов учитывает МУК 2.5.3694-21 [157], где АН на членов летных экипажей в полете оценивается по эквивалентному уровню звука А, состоящему из внутрикабинного шума с учетом акустической эффективности АГ, дополнительной звуковой нагрузки в результате прослушивания эфира и речевого радиообмена. Однако имеются данные о недостаточном шумозаглушении некоторых АГ, по сравнению с акустическими расчетами [222]. Отмечаются также другие недостатки документа [90]. Использование в расчетах времени активного прослушивания эфира и речевого радиообмена, равного 33 % от фактического полетного времени, в соответствии с МУК 2.5.3694-21 [157], также как и в предыдущих версиях документа [194, 195], занижает реальную АН, так как по данным [36] это время составляет 67%, а в зонах интенсивного воздушного движения достигает 100% [211].

Существенный вклад в шумовую экспозицию пилотов вносит также неучитываемое внеполетное действие шума, достигающее, например, при проходе по перрону аэропорта 100 дБА [126], 90 - 110 дБА [159], за счет работы двигателей ВС, уровни шума которых в настоящее время практически не уменьшились.

Таким образом, существующая методологическая база оценки АН на экипажи ВС, страдает многими существенными недостатками. В результате фактические уровни шума, действующие на летные экипажи, оказываются выше значений, полученных в результате расчетов АН, в соответствии с МУК 2.5.3694-21 [157], что подтверждается данными, приведенными в работе [249], в которой по данным СОУТ было показано, что в 50% измерений на самолетах типа ИЛ, Як, SSJ, ТУ, Airbus, Boeing, выявлялось превышение фактических уровней шума на 0,8-6 дБ, по сравнению со справочными значениями, указанными в МУК 2.5.3694-21.

Одним из значимых неблагоприятных факторов полета многих ВС, наряду с шумом, является вибрация. В исследовании [379] проанализировано 26 статей, в которых сообщалось об измерениях вибрации в кабинах и салонах

гражданских и военных самолетов, из которых только 5 относилась к рабочим местам пилотов ВС ГА, но конкретные цифры приводились не во всех источниках, использованные частотные коррекции авторами не указывались, что снижает ценность представленной информации. Значения вибрации колебались в широких пределах при измерениях на турбовинтовых, поршневых, реактивных ВС, на полу и сиденьях, при взлете-посадке и горизонтальном полете, разной скорости движения и т.п. Отличия выявлялись, как по спектральному составу, так и по взвешенным по частоте значениям. Установлено, что средние уровни взвешенного виброускорения на сиденьях пилотов могли находиться в пределах от 0,01-0,06 м/с² до 0,38-0,96 м/с² [315, 362]. Дана также оценка сочетанному действию вибрации и продолжительной работе в позе сидя [380] – пилоты отмечали большой дискомфорт, который нарастал с течением времени, каким бы удобным ни была конструкция кресла и какие бы материалы не использовались.

Реактивные двигатели ВС, винты вертолетов являются источниками интенсивного инфразвука [106, 397] и ультразвука [209, 397], однако уровни факторов в кабинах ВС авторы не приводят. В то же время имеется ряд работ, содержащих фактические уровни виброакустических факторов в кабинах ВС. Так, в работе [306] сообщается об уровнях инфразвука (диапазон 1,6-20 Гц) в кабинах нескольких ВС (В737-2, В737-3, А319, А320, А310, А340, ЕВR145, F100), которые, как оказалось, существенно отличаются при полетах на разных скоростях и высотах (выше и ниже 9 км), на разных типах ВС. Ниже 9 км плотность воздуха выше, как и уровни инфразвука, которые находятся в пределах 70-85 дБ для указанных ВС. И, наоборот выше 9 км плотность воздуха снижается, как и уровни инфразвука, находящиеся в пределах 67-80 дБ. При этом различие для малых и больших высот составляло 2,5-7,5 дБ.

К числу неблагоприятных факторов полета относится микроклимат. Температурные параметры, в основном, выдерживаются в пределах нормативных значений, за исключением случаев полетов в арктических зонах [267] или регионах с жарким климатом [7]. Однако относительная влажность

воздуха в ВС при полетах, длительностью более 3–4 часов, находится в пределах 2-25% (ниже регламентируемой), что вызывает дискомфорт у экипажей (сухость в глазах, носу и горле, кашель), способствует снижению иммунитета и развитию инфекционных заболеваний [26, 105]. Несмотря на кажущуюся простоту устранения этого неблагоприятного фактора жалобы на него от пилотов продолжают регистрироваться и свидетельствуют о том, что фактор, по-прежнему, остается в числе неблагоприятных [376].

Практически неконтролируемым фактором является химический – наличие вредных химических веществ в воздушной среде кабин ВС, при этом фактические данные отсутствуют. Единственным источником, в котором отмечалась возможность превышения ПДК по таким веществам, как озон (до 5 раз), акролеин (до 3-х раз), аэрозоль смазочных масел (до 6 раз), эпизодическое превышение ПДК по фенолу, и формальдегиду, является Руководящий документ, разработанный под руководством Измерова Н.Ф., 1997 [226]. Общая загрязнённость воздуха часто превышала допустимые уровни, иногда до 5 раз. В отдельных полётах в воздухе кабин дополнительно обнаруживались толуол, ацетальдегид, ацетон, пропионовый альдегид и др. [30, 105]. В работах зарубежных авторов также говорится о загрязнении воздуха химическими веществами, однако конкретные данные, не приводятся [320].

В кабине ВС может определяться озон, поскольку он в значительном количестве присутствует в высоких слоях атмосферы и может попадать в систему вентиляции ВС. Необходимость контроля содержания озона в кабине пилотов в течение полета показана по данным мониторинга в работе Enhua Xu and Yan Xu, 2020 [342]. Выявлены высокие концентрации O_3 в кабине ВС на высоте крейсерского полета, которые определялись высотой, долготой и широтой, временем года, суток, метеорологическими условиями. Самые высокие уровни были в декабре, самые низкие – в августе и в 6 часов утра.

Содержание O_3 в воздухе на высоте более 10000 м относительно высоко – около 1071-1714 мкг/м³ (при норме 100-160 мкг/м³) [416], что обусловлено воздействием космических лучей и ультрафиолетовой радиации. Только часть

O₃ может быть удалена с помощью системы вентиляции самолета [342]. При трансокеанских перелетах на самолетах, оснащенных озоновыми катализаторами, уровни O₃ были в пределах до 0,129 мг/м³, эпизодически повышаясь до уровней более 0,199 мг/м³ из-за зимне-весенних штормов [317]. Мониторинг содержания озона в кабинах ВС при полетах на высотах 9150 м и 12200 м показал в 11% полетов превышение допустимой концентрации озона [314]. Показано, что из-за небольшого пространства и плотного присутствия персонала в кабине самолета, при появлении токсичных и вредных газов, их концентрация может быстро возрастать [329].

Обнаружены результаты монографического исследования по оценке воздействия ультрафиолетового излучения (УФИ) на здоровье членов экипажей ВС [325, 367, 391, 413]. Констатируется, большой риск для их здоровья от воздействия УФИ (повреждения кожи, глаза, нарушения иммунитета), что связано с интенсивностью инсоляции из-за большой площади остекления кабины и высотой полета над уровнем моря. Опасность может также представлять яркий свет от прожекторов, видимые или невидимые лазерные лучи, направленные на самолет, которые могут вызвать временное ослепление пилота, отвлечение его внимания, что особенно опасно во время взлета и посадки [389].

Относительно фактических уровней ЭМП, воздействующих на летные экипажи, сведений найти не удалось. Однако, учитывая наличие большого количества радиотехнического оборудования на борту ВС, а также воздействия от наземных радиолокационных источников, следует признать этот фактор одним из высокозначимых в летном деле [9, 57, 228, 280]. Наибольшее гигиеническое значение имеет СВЧ-излучение, источниками которого являются различные наземные и бортовые радиолокационные системы. Имеются данные, что дозы СВЧ-излучения, получаемые лётным составом, превышают допустимые в 1,5-2 раза [86]. Ранее, в отмененном СанПиН 2.5.1.2423-08 [242], было установлено требование к контролю этого фактора.

Значимость ЭМП в труде пилотов подтверждается также проведением перспективных военных разработок Министерства обороны США (DARPA), начиная с 2020 г. и исследованиям влияния электромагнитного излучения бортовых систем истребителей на пилотов. Согласно литературным данным [344], лётчики во время полёта сталкиваются с плохим самочувствием, ухудшением внимания и восприятия. С 1993 по 2013 годы в ВВС США были зарегистрированы 72 происшествия, 101 смерть и потеря 65 боевых самолётов по причине пространственной дезориентации лётчиков. Предполагается, что причиной некоторых из этих случаев, могло стать излучение бортовых систем ВС, влияющее на ритмы мозговой активности, поведение летчиков (пилотов в ГА) и принимаемые ими решения.

Проблема опасности малых доз ионизирующих излучений актуальна для лиц, профессиональная деятельность которых связана с нахождением в верхних слоях атмосферы, с пересечением полярных зон и зон с повышенным радиационным фоном [15, 121, 275]. В полярных районах из-за отсутствия экранирующего влияния магнитного поля Земли, уровни космической радиации выше, чем в других регионах. Годовая норма для пилотов ГА по радиационному облучению составляет 0,05 Зв, а суммарные получаемые дозы, минимум: за 10 лет - 0,50 Зв, 15 лет — 0,75 Зв, 20 лет — 1,00 Зв. Полет на высоте 10-12,5 км приводит к многократному увеличению дозы облучения членов экипажей, а в полярных зонах во время солнечных вспышек годовую дозу пилоты ГА получают за 8 летных часов. При полетах в полярных районах во время повышенной солнечной активности пилоты получают годовую дозу облучения 0,05 Зв за 8 часов полета [22].

Солнечные вспышки, могут усиливать мощность дозы облучения в течение нескольких часов от 0,7 мбэр/ч до 200 мбэр/ч, а иногда и до 2000 мбэр/ч [84]). Таким образом, пилоты ГА на протяжении своей профессиональной деятельности подвергаются воздействиям малых доз радиации, как и космонавты, а лица, имеющие стаж летной работы более 15 лет, могут получать даже бóльшую суммарную поглощенную дозу [121].

Сведений о характеристиках световой среды в кабине и во внешней среде ВС во время полета недостаточно, хотя очевидна значимость этой проблемы, поскольку состояние зрительного анализатора в условиях воздействия яркого солнечного света или, наоборот, при его отсутствии в ночном полете, имеет первостепенное значение для эффективной работы пилота [340]. Жалобы пилотов на недостаточное освещение [376] свидетельствуют о неудовлетворительной его организации в кабине современных ВС. В то же время, простое увеличение уровней освещения в кабине (подавляющего выработку мелатонина), может способствовать снижению усталости пилотов и повысить, таким образом, безопасность полета [326].

Труд пилотов характеризуется определенной степенью тяжести, что обусловлено необходимостью длительного пребывания в малоподвижной позе сидя и необходимостью совершения множества мелких стереотипных движений по управлению ВС с помощью тумблеров, рукояток управления, нажатия клавиш приборов и на сенсорных экранах [105]. В этих условиях высокие требования предъявляются к комфортности рабочего места по эргономическим характеристикам кресла, досягаемости всех зон управления ВС, обзору из кабины, прилагаемым усилиям к органам управления. Однако, в литературе сведения по эргономической оценке рабочего места пилотов не найдены. Имеются работы по оценке фактора в труде водителей, сходного с условиями труда пилотов [47, 279].

Влияние солнечных вспышек, геомагнитной возмущенности, колебания барометрического давления, воздействие знакопеременных кислорода, опасность высотной декомпрессионной болезни, следует отнести к числу ненормируемых и неконтролируемых, но значимых для здоровья пилотов, внешних факторов полета [84, 105, 257, 277, 296].

В герметичных кабинах большинства отечественных и зарубежных пассажирских самолетов в крейсерских полетах барометрическое давление поддерживается на уровне 642-567 мм рт.ст. и имеется тенденция к его увеличению, в целях повышения уровня безопасности полетов. В

негерметичных кабинах парциальное давление кислорода в альвеолярном воздухе на высоте 2,6 км находится в пределах 64,8-68,3 мм рт. ст. Работоспособность на высоте 3 км снижается на 25-30 %. Еще больше ухудшается ночное зрение [1]. Перепады давления в полости среднего уха, начиная от 3-5 до 60-80 мм Hg вызывает нарастающие симптомы от ощущения полноты в ухе до острой боли [197].

В целом, условия труда лиц летных профессий признаются вредными, что определяет их ранний выход на пенсию, в соответствии с Федеральным законом от 17 декабря 2001 г. № 173-ФЗ "О трудовых пенсиях в Российской Федерации" [193]. Так, в законе определено, что пенсия в связи с работой в летном и летно-испытательном составе, устанавливается при выслуге не менее 25 лет (мужчинам), а при оставлении летной работы по состоянию здоровья - не менее 20 лет.

1.2. Роль оценки напряженности труда в обеспечении безопасности полетов

Еще в работе [260] была отмечена проявляющаяся тенденция интеллектуализации профессиональной деятельности современных пилотов. В то же время приводятся данные ФГУП ГосНИИ ГА, согласно которым до 70% аварий и предпосылок АП в гражданской авиации, связаны с недостаточной психофизиологической подготовленностью летного состава, пониженной работоспособностью, недостаточной устойчивостью организма к отрицательным факторам полета [103]. Управление стало происходить в автоматическом режиме, понятие о технике пилотирования из основного элемента превратилось в один из параметров оценки степени подготовленности пилота [92].

Накопленный опыт показывает, что без учета связей профессиональных, личностных и социальных качеств с условиями труда, быта и отдыха, невозможно получение полной картины состояния пилота в полете и, соответственно, выработка рекомендаций по повышению безопасности полетов. Высокий уровень производительности в современных условиях только наполовину (а порой и меньше) обуславливается профессиональными

характеристиками работника, остальное приходится на его индивидуальные и социальные качества [103, 167, 260].

На ВС с двухчленными экипажами, пилот в единственном лице представляет целый комплекс специальностей: пилота, бортинженера, оператора радиолокационной аппаратуры (станции), бортрадиста. На отдельных этапах полета пилот работает на пределе человеческих возможностей. Число элементов контроля и управления на современных типах ВС достигает критических значений - 1200 и более единиц. Даже незначительное снижение функционального состояния организма негативно сказывается на качестве выполнения профессиональных функций: замедляется реакция, снижается качество внимания, ухудшается способность прогнозировать развитие ситуаций, изменяется структура двигательных актов, снижается память, мышление, вследствие этого страдает безопасность полетов, снижается профессиональное мастерство членов экипажей. Вместе с тем автоматизация управления самолетом принципиально отличается от автоматизации любой другой производственной деятельности человека, поскольку в автоматическом полете сохраняется влияние всех факторов, которые действуют на пилота в обычном полете: ускорения, перегрузки, перепады барометрического давления, шум, вибрация, турбулентность атмосферы, скованность движений и т.д. При этом степень ответственности пилота за исход выполняемого полетного задания возрастает. Отмечается, что уровень психофизиологических качеств «среднего человека» уже недостаточен для успешного выполнения профессиональных функций на современном ВС. На пути дальнейшего научно-технического прогресса появился психофизиологический барьер, причины которого коренятся в ограниченных возможностях человека, остром дефиците времени, отводимого на выполнение ответственных операций, в воздействии на пилота целого комплекса экстремальных факторов полета. Например, промедление в выполнении отдельных операций только на 2,5 с может быть чревато катастрофическими последствиями [102, 103, 260].

По критериям оценки НТ, разработанным в НИИ медицины труда [104, 105, 216], напряженность труда пилотов относится к высшей VI группе по разработанной классификации (сверхинтенсивная, экстремальная). В исследовании [293] по данным факторного анализа показано, что вклад класса НТ в изменение состояния работоспособности составил — 79,7%, интегральной характеристики НТ — 72,2%, эмоциональной нагрузки — 43,2%.

В то же время у пилотов выявляется высокий уровень подготовки и профессионально значимые качества, что подтверждается достоверно лучшими показателями по скорости выполнения тестов, количеству совершаемых ошибок, и решенных задач, по сравнению, например, с авиадиспетчерами [266].

Ведущими факторами НТ пилотов ранее признавались полетное время и общее рабочее время. Экипажи дальнемагистральных самолетов могут выполнять беспосадочные полеты по внутрироссийским и международным линиям, длительностью более 13 ч. с общим рабочим временем, превышающим 16 ч., что не может не сказаться на утомлении пилотов. На средне- и ближнемагистральных самолетах с более короткими рейсами, но с более частыми посадками (что увеличивает степень НТ), общее полетное время может достигать 10 ч а рабочее время - до 14 ч. [105, 350]. Однако, в последнее время большее значение придается сенсорным (летным) нагрузкам, как фактору, наиболее объективно отражающему общий уровень НТ пилотов [192]. По данным исследования [36] количество световых сигналов за 1 час работы пилота составило 2262, звуковых - 565, общее их количество сигналов - не менее 2827. Число объектов одновременного наблюдения в среднем за полетное время составило 36, а наблюдение за экранами систем пилотирования и навигации - 4,5 часа за полетную смену из расчета нормируемых для пилотов 7,2 часа в день. К объектам одновременного наблюдения были отнесены приборы пилотирования и навигации ВС, а также закабинное пространство. Нагрузка на слуховой анализатор составила 67% времени. При этом постоянно имелись помехи, на фоне которых речь была слышна на расстоянии до 2 м, а

разборчивость слов и сигналов составляла 70%. По совокупности значений показателей напряженности труд-пилотов отнесен к классу 3.3.

Резкий сдвиг часовых поясов и быстрая смена климатических зон оказывают неблагоприятное влияние на экипажи ВС. Трансмеридианные и трансширотные перелеты, частые ночные полеты, ранние вылеты, приводят к нарушению суточных биологических ритмов и развитию выраженного десинхроноза у пилотов [105].

Проблема десинхроноза у пилотов обсуждается во многих работах. Проявлениями ее являются бессонница, дневная сонливость, сниженная эффективность работы в результате быстрого наступления утомления, сопровождающегося плохой реакцией и нарушенной психомоторной деятельностью (сниженная концентрация внимания, раздражительность и истощение с умеренной депрессией), а также возможностью развития заболеваний сердечно-сосудистой, репродуктивной и эндокринной систем [116, 330, 338, 354, 369]. Явления десинхроноза связаны с изменением межполушарных отношений, которые протекают в 2 фазы: острая фаза длится 2–3 суток, латентная - 8–9 суток [87]. Есть данные, что межконтинентальные перелеты сопровождаются нарушениями циркадианных ритмов, которые исчезают через 25–60 дней [370]. При этом имеет значение направление перелёта. Ресинхронизация циркадианных ритмов после перелета на запад идет со средней скоростью 92 минуты в сутки, а после перелета на восток – 57 минут в сутки. Заложенный суточный ритм плохо поддается перестройке. Приспособление к новому часовому ритму длится от 1,5 до 4 недель. После перелета в восточном направлении период явного десинхроноза длится примерно на 2 суток больше, чем после перелета на запад [110, 116]. Около 78 % летного состава на трансмеридиональных авиалиниях, страдает от частой смены часовых поясов [372]. Поэтому смена часовых поясов и их количество относятся к важным факторам НТ и летной нагрузки пилотов [116].

Несмотря на широкое применение автоматики, достаточно весомой и сложной остается проблема пространственной дезориентации пилота. Данный

факт связывается с психофизиологической перегрузкой различных каналов восприятия информации на разных этапах полета. В критических и экстремальных ситуациях 20% лиц летного состава не могут оценить обстановку, а следовательно, не принимают решения, 10% - принимают неправильные решения, 22% - попадают в стопорное состояние и бездействуют, 34% - выполняют ненужные операции и усугубляют сложившуюся ситуацию, 14% - не находят нужных рычагов, переключателей [260].

Такое особое состояние пилота, как стресс, возникающее в результате воздействия неблагоприятных факторов среды, представляющих угрозу жизни экипажа, характерно для летной деятельности [32, 165]. Наиболее критическими для надежности действий экипажа являются нештатные ситуации, в том числе отказы авиационной техники. В то же время летная деятельность сопровождается воздействием на организм пилота самых разнообразных факторов и условий полета, агентов и ситуаций, которые приводят к возникновению стресса. Влияние стресс-факторов проявляется в изменении эмоционального фона, преобладании тревожной напряженности, нарушении внимания, мышления, памяти, психомоторных и физиологических функций организма, что влечет за собой снижение уровня безопасности полетов. В связи с этим, к общим факторам экстремальных ситуаций в деятельности пилотов, можно отнести факторы постоянной включенности в повышенную опасность, готовности к внезапности, неопределенности, новизне (нестандартности) ситуации, дефициту времени.

Отмечается, что определенную зависимость имеют возраст летного состава и частота АП. Наибольший индекс авиационных происшествий (количество АП в расчете на 100 командиров воздушных судов) выявляется в группе наиболее молодых пилотов (25-29 лет - 12 случаев), затем наблюдается его снижение – до 5,8 случаев (в группе 55 более лет) [260]. Показано, что с возрастом скорость реакции, объем оперативной памяти значительно снижаются. Период устойчивой работоспособности обычно ограничивается возрастом 40-45 лет (соответственно «безопасный» стаж работы составляет 20-

22 года), после которых начинается период неустойчивой работоспособности [127, 281].

Следует отметить, что до настоящего времени расследование причин аварийности по вине человеческого фактора ограничивается, вопросами профессиональной подготовки и нарушений дисциплины полета. Зависимость происшествий от социальных, физиологических и психологических особенностей деятельности летного состава, выявить которые значительно сложнее, не исследуется [260]. Это требует дополнительного изучения всех аспектов проблемы [103, 187, 310]. Сообщается, например, что разработана специальная модель графического интегрированного подхода для системы анализа и классификации человеческих факторов с целью формирования расширенных требований к безопасности и упреждающего предотвращения инцидентов в авиации [373].

1.3 Анализ факторов риска развития утомления у пилотов

К числу причин АП, связанных с человеческим фактором, относятся ухудшение состояния здоровья членов экипажа в результате воздействия факторов полета, чрезмерная рабочая нагрузка, невыявленные заболевания, особые психические состояния. Одной из существенных причин снижения функциональной надежности пилота является утомление [103].

По данным разных авторов количество АП, связанных с управлением ВС пилотами в состоянии утомления, колеблются от 4-7% [327] до 15-20% [302, 394] и даже до 30% случаев [85] от общего количества АП, заканчивающихся нештатными ситуациями [347]. Показано, что утомление ухудшает нейроповеденческие характеристики, навыки пилотирования [399] и является основной причиной снижения сенсорных способностей, внимания, памяти, мышления и исполнительных функций, на которые влияет производственная среда, физиологические и психологические индивидуальные особенности [76]. Отмечается, однако, что в авиации связь между усталостью и безопасностью особенно трудно установить из-за относительно низкого уровня аварийности и сложности этиологии аварий [307].

Производственными факторами, способствующими развитию утомления и переутомления пилотов, являются не только высокая НТ, но и шум, вибрация, неблагоприятные параметры микроклимата и световой среды, ионизирующие и неионизирующие излучения, недостаток кислорода на высоте, влияние ускорений, перепада давления, фиксированная рабочая поза, а для работников отдаленных регионов страны остаются ещё актуальными и вопросы социально-бытового обеспечения.

Многочисленными исследованиями показано, что у лиц, подвергающихся воздействию шума, наблюдаются изменения функционального состояния нервной системы в виде астенических реакций, синдрома вегетативной дисфункции с характерными для них субъективными симптомами — рассеянностью, раздражительностью, ослаблением внимания и памяти, быстрой утомляемостью, усталостью, наступает расстройство сна (сонливость или бессонница) [196]. Монотонный гул во время горизонтального полета, особенно при работе автопилота, оказывает усыпляющее действие. Изменяется функциональное состояние вестибулярного аппарата (появляются головокружения, нистагм), урежается пульс, повышается или понижается АД. Тяжелыми неблагоприятными эффектами являются также снижение устойчивости ясного видения, причем даже при действии шума относительно невысоких уровней - 57-73 дБА. Происходит увеличение времени двигательной реакции на звуковые, световые раздражители, замедляется скорость реакции при решении текстовых задач. При повышении напряженности работы в условиях шума, по данным хронорефлексометрии происходит увеличение количества ошибок в динамике рабочей смены - прямо пропорционально увеличению уровня шума над нормативами для напряженных видов работ – в пределах 50-80 дБА [149, 196, 262]. Страдают, в первую очередь, анализаторные системы - сужается поле зрения, изменяются пороги чувствительности к красному, желтому и зеленым цветам [89]. В работе [287] также сделан вывод о негативном влиянии шума на работоспособность экипажа, качество пилотирования и структуру управляющих действий [46].

Вибрация может приводить к ухудшению функционального состояния человека, обуславливать напряжение, изменять функцию ряда анализаторов, влиять на качество управления ВС, способствовать возникновению иллюзий [1, 46]. Так, вибрация вызывает снижение зрения, точности управляющих движений, качества переработки информации, показателей внимания и других психофизиологических функций, ухудшает пространственную ориентировку, способствует развитию утомления и переутомления, и, тем самым, значимо влияет на профессиональную работоспособность пилотов. При стаже летной работы 10 лет и более у работников возникали парестезии в руках и ногах, повышалось артериальное давление, появлялись жалобы на вспыльчивость, раздражительность, нарушение сна, головную боль и другое [39].

Реактивные двигатели являются источниками интенсивного инфразвука [106] и ультразвука [209]. У лиц летных профессий выявляются астения, эмоциональная неустойчивость, вегетативные нарушения, у некоторых - расстройства статической координации и значительное снижение слуха. Диагностируется артериальная гипотония, снижение слуховой чувствительности в диапазоне высоких слышимых частот и др. [209].

Озон оказывает неблагоприятное действие на организм, особенно значимое для длительно работающих летных экипажей, лиц с сердечно-легочными заболеваниями [425]. Отмечается, что пребывание в атмосфере с содержанием O_3 на уровне 0,002 мг/л (2 мг/м^3 - в 20 раз выше ПДК) сопровождается снижением остроты зрения, головная боль, затруднение дыхания. При длительном воздействии СО в небольших концентрациях появляются изменения в ЦНС, снижается точность и скорость зрительного восприятия пространства, цветовое и ночное зрение, ухудшается острота слуха и функция вестибулярного аппарат, отмечаются нарушения в работе дыхательной и сердечно-сосудистой системы. CO_2 оказывает центральное сосудосуживающее, местное сосудорасширяющее действие, вызывая ацидоз, повышение содержания адреналина и норадреналина [52].

Отмечаются также возможные, как в негерметичных и в герметичных кабинах, неблагоприятные последствия понижения барометрического давления в виде высотного метеоризма, расширения газа в других воздухоносных полостях организма. На высоте 4 км кишечные газы увеличиваются в объёме в 1,7 раза, на высоте 8 км – более, чем в 3 раза, а на высоте 12 км - до 5 раз, вызывая функциональные, а в ряде случаев, и структурные изменения ЖКТ [257]. Изменение давления в барабанной полости приводит к механическому воздействию на барабанную перепонку (риск бароотита), возможна баросинусопатия (особенно при респираторных заболеваниях), бароденталгия [257, 277]). Очевидно, что при наличии такого дискомфорта, пилот не может полноценно сосредоточиться на выполнении задач по пилотированию ВС. При медицинских обследованиях летных экипажей, эти проблемы должны быть выявлены и сведены к минимуму.

Важнейший негативный фактор условий труда пилотов – длительное пребывание в малоподвижной фиксированной позе сидя приводит к статическим нагрузкам на позвоночник, к повышенной усталости и даже к невротическим состояниям и патологическим нарушениям со стороны периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата и внутренних органов [47, 100], возникновению дорсалгий (болевыми синдромами в области шеи, туловища и конечностей) [279].

Одним из ведущих факторов риска развития утомления пилотов является длительность полетной смены. Необходимо отметить, что до 2006 г. максимально допустимая норма летного/полетного времени была дифференцирована для различных типов воздушных судов, и составляла от 50 до 80 часов в месяц (соответственно от 500 до 800 часов в год) (МУК 2.5.3694-21) [157]. Введение с 2006 г. единой для всех ВС нормы полетного времени в 80 часов в месяц, 800 часов в год в соответствии с Положением [173], поставило в заведомо худшие условия экипажи судов, на которых регистрировались более высокие уровни шума, условия управления которыми были более вредными. Допускаемое в РФ увеличение нормы полетного времени при выполнении

сверхурочных работ, в соответствии с п.8 Положения [53], фактически, до 100 часов в месяц и 920 часов в год, не имеет под собой достаточного гигиенического обоснования – ни с физиологической точки зрения, ни с технической, связанной с характеристиками ВС, поскольку наряду со снижением уровней шума в кабинах современных ВС, происходит повышение НТ летных экипажей. Кроме того, увеличенная норма полетного времени, не позволяет обеспечить безопасные условия труда, не только по шуму и НТ, но и для некоторых ВС, также по уровням вибрации, ионизирующим излучениям и др. В связи с этим нормативное регулирование летной нагрузки является основным способом снижения негативного влияния факторов летного труда.

Изучение зависимости развития утомления от длительности полетной смены показало, что наиболее выраженное утомление достоверно чаще наступает у пилотов с предшествующей месячной летной нагрузкой более 90 часов, а при налете менее 90 часов, главным фактором утомления является длительность полета [238]. Максимум утомления наблюдается при полетных сменах более 10—13 часов, на этапах «перед снижением» и «после посадки» в направлении «обратно», при ночном вылете и ночном прилете, у экипажа численностью «2». Проведено сравнение интегральной степени утомления в экипажах численностью «2», «2+1» при полетах длительностью 12-14 часов и «4» при полетах по 15 часов, значения которой по среднему баллу составили, соответственно 2,6, 1,94 и 1,78. На основании полученных данных, авторами сделан вывод о целесообразности введения дополнительных членов экипажа при длительных полетах. Особенно показательными является наиболее высокий балл утомления, выявленный для двухчленных экипажей, что свидетельствует о наибольшей утомительности таких полетов, а также о значении НТ как фактора риска утомления. Кроме того, установлено, что практически 43% экипажей имели от 30 до 50% полетной нагрузки ночью, что рассматривается как фактор риска для безопасности [238]. Выраженная степень утомления выявлялась при 3-х подряд ночных сменах, в связи с этим, предложено ограничить число ночных прилетов - не более 2 раз подряд [237].

При оценке безопасности полетов по количеству инцидентов, приходящихся на количество выполненных полетов, выявлена положительная динамика снижения числа отклонений и нарушений техники пилотирования во взаимосвязи с числом полетов на одно событие за период 2003-2008 гг. [238]. Однако, рассчитанный нами на основании данных авторов показатель аварийности, например для 2008 г., составил 148 случаев на 1 млн. перелетов. В то же время, по данным IATA, в 2008 г. мировой индекс авиапроисшествий составил 0,81 на 1 млн. перелетов [122]. Этот показатель в 183 раза ниже, чем указанный в работе [312]. Поэтому приведенные данные, хоть и демонстрируют снижение числа инцидентов в авиации за определенный период, однако общее состояние безопасности полетов в РФ остается на низком уровне, по сравнению с общемировым. Поэтому представляется, что увеличение нормы полетного времени, пока не может являться решением проблем снижения аварийности в ГА и повышения уровня вовлеченности каждого пилота в выполнение задач по авиаперевозкам.

Помимо общего ограничения длительности полетного времени и прочих организационных мер, большую роль в снижении утомления пилота могут играть внутренние режимы чередования летной нагрузки и отдыха во время полета, в течение рабочей недели, месяца, года.

Среди факторов, вызывающих утомление у пилотов отмечается более выраженный утомляющий эффект многократных взлетов и посадок, по сравнению с одним полетом такой же длительности [358], полетов в ночное время или при пересечении часовых поясов и др. [394], при выполнении сверхурочных работ, что связано не только с утомлением, но и с более высоким уровнем травматизма - до 61% [335].

Полеты по приборам и ночные полеты являются источниками ошибок пилотов: они создают стрессовые условия для летных экипажей, в которых может пострадать работоспособность [324]. В исследовании [408] ночные полеты также оцениваются как самые напряженные. Физиологические измерения показали, что микросны, регистрируемые ЭЭГ, постепенно

учащались по мере увеличения длительности полетов. Микросны - записи активности альфа-волн, приводили к потере внимания во время бодрствования и длились от долей секунд до 30 с. Количество случаев микросна у пилотов на вылетающих рейсах было вдвое меньше, чем на прилетающих рейсах обратно на базу, что показывает, что усталость более распространена на рейсах, возвращающихся домой. Пилоты более склонны к микросну во время крейсерской фазы полета, в то время как они более бдительны во время взлета, захода на посадку и посадки. Усталость была выше во время ночных полетов, потому что пилоты бодрствовали уже более 12 часов и приступали к дежурству к тому времени, когда они должны были ложиться спать.

Выявлению причин утомления при дальне- и ближнемагистральных рейсах (соответственно, ДМР и БМР) исследовалась в [321]. Установлено, что при ДМР усталость была вызвана главным образом ночными перелетами (59%) и сменой часовых поясов (45%), при БМР усталость была связана с многократными полетами в течение 4-5 дней (53%) и последовательными ранними пробуждениями (41%). По собственным сообщениям, проявления усталости у 60% пилотов ДМР и 49% пилотов БМР включали снижение бдительности и внимания, неспособность к концентрации, увеличение времени реагирования и небольшие ошибки (расчет, интерпретация). Когда пилоты уставали, все летные задания казались более сложными, чем обычно. Показано, что время работы является основным предиктором усталости, но его нельзя рассматривать независимо от других способствующих факторов. Например, не проанализировано утомляющее действие прочих факторов риска (производственных – шум, вибрация, нештатных ситуаций из-за технических отказов, внешних условий, конфликтных ситуаций и др.), показатели сенсорной и информационной нагрузки,

В работе [125], приведена зависимость изменения количества ошибок при исследовании сложных сенсомоторных реакций в течение рабочего дня (по данным Н. Шаяхматова) по величине отношения количества безошибочных действий к общему их количеству ($N_{\text{безош.}}/N_{\text{общ}}$) у водителей

автотранспортных средств. Выяснилось, что к концу рабочей смены в 8 часов этот показатель сократился вдвое. Таким образом, наглядно продемонстрировано снижение надежности управления транспортным средством. Эти данные следует учитывать и при разработке РТО для пилотов ВС ГА.

Исследования изменения ряда психофизиологических показателей летчика в длительных полетах с различными внутренними РТО [58], позволили выявить особенности изменений показателей сердечного ритма, внимания, рабочей загрузки и работоспособности при различных РТО при семичасовом пилотировании самолета. Предложенный авторами «упорядоченный» режим летного труда сопровождался, в среднем, более низкой ЧСС, по сравнению с «произвольным» режимом. Сделан вывод о том, что психофизиологические показатели могут использоваться для оптимизации трудовой нагрузки между членами экипажа с целью поддержания его работоспособности на уровне, необходимом для обеспечения летной безопасности.

Законодательно установленные режимы труда и отдыха, а также контроль за их соблюдением, являются важнейшими инструментами предупреждения утомления пилотов во всех странах [332, 343, 381]. Интересен пример Китая [136], в котором принят закон о полётной норме в 90/900 часов. Однако, набрать такой налет очень сложно (средний налет в месяц пилота – 62 часа), поскольку при этом жестко соблюдаются нормы предполётного/послеполётного отдыха. Ежемесячно имеется 11 последовательных выходных; благодаря особенностям маршрутной сетки, длительность полета не превышает 3-х часов; практически отсутствуют ночные полёты; запрещено летать вдвоём при лётном времени более 8 часов; если лётное время превышает 10 часов, то рейс выполняется двойным экипажем, хотя можно лететь и в усиленном (втроём). В случае, если не все отпускные дни за год израсходованы, то их оплачивают "по среднему" размеру заработной платы. Поэтому, понятия «задолженность» по отпуску здесь не может быть. Заработная плата - фиксированная и не зависит от меньших часов налета или

отмены рейса (лишний выходной). При налете свыше 60 часов в месяц производится доплата. Авиакомпании предоставляют компенсации (в среднем 1/3 от зарплаты) на проживание, транспорт, билеты, отдаленность от места жительства, учебу членов семьи. Всю информацию пилоты получают в автоматическом режиме на iPad. В нем хранятся все документы, автоматически обновляются руководства летной эксплуатации, расчёты взлетно-посадочных характеристик, перед рейсом там появляется полный пакет документов. Это значительно облегчает и ускоряет внесение и поиск информации. Ее целью является также контроль за налетом со стороны государства. Все АК обязаны представлять информацию о полетах онлайн и в реальном времени. Пилот через телефон сообщает лишь номер рейса по прилету, остальная информация загружается автоматически, а при необходимости вносится коррекция времени запуска/выключения двигателя. Доставка в гостиницу, из гостиницы - на вылет и по прилету, осуществляется на автобусе, который ждёт (а не наоборот). Существуют и другие преимущества [87]. Нарушения нормативов РТО в таких условиях практически невозможны, поскольку действующая электронная система контроля их не пропустит. При этом, по данным IATA, 2022 [406], в странах Северо-Азиатского региона, куда входит Китай, регистрируются стабильно самые низкие в мире уровни аварийности на воздушном транспорте по всем видам авиационных происшествий. В то же время по количеству выполняемых полетов этот регион занимает второе место после Северо-Американского региона. Это создает предпосылки для «перетекания» квалифицированных летных кадров из РФ в КНР и другие зарубежные страны. Их места в нашей стране занимают менее квалифицированные пилоты [252].

В нашей стране безопасность полетов остается на низком уровне, о чем также свидетельствует мировая статистика [406]. В 2021 г. в России, по сравнению с 2020 г., несколько увеличилось число АП при пассажирских авиаперевозках (в 1,08 раза), существенно выросло число авиакатастроф по коммерческой авиации (в 3,08 раза) и число погибших в катастрофах в целом по ГА (в 2 раза) [224]. Отмечается, что состояние безопасности полетов стало

значительно ухудшаться с 1990-х годов, поскольку нарушилась существовавшая единая отлаженная система подготовки лётных и инженерно-технических кадров, сократился выпуск новых воздушных судов (ВС) [77]. В качестве причин АП, связанных с человеческим фактором, называются недисциплинированность и сознательные нарушения правил полётов, излишняя самоуверенность КВС, недостатки профессиональной подготовки пилотов, в частности, низкий уровень тренажёрной подготовки экипажей отечественных ВС, недостатки в метеорологическом обеспечении, а в некоторых случаях возросшая нагрузка, связанная с нарастающей нехваткой квалифицированных кадров [246, 47].

В других источниках в числе основных причин АП, помимо утомления, также называются нарушения правил безопасности полетов и недостаточная дисциплина работников, как среди персонала наземных служб, так и среди членов экипажей ВС. Предложены программы повышения квалификации для летного состава по дисциплине «человеческий фактор» [120] и другие меры [14, 120]. Указывается, что не последнюю роль в возникновении АП, играет взаимодействие в экипаже [119].

Одной из основных проблем обеспечения безопасности в ГА является отсутствие данных полноценной гигиенической оценки условий труда лиц летных профессий. Вопросы СОУТ в ГА обсуждаются во многих работах [36, 88, 144]. Многие специфические факторы летного труда не поддаются измерениям и оценкам, в силу отсутствия специальных методик, и невозможности проведения измерений, по соображениям обеспечения безопасности полетов. Но факт их наличия и влияния на лиц летных профессий, доказан фундаментальными медицинскими, гигиеническими исследованиями в области авиационной медицины. Неучет реальных факторов и их уровней при проведении оценки условий труда экипажей ВС ГА относят к нарушению научных основ медицины и охраны труда [144] и к нарушению прав работников на информирование о действующих на них уровнях вредных и опасных факторов (статья 219 ТК РФ) [273]. Приведенные факты показывают

необходимость совершенствования законодательства о специальной оценке условий труда лиц летных профессий и принятия срочных мер в области охраны их труда. Вопросы адекватной оценки условий труда, утомления пилотов и безопасности полетов тесно связаны между собой.

В работах [49, 145] показана необходимость принятия Приказа Минтруда об особенностях проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 14.04.2014 N 290 [172], что становится особенно важным, в связи с возросшей НТ пилотов в современных ВС, наличием неустраняемых и специфических производственных факторов, отмечается необходимость учета полного перечня факторов и разработки специальных методик оценки. В работе [37] предлагается проводить паспортизацию ВС для получения информации о действующих производственных факторах.

Факторами, влияющими на накопление усталости, могут являться географические и климатические условия местности: полеты в горной местности, над пустынями, большими водными пространствами, в Арктике, другие виды полетов в особых условиях и особые случаи в полете Приказ Минтранса России от 31.07.2009 №128 [180]. Они по-разному влияют на работу летных экипажей, поскольку в силу своей биологической природы, пилоты являются носителями психофизиологических факторов риска, которые могут быть прямой причиной их ошибочных действий. Одной из форм контроля утомления являются самоотчеты пилотов, которые обеспечивают важную обратную связь авиакомпании с отдельными членами экипажа для определения места и времени возникновения факторов риска усталости во время эксплуатации ВС. Таким образом, можно определить, например, наиболее проблемные маршруты и этапы полета, проанализировать работоспособность пилота в разные периоды смены, разработать эффективные профилактические меры в отношении конкретного человека [141]. Авторы утверждают, что

нормативы полетного времени рассчитаны на среднего человека, в то время, как психофизиологические возможности у пилотов разные.

Вопросы исследования факторов риска развития утомления у пилотов тесно связаны с методическим обеспечением выявления, как самих факторов риска, так и признаков утомления.

Развитие утомления зависит не только от особенностей полета и физического состояния пилота, но и от его индивидуальных характеристик – выносливости, силы или слабости нервной системы [134, 374]). Поскольку пилоты обладают разной степенью устойчивости к развитию утомления (разной выносливостью), то при прочих равных условиях, в полете один пилот чувствует признаки утомления уже через 3-4 часа полета, другой – только через 7-8 часов. Знание этих характеристик имеет большое значение для комплектования экипажей. В экипаж предлагается включать пилотов с высокой и низкой устойчивостью к утомлению, чтобы потребность в отдыхе возникала у них в разное время, и они могли подменять друг друга в полете. При этом утомление в полете может быть диагностировано по характеристикам речи пилотов [286].

К числу существенных индивидуальных факторов риска развития утомления у пилотов следует отнести их антропометрические данные – рост и вес. Например, избыточная масса тела не только влияет на здоровье человека в целом (риски развития гипертонической болезни, ИБС), но и ухудшает работу головного мозга, снижает работоспособность, ускоряет развитие физического утомления [59, 198, 410]. В то же время, более высокий ИМТ был связан с более низкими когнитивными показателями [333]. Показано также, что избыточный вес снижает адаптоспособность организма к стрессовым воздействиям [31]. В работах [150, 166, 351] сообщается о снижении памяти, наличии когнитивной дисфункции различной степени выраженности у лиц с избыточной массой тела. Атерогенное действие основных компонентов метаболического синдрома (гиперинсулинемия, артериальная гипертензия, дислипидемия, ожирение), существенно повышает риск прогрессирования

атеросклеротического процесса [268], что актуально для профессиональной группы пилотов, у которых атеросклероз аорты и сосудов головного мозга, является одним из ведущих хронических заболеваний.

По данным отечественных исследований [114, 291], Российская Федерация относится к странам с высокой распространенностью сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности, при этом артериальная гипертония (АГ) является одним из главных и наиболее часто встречающихся факторов риска развития заболеваний ССС. Избыточную массу тела, низкую физическую активность, ожирение и курение рассматривают в качестве индикаторов социального стресса, при этом, на определенном этапе, стресс становится одной из причин этих факторов риска.

В летной практике на величину основного обмена большое влияние оказывают нервно-психическое напряжение, недостаток кислорода во вдыхаемом воздухе, вибрация, шум, неравномерное по времени питание, гиподинамия, обусловленная длительными полетами, и ряд других факторов [1]. В этих условиях энергетический обмен и функции желудочно-кишечного тракта нередко изменяются. Приведенные данные показывают, что организация программ индивидуальных рационов питания, снижения избыточной массы тела, будет являться одним из элементов профилактики утомления, повышения профессиональной работоспособности и оздоровления пилотов.

Начиная с 2011 г., ИКАО вводят, в качестве стандарта для стран-участниц, систему по контролю рисков утомления - Руководство эксплуатантам по внедрению системы управления рисками утомления (СУРУ- FRMS) и Doc 9966, положения которых, должны учитываться авиакомпаниями [300, 308, 309, 311, 313, 319, 338]. Для этих целей предложено несколько биоматематических моделей (БММ) прогнозирования этих рисков, из которых наибольшую известность получили «Модель бдительности Boeing (BAM)», «Симулятор циркадной бдительности (CAS)», «Инструмент оценки усталости от InterDynamics (FAID)», «Индекс риска утомления (FRI)», «Система оценки усталости летного состава (SAFE)», «Модель эффективности сна (SAFTE-

FAST)», «Предсказатель сна и бодрствования (SWP)», мюнхенский опросник хронотипа (MCTQShift) [305, 331, 345, 346, 349, 352, 359, 361, 363, 364, 368, 417, 421]. Все они построены на основе учета циркадных ритмов человека (в первую очередь), учета дефицита сна и некоторых других факторов [393]. Большинство БММ обеспечивают значение прогноза усталости или бдительности в течение данного периода работы [322]. В этих же целях используются шкалы сонливости Эпворта (ESS) и Каролинская (KSS), шкала усталости Самна-Перелли (SPS), калькулятор сна (PSE) и другие программы, позволяющие оценить риск засыпания во время трудовой деятельности, но недостаточно надежно, в связи с субъективностью данных [304, 334, 366, 409]. Однако существует ряд причин, по которым современные БММ усталости могут не давать прогноза безопасности полетов. Большинство из них не учитывают, что пик циркадного ритма риска несчастных случаев и травм наступает гораздо раньше, чем при усталости. Они также не учитывают хронические компоненты, которые включают большое количество факторов, в том числе ухудшение здоровья, связанное с ненормированным графиком работы, а также широкий спектр индивидуальных и прочих внешних факторов [301, 303, 319].

В современном комплексе факторов производственной среды и трудового процесса лиц летных профессий, НТ является ведущим фактором, определяющим степень их утомления. В работах [76, 123, 143, 264], содержатся предложения по управлению рисками утомления, практическим мерам их снижения. Отмечается, что одним из факторов развития утомления является недостаточность сна. В то же время, сведения о взаимосвязях утомления с фактическими показателями НТ пилотов во время полета (сенсорными, интеллектуальными, информационными, эмоциональными нагрузками), их количественной оценкой с учетом специфики эксплуатации ВС и индивидуальными особенностями членов экипажей, практически отсутствуют.

Важным аспектом проблемы является совершенствование методик оценки утомления, особенно у пилотов на современной летной технике [208,

347]. Например, индивидуальная устойчивость к утомлению в длительных полетах может быть установлена тестированием пилотов по специальной методике, моделирующей процесс «совмещенной» операторской деятельности - самый сложный вид деятельности, который присутствует в работе пилотов. Первоначально эта идея была воплощена в методике «Адаптивная Модель Операторской Деятельности» («АМОД») [60], а затем усовершенствована и адаптирована для работы пилотов под названием «Контроль уровня работоспособности» (КУРС») [294, 427].

Среди субъективных и объективных методов определения степени утомления работников широко применяются анкетные опросы [138, 140, 219, 422] психофизиологическое тестирование, анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР), другие методы [18, 247, 298, 318, 378, 387, 388, 395, 412, 415]. Предполагается, что большинство показателей ВСР заметно снизятся при нарастании утомления. Исследования демонстрируют взаимосвязь между умственной нагрузкой, утомляемостью и ВСР. Подчеркивается взаимосвязь чувствительности и временных показателей ВСР, с частотными параметрами (мощность высоких и низких частот) и нелинейных индексов (оценки Пуанкаре и индексы анализа колебаний без тренда).

Метод оценки траектории взгляда применяется чаще всего на транспорте, при управлении движением для оценки состояния водителей [336, 382], в качестве метода для детектирования лжи [24], в психофизиологических исследованиях [91, 164, 269, 270], в других сферах. Были предложены различные подходы и критерии для анализа и сравнения траектории взгляда. В последнее время технология слежения за глазами стала достаточно продвинутой, чтобы записывать точные движения взгляда. Появился термин «путь сканирования», обозначающий индивидуальную последовательность движения глаз, состоящих из саккад и фиксаций. Однако надежные критерии оценки получаемых результатов, пока не разработаны.

Обзор современных подходов к окуломотирике можно найти в новых работах [357, 424]. Все большее применение для обработки обширных массивов

данных находят технологии искусственного интеллекта (нейросетей), которые значительно облегчают и ускоряют вычислительные операции и повышают надежность результатов [81]. Исследование глазодвигательной активности с помощью айтрекинга обладает рядом существенных преимуществ [24, 99, 183, 220, 269, 295, 316], поскольку позволяет проводить измерения дистанционно, с высокой частотой и точностью, меньшими затратами времени на калибровку, само обследование и обработку результатов. При этом айтрекинг базируется на измерении когнитивных, а не эмоциональных, реакций.

Для выявления различий в развитии утомления при просмотре видео, показанного при помощи DLP или 3LCD проекторов, или чтении текста использованы показатели окулографии [153]. При просмотре видео наблюдались продолжительные моргания, частота которых была высокой для деятельности, требующей зрительного внимания [339], что отражает стремление ограничить сенсорный поток, и связано со зрительным напряжением, дискомфортом в процессе просмотра. После чтения текста не было зафиксировано изменений объективных показателей – объема аккомодации и ВВПК. После просмотра видео с помощью DLP проектора, у испытуемых происходило значительное уменьшение ВВПК (более, чем на 15%), что свидетельствовало о развитии зрительного [117]. Приведенные данные показывают значимость эргономических характеристик зрительных образов и перспективности использования таких показателей окулографии, как объем аккомодации, ВВПК, частота морганий для выявления утомления. Метод применим для исследования взаимосвязи движений руки и глаза - чрезвычайно важной функции при управлении ВС [98].

Оценку психофизиологического состояния пилота, включая стрессовые состояния, также можно проводить путем отслеживания траекторий движения глаз и других показателей глазодвигательной активности. Уже разработана система для оценки квалификации пилотов при работе на современных авиационных тренажерах, но в перспективе планируется ее адаптация и для применения в реальных полетах [133, 392, 419]. Анализ данных специальной

литературы свидетельствует об активном ведении исследований по изучению возможности применения видеоокулографического метода для оценки состояния летных экипажей в целях повышения безопасности полетов [130]. Для автоматизированной классификации необработанных образцов взгляда (фиксаций, саккад, других показателей) авторы предлагают использовать методику машинного обучения [428].

Проведенный анализ данных литературы о современном состоянии проблемы гигиенической оценки НТ и других факторов, риска развития утомления у членов летных экипажей ВС ГА (в том числе при проведении СОУТ), а также их влияния на работоспособность пилотов, показал наличие пробелов в законодательстве, не позволяющих в существующей ситуации проводить корректную их оценку. Эти пробелы касаются, в первую очередь, действующих санитарных норм и правил (СП 2.5.3650–20, СП 2.2.3670-20 [241, 256]), в которых отсутствуют указания на необходимость контроля многих факторов условий труда и трудового процесса летных экипажей, не определены специальные критерии и не разработаны подходы к гигиенической регламентации НТ. В то же время неблагоприятные показатели состояния здоровья лиц летных профессий, по данным разных авторов, связаны с вредными условиями труда и чрезмерной интенсивностью летной нагрузки при полетах на современных ВС, что обуславливает необходимость скорейшей организации их контроля для обеспечения безопасности полетов. Выявлена актуальность и необходимость существенного совершенствования гигиенических и психофизиологических методов и критериев оценки НТ членов летных-экипажей ВС ГА.

1.4. Состояние здоровья и профессиональная заболеваемость пилотов

Вопросам оценки воздействия факторов условий труда на функциональное состояние пилотов, общесоматическую заболеваемость и развитие болезней, связанных с работой посвящен ряд работ [8, 78, 108, 113]. Установлено, что среди лиц, выполняющих напряженные виды работ, распространенность соматической патологии выше, чем среди лиц, занятых на

других работах. Так, интенсивные интеллектуальные и эмоциональные нагрузки связаны с развитием ИБС и ГБ, утомление и переутомление – с показателями общей заболеваемости [36, 259]. При нарушениях режима работы в сочетании с интенсивными интеллектуальными и эмоциональными нагрузками, выявлен риск развития психических заболеваний у работников [79]. В исследованиях [45, 58, 238] особое внимание уделено оценке состояния психофизиологических показателей членов летных экипажей при различных режимах труда и отдыха. Однако все эти работы были выполнены почти 15 лет назад и в них не могли быть, в полной мере, учтены все факторы современной летной нагрузки на пилотов.

Напряжение функции системы кровообращения у пилотов является причиной преждевременной сердечно-сосудистой заболеваемости [86, 323]. Эти данные подтверждаются и результатами исследования [216], показавшими прямую зависимость между увеличением НТ и неблагоприятными изменениями в ССС (по показателям гемодинамики, АД, ЧСС, зубец Т на ЭКГ и др.). Выявлено нарастание активности симпатико-адреналовой системы, повышение сахара в крови, экскреции катехоламинов и др. Происходит нарастание общего рабочего напряжения организма. Отмечается, что при отсутствии достаточного отдыха и мер профилактики, продолжающиеся нервно-психические нагрузки, могут привести к состоянию перенапряжения, а в последующем - к заболеваниям, связанным с работой.

Приводится количественная оценка нарастания частоты заболеваний, связанных с работой (ГБ, ИБС, невротических расстройств - НР) у работников, НТ которых относится к разным категориям. Так, частота заболеваний составляла: при «очень высоконапряженном» труде (класс 3.2) – ГБ - 21-29%, ИБС -21-33,5%, НР - 24-35%; при «изнурительно напряженном» (класс 3.3) – ГБ - 29-36%, ИБС - 34-44%, НР - 35-44%. Данные приведены для мужчин (МР 2.2.9.2311—07 [217]). Рассчитанное увеличение риска развития ГБ при повышении степени НТ составляло: со 2 степени до 3.1 – 1,8 раз, с 3.1 до 3.2 –

1,4 раза, с 3.2 до 3.3 – 1,2 раза. Вклад НТ в развитие ГБ может быть ориентировочно оценен в 20-30%, в зависимости от степени НТ.

Нарушение циркадных ритмов и дефицит сна у пилотов, как полагают, является основной причиной утомления и угрозой безопасности полетов [338]. Отмечается, что пилоты рискуют заснуть в полете, если рабочие нагрузки не будут распределяться более эффективно. Заявлено, что сонливость пилотов представляет собой самую большую угрозу безопасности пассажиров самолетов [44]. В связи с этим, правильно составленное расписание полетов экипажей для предотвращения недосыпания и поддержания высокой работоспособности пилотов, является одной из приоритетных задач обеспечения безопасности [328].

Одной из проблем является также риск девиантного поведения лиц, обеспечивающих транспортную безопасность. Для выявления таких рисков разработана экспресс-методика оценки профессионально-важных качеств [147]. Приведенные в исследовании данные представляют опасности работы пилотов и их последствия еще с одной стороны.

Представляет интерес нозологическая структура и распространенность болезней системы кровообращения и их сочетаний, выявляемых у членов летных экипажей, рассматриваемые как болезни стресса. В сравнительном плане – по наблюдениям за 2018 и 2020 г. такие данные представлены в работах [249, 250]. Установлено, что лишь треть пилотов не имеет сопутствующей патологии. Выявленная высокая распространенность заболеваний системы кровообращения, особенно атеросклеротических поражений, подтверждает влияние психоэмоционального напряжения на состояние здоровья пилотов [61]. Артериальная гипертензия (АГ) является одним из факторов риска развития атеросклеротического поражения сосудов [251]. Причиной же возникновения стрессорных болезней – АГ [54], ССС [355], в которых важная роль отводится атеросклеротическому процессу, являются хронически высокие уровни гормонов стресса. В то же время, низкая распространенность ИБС среди пилотов объясняется их профессиональным отбором по состоянию здоровья.

Сравнительная оценка заболеваемости членов летных экипажей с общероссийскими показателями и с уровнями заболеваемости в других профессиональных группах дает ценную информацию. К числу отраслей экономики с наиболее значимыми показателями ПЗ, превышающими среднероссийский показатель, относится транспортная отрасль (соответственно 1,08 и 0,83 случаев на 10 тыс. работающих в 2021 г.) [196]. При сравнении показателей заболеваемости среди пилотов ГА и космонавтов, обнаружено, что частота возникновения сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных заболеваний и общая заболеваемость у пилотов ГА выше [121], что свидетельствует о более неблагоприятном воздействии комплекса производственных факторов, в частности НТ, на пилотов.

Поскольку ведущим производственным фактором риска у пилотов ВС ГА до недавнего времени являлся шум, основным (и практически единственным) их профессиональным заболеванием являлась (и остается) нейросенсорная тугоухость. Действительно, сообщается [46, 62], что в структуре ПЗ лиц летного состава НСТ составляла 99,2% от общего числа профессиональных заболеваний. Из прочих заболеваний регистрировались единичные случаи вибрационной болезни, моно- и полинейропатии, пояснично-крестцовой радикулопатии. Профессиональные заболевания выявлялись, в основном у работников в возрасте 40-60 лет и старше, имевших стаж работы 15-35 и более лет. Однако, у лиц, со стажем работы от 5 до 14 лет, также регистрировались по 1-2 случая профессиональных заболеваний [46].

По данным [56], удельный вес профессиональных заболеваний на воздушном транспорте составлял 65% от всех впервые зарегистрированных ПЗ на всех видах транспорта (2017 г.). При этом число впервые выявленных ПЗ у пилотов за период с 2010 г. по 2020 г. неуклонно снижалось - с 799 до 159 случаев с темпами снижения, в среднем, по 7% в год [46, 196].

Эти процессы обусловлены сокращением числа лиц летных профессий, подвергающихся воздействию повышенных уровней шума. Однако авторы выявляют важнейшую закономерность в формировании ПНСТ в этих условиях.

Несмотря на отсутствие превышений внутрикабинных уровней шума, ведущими профессиональными группами по потере слуха в ГА остаются КВС и вторые пилоты. Отмечается, что сложность профессиональной деятельности лиц этих профессий, высокая степень ответственности за безопасность транспортировки пассажиров и грузов, готовность к действию в нестандартных условиях, нагрузки на зрительный и слуховой анализаторы, создают высокую степень напряжённости труда, обуславливающую хронический стресс. Фактор хронического стресса приводит к нарушению адаптационных механизмов и вызывает ряд сложных нервно-рефлекторных и нейрогуморальных сдвигов в организме, вследствие чего, НТ следует рассматривать как патогенетически значимый фактор в развитии ПНСТ [196].

При оценке динамики заболеваемости ПНСТ за последние 10 лет следует учитывать, что значительное число случаев ПНСТ регистрировалось при обращении членов экипажей за медицинской помощью [56]. Это может свидетельствовать о недостаточной эффективности ПМО в соответствии с [179], о возможно несвоевременном или неполном выявлении заболеваний. Не в последнюю очередь на показатели заболеваемости ПНСТ, влияют критерии, используемые для оценки нарушений слуха [38].

Исследование профессиональной заболеваемости у работников воздушного транспорта в Арктической зоне РФ [267] также показало, что в структуре профессиональной патологии доминирует ПНСТ (99,6%), которая выявлялась у членов летных экипажей при стаже 20-40 лет. Повышенный риск возникновения ПЗ, по сравнению с работающим населением, данного региона, отмечался у пилотов (ОР=2,77; ДИ 2,45-3,15) и бортмехаников (ОР=1,21; ДИ 1,00-1,48). Превышение общего регионального уровня заболеваемости составило 2,59-7,58 раза, а общероссийского - по всем видам экономической деятельности – в 22,2-46,5 раза. Таким образом, более жесткие климатические условия работы пилотов в Арктической зоне, определяют существенно более высокий риск ПНСТ, что выражается, как в большей распространенности заболевания, так и в более раннем его проявлении, чем в целом по стране.

В работе [128] показано, что лица летного состава ГА составляли более 30 % всех пациентов, которым установлен диагноз ПНСТ в нашей стране. Среди них ПЗ выявлялись в 75,3% случаев у пилотов и КВС, в 16% - у бортмехаников и бортинженеров, в 8,7% - у штурманов. Их возраст колебался от 41 до 64 лет (средний возраст - 53,24 года). Стаж работы в условиях воздействия АН составлял 34 (13-41) года, налет - 14717 (6301-20462) часов.

Сопоставимые данные приведены в источнике [5]. Автором установлено, что из всех работающих в условиях воздействия шума в РФ, члены летных экипажей составляют 0,9%, однако на эту группу приходится 28% случаев ПНСТ, регистрируемых в стране.

Состояние профессионального здоровья трудового коллектива может оцениваться по частоте дисквалификаций, в связи с развитием у работников хронических заболеваний, являющихся противопоказаниями к продолжению работы, в соответствии с требованиями Приказа Минздрава России от 28.01.2021 N 29н (ред. от 01.02.2022) [174]. Однако в этой области статистики имеются лишь разрозненные данные за отдельные годы. Так, по данным статистических отчетов Центральной и других ВЛЭК в 2013 году было освидетельствовано 22 118 лиц летного состава. Из них 2,6% были признаны негодными к профессиональной деятельности, в т.ч. 1,5% человек - по НСТ, остальные по общим заболеваниям. В этих условиях своевременное выявление заболевания, недопущение его перехода в хроническую форму [263] является основной задачей медицинского обеспечения летного состава.

В работе [265] сообщается, что по данным ВЛЭК здоровыми признаны лишь 45% обследованных (летчики, бортовые специалисты армейской и военно-транспортной авиации). Наиболее часто регистрировались болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (33,3%), глаза и придаточного аппарата (19,8%), пищеварительной системы (15,5%), системы кровообращения (14,5%), определяющие более 83% органной патологии обследованного контингента. У летчиков достоверно чаще, чем у бортовых специалистов, встречались болезни систем: костно-мышечной, пищеварения и

кровообращения, что может быть объяснено более высокой напряженностью труда. Однако работ, содержащих количественную оценку взаимосвязи условий труда пилотов с их заболеваемостью, недостаточно. Представляются данные [402], показавшие в 3 раза более высокое распространение катаракты среди пилотов, по сравнению со среднепопуляционным, что объясняется воздействием космической радиации и других факторов среды (УФИ, ЭМП).

Интерес представляет также исследование [386], в котором представлена структура причин дисквалификации пилотов. Больше трети случаев – заболевания сердечнососудистой системы (34%), далее следуют неврологические заболевания (18,2%), рак (9,1%), психические расстройства (9,1%), травмы (5,5%), респираторные (4,8%), диабет (4,8%), болезни органа зрения (4,2%), алкоголизм (3,7%), болезни костно-мышечной системы (3%), органа слуха (3%), алиментарные (1,2%), почечные (0,6%). Таким образом, даже не основное профессиональное заболевание пилотов - ПНСТ, является ведущей причиной их дисквалификации, а болезни, обусловленные чрезмерной летной нагрузкой, стрессом, перенапряжением, другими факторами летного труда. Сопоставимые данные приводятся [86]. Распространенность заболеваний и причины дисквалификации составляли, соответственно: ССС - 45 и 58%, болезни нервной системы 32 и 22%, хирургическая патология – 25 и 21%, желудочно-кишечная - 4 и 6%, болезни обмена – 3 и 5%.

Злокачественные новообразования составляют 4,9% в структуре общей заболеваемости пилотов [121]. По данным ЦВЛЭК ГСГА МТ РФ (1997). В то же время израильские исследователи [414] считают, что частота возникновения онкологических заболеваний у пилотов ГА не выше, чем в генеральной популяции, но при анализе локализации опухолей у пилотов чаще, чем в генеральной популяции–встречается меланома. Авторы [48] отмечают, что из злокачественных новообразований у пилотов ГА диагностируются аденома, карциноид, меланома, базалиома, рак, семинома с локализацией - кожа, язык, гортань, легкое, желудок, поджелудочная железа, толстый кишечник, почка, предстательная железа, яичко. Злокачественные новообразования органов

дыхания составляли 5,9%, желудочно-кишечного тракта — 11,8%, мочеполовой системы — 17,6%, кожи — 17,6% [121]. Высокий процент рака кожи может являться следствием сочетанного воздействия ионизирующего и ультрафиолетового излучений.

Среди пилотов выявляется высокий риск развития меланомы и смертности от этого заболевания. Так, согласно [411], заболеваемость меланомой среди КВС и бортпроводников выше, чем среди населения в целом в 2,22 и 1,83 раза, соответственно. Это связывают с воздействием ультрафиолетового излучения, радиации, ЭМП и нарушением циркадных ритмов [16, 401, 411]. Установлено, что нарушение регуляции циркадных ритмов, связанное со снижением способности устранять клеточные стрессоры на локальном и глобальном уровнях, увеличивает склонность к развитию опухолевых новообразований [353].

Важными факторами полета являются ЭМП разных диапазонов (РЧ, СВЧ), действие которых на организм человека остается недостаточно изученным. Известно, что животные и человека весьма чувствителен к воздействию ЭМП РЧ, однако его проявления неспецифичны и малозаметны. К критическим органам и системам относят ЦНС, глаза, гонады, кроветворную систему. Описаны эффекты со стороны ССС нервной, гематологической и нейроэндокринной систем, иммунитета, обменных процессов, имеются данные об индуцирующем влиянии ЭМП на процессы канцерогенеза. Симптомы и течение хронического воздействия не имеют строго специфических проявлений. Чаще на начальных стадиях заболевания выявляется астенический синдром в виде жалоб на головную боль, повышенную утомляемость, раздражительность, боли в области сердца. Возможны изменения в хрусталиках глаз (например, у военных, обслуживающих радары, у специалистов по радио- и телеаппаратуре). Указывается на большую частоту отклонений в состоянии здоровья у специалистов аэропортов ГА, эксплуатирующих средства локации, навигации и связи и др. Отдаленными последствиями хронического воздействия ЭМП являются: ранний атеросклероз, ИБС, ГБ, синдром

депрессии, болезни Альцгеймера и Паркинсона, прогрессирующая мышечная атрофия, ускоренное старение организма [57]. Многие из описанных симптомов весьма характерны для лиц летних профессий. В связи с этим, необходимыми являются долгосрочные медицинские наблюдения за состоянием здоровья членов летних экипажей в сопоставлении с данными гигиенической оценки воздействующих ЭМП в целях определения значимости этого фактора, в том числе с учетом сочетанного действия с НТ данного контингента работающих и разработки мер профилактики.

Характерным для длительной работы с ВДТ является развитие компьютерного синдрома [152, 274], обусловленного особенностями экранного изображения (самосветящееся, а не отраженное, с низкой контрастностью, наличие мерцания экрана, частые перепадами яркости), а также временем работы с ВДТ (продолжительностью фиксации взора на экране, частой переадаптацией глаз с экрана на бумажный носитель и обратно). Этот синдром является одним из главных негативных эффектов работы с дисплеем [154].

В связи с высокой степенью усложнения деятельности, связанной с информационным воздействием и решением зрительных задач, большую значимость приобретает профессиональная надежность оператора при выполнении конкретной визуальной деятельности, проблемы которой решает офтальмоэргономика [182]. При этом определенное значение имеет разрешающая способность экранов дисплеев ВС [245].

Результатом зрительного утомления, связанного с сенсорными нагрузками, является астенопия [214]. Состояние может развиваться после 2-х часов работы перед экраном ВДТ, чаще при расстоянии менее 30-40 см. Сопровождается физическим дискомфортом (боль в шее, плечах, спине, головная боль, боль в глазах, слезотечение, синдром сухого глаза – раздражение, покраснение, зуд). Сухой воздух ускоряет появление астенопии.

При этом появляется быстрое утомление, затуманенность зрения, двоение предметов. Частота развития данного синдрома составляла 28,5%, причем лица, работающие на компьютере более 4 часов за смену, в 96% случаев

отмечали его наличие, что проявлялось у них в различном снижении остроты зрения, наличии спазма аккомодации и других изменениях зрительного анализатора [21]. Эти факты объясняют значительную распространенность болезней органов зрения у пилотов, у которых длительность наблюдения за экранами ВДТ, достигает, в ряде случаев, 100% времени полетной смены [154].

По результатам анализа показателей смертности летного состава, выполненного в 90-х годах, установлено, что основными причинами смерти являются: травмы и несчастные случаи (39,7-68,2%), сердечно-сосудистые заболевания (от 18,1 до 29,5%), онкологическая патология (6,5%-18%) и суициды (7,7%-12,2%) [105]. Эти данные подтверждаются результатами когортного эпидемиологического исследования, проведенного в 10 различных странах мира, в котором установлено, что высокий риск смерти пилотов, по сравнению с населением, связан с АП: СОР смерти = 33,9 [42, 375].

Основными причинами смерти в полете являются заболевания системы кровообращения. Имеется множество примеров со смертельными исходами или с потерей трудоспособности пилотов во время полета из-за плохого самочувствия, несмотря на то, что все они проходили медицинские обследования, многие – углубленные, незадолго до этого.

За период с 1960 по 2014 гг. средний возраст смерти пилотов ГА составил 58,5 лет, в то время как для мужского населения старше 20 лет в совокупности от всех причин - 64,7 лет [78], а по данным [386] соответственно - 61 и 63 года, то есть данные сопоставимы.

Летная нагрузка оказывает влияние на ускоренное старение организма [210] и более раннюю возрастную перестройку системы кровообращения пилотов. В работе [86] показано, что большинство исследуемых показателей (ЧСС, АДс, АДд, ударный и минутный объем, периферическое сопротивление), по своим величинам превышали значения, характерные для молодого и зрелого возраста, и в большей степени были близки к значениям показателей лиц пожилого возраста. Результаты сравнительного анализа позволили заключить, что 30-летние лётчики по состоянию гемодинамики могут быть приравнены к

здоровым лицам, возраст которых составляет 45 лет и более. Это связывают, в первую очередь с тем, что комплексное влияние факторов полётов и профессиональная деятельность пилотов, приводят состояние организма к десинхронозу, сопровождающемуся напряжением функции кровообращения.

Расчеты [263] показывают, что продление профессионального долголетия 1000 лётчиков 1-го класса на 5–7 лет даёт экономию в 15–20% денежных средств, затрачиваемых на их подготовку [201], что дает экономическое обоснование эффективности профилактических мероприятий и сохранения профессионального здоровья [204, 253].

Заключение по главе 1

Проведенный анализ литературы обосновывает значимость комплексного исследования современного состояния условий труда пилотов, роли напряженности трудового процесса в развитии утомления пилотов ВС ГА и повышении риска АП, преждевременном ухудшении состояния их здоровья по показателям общей, профессиональной заболеваемости и смертности для разработки мер поддержания высокой работоспособности членов летных экипажей, как в течение отдельной полетной смены, так и всего стажа работы и повышения безопасности полетов.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объектов исследования были выбраны члены летных экипажей (командиры воздушных судов (КВС) и вторые пилоты (2П), имеющие действующий летный сертификат. В качестве единиц наблюдения оценивались их условия труда и состояние здоровья по результатам гигиенических, анкетно-опросных, хронометражных, психофизиологических, эпидемиологических и статистических исследований. Работа выполнялась в 5 этапов (рисунок 2.1).

На первом этапе по данным литературных источников и СГХ условий труда проведен анализ особенностей летного труда и определены факторы производственной среды и трудового процесса, важные для оценки условий труда летного состава и требующие дополнительного изучения.

Второй этап включал организацию анонимного анкетного опроса пилотов (разработка формы анкеты, её согласование и размещение на сайте ФГБНУ «НИИ МТ»), подготовку материально-технической базы для проведения исследований на авиатренажерах (разработка дизайна исследований, выбор базы для моделирования полета на самолетах Boeing 737-800, Airbus A-320, Sukhoi Superjet 100, отбор пилотов), а также формирование запросов в различные ФОИВ (Минтруд России, Минздрав России, Роспотребнадзор, Росавиация, ПФР).

На третьем этапе проводились комплексные исследования, программа которых включала: ретроспективную оценку условий труда пилотов по результатам анализа СГХ, анализ результатов сертификационных испытаний ВС, углубленный анализ факторов риска АП по результатам расследования МАК; текущий анализ условий труда по данным анкетирования пилотов, хронометражным исследованиям при выполнении СОП по РЛЭ конкретных ВС, летным нагрузкам в ходе выполнения полетов на авиатренажерах; исследования динамики функционального состояния пилотов при моделировании условий полета на авиационных тренажерах; анализ хронической заболеваемости; анализ смертности пилотов.

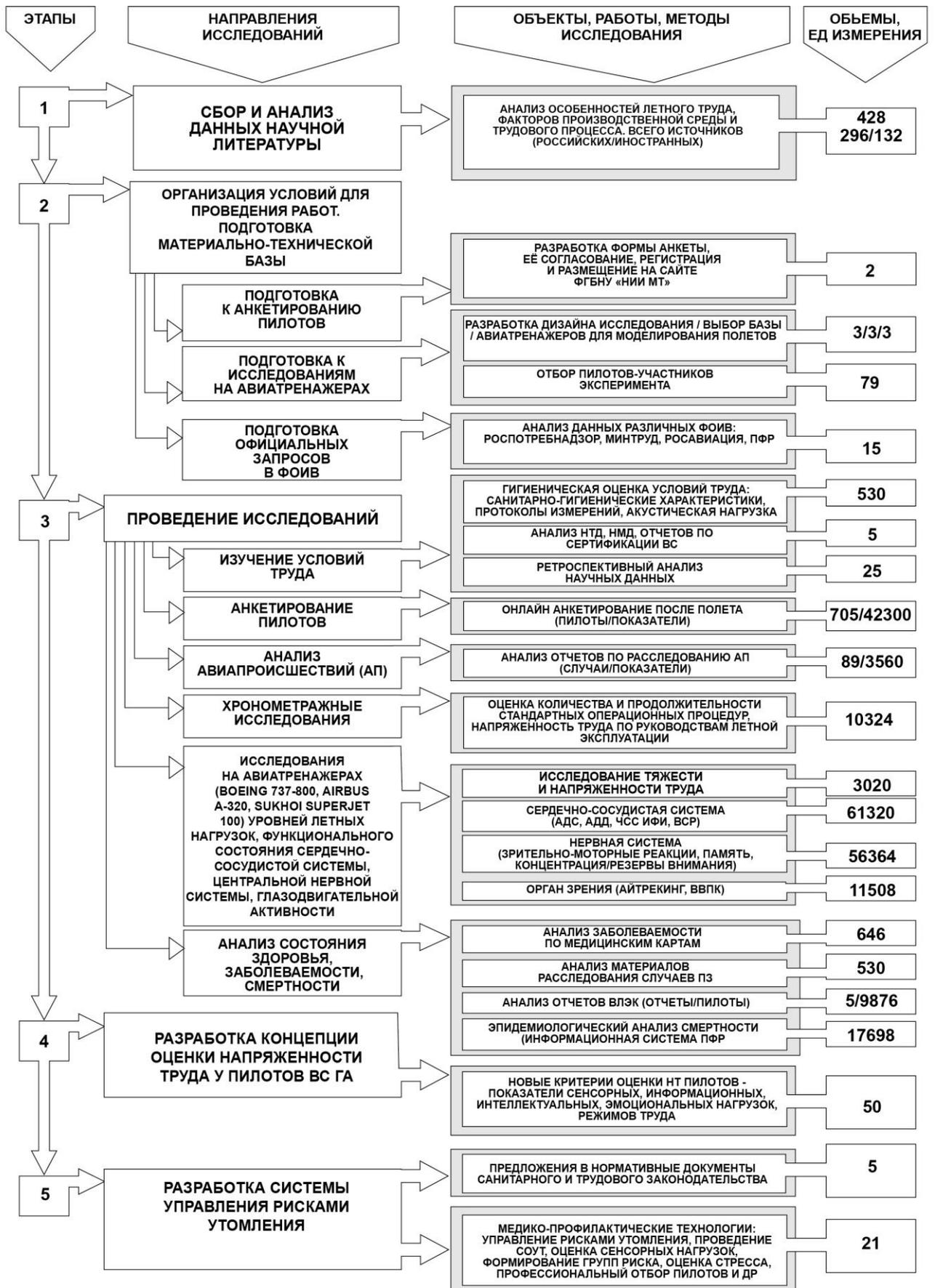


Рисунок 2.1 – Общая структурная схема диссертационного исследования

Четвертый и пятый этапы включали разработку концепции оценки НТ пилотов и системы управления рисками, связанными с утомлением (СУРУ), реализованных в виде комплекса утвержденных на региональном уровне, уровне образовательных учреждений методических документов и проектов ведомственных нормативных актов.

Ретроспективную гигиеническую оценку условий труда пилотов проводили по результатам анализа 530 санитарно-гигиенических характеристик (СГХ) условий труда пилотов, находившихся на обследовании в клинике ФГБНУ «НИИ МТ» в связи с подозрением на профессиональное заболевание в период 2014-2020 гг. Все факторы, указанные в СГХ оценивались в целях выявления превышения фактических значений показателей, относительно ПДК/ПДУ с определением класса условий труда по каждому фактору с установлением общего класса вредности условий труда. Используются методы гигиенической оценки и классификации условий труда с расчетом акустической нагрузки.

Дополнительными источниками информации для оценки факторов производственной среды являлись: результаты сертификационных испытаний ВС, где указаны паспортные характеристики; результаты инструментальных исследований, выполненных на базе ФГБНУ «НИИ МТ» и в других испытательных лабораториях; регламенты выполнения полетов по РЛЭ и данные метеостанций. Часть факторов (ионизирующее излучение и химический фактор) оценены по данным научной литературы. На основании собранных данных проведена комплексная оценка и классификация условий труда пилотов по степени вредности и опасности по всем производственным факторам, которые могут регистрироваться при выполнении летного труда в современных условиях по критериям Руководства Р 2.2.2006-05 [235]. Результаты исследований на авиационных тренажерах позволили получить фактическую характеристику показателей напряженности трудового процесса и также дать им оценку по критериям Р 2.2.2006-05 с учетом дополнительных предложенных показателей.

Факторы трудового процесса с оценкой уровня летных нагрузок оценивали при проведении хронометражных исследований в рамках выполнения пилотами стандартных операционных процедур (СОП) по РЛЭ в исследованиях на 3-х авиационных тренажерах: тяжесть труда – по времени пребывания в фиксированной рабочей позе сидя, напряженность - по уровню сенсорных, эмоциональных, интеллектуальных нагрузок и режима труда, в т.ч. по анализу соблюдения режимов труда и отдыха пилотов по отчетам исследований АП.

Классы НТ пилотов устанавливались с учетом данных анализа всех СОП, указанных в РЛЭ, и были разделены на 6 групп по виду сенсорных нагрузок: длительность сосредоточенного наблюдения за параметрами работы систем ВС (% полетного времени), плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час полетного времени, число производственных объектов одновременного наблюдения, наблюдение за экранами мониторов (часов в полетное время), нагрузка на слуховой анализатор, нагрузка на голосовой аппарат. Для каждой СОП фиксировали кратность и длительность её выполнения [96, 97].

Дополнительно, оценивались сенсорные нагрузки на разных этапах выполнения полетного задания (предполетная подготовка, подготовка кабины воздушного судна, запуск двигателей, руление, взлёт, набора высоты, горизонтальный полёт, снижение, заход на посадку, посадка, руления после посадки, послеполетных работ). Такой алгоритм проведения хронометражных исследований по РЛЭ позволил с высокой степенью объективности зафиксировать всю сенсорную нагрузку, которая была внесена в отчетную матрицу (таблица 2.1) и содержала информацию: код операции в соответствии с РЛЭ, описание действий членов экипажа, длительность выполнения операции (с), кратность выполнения операции (количество), суммарное время выполнения операции (с), наименование показателя сенсорной нагрузки, класс НТ по показателю сенсорной нагрузки (оценивался суммарно).

Таблица 2.1 – Матрица распределения рабочих операций

Код операции	Название операции в соответствии с РЛЭ	Описание действий членов экипажа	Длительность выполнения операции (с)	Кратность выполнения операции (час)	Суммарное время выполнения операции (с)	Пункт показателя сенсорной нагрузки	Класс напряженности труда по показателю сенсорной нагрузки
1							

На основании измерения объема входящей и перерабатываемой информации при моделировании условий полета на тренажерах разработаны критерии новых показателей НТ - информационные и интеллектуальные нагрузки: частота сменяемости изображений/значений на экране приборов (раз/мин), объем информационных потоков в единицу времени (бит/с), количество многофункциональных приборов (более 10 бит/с), время фиксации взгляда на приборе. Их оценка проводилась по данным хронометражных исследований и айтрекинга. Учет эмоциональных нагрузок (стресс-факторов) проводился по количеству запланированных взлетов-посадок в сложных условиях, с анализом числа и критичности ошибок в управлении ВС [39, 96].

Проведена оценка роли НТ, утомления и стресса пилотов ГА в возникновении АП по составленной базе данных авиационных событий за период с 2010 по 2021 гг., произошедших с российскими ВС отечественного (65 случаев) и иностранного производства (18 случаев), а также случившихся на территории России с ВС, принадлежащими иностранным компаниям (6 случаев) – всего 89 АП. Сведения об АП внесены в собственную базу данных, источниками информации которой являлись открытые данные - результаты расследований АП на сайтах Межгосударственного авиационного комитета - МАК, Aviation Safety Network («База данных несчастных случаев, ASN»), Международной организации гражданской авиации (ИКАО/ICAO), Международной ассоциации воздушного транспорта (IATA), Росавиации с учетом Правил расследования авиационных происшествий [175]. Используются также источники официальной статистики из статистических сборников [272].

В базу данных включены сведения о типах ВС, длительности их общей эксплуатации, месте АП, количестве пострадавших, длительности полета до АП, этапе полета при АП, состоянии метеоусловий при взлете/посадке, времени

суток и других обстоятельствах АП, включая данные о членах экипажа - их возрасте, стаже, часах налета, квалификации, уровне владения иностранным языком, о состоянии здоровья, наличии утомления (по результатам заключений медэкспертов, участвовавших в расследованиях АП) и стресса (по данным анализа ведения переговоров членов экипажа между собой и с авиадиспетчером, другим признакам по заключению комиссии), сведения о соблюдении норм полетного времени за полетную смену, месяц, год, о соблюдении РТО, длительности и качестве предполетного отдыха, количестве взлетов и посадок за прошедший месяц, о распределении полетной нагрузки за год, психологическом климате в экипаже и т.п. – всего 40 показателей (3560 единиц наблюдения). Для всех исследованных показателей определена частота причин (%) возникновения АП, в том числе авиационных катастроф (АК), распространенность факторов утомления и стресса (%), рассчитано отношение шансов (OR) возникновения АП, в т.ч. АК [96].

Анкетно-опросные методы включали проведение онлайн анкетирования среди 705 пилотов ВС ГА после выполнения ими реального полета по специально разработанной анкете, содержащей два блока вопросов: общие – 11 вопросов; специальные – 59 вопросов. При анализе ответов на общие вопросы были получены данные о профессии, возрасте, стаже летной деятельности, типе ВС, полетном и общем рабочем времени в неделю/месяц/год, сложности совершенных полетов. При анализе ответов на специальные вопросы получены данные: об уровнях НТ (интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные нагрузки, степень монотонности труда, режим работы) – 14 вопросов; уровнях факторов, влияющих на развитие утомления (количество взлетов/посадок и пересекаемых часовых поясов за полетную смену/неделю/месяц, качество сна, количество ночных смен, показатели работоспособности, состояние после полета) – 24 вопроса; ошибках деятельности – 21 вопрос. Для исключения аггравации, получения высокой надёжности и валидности результатов исследования в анкету были включены вопросы, написанные по-разному, но имеющие один и тот же смысл, позволяющие оценить правдивость заполнения

анкеты респондентами. Анкета составлена на основании рекомендаций Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) по внедрению в авиакомпаниях системы управления рисками, связанными с утомлением пилотов [96, 97, 364] и была размещена на официальном сайте ФГБНУ «НИИ МТ» для возможности удаленного её заполнения пилотами.

В исследовании для оценки напряженности труда, уровня летных нагрузок и их влияния на функционального состояния пилотов проведено моделирование 40 полетов на авиатренажерах (рисунок 2.2) самолетов Boeing 737-800 (40%), Airbus A-320 (30%), Sukhoi Superjet 100 (30%) в тренажерных центрах ФГБОУ ВО СПбГУ ГА имени А.А. Новикова и ФАУ «ГосНИИАС».



Рисунок 2.2 – Полнофункциональный тренажер самолета Boeing 737-800

Каждая кабина ВС представляла собой копию соответствующего ВС, имеющую 99% сходство с реальным самолетом. Данные типы самолетов составляют 52 % парка ВС РФ [97]. Полеты продолжительностью 240 минут смоделированы на основании реальных ситуаций, имевшихся в базе данных авиационного тренажера (координаты, высота, скорость движения, метеорологические условия, аварийные ситуации и т.д.), которые были стандартизированы по длительности и сложности. Каждая полетная сессия проходила по следующему алгоритму. Была смоделирована профессиональная деятельность пилотов 2-х видов: 1) без отказа пилотажно-навигационных систем в стандартных условиях (взлет/набор высоты; горизонтальный полет;

снижение/посадка) - 3 этапа по 15 минут; 2) с отказом пилотажно-навигационных систем в нестандартных условиях (сильный боковой ветер и туман; отказ двигателя; уход на второй круг; пожар двигателя; сдвиг ветра на высоте 1200 м, визуальный заход на посадку) – 5 этапов по 15 минут [96].

Отбор пилотов для проведения исследований на тренажерах осуществлялся по специальным критериям, исходя из уровня их квалификации и состояния здоровья (таблица 2.2). В исследование были включены 79 пилотов в возрасте от 30 до 55 лет, не имевших медицинских противопоказаний и допущенных к полетам по результатам ВЛЭК – с действующими летными сертификатами. Пилоты подписали информированное добровольное согласие.

Таблица 2.2 – Критерии включения/исключения из исследования

Критерии включения	Критерии исключения
- возраст пилотов 30-55 лет; - допуск к эксплуатации ВС типа Boeing 737-800, Airbus A-320, Sukhoj Superjet 100	- обнаружение в выдыхаемом воздухе следов алкоголя; - обнаружение на теле следов от инъекций; - острые инфекционные заболевания, лихорадящие состояния, обострения хронических заболеваний
- здоровые пилоты, имеющие действующее медицинское заключение ВЛЭК, подписавшие информированное согласие на участие в исследовании	- заболевания ССС (ИБС, стенокардия, постинфарктный и атеросклеротический кардиосклероз с хронической коронарной недостаточностью, аневризма сердца или аорты, миокардиты любой этиологии; пороки сердца; нарушения ритма сердца и проводимости; сердечно-сосудистая недостаточность; ГБ II и III стадии);
- отсутствие употребления лекарственных препаратов, в том числе, наркотических средств и психотропных веществ	- хронические неспецифические заболевания легких; - бронхиальная астма; - нарушения свертываемости крови, анемия; - последствия перенесенных черепно-мозговых травм; - нервно-мышечные заболевания (миопатия, миастения)
- отсутствие работы в ночную смену в последние сутки перед началом исследования; - наличие отдыха не менее 10 часов до начала проведения исследования.	- заболевания печени, желчнокаменная и мочекаменная болезнь; - нарушение остроты зрения с изменениями на глазном дне, состояние после отслойки сетчатки, глаукома; - остеохондроз позвоночника, осложненный грыжами дисков, спондилезом, миелопатией, болевым синдромом, вертебробазилярной недостаточностью.

Функциональное состояние пилотов оценивали в динамике полетов по изменению физиологических показателей сердечно-сосудистой, центральной

нервной систем, органа зрения, умственной работоспособности. Оценка показателей осуществлялась на предполётном, полетном и послеполетном этапах.

Было выделено две группы пилотов: 1 группа (44 пилота, у которых отсутствовала выраженная однонаправленная динамика изменения скорости сенсомоторных реакций) и 2 группа (36 пилотов, у которых имелась выраженная однонаправленная динамика изменения скорости сенсомоторных реакций). Дизайн исследования представлен на рисунке 2.3.

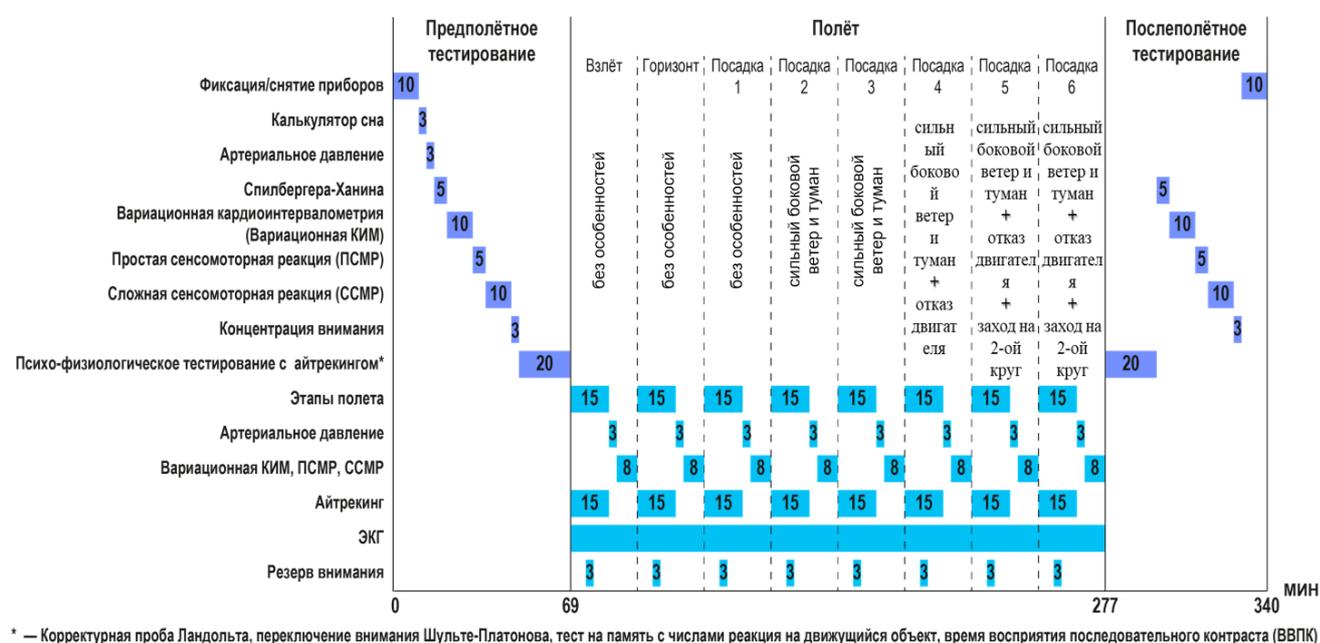


Рисунок 2.3 – Дизайн исследований на комплексных тренажерах

Для оценки функционального состояния пилотов использовали комплекс различных методов.

1. Оценка качества сна по методике «Калькулятор сна». Качество и достаточность сна оценивали перед началом исследования по методике «Калькулятор сна», с целью исключения наличия утомления у пилотов, не связанного с рабочей нагрузкой. В «Калькуляторе сна» [313, 334] заложен принцип суммарной балльной оценки вероятности наступления утомления, связанного с недостатком времени сна за последние 48 часов. Недостаток сна определяли на основании недавней истории сна полученной от пилота: по

количеству часов сна за последние 24 часа (X), за 48 часов (Y), количеству часов с момента последнего сна (Z). Общий балл качества сна (вероятность наступления утомления) рассчитывали по формуле: $F=X+Y+Z$. Если X составлял меньше 5 часов, то за каждый час пилоту добавляли 4 балла. Если Y составлял меньше 12 часов, то за каждый час пилоту добавляли 2 балла. Если Z превышал Y, то за каждый час пилоту добавляли 1 балл. Оценка вероятности утомления соответствовала следующей шкале баллов: 0 - отсутствует вероятность утомления; 1-2 – ничтожно мала; 3-4 – малая, 5-6 – средняя; 7-8 – высокая; 9-10 – очень высокая; более 11 – почти 100%. Удовлетворительным результатом считались значения 3-4 балла, при которых возможно снижение концентрации внимания, однако риск утомления малый и качество сна достаточное.

2. Определение личностной и ситуативной тревожности (методика Ч.Д. Спилбергера, адаптация Ю.Л. Ханина) [282, 418]. При помощи бланковых тестов Спилбергера в модификации Ханина, определяли уровень личностной и ситуативной тревожности для оценки однородности пилотов, участвовавших в эксперименте, по данным показателям. Интерпретация результатов проводилась по следующей шкале оценок: до 30 баллов – низкая; 31-44 балла – умеренная; более 45 – высокая [111].

3. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Для исследования функционального состояния сердечно-сосудистой системы определяли показатели САД и ДАД по методу Короткова, частоту сердечных сокращений (ЧСС) с помощью тонометра Meditech МТ-60 (ЗАО «Москва-Амрос», Россия), рассчитывали индекс функциональных изменений по Р.М. Баевскому [19, 115, 285, 288, 290], проводили вариационную кардиоинтервалометрию с помощью устройства психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 – «Психофизиолог» (ООО НПКФ «Медиком МТД», Россия) и оценку вариабельности сердечного ритма (ВСР) с помощью комплекса суточного мониторинга ЭКГ «Эксперт-холтер» (ООО НПО «Медэксперт», Россия) в 6 стандартных отведениях. Сбор данных проводился с

помощью программного обеспечения «ArmaSoft» РФ, обработка данных R-R интервалов велась в программе KubiosHRV (Premium, v. 3.5.0, Kubios Oy, Финляндия) с проверкой и коррекцией артефактных участков и использованием встроенного алгоритма идентификации и коррекции отклоняющихся R-R интервалов [377]. Анализ динамических рядов кардионтервалов проводили на основании расшифровки «коротких» записей, состоящих из 3-х последовательных 5-ти минутных интервалов. Основными методами анализа кардиоинтервалов были статистические (RR, SDNN, HR, Min & Max HR, RMSSD, NN50, pNN50 и др.), геометрические (триангулярный индекс HRV, индекс триангулярной интерполяции TINN, индекс напряжения Stress-index) и спектральные (пиковая частота, абсолютная/относительная мощность VLF, LF, HF, отношение LF/HF и др), всего 55 соответствующих характеристик.

4. Оценка состояния ЦНС по показателям сенсомоторных реакций, концентрации внимания и оперативной памяти. Для анализа уровня операторской работоспособности и стабильности сенсомоторных реакций применяли простую и сложную зрительно-моторную реакцию (ПЗМР и СЗМР) на устройстве психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 «Психофизиолог» (ООО НПКФ «Медиком МТД», Россия). Оценивалось 12 показателей, в т.ч. среднее время реакции (МО, мс), среднеквадратическое отклонение (СКО, мс) оценка быстроедействия/уровень сенсомоторных реакций (Р, отн. ед.), уровень активации ЦНС (KL, баллы), суммарное число ошибок (количество).

Для оценки концентрации внимания применяли комплекс «ВЫБОР» ОАО «КОНЦЕПЦИЯ» г. Москвы. В течение 5 минут исследования пилотам предъявлялись значимые и незначимые сигналы по типу теста на оценку сенсомоторных реакций, с включением дополнительных помех на 2-й и 4-й минутах. Оценивалось 14 показателей, в т.ч.: сумма правильных нажатий, сумма «тревожных» ошибок, сумма смысловых ошибок, сумма пропусков (количество); среднее время реакции (МО, мс), среднеквадратическое

отклонение (СКО, мс); коэффициенты точности избирательного внимания, концентрации внимания, устойчивости внимания, успешности работы (%).

Для оценки устойчивости, объема, степени концентрации внимания использовалась корректурная методика, проводимая с помощью теста с кольцами Ландольта. Определяли время выполнения теста, количество допущенных при этом ошибок и рассчитывали скорость переработки информации (бит/с) [109, 139, 271].

Для оценки показателей высшей нервной деятельности применяли тест «память на числа», изучая кратковременную и долговременную память. При анализе кратковременной памяти воспроизведение показанных цифр производится через 30 с после предъявления теста, а при оценке долгосрочной памяти – через 30 минут. Показатель объема оперативной памяти оценивается по количеству запоминаемых и правильно воспроизведённых чисел, кроме того, фиксируется количество ошибок.

5. Оценка состояния аккомодации, зрительного утомления, глазодвигательной активности (айтрекинг). Для изучения особенностей формирования зрительного утомления определяли объем абсолютной аккомодации с помощью аккомодометра АКА-01 в соответствии с инструкцией по применению прибора. Для этого определяли ближайшие и дальнейшие точки ясного видения, а расстояние в диоптриях между ними представляет собой абсолютный объем аккомодации. Положительные результаты - объем аккомодации $7,52 \pm 0,64$ дптр.

Дополнительно проводили диагностику зрительного утомления и оценку функционального состояния сетчатки глаза по методике В.В.Коваленко и Л.М. Гавриловой [117] (время восприятия последовательного контраста (ВВПК)). Регистрировали латентное время появления (t_1) и время удержания отрицательного последовательного образа (t_2). Уменьшение t_2 более чем на 15% и далее и достоверное увеличение t_1 свидетельствует о наличии зрительного утомления. Положительный результат тестирования: ВВПК $13,08 \pm 0,75$ сек.

Для регистрации и оценки показателей глазодвигательной активности в соответствии с инструкцией по эксплуатации применялся мобильный айтрекер SMI ETG в форме очков с программным обеспечением iView ETG 2.7, частотой регистрации 30 Гц, разрешением – 0,1 углового градуса, погрешностью – 0,5 углового градуса. Первичная обработка данных айтрекера выполнялась при помощи программного обеспечения SMI BeGaze 3.7. Оценивали динамические характеристики взгляда: фиксации, саккады, моргания (количество, длительность, скорость, кривизна траектории). С помощью айтрекера впервые проводили количественную оценку сигналов и анализ распределения внимания по различным зонам информационно-управляющего поля кабины ВС [96].

б. Определение резервов внимания и ошибок деятельности. В исследовании проводили оценку резервов внимания. Оценивали диапазон резервных возможностей пилота, давая дополнительные задания на фоне выполнения основной деятельности, с применением аппаратного комплекса – блок «Резервы внимания (ООО «Констел», Россия). Определяли временные характеристики выполнения дополнительной задачи (мс), содержание и количество ошибочных действий, загруженность внимания пилота (%).

Ошибки деятельности в ходе выполнения полетного задания оценивались совместно с пилотом-инструктором путем сравнения отклонений элементов и параметров полета от нормативных показателей в соответствии с программой подготовки летного состава [229]. Регистрировались не одиночные, а устойчивые отклонения параметров полета от заданных, по следующим критериям: техника пилотирования; правильность навигации; выполнение операционных процедур; взаимодействие в экипаже и распределение внимания; ведение радиосвязи. Каждая ошибка по степени значимости для безопасности полета оценивалась от 1 до 5 баллов. В исследовании оценивался интегральный балл ошибок деятельности – как произведение количества ошибок на их значимость, выраженный в баллах.

Функциональное состояние пилотов после выполнения полета оценивали по анализу динамики (прирост/убыль) 5-ти физиологических показателей, отражающих состояние ССС, ЦНС, органа зрения по отношению к индивидуальным начальным уровням: скорость сенсомоторных реакций; объем оперативной памяти; концентрация и распределение внимания; ИФИ; ВВПК. По каждому показателю устанавливалась соответствующая степень напряжения функциональных систем: напряжение I, напряжение II, перенапряжение в сопоставлении с оценкой степени напряженности трудового процесса (таблица 2.3). Кроме анализа по отдельным показателям, применен метод суммарной оценки напряжения и предложен интегральный балл напряжения, который рассчитывался на основании суммирования баллов (от 0 до 3) по всем 5-ти физиологическим показателям.

Таблица – 2.3 Балльная оценка функционального состояния пилотов

Физиологические показатели		Степень напряжения и соответствующий ей класс условий труда			
		отсутствует	напряжение I степень	напряжение II степень	перенапряжение
		класс 1	класс 2	класс 3.1	класс 3.2
Концентрация внимания (% снижения)	уровень	до 5,8	5,9 - 12,1	12,2 - 18,5	более 18,6
	балл	0	1	2	3
Объем памяти (% снижения)	уровень	до 5,4	5,5 - 13,7	13,8 - 22,1	более 22,2
	балл	0	1	2	3
ИФИ (баллы)	уровень	до 2,30	2,31 - 2,60	2,61 - 2,80	более 2,81
	балл	0	1	2	3
Латентный период ПЗМР (% увеличения)	уровень	менее 1,9	2,0 - 12,0	12,1 - 25,2	более 25,2
	балл	0	1	2	3
ВВПК (% снижения)	уровень	до 6,6	6,7 - 11,0	11,1 - 15,4	более 15,5
	балл	0	1	2	3

Для обоснования новых физиологических показателей (по результатам оценки ВСР и айтрекинга), свидетельствующих о снижении функционального состояния, проводили оценку их динамики (прирост/убыль) в 2-х группах

пилотов с различным уровнем интегрального балла напряжения. Пилоты, получившие менее 8 баллов отнесены к 1 группе (напряжение II), более 8 – ко 2 группе (перенапряжение), они и составили группы сравнения.

Оценку корреляционных связей между различными физиологическими показателями проводили с использованием коэффициента корреляции Спирмена.

Для визуализации выявленных закономерностей и перед построением регрессионных моделей (в рамках предобработки данных) осуществлялась стандартизация количественных показателей. Физический смысл процедуры стандартизации заключается в пропорциональном масштабировании данных с целью их преобразования в безразмерные величины. Стандартизация данных обеспечивает облегчение взвешивания и сравнения различных показателей. Вычисление стандартизованных значений производилось для количественных показателей по следующей формуле:

$$X_{\text{станд}} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sigma_i} \quad (1),$$

где X_{ij} – значение показателя i для исследуемого пилота j , \bar{X}_i – выборочное среднее по показателю i , σ_i – стандартное отклонение по выборке для показателя i . Статистически значимыми считались результаты оценки гипотез при уровне значимости $p < 0,050$.

С целью анализа хронической заболеваемости проведено эпидемиологическое исследование по результатам периодических медицинских осмотров, выполненных в клинике ФГБНУ «НИИ МТ» за период 2011-2018 гг. Исследовалось состояние здоровья пилотов, результаты СГХ по условиям труда, тип ВС, стаж работы, возрастно-половые характеристики. Было выкопировано и изучено 646 медицинских карт работников основной (пилоты $N=547$ и бортмеханики $N=99$) и 290 работников контрольной группы (водители автобусов $N=174$ и операторы энергетических установок $N=146$) за 2014-2020 гг. Изучаемым явлением была частота, распространенность, отношение шансов (OR) развития различных нозологических форм в соответствии с МКБ-10,

динамика накопления хронической патологии, их связь с возрастом, часами налета/стажем, типом ВС, уровнями шума и НТ. Критериями включения в исследование работников основной группы являлось: длительность стажа более 10 лет; превышение уровней шума и НТ на рабочих местах; клинические признаки ПНСТ; наличие СГХ по условиям труда. В качестве первой контрольной группы (водители автобусов), были отобраны работники, имеющие схожие условия труда – превышение гигиенических нормативов по уровням шума и показателям НТ (не выше класса 3.2), в качестве второй контрольной группы (операторы энергетических установок) были отобраны работники, имеющие превышения гигиенических нормативов на рабочем месте только по показателям НТ (не выше класса 3.2). У пилотов, бортмехаников и водителей автобусов условия труда оценивались по результатам СГХ условий труда, у операторов энергетических установок - по картам СОУТ [41].

С целью анализа основных причин профессиональной непригодности пилотов проведено сплошное ретроспективное исследование по данным ВЛЭК. Исследованы результаты медицинского освидетельствования пилотов за отдаленный (1997 г) и настоящий (2017-2020 гг) периоды с анализом общего числа обследованных и дисквалифицированных пилотов, частоты и структуры основных противопоказаний к работе, динамики их изменений. Материалы исследования включали анализ всех пилотов, прошедших обследование в течение календарного года, поэтому изученная выборка рассматривалась как генеральная совокупность, отчеты ВЛЭК содержали информацию об общем количестве пилотов - 9876 человек.

Профессиональная заболеваемость изучена по данным государственных докладов о санитарно-эпидемиологическом благополучии населения за 2010-2021 гг. и официальной информации, полученной по запросу от ФБУЗ ЦГиЭ Роспотребнадзора с анализом числа случаев в профессиональных группах ГА.

Изучение смертности пилотов ВС ГА проведено за период 2014-2020 гг. с использованием цифровой информационной системы Пенсионного фонда России, представляющей собой базу персонифицированного учета населения.

Из системы получены обезличенные данные, включавшие порядковый номер пилота, дата рождения, дата начала и окончания выплаты пенсии на основании N 155-ФЗ от 27.11.2001 г., регион выплаты пенсии, основание прекращения выплаты пенсии, дата смерти.

Основным документом, регулирующим пенсионное обеспечение пилотов ВС ГА, является N 155-ФЗ от 27.11.2001 г., согласно которому пилоты получают льготное пенсионное начисление (доплаты к пенсии) за определенный период работы в качестве члена летного экипажа. Для мужчин период выслуги составляет не менее 25 лет, для женщин – не менее 20 лет; либо не менее 20 лет для мужчин и не менее 15 лет для женщин - при прекращении летной работы по состоянию здоровья. Это позволило качественно сформировать когорту пилотов и включить в нее тех, кто отработал длительный срок в качестве члена летного экипажа и получил высокие экспозиции вредных факторов условий труда. При этом 20 часов налета равнялись 1 календарному месяцу, которые суммировались и составляли выслугу в общих часах налета. В соответствии с Правилами расчета выслуги лет пилотам необходимо было иметь общий налет не менее 6000 часов. Таким образом, при анализе смертности учитывался как календарный период работы, так общее время работы в часах налета [42].

Критерием включения пилотов в когорту являлось завершение летной деятельности и назначение доплаты к пенсии за выслугу лет. В качестве контрольной группы при анализе уровня смертности было принято мужское население России, т.к. доля пилотов мужского пола составляет не менее 98% [299]. С учетом более высокого качества жизни пилотов [131], в контрольную группу принято городское население, для которого уровень социально-экономического обеспечения выше, чем для сельского. Информация об уровнях смертности мужского населения России в различных возрастных группах за период с 2014 по 2020 гг. получена из Базы данных по рождаемости и смертности центра демографических исследований российской экономической школы. Уровень смертности и темпы прироста смертности оценивалась у

пилотов, оставивших летную деятельность, от всех причин смерти в совокупности [42].

При оценки уровней и темпов прироста смертности оценивались следующие показатели: 1) повозрастные коэффициенты смертности для 5-летних возрастных групп, начиная с 35 лет, достоверность различий оценена с помощью t-критерия Стьюдента; 2) стандартизованные по возрасту показатели смертности, стандартизация проводилась прямым методом, за стандарт была принята возрастная структура мужского населения России за 2020 г; 3) риск смерти для пилотов оценен с использованием показателя отношения шансов (OR). Статистическая значимость показателя OR оценена с использованием 95% доверительного интервала (ДИ [95%]) [42].

Статистическая обработка всех полученных данных проводилась с использованием специализированного программного обеспечения SPSS Statistics 23 и Stata 13. В рамках описательной статистики качественные переменные представлялись в виде абсолютных (n) и относительных частот (%); количественные – в виде медианы и межквартильного размаха (Me [Q₁; Q₃]). Для изучения зависимости качественных признаков использовались критерии χ^2 и точный критерий Фишера. Для оценки различий между количественными независимыми переменными использовались критерий Краскела-Уоллиса (для множественных групп) и критерий Манна-Уитни с применением поправки Холма-Бонферрони в качестве post hoc метода (для парных сравнений). Для оценки различий в динамике (для одной переменной в разные моменты времени) применялись критерии Фридмана (для множественных сравнений) и Уилкоксона (для парных) с указанной ранее поправкой. Изучение ассоциации качественных и количественных переменных с бинарными признаками производилось с использованием оценки отношения шансов (OR) и последующего определения для них доверительных интервалов (ДИ [95%]). Для оценки связи качественных и количественных переменных с количеством заболеваний (дискретная количественная переменная) использовались модели пропорциональных шансов с применением

ограниченных кубических сплайнов для количественных предикторов (возраста) с последующей оценкой условной медианы. Связи между строго количественными показателями оценивались с использованием рангового коэффициента корреляции Спирмена. Результаты проверки статистических гипотез считали значимыми при $p < 0,05$ [41, 292].

Заключение по главе 2

Сформированный комплекс гигиенических, эргометрических, психофизиологических, статистических методов позволял провести исследования для достижения цели и решения задач, поставленных в работе. Появление новых способов быстрого получения информации с использованием онлайн анкетных опросов, открытость источников информации об уровнях безопасности полетов и материалов расследований авиапроисшествий, возможности проведения психофизиологических исследований при моделировании полетов на комплексных полнофункциональных авиационных тренажерах современных ВС, использование современных устройств для объективного контроля интенсивности сенсорных нагрузок и выявления признаков утомления позволили на новом уровне выполнить исследования по оценке напряженности труда пилотов в современных условиях, выявить ведущие профессиональные риски и разработать комплексную систему профилактики негативных последствий, включая меры повышения безопасности полетов.

ГЛАВА 3. УСЛОВИЯ ТРУДА ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

3.1. Гигиеническая характеристика производственных факторов на рабочих местах пилотов и особенности их нормирования

Условия труда пилотов характеризуются наличием на их рабочих местах большинства известных производственных факторов. Сочетанное воздействие факторов, превышающих гигиенические нормативы, оказывает общее утомляющее действие и способствует повышению НТ. В связи с этим адекватное гигиеническое нормирование и классификация производственных факторов по степени вредности и опасности, выявление особенностей их воздействия на пилотов, учитывая опыт управления разными типами ВС, является одним из элементов (структурных блоков) концепции оценки НТ членов летных экипажей. При этом качество законодательства, устанавливающего перечень контролируемых факторов, их нормативные значения, имеют решающее значение в обеспечении эффективного контроля и управления рисками утомления.

Гражданская авиация располагает разнообразными типами летательных аппаратов – легких и тяжелых самолетов и вертолетов, имеющих разные конструктивные особенности, технические характеристики и назначение, что определяют большое разнообразие производственных факторов и условий труда летных экипажей. Данные различных литературных источников, приведенные в главе 1, позволили составить полный перечень производственных факторов, которые воздействуют на пилотов, в зависимости от конкретных условий труда. Их номенклатура представлена в таблице 3.1. В то же время, в действующих СП 2.5.3650-20 [255], устанавливающим требования к условиям труда летного состава, нормативы представлены только по трем факторам – шум, микроклимат и световая среда. Для других профессиональных групп транспортной отрасли (работники РЖД, плавсостав и др.) требования установлены по большинству производственных факторов (таблица 3.1). В связи с этим, отсутствие нормативных требований по другим

факторам условий труда членов летных экипажей, делает необязательным проведение их гигиенической оценки и обосновывает отсутствие информации об их реальных уровнях [39].

Таблица 3.1 – Номенклатура регламентируемых факторов условий труда членов летных экипажей СП 2.5.3650-20 [255], в сравнении с профессиями работников других видов транспорта

Фактор	Нормативы для членов летных экипажей	Нормативы для работников других видов транспорта и инфраструктуры
Химический	Отсутствуют	Авиадиспетчеры
Шум	Установлены	Есть для всех видов транспорта и А/Д*
Инфразвук	Отсутствуют	Подвижной состав
Ультразвук	Отсутствуют	Отсутствуют
Вибрация общая	Отсутствуют	Морские/речные суда, подвижной состав
Вибрация локальная	Отсутствуют	Отсутствуют
Микроклимат	Установлены	Есть для всех видов транспорта и А/Д*
Нагрев поверхностей	Отсутствуют	Подвижной состав
ЭМП, ЭСП	Отсутствуют	Морские/речные суда, подвижной состав
УФИ, ИК-излучение	Отсутствуют	Отсутствуют
Ионизирующее излучение	Отсутствуют	Отсутствуют
Освещенность	Установлены	Есть для всех видов транспорта и А/Д*
Эргономика	Отсутствуют	Подвижной состав
Тяжесть и напряженность труда	Отсутствуют	Отсутствуют
*А/Д – авиадиспетчеры		

Производственные факторы на рабочих местах пилотов различных типов ВС могут контролироваться по данным типовых сертификационных испытаний этих ВС, проводимых в соответствии с Воздушным кодексом, Авиационными правилами АП-21, МР-21.004, АП-25 [2, 4, 51, 181, 207]. Поэтому результаты сертификационных испытаний авиационной техники, официальные справочные характеристики, являются практически единственными источниками достоверной информации по факторам для конкретных типов современных ВС. Дополнительные фактические сведения можно получить по результатам анализа СГХ условий труда пилотов.

Шумовой фактор

Шум является одним из ведущих факторов в условиях труда лиц летного состава ГА. Известно, что шум при выполнении высоконапряженных работ оказывает мешающее, утомляющее действие, в связи с чем, его нормативы для подобных видов труда ранее были снижены (в отмененном СанПиН 2.2.4.3359-16 [240] и предшествующих НД). В СП 2.5.3650-20 [255] для членов экипажей ВС, в качестве норматива, установлен технически достижимый уровень в 80 дБА – без учета фактора НТ. В то же время для рабочих мест авиадиспетчеров, в том же СП (п.3.2.1) [255], ПДУ составляет 50 дБА, что показывает возможность учета НТ при регламентации шума, в некоторых случаях. По степени напряженности труд работников этих профессиональных групп, сопоставим. Таким образом, в нормативном документе по данному фактору установлены противоречивые требования, что повышает значимость точной оценки акустической нагрузки и НТ пилотов для контроля рисков утомления и других негативных воздействий.

Имеются существенные отличия в шумовых характеристиках самолетов разных типов, как по частотному составу, так и по степени выраженности. В соответствии с ГОСТ 20296-2014 [67], уровни звука в салонах экипажей самолетов регламентируются отдельно для салонов первого, туристического и экономического классов, а также для дальних, средних, ближних магистральных и местных воздушных линий – ПДУ находятся пределах от 75 до 85 дБА. Более низкие ПДУ установлены для салонов первого класса и дальнемагистральных ВС. Это означает, что в нормативах учитывается необходимость обеспечения определенного уровня шумового комфорта в ряде случаев, а также используется принцип «защиты временем» для ограничения шумовой нагрузки на пассажиров при дальних перелетах. Для кабин экипажей самолетов во всех случаях ПДУ составляет 80 дБА.

Современные типы ВС характеризуются уровнями звука ниже ПДУ в кабинах. Однако, в эксплуатации остаются и достаточно шумные ВС. В настоящее время в России в структуру эксплуатационного парка входит около

25 типов ВС отечественного и 33 типа ВС иностранного производства [272]. Имеющиеся в МУК 2.5.3694-21 [157] данные об уровнях звука в кабинах этих типов ВС, позволили разделить все самолеты на четыре группы (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Группы ВС, исходя из уровней звука в кабине пилотов

Уровни звука в кабине пилотов, дБА	Типы ВС	Удельный вес данных типов ВС, среди всех ВС, используемых в настоящее время, %
1	2	3
Менее 80	Ан-148, Ил-96, Ту-154М, Ту-204-214, Ту-204 100В, Ту-204С, Superjet-100 (SSJ-100, RRJ-95В), А-310, А-319, А-320-231, А-321, А-330, ВАе -125-800А и 800В, В-737-300, В-737-500, В- 737-524, В-737-800, В-747, В-767, В-777	71,6
80-89	Ан-74, Ан-124, Ил-62, Ил-76, Ил-76-ТД, Ту-134А-3, Ту-154Б-2, Як-40, Як-42, Як-42Д, АTR-42, АTR-72, АTR -72-201	3,1
90-99	Ан-3, Ан-12, Ан-12БК, Ан-12АП, Ан-24РВ, Ан-26-100, Ан-26Б, Ан-28, Ан-30, Ан-38, Л-410	25,2
100 и более	Ан-2/ТВС-2МС, Як-18Т	0,1

Как следует из таблицы 3.2 уровни звука в кабинах пилотов бóльшей части используемых в настоящее время типов ВС (71,6%), находились в пределах ПДУ (от 70,5 до 79,5 дБА). Однако, достаточно большой (25,3%) была также группа ВС с уровнями звука 90 дБА и более (то есть в 3,16 и более раз превышающих ПДУ), в том числе 0,1% - с уровнями 100 дБА и более (до 109 дБА). Эти данные важны для понимания динамики заболеваемости ПНСТ среди пилотов. Особое значение при этом имеют методические особенности расчета АН.

Известно, что шумовое воздействие на пилотов имеет особый характер, при котором акустическая нагрузка (АН) на пилотов в полете, оценивается по эквивалентному уровню звука А в соответствии с МУК 2.5.3694-21 [157]. Однако предложенный в документе новый порядок расчетов АН вызывает некоторые вопросы. Без обоснования введена дифференцированная поправка на дополнительную звуковую нагрузку в результате прослушивания эфира и речевого радиообмена от 6 до 12 дБ (вместо единой в 12 дБ), в зависимости от

уровня внутрикабинного шума, что может снижать расчетную АН в ряде случаев. Единственным объективным доказательством правомерности (и достаточности) введения новых поправок в расчеты, могли бы стать натурные измерения уровней акустической нагрузки на пилотов с учетом шума под авиагарнитурами на разных типах ВС с уровнями как в пределах ПДУ, так и выше их, проведенные в соответствии с МУК 4.3.2230-07, ГОСТ 12.4.318-2019 (ISO 4869-3:2007) [66, 156]. Такие данные не представляются.

Существуют и другие методические особенности, которые могут занижать величину акустической нагрузки: принятие в расчетах времени радиообмена в условиях реального полета, равного 33 % от полетного времени (вместо 67%), неучет периода работы при отключенном режиме подавления шумов при ведении радиосвязи, внекабинное воздействие шума, использование в расчетах АН низких уровней шума крейсерского этапа полета, неучет количества взлетов и посадок за полетную смену и др.

Кроме того, данные сертификационных испытаний современных ВС показывают, что фактические уровни звука в кабинах ВС в отдельных точках могут несколько отличаться (на 1-2,5 дБ) от справочных значений, указанных в МУК 2.5.3694-21 [157], в зависимости от конкретных условий полета, в частности – от длительности полета, что может быть обусловлено изменениями режима работы двигателей, смены направления ветра, уровнями вибрации и другими факторами.

Использование значения крейсерской скорости в качестве базового показателя при выполнении многократных, в течение рабочей смены, кратковременных полетов (например, с 2-мя и более циклами взлетов и посадок), также приводит к недооценке АН (до 3,5 дБ – в зависимости от разницы между наиболее шумными этапами полета и эшеленом) [40].

Качество радиогарнитур, в зависимости от которого шумовая нагрузка на пилота может, как снижаться, так и увеличиваться, является одним из факторов обеспечения акустического комфорта в авиации и сохранения слуха пилотов. Низкая разборчивость речи в условиях воздействия интенсивного шума

способствует повышению нервно-эмоционального напряжения пилотов, развитию утомления, оказывает общее стрессорное действие. Кроме того, акустическая эффективность отечественных и иностранных авиагарнитур может не обеспечивать снижение шумовой нагрузки до допустимых уровней [222]. Так, на основании акустических расчетов установлено, что и для ряда современных самолетов с уровнем звука в кабине 75 дБА (например, А310), на которых используется авиагарнитура типа НМЕ 45 СА (акустическая эффективность -0,7 дБ), безопасное время полетов в месяц (с тем, чтобы не было превышено ПДУ шума в 80 дБА), будет составлять не более 50 часов. Таким образом, месячная норма полетного времени в 80 часов, не всегда обеспечивает шумобезопасность для членов экипажей. Все эти факторы не учитываются при расчетах АН и составлении заключений по результатам расчетов [213].

Высокая значимость достоверной оценки АН обуславливается ее использованием в качестве юридического основания для постановки диагноза ПНСТ при решении экспертных вопросов установления связи заболевания с профессией, для оценки сочетанного действия шума и напряженности труда.

В связи с этим и учитывая, что фактические уровни шума в кабине ВС могут отличаться от справочных значений, в зависимости от различных факторов в широких пределах (от возраста ВС, этапа полета, метеоусловий и турбулентности, зоны полета, качества и изношенности авиагарнитур и др.), получаемое расчетное значение АН на пилотов, может быть признано лишь условной величиной, которую можно использовать для оценки профессионального риска и разработки мер профилактики. Кроме того, внеполётные воздействия шума, которые могут дать добавочные 2–5 дБ к акустической нагрузке, даже при условии использования пилотами противозумных наушников при нахождении в зонах повышенного риска, также должны учитываться, в целях достоверной оценки условий труда по шумовому фактору.

По уровням шума труд пилотов большинства отечественных ВС,

широко эксплуатировавшихся до недавнего времени (таблица 3.2), может быть отнесен к 3.2-3.4 классу по Р 2.2.2006-05 [235]. Работа на современных типах самолетов, как иностранного, так и отечественного производства, по уровням шума может быть отнесена к классу допустимых условий или к 3.1 классу.

В то же время необходимо учитывать, что шум, не только с уровнями, превышающими допустимые (80 дБА), но и в пределах 50-80 дБА, при выполнении высоконапряженных видов работ, может быть отнесен к вредным факторам, способствующим развитию утомления и ПНСТ, согласно данным последних исследований [196].

Вибрационный фактор

Вибрация, воздействующая на членов летных экипажей, зависит от типа ВС. В соответствии с ГОСТ 23718-2014 [69] установлено семь групп норм допустимых уровней вибрации, которые являются техническими характеристиками ВС.

Спектральные уровни вибрации, регламентированные для кабин экипажей самолетов по ГОСТ 23718-2014, идентичны установленным ранее для вибрации рабочих мест категории 1 (транспортной) по отмененному СН 2.2.4/2.1.8.566-96 [254] (последнему документу, где содержались нормативные уровни вибрации по спектральным характеристикам) в диапазоне среднегеометрических частот третьоктавных полос от 1,6 до 80 Гц. Однако, в СН 2.2.4/2.1.8.566-96 общая вибрация нормировалась в диапазоне частот от 0,8 до 80 Гц, а в ГОСТ 23718-2014 – в диапазоне от 1,6 до 160 Гц, что обуславливает возможность недооценки низких частот при контроле вибрации по ГОСТ и противоречит общим требованиям измерения и оценки общей вибрации по ГОСТ 31191.1-2004 [71]. В действующем СанПиН 1.2.3685-21 [239] требования к спектральным характеристикам вибрации отсутствуют, однако по интегральному скорректированному эквивалентному уровню в указанном диапазоне частот, нормативы по ГОСТ 23718-2014 соответствует требованиям данного документа.

Фактические уровни вибрации в самолетах (например, типа Ту-154 М, Б), согласно протоколов измерений в СГХ, превышают ПДУ по общей вибрации – на 1-5 дБ (класс 3.1), что подтверждается данными сертификационных испытаний, а локальной на рукоятках управления - до 3-6 дБ (класс 3.2).

Инфразвуковой фактор

Реактивные двигатели самолетов, винты вертолетов являются источниками интенсивного инфразвука (ИЗ) [29]. Результаты измерения уровней ИЗ на рабочих местах испытателей реактивных двигателей позволяют предположить возможность превышения ПДУ инфразвука до 5-10 дБ в кабинах экипажей ВС (класс 3.1-3.2 по Р 2.2.2006-05). Это становится весьма вероятным, поскольку в СанПиН 1.2.3685-21 изменились нормативы по данному фактору - вместо трех нормативов (для интеллектуально-напряженных работ, работ различной степени тяжести и для средств транспорта), установлен один (средний) ПДУ: эквивалентный общий уровень звукового давления должен быть не более 100 дБ. Наиболее высокие уровни ПДУ, установленные ранее для транспортных средств (110 дБ по СанПиН 2.2.4.3359-16 [240]), упразднены. Не действует также ПДУ ИЗ, установленный для работ интеллектуально-эмоциональной напряженности – не более 95 дБ.

Установлено, что спектры шума в гермокабине самолётов нового поколения имеют несколько составляющих - высокочастотную (пилообразный шум) и низкочастотную часть, куда входят роторные частоты и низкочастотные составляющие газоздушного тракта. Определенный вклад в уровни ИЗ вносит также набегающий поток воздуха, вибрация и структурный шум, генерируемый силовой установкой, агрегатами системы жизнеобеспечения [20]. Это обуславливает гигиенически значимые уровни звукового давления в инфразвуковом диапазоне. Результаты фактических измерений показали наличие повышенных уровней инфразвуковых составляющих шума в кабинах экипажей современных ВС. Так, в кабине А320 уровни ИЗ были более высокими при полетах на малых высотах и больших скоростях и колебались в пределах от 90 до 101 дБ [306], превышая ПДУ (класс 3.1). На других типах ВС,

при более высоких уровнях шума в кабинах ВС, можно ожидать также и значительно более высокие уровни ИЗ. Это подтверждается данными об уровнях ИЗ на рабочих местах летчиков – 90-107 дБ [283], превышающих действующие ПДУ до 7 дБ (класс 3.2).

Ультразвуковой фактор

По современным данным, шум реактивных двигателей сочетает в себе не только слышимые звуковые и инфразвуковые, но и ультразвуковые частоты, которые при большом уровне акустической энергии, способны вызвать нарушения в организме человека.

Несмотря на то, что измерения воздушного ультразвука, ни в кабинах ВС, ни на летном поле (при подготовке ВС членами летных экипажей к полету, осмотре его после полета и т.п.), не производятся, этот фактор является высокозначимым, что подтверждается данными литературы. Имеющиеся данные позволяют считать возможным воздействие на членов экипажей некоторых реактивных ВС низкочастотного ультразвука, с уровнями превышающими ПДУ (класс 3.1 в соответствии с Р 2.2.2006-05 – превышение ПДУ уровней звукового давления до 10 дБ и отсутствие превышений ПДУ по эквивалентному уровню).

Химический фактор

Источниками загрязнения воздушной среды кабин ВС вредными химическими веществами (ВХВ) могут быть горюче-смазочные материалы, гидравлические и другие специальные жидкости, синтетические материалы элементов интерьера кабин, продукты неполного сгорания топлива, забортный воздух и др. Требования к воздуху в кабине были установлены в отмененных СанПиН 2.5.1.2423-08 [242], согласно которым, содержание углерода диоксида (CO₂) не должно превышать 0,1%, запрещалось применение систем рециркуляции воздуха в кабинах, содержание ВХВ и пыли должно было контролироваться и не должно превышать ПДК ВХВ в воздухе рабочей зоны. В то же время, согласно ГОСТ Р 59972-2021 [75], (п.8.2.2), концентрация ВХВ в наружном (атмосферном) воздухе, используемом для вентиляции, не должна

превышать их ПДК в воздухе населенных мест, установленных в СанПиН 1.2.3685-21 [239], с учетом суммационных эффектов. Это принципиально важное положение не учитывается и в технических требованиях к ВС.

В соответствии с АП-25, п.25.831 Вентиляция [4], воздух для вентиляции помещений для экипажа не должен содержать вредных или опасных концентраций газов или паров, чего должны соблюдаться условия по СО (превышение 1 части на 20000 частей воздуха считается опасным), СО₂ (допускается не более 0,5% по объему), содержанию других токсичных примесей (должны соблюдаться ПДК, значения которых соответствуют требованиям к воздуху рабочей зоны, мг/м³: пары топлива - 300; пары и аэрозоль минеральных масел - 5; пары и аэрозоли синтетических масел - 2; акролеин - 0,2; фенол - 0,3; формальдегид - 0,5; бензол - 5; трикрезилфосфат - 0,5; диоктилсебацинат - 5; окислы азота – 5).

К приведенным требованиям имеются следующие замечания.

1) Концентрация окиси углерода, превышающая 1 часть на 20000 частей воздуха, соответствует 58,22 мг/м³, что превышает ПДК в.р.з., м.р. до 3-х раз, ПДК а.в., м.р. - до 10 раз и более, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [239].

2) Концентрация диоксида углерода, составляющая 0,5% по объему, соответствует 5000 ppm или 9128,6 мг/м³. Согласно ГОСТ Р 59972-2021 [75], п.8.2.4.1 и п.8.2.4.2, при содержании СО₂ в помещениях сверх содержания в наружном воздухе, в количестве более 1000 ppm, воздух классифицируется как «низкого качества» (табл.16 и 17 данного ГОСТ) и превышает ПДК р.з., с.с для воздуха рабочей зоны (в.р.з.) по СанПиН 1.2.3685-21 (27000/9000 мг/м³), которые могут быть использованы для ориентировочной оценки. Содержание СО₂ на уровне 0,1%, как было установлено в отмененном СанПиН 2.5.1.2423-08 [242] (соответствует 1000 ppm или 1825,7 мг/м³), позволяет обеспечить состояние воздуха на уровне «приемлемое качество». Следует отметить, что обычно высокое содержание СО₂ связано с пониженным содержанием О₂ в воздухе (что характерно для высотных полетов). При этом СО₂, выделяемый

людьми, является определяющим вредным веществом при расчете воздухообмена [70].

3). Концентрации вредных веществ, указанные далее в АП-25 (значения ПДК) относятся к воздуху рабочей зоны, тогда как в кабине пилотов, в которой отсутствуют собственные источники выделения вредных веществ, должно быть обеспечено качество воздуха, соответствующее атмосферному, согласно СанПиН 1.2.3685-21 [239]. ГОСТ Р 59972-2021 [75], п.8.2.2). Различие по ПДК в воздухе рабочей зоны и атмосферном воздухе составляет 10 раз и более для некоторых веществ: ПДК (ОБУВ) а.в., м.р./с.с. (в мг/м³): оксида углерода - 5/3; паров бензина - 5; паров и аэрозоля минеральных масел – 0,05; акролеина - 0,03; фенола - 0,01; формальдегида - 0,05 (О, А); бензола – 0,3 (К); окислов азота – 0,4 (О). При этом следует учитывать, что в данном списке есть вещества, обладающие эффектом суммации (азота диоксид, углерода оксид, формальдегид – п.7, табл.1.3 СанПиН 1.2.3685-21), содержание которых в воздухе, оценивается особым образом.

В действующем СП 2.5.3650–20 [255], требования к состоянию воздушной среды в зоне дыхания членов экипажей, не установлены. Однако, контроль вредных веществ, в случае их идентификации в воздушной среде кабины пилотов, может проводиться на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685-21 [239]. На необходимость контроля ВХВ указано в технических требованиях к ВС в авиационных правилах.

Анализ результатов исследований химического состава воздуха кабин, вдыхаемого членами экипажей ВС, показывает наличие вредных химических веществ разного класса опасности (таблица 3.3) и возможность существенного превышения их ПДК.

Так, в воздушной среде кабин ВС эпизодически могут регистрироваться превышения ПДК по следующим веществам: 2-ого класса опасности – формальдегид (остронаправленный механизм действия, аллерген), фенол, окислы азота (остронаправленный механизм действия), эпихлоргидрин (аллерген), 3 и 4 классов - сернистый ангидрид, ацетальдегид, пропионовый

альдегид, ацетон. По данным критериям условия труда могут быть отнесены к классам 3.1-3.2 (в зависимости от изолированного или суммарного действия веществ).

Таблица 3.3 – Оценка класса условий труда членов экипажей, в зависимости от содержания вредных веществ в воздушной среде в кабинах ВС

Наименование вещества	Оценка содержания в воздухе			Оценка класса условий труда по Р 2.2.2006-05, табл.1
	Особенности действия на организм	Класс опасности вещества	Превышение ПДК, разы	
Озон	О*	1	до 5 раз (в зависимости от высоты и условий полета)	3.3
Акролеин (проп-2-ен-2-аль)		2	До 3-х раз	3.1
Аэрозоль смазочных масел		3	До 6 раз	3.2
Итоговый класс условий труда				3.3
* остронаправленный характер действия				

Неблагоприятный химический состав воздуха может также оказывать влияние на членов экипажей ВС и при проходе по перрону, при подготовке ВС к полету, при завершении полета. Более неблагоприятное состояние воздушной среды характерно для самолетов сельскохозяйственной, транспортной авиации.

Многие ВХВ оказывают неблагоприятное действие на ЦНС, ухудшая реакции и когнитивные способности человека. Обнаруженные ВХВ и их количество свидетельствуют о необходимости их идентификации при оценке профессионального риска и учета при СОУТ и ПК на рабочих местах членов летных экипажей. В тоже время следует отметить, что необходимым является проведение дополнительных исследований химического состава воздушной среды в кабинах разных ВС на разных этапах полетов. Программа контроля должна включать вещества, исходя из состава материалов внутренней отделки кабин, используемого топлива и смазочных масел.

Таким образом, по химическому составу воздуха в кабинах ВС, труд членов экипажей на современных ВС может быть отнесен к допустимому классу, на других - к классам 3.1-3.2 и даже 3.3. Контроль ВХВ должен

проводиться на соответствие требованиям к атмосферному воздуху по СанПиН 1.2.3685-21 [239].

Как показал сравнительный анализ требований документов санитарного законодательства и нормативно-технических документов к воздуху кабин пилотов, между ними имеются значительные расхождения, что не способствует улучшению контроля условий труда и обуславливает необходимость совершенствования НД.

Проблема озоновой опасности

Озоновая опасность является известным, но редко контролируемым фактором профессионального риска для экипажей ВС. Содержание озона увеличивается с увеличением высоты полета и изменяется, в зависимости от погодных условий, облачности, сезона года (в весенний период количество озона в воздухе возрастает) и др.

Озон является контролируемым фактором, в соответствии с АП-25 [4], в которых в п. 25.832 «Концентрация озона в кабине» указано: «.. (а) Должно быть доказано, что концентрация озона в кабине самолета в полете не превышает: (1) 0,25 частей на 1000 000 частей воздуха в кабине (по объему), приведенных к условиям, эквивалентным уровню моря, в любое время полета на высоте свыше уровня 320 (9750 м) или (2) 0,10 в средневзвешенной концентрации за любые 3 ч полета на высоте свыше уровня 270 (8250 м) ..».

Указанные значения в 0,25 и 0,1 ppm соответствуют концентрациям озона в $0,5 \text{ мг/м}^3$ и $0,2 \text{ мг/м}^3$. Согласно ГОСТ Р 59972-2021 [75], п.8.2.2, рекомендуемое содержание озона в воздушной среде составляет не более 100 мкг/м^3 ($0,1 \text{ мг/м}^3$) - усредненное значение за 8 ч. Приведенные выше величины содержания озона в воздухе превышают до 2-5 раз нормативы, установленные в СанПиН 1.2.3685-21 [239]: для атмосферного воздуха - ПДК м.р./ ПДК с.с. = $0,16/ 0,1 \text{ мг/м}^3$ (8 ч.), для воздуха рабочей зоны - $0,1 \text{ мг/м}^3$, то есть противоречат санитарному законодательству. В концентрации выше ПДК ($0,1 \text{ мг/м}^3$) O_3 может вызывать значительные затруднения дыхания, головную боль, слабость, закладывание носа, раздражение глаз, снижение остроты зрения [52]. Эти

проявления острого воздействия озона могут повлиять на эффективность работы пилотов. Автоматический контроль содержания озона, как вещества 1 класса опасности, в воздушной среде кабины ВС с учетом нормативов, установленных в СанПиН 1.2.3685-21 [239], должен быть обязательным при выполнении полетов.

Пылевой фактор (аэрозоли преимущественно фиброгенного действия)

Фактор является значимым в условиях труда пилотов самолетов сельскохозяйственной авиации, а также в периоды работы их на открытой территории вне кабины ВС. В этих случаях фактор должен контролироваться.

Биологический фактор

Вопрос о значимости биологического фактора в условиях труда лиц летного состава, контактирующих с пассажиропотоком, в котором возможно присутствие инфицированных лиц, остается открытым. Значимость биологического фактора в труде лиц летных профессий подтверждает тот факт, что в Руководствах по производству полетов (РПП), специальный раздел посвящен предупреждению инфекционных заболеваний, в котором указывается, что летный состав может быть подвержен разным заболеваниям.

В соответствии с критериями таблицы 2 Руководства Р 2.2.2006-05 [235], при возможном контакте с «возбудителями других (не особо опасных) инфекционных заболеваний», условия труда некоторых профессий относятся к классу 3.2. При оценке профессионального риска это положение может быть распространено на работы членов экипажей ГА, особенно в зонах повышенной опасности по инфекционным заболеваниям.

Параметры микроклимата

Нормативные величины для 3-х показателей микроклимата (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха) в кабинах воздушных судов установлены в СП 2.5.3650-20 [255] (таблица 9 приложения 1), значения которых соответствуют отмененному СанПиН 2.5.1.2423-08 [242].

Температурный дискомфорт в виде низких температур в кабинах в зимнее время (особенно при работах в северных районах) или высоких температур - до $+(40-45)^{\circ}\text{C}$ на некоторых типах ВС - при работах в условиях жаркого климата, значительная разница температур в различных зонах кабины экипажа, отрицательно влияют на организм членов экипажей ВС. Например, при выполнении длительных полетов (до 8 - 10 часов и более) в кабине Ил-62, в рабочей зоне экипажа, температура воздуха колеблется от $+(10-11)^{\circ}\text{C}$ по борту до $+(25-28)^{\circ}\text{C}$ в центре кабины. При отклонении температуры воздуха от регламентируемого допустимого интервала $(20,0-25,0)^{\circ}\text{C}$, условия труда относятся к вредным. В соответствии с Руководством Р 2.2.2006-05, в случае, если температура воздуха на рабочем месте превышает верхнюю границу допустимых значений по санитарным нормам, оценку нагревающего микроклимата проводят по показателю ТНС-индекса. Для определения ТНС-индекса при работах членов экипажей в условиях нагревающего микроклимата необходимо проведение соответствующих измерений в кабинах ВС и расчетов. Данных по этим показателям ни в литературе, ни СГХ, нет.

Другой фактор - сухость воздуха, возникающая при полетах длительностью более 3 - 4 часов, также оказывает вредное влияние на организм членов экипажей ВС. Так, относительная влажность воздуха в кабине через 2,5 - 4 часа полета снижается до 5 - 10% (класс 3.1 по критериям Р 2.2.2006-05 или даже 3.2 при влажности менее 10%). Возникает ощущение сухости в носу, горле, в глазах – дискомфорт, который создает помехи в работе пилота.

В соответствии с АП-25 [4], температура поверхностей интерьера, до которых могут дотронуться пассажиры и члены экипажа, не должна превышать $+50^{\circ}\text{C}$ или быть ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Указанное верхнее значение превышает пределы, установленные в ГОСТ 12.1.005-88 с изм.№1 [65] (не более 45°C). Однако в документах санитарного законодательства эти нормативы отсутствуют.

В целом, по параметрам микроклимата, труд членов экипажей в кабине ВС может быть отнесен к классу допустимых условий (класс 2) или вредным

(класс 3.1-3.2), в зависимости от условий выполняемого полета, его высоты и дальности (длительности).

При выполнении трансширотных перелетов в зимнее время члены экипажей могут подвергаться воздействию перепадов температур от плюсовых до минусовых без возможности акклиматизации. Это следует учитывать при идентификации потенциальных факторов риска при проведении ОНР и УНР.

Для улучшения условий труда членов экипажей ВС, при работах высокой степени напряженности, к которым относится их труд, должны поддерживаться комфортные (оптимальные) параметры микроклимата, что должно учитываться при оценке условий труда и разработке профилактических мероприятий.

Аэроионный состав

Сведения по аэроионному составу воздуха в кабинах самолетов отсутствуют. Однако, в соответствии с Р 2.2.2006-05, контроль этого фактора не является обязательным.

Колебания барометрического (атмосферного) давления, пониженное парциальное давление кислорода, воздействие знакопеременных перегрузок, измененная гравитация

Воздействие на членов экипажей перепадов барометрического давления, измененная гравитация, угловые ускорения в условиях полета не регламентируются и не оцениваются. Но они оказывают выраженное действие на физическое состояние пилотов в полете, вносят свой вклад в нарушение деятельности сердечно-сосудистой системы, в развитие утомления, снижение концентрации внимания, замедление реакций и принятия решений и т.п. Исходя из общей направленности действия, эти факторы названы психофизиологическими [105].

Изменение атмосферного давления для экипажей ВС с негерметичными кабинами определяется высотой полета. Нормальное парциальное давление кислорода в воздухе при 760 мм рт.ст составляет 21% или 159 мм. рт. ст. В гермокабинах самолетов поддерживается полное давление, соответствующее атмосферному на высоте 2400 - 2500 м (не менее). Парциальное давление

кислорода при этом составляет 118-117 мм рт.ст. (то есть несколько ниже нормы).

В Руководстве Р 2.2.2006-05 [235] барометрическое давление (БД), как фактор, отсутствует. Однако в проекте документа, разработанного Минтруда России в 2014 г. «Особенности СОУТ у пилотов» [184], была предложена классификация условий труда по уровням БД, в зависимости от высоты полета (от 1000 м до 3999 м для класса 3.1 и свыше 4000 - для класса 3.2 для ВС с гермокабинами).

Если использовать указанные критерии, работа членов экипажей пассажирских ВС должна быть отнесена к классу 3.2, учитывая, что их полеты проходят в воздушном коридоре от 9 до 12 км (в зависимости от погодных и других условий). При оценке условий труда БД может контролироваться расчетными методами, исходя из типа ВС и условий полета. Имеющиеся данные свидетельствуют о возможном колебании уровней фактора в значительных пределах. Значимость колебаний БД, как фактора, следует принимать во внимание при оценке психо-физиологического состояния членов экипажей ВС, обусловленного воздействием комплекса производственных факторов, ведущим из которых является НТ, а прочие, в том числе, БД, перегрузки, измененная гравитация, вносят дополнительный вклад в развитие неблагоприятных эффектов, в том числе в формирование ПНСТ.

Электромагнитные поля от радиотехнического оборудования

Члены летных экипажей подвергаются воздействию электромагнитных полей (ЭМП) во время полета - от радиотехнического оборудования, находящегося в кабине ВС, при работах на летном поле во внеполетное время - от наземных радиолокационных систем служб управления воздушным движением.

Сведения об интенсивности воздействующих на пилотов ЭМП в кабине ВС, отсутствуют. Имеются лишь данные о возможных источниках наземного облучения лиц летного состава - радиолокационных станциях (РЛС) в аэропортах ГА. Они работают в диапазоне частот от 0,8 до 9,42 ГГц в режиме

импульсной генерации (мощность в импульсе от 20 кВт до 20 МВт), с длительностью импульса от 0,45 до 5,5 мкс и частотой их повторения от 120 до 2400 Гц, с использованием механического сканирования антенных систем с разной скоростью - от 3 до 100 об./мин. Уровни ЭМИ СВЧ-диапазона на открытой территории вблизи РЛС колеблются в широких пределах: от 0,25 до 3700 мкВт/см² - в зависимости от высоты установки и угла наклона антенн, а также удаления от РЛС [57], и могут существенно превышать допустимые.

Таким образом, уровни ЭМП и ЭМИ, воздействующие на членов экипажей ВС в кабинах самолетов и на летном поле, должны контролироваться на соответствие требованиям СанПиН 1.2.3685-21 [239]. В связи с невозможностью осуществления контроля этого фактора в условиях полета, необходимые данные могут быть получены из отчетов сертификационных испытаний эксплуатируемых ВС для обеспечения возможности проведения классификации условий труда по степени вредности, оценке профессионального риска и разработке мер профилактики. Следует отметить, что в зарубежных исследованиях этому фактору в труде летных экипажей придается особое значение в последнее время [344].

Электростатическое поле

Сведения об уровнях данного фактора в кабинах ВС, отсутствуют. Однако в связи с низкой относительной влажностью воздуха в кабине при длительных полетах, можно ожидать появление повышенной напряженности электростатического поля, гигиеническую оценку которых следует проводить при условии штатной компоновки кабин с учетом внешних метеорологических и внутренних микроклиматических условий при проведении сертификационных испытаний ВС, а также в условиях реальных контрольных полетов (облетов).

Освещенность (параметры световой среды)

Нормативы световой среды на рабочих местах пилотов установлены в СП 2.5.3650-20 [255] по параметрам освещенности и равномерности освещения, дифференцированно для рабочих поверхностей в зонах надписей на пультах

управления, подсветки шкал основных приборов, приборных досок пилотов (на уровне не менее 300 лк), рабочих столиков. В то же время, в авиационном стандарте ОСТ 1 00415-2000 [191], на которые направляется освещение, шире, а указанная норма освещенности приборных досок пилотов (150 лк) - в два раза ниже, регламентированного СП. Указывается, что освещение приборного оборудования в условиях ночного полета осуществляется не только белым, но и красным светом, а для защиты от солнца используются желтые светофильтры.

Факторами, повышающими нагрузку на зрительный анализатор, являются длительность наблюдения за ходом полета по дисплеям пилотажных приборов, недостаточная или избыточная освещенность рабочих поверхностей, блики, эргономические характеристики дисплеев и качество изображений (размер символов, чрезмерная насыщенность символами), расстояние от глаз до приборов, сухость воздуха кабины ВС.

Важнейшим параметром световой среды кабин является яркость (кд/м^2), требования к которой содержатся в ОСТ 1 00415-2000 [191], но не учтены в СП.

Приведенные сведения показывают, что освещение в кабинах ВС может рассматриваться как фактор, не имеющий в настоящее время должной гигиенической оценки, как с точки зрения достаточности и адекватности действующих нормативов, так и с точки зрения его влияния на НТ и риски развития утомления, в том числе зрительного анализатора. Значимость состояния зрительного анализатора пилота в обеспечении его надежности при управлении ВС невозможно переоценить, что обуславливает важнейшую роль организации должного освещения в кабине, как средства повышения комфортности труда и снижения рисков утомления.

Следует отметить, что в мировой литературе недостаточно сведений по оценке значимости этого фактора и о его влиянии на функциональное состояние пилотов. Однако известно, что заболевания органа зрения находятся в числе ведущих среди членов летных экипажей и являются причинами их дисквалификации, а жалобы пилотов на недостаточное освещение – в числе наиболее частых [265, 376]. В то же время, простое увеличение уровней

освещения в кабине (подавляющее выработку мелатонина), может способствовать снижению усталости пилотов во время полета и повысить, таким образом, безопасность полета [326].

Анализ нормативов свидетельствует о необходимости гармонизации требований гигиенических и технических документов в области регламентации световой среды в кабинах ВС, а также о возможности отнесения условий труда пилотов к вредным, по данному фактору.

Оптические излучения

Требования к уровням оптического излучения (УФ, ИК и лазерного) на рабочих местах членов экипажей ВС отсутствуют. Однако УФИ может иметь значение в условиях их труда, так как в сочетании с ионизирующим и электромагнитным излучениями, нарушением циркадных ритмов, является фактором риска для развития меланомы, катаракты и других неблагоприятных эффектов [16, 411]. Данные измерений УФИ в полете [367] свидетельствуют о возможности превышения установленных ПДУ, особенно в диапазонах UVA и UVB (в зависимости от времени/даты/широты/долготы/ высоты полета и состава лобовых стекол). Эти данные свидетельствуют о необходимости регламентации и контроля УФИ в кабинах экипажей ВС, что подтверждается существующими рекомендациями к использованию пилотами солнцезащитного крема, защитной одежды, солнцезащитных очков, для предотвращения риска развития поражений кожи (меланома), глаз (катаракта), нарушений иммунной системы.

Наличие данных зарубежных источников об уровнях ИК-излучения в кабинах пилотов, обеспечения лазерной безопасности в авиации [389, 390], обуславливают необходимость проведения самостоятельных исследований в нашей стране и регулирования в этой области.

Ионизирующее радиационное излучение природного (космического) происхождения

В соответствии с «Рекомендациями МКРЗ, том 40 (ICRP, 1984): «Членов экипажей ВС необходимо рассматривать как профессионалов, работающих в

условиях ионизирующих излучений, которые сравнимы с дозами, получаемыми работниками атомной промышленности» [400]. Кроме того, в Публикации 60, часть 1, п.136 в) [221] указано, что комиссия рекомендует учитывать облучение от естественных источников как части профессионального облучения в 4-х случаях, среди которых пункт в) относится к «управлению реактивным самолетом» [400, 221].

Дозы облучения членов экипажей ВС на высотах от 9000 до 12000 м превышают естественный радиационный фон в 30 - 40 раз, а солнечные вспышки увеличивают дозы облучения от 0,7 до 200 мбэр/час, а иногда и до 2000 мбэр/час [105, 275]. Таким образом, мощность потенциальной дозы (МПД) может—достигать 4,5-6 мкЗв/ч, что соответствует 2 ДМПД (допустимая мощность годовой потенциальной дозы в относительных единицах), согласно табл.П.14.3 Р 2.2.2006-05 [235] и позволяет отнести труд пилотов по мощности потенциальной дозы к классу 3.1, согласно таблице П.14.2 Р 2.2.2006-05. Для сверхзвуковых транспортных самолетов, летающих на высоте до 20 км, а также при мощных солнечных вспышках, МПД может увеличиваться, степень вредности условий труда возрастет [40].

Согласно СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009» [243] в общих случаях для обеспечения радиационной безопасности необходимо руководствоваться принципом поддержания на возможно более низком и достижимом уровне индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц. Требования по ограничению облучения экипажей ВС ГА изложены в СанПиН 2.6.1.2800-10 [244], раздел 3.3, п.3.3.2: «..обеспечение радиационной безопасности экипажей ВС ГА при облучении природными источниками излучения ...достигается путем ограничения длительности полетов в течение года и/или снижением высоты полетов». Тому же способствует и снижение широты полета. Случаи, когда реальная годовая доза облучения оказывается выше максимальной потенциальной дозы для данного рабочего места, должны анализироваться. В соответствии с РПП для ВС,

имеющих на борту оборудование для обнаружения космической и солнечной радиации, может быть принято решение о снижении высоты полета.

Таким образом, данный фактор имеет большое значение при оценке условий труда лиц летного состава и должен контролироваться для всех случаев полетов, когда допустимые уровни радиации могут быть превышены (для полетов выше 4000 м). При необходимости должны приниматься меры защиты. Для расчета дозы радиации при авиаперелетах может быть использован калькулятор, разработанный ФГБУ "ИПГ" [225]. Информированность пилотов о мерах защиты от ионизирующего излучения позволит им поддерживать свое здоровье.

Как уже выше отмечалось, ионизирующее излучение, особенно в сочетании с УФ-излучением, ЭМП и нарушением циркадных ритмов, является фактором риска для развития меланомы [401, 411] и других неблагоприятных эффектов – ускоренного развития катаракты, канцерогенных рисков, воздействия на репродуктивную сферу, развитие отдаленных последствий (генетических изменений и т.п.) [42].

Тяжесть труда

В состав нормативных требований СанПиН 1.2.3685-21 [239]) входят только 5 показателей тяжести труда (стереотипные движения и статическая нагрузка не включены). Однако эти факторы являются сопутствующими в развитии утомления пилотов.

Члены летных экипажей находятся в течение полетной смены (до 8-12 часов и более) в ограниченном объеме кабины ВС в малоподвижной вынужденной позе «сидя». Кресло пилота оснащено комбинированной привязной системой из поясного и плечевых ремней с одноточечным приводом расстегивания, в соответствии с требованиями АП-25 [4] п.25.785 Фиксированная рабочая поза при длительном полете, вызывает напряжение мышц в шейном и пояснично-крестцовом отделе туловища, что способствует повышенной утомляемости. В таком скованном положении, пилоты выполняют операции, требующие движения рук, ног и головы в разных направлениях

(осуществляют контроль показаний приборов, находящихся на расстоянии 1 м и более, проводят их регулировку, меняют установку показаний, ориентируются по карте, осуществляют радиосвязь). Выполнение рабочих операций связано с определенной физической нагрузкой и значительным нервно-эмоциональным напряжением.

Размер рабочего пространства пилота зависит от типа ВС, при этом его антропометрические данные могут иметь большое значение, создавая дополнительное физическое напряжение и утомление в полете. У пилотов большого роста, колени могут упираться в приборную доску (см. фото из открытого доступа yandex.ru, рисунок 3.1), при недостаточной длине рук пилоты могут с трудом доставать некоторые рукоятки управления (фото, рисунок 3.2).



Ист.: gunsfriend.ru

Рисунок 3.1 – Колени второго пилота упираются в приборную доску



Ист.: watchalfavit.ru

magazine2020.porsche-consulting.com

Рисунок 3.2 – Необходимый размах рук для управления самолетом

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [239]) допустимым считается периодическое (до 25% времени смены) нахождение в фиксированной позе. По этому показателю труд пилота, который находится в вынужденной позе в течение 100% времени смены, относится к классу 3.2. Кроме того, при выполнении управляющих операций, пилот многократно совершает наклоны туловища над приборной доской под углом не менее 30° (фото из открытого доступа на yandex.ru, рисунок 3.3 а, б, в).



Рисунок 3.3 а, б, в – Рабочие позы пилотов, вынужденные наклоны

Измеренный фотогониометрическим методом с помощью транспортира [231] угол отклонения туловища пилотов от вертикали на данных фото составил 35° – 40° . В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [239] гигиеническим нормативом считается совершение в пределах 51-100 вынужденных наклонов корпуса под углом более 30° в течение смены. Фактически, при выполнении полетов в зоне интенсивного воздушного движения, с большим количеством взлетов и посадок в течение смены, число совершаемых пилотом наклонов может составлять более 100 (класс 3.1).

Как показано в работе [218], при увеличении глубины наклона наблюдается ускорение развития утомления (определяемое по возрастанию амплитуд биотоков мышц), а также повышение уровня утомления к концу деятельности в наклонной позе. При глубине наклона в 30° увеличение амплитуды, появляется через 60 мин деятельности.

Статическая нагрузка имеет место при приложении усилий на органы управления ВС. В соответствии с АП-25 [4], п. 25.397 «Нагрузки на систему управления», эксплуатационные усилия соответствуют: на штурвалах и рулях элеронов, высоты и направления - 136 кгс (фактически, на Ту-154 - 20-25 кгс, на Ан 20 – 29-37 кгс), на ручках управления элеронами и рулем высоты, соответственно – 45 и 113 кгс, на тормозных гашетках (педалях) – 75 кгс (фактически, например, на Ту-154 – 100 кгс, на Ил-86 - 95-112 кгс, то есть могут превышать требования АП-25). Регламентируемые ГОСТ 21753 - 76 [68] усилия

на рычагах управления, в зависимости от способа и частоты их перемещения, при использовании кистями рук до 240 раз в смену составляют 1,5 кгс, кистью с предплечьем – до 2,5 кгс, всей рукой – до 4-х кгс. Таким образом, усилия, указанные в АП-25 [4] существенно (в 20-30 раз и более) превышают регламентируемые по ГОСТ 21753 – 76, а по критериям Р 2.2.2006-05 [235], позволяют отнести труд пилотов к классу 3.1 – в случае длительной полетной смены с несколькими посадками.

Вынужденная неудобная рабочая поза, нагрузки на различные элементы опорно-двигательного аппарата, могут привести к явлениям перенапряжения, а в дальнейшем к выраженным патологическим изменениям, что и наблюдается в нозологической структуре заболеваний пилотов. По параметрам тяжести трудового процесса труд лиц летных профессий по критериям Р 2.2.2006-05, по наиболее чувствительному показателю (рабочая поза) отнесен к классу 3.2.

Энергозатраты членов экипажей в летные дни составляют 3400-3600 ккал/сут (141-150 ккал/ч), что соответствует категории легких работ I б (121-150 ккал/ч или 140-174 Вт), в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 с изм.1 (прил. 1) [65]. Эта характеристика необходима для обоснования желательных параметров микроклимата в кабине ВС.

Эргономические характеристики компоновки и оборудования кабины ВС

Требования к эргономическим характеристикам предъявлялись ранее в соответствии с СанПиН 2.5.1.2423-08 [242] только к обзору из кабины ВС, к размещению членов экипажа с учетом антропометрических данных, к конструкции и материалам кресел. Эти важные требования в настоящее время гигиеническим законодательством не регламентируются. Часть требований - к составу системы органов управления (СОУ), к виду средств управления и их компоновке в кабинах экипажа, содержится в актуализированном ОСТ 1 00396-86) [190]. От компоновки кабины ВС и организации рабочего места зависит рабочая поза пилота, уровень физического напряжения, работоспособность, развитие усталости, что в свою очередь повышает НТ.

В соответствии с АП-25, п.А25.771 [4], к кабине ВС предъявляются следующие общие требования: кабина экипажа и ее оборудование должны обеспечивать пилотам выполнение обязанностей без чрезмерной концентрации внимания или усталости; шум и вибрация не должны мешать выполнению членами экипажа своих функций по пилотированию самолета. Наличие нормативных требований обеспечивает необходимость контроля этих характеристик, которые могут быть использованы при оценке профессионального риска пилотов.

Характеристики ВДТ

Гигиенические требования, которые были установлены ранее к бортовым видеодисплейным терминалам (ВДТ) в соответствии с отмененным СанПиН 2.5.1.2423-08 [242] включали требования к их конструкции – корпусу, клавиатуре, экрану. Отмена документа исключила и необходимость учета этих требований, однако их актуальность возросла. Часть эргономических требований к работе с визуальными дисплеями, в том числе используемыми в ВС, содержатся в ГОСТ Р 52324-2005 (ИСО 13406-2:2001) [74]. Соответствие фактических параметров ВДТ нормативным требованиям должно оцениваться при их сертификационных испытаниях.

Напряженность труда

НТ является важнейшим фактором в системе обеспечения безопасности полетов. Этот фактор может быть отнесен к опасным, если он стал причиной острого заболевания, внезапного резкого ухудшения состояния здоровья, смерти пилота или возникновения риска АП. Чувство постоянной опасности сознательно и подсознательно отражается на членах экипажа ВС в течение всего полета, вызывая психофизиологическую перегрузку, утомление и переутомление.

Психофизиологические особенности труда членов экипажей (факторы НТ), включают не менее 30 позиций, к которым могут быть отнесены производственные и организационные факторы летной деятельности, внешние неустраняемые факторы среды и отрыва человека от земли, индивидуальные

факторы риска (возможность превышения норм полетного времени, работа в условиях сдвига часовых поясов, смены климатических зон, ночные полеты, задержка рейса перед вылетом, эргономические характеристики кабины - удобство или сложность управления, вынужденный темп работы, необходимость принятия решений в стрессовых ситуациях, в условиях жесткого дефицита времени, низкая видимость на ВПП, пустое поле бесконечности для зрительного восприятия, возможность потери пространственной ориентировки, личностные качества и межличностные отношения в ограниченном пространстве кабины, хронические заболевания, ухудшение состояния здоровья, переутомление, внезапная потеря работоспособности, вероятность катастрофы и летных происшествий, несчастных случаев на борту, актов терроризма, угрозы пожара, взрыва и т.п.). Многие факторы не поддаются количественной гигиенической оценке, но являются факторами травмо- и аварийноопасности, учитываемыми при выполнении процедур ОНР.

К числу высоко значимых факторов в повышении НТ на современных ВС следует отнести сокращение числа членов летного экипажа до двух на современных ВС (по сравнению с трехчленными экипажами, которые обслуживали ранее ВС), что обусловило увеличение нагрузки, приходящейся на каждого из пилотов. При этом должно быть обеспечено соблюдение всех функций по управлению ВС, в соответствии с Приложением D к АП-25 [4], а именно: управление траекторией полета, предупреждение столкновений, навигация, связь, управление двигателями и системами самолета, контроль их работы, командные решения с учетом факторов, влияющих на рабочую нагрузку экипажа и т.п. Внутренний вид кабины пилотов, на примере самолета Аэробус А-380, демонстрирующий насыщенность рабочего пространства двух пилотов аппаратурой, показан на рисунке 3.4.

Обзор приборов, экранов ВДТ, органов управления в кабине ВС, показанный на рисунке 3.4, дает представление о количестве объектов

одновременного наблюдения у пилотов, которое составляет более 30 единиц (с учетом карты местности, РЛЭ, планшета, закабинного пространства и т.п.).

Наиболее точные представления о нервно-эмоциональных нагрузках у пилотов можно получить из результатов хронометражных исследований по руководствам по летной эксплуатации (РЛЭ).



Ист.: ymx.com, Airlines.net

Рисунок 3.4 – Внутренний вид кабины пилотов самолета Аэробус А380

РЛЭ является документом, в котором подробно изложена последовательность и кратность выполнения той или иной стандартной операционной процедуры (СОП) при выполнении предполетных, полетных и послеполетных работ. В исследовании проведена пошаговая (посекундная) оценка НТ каждого этапа полета, как внутри кабины, так и вне кабины, на этапах подготовки к полету, в соответствии с процедурами, указанными в РЛЭ (на примере самолетов Boeing 737-800, Airbus A320, Sukhoi Superjet 100). Данный подход был дополнен информацией о характере и структуре деятельности членов экипажей путем интервьюирования пилотов и составления профессиограммы.

Профессиограмма рабочей смены включала информацию о прибытии в аэропорт отправления и прохождения предполётного медицинского осмотра,

проверки наличия у всех членов экипажа действующих свидетельств, получение необходимой документации, ее анализ и подготовка к выполнению полетного задания; подготовка ВС к полету, выполнение полета и послеполетные процедуры.

При оценке НТ по данным РЛЭ важной частью был анализ полетного задания. Он включал анализ документации на полет: рабочий план полета, включая уход на запасные аэродромы, маршруты для полетов с отказавшим двигателем и в случае разгерметизации; листы предупреждений о состоянии или изменении аэронавигационного оборудования; фактическую и прогнозируемую метеорологическую обстановку; карты опасных метеоявлений; листы отложенных дефектов неисправного оборудования на ВС.

Все хронометражные измерения на основании пошагового анализа РЛЭ самолетов Boeing 737-800, Airbus 320, Sukhoi Superjet 100 были занесены в матрицу рабочих операций (таблица 3.4), в которой фиксировалась информация по каждому из 40 смоделированных полетов, с установлением класса НТ.

Таблица 3.4 – Распределение времени по основным этапам полета

№ п/п	Этапы предполетной подготовки, выполнения полета, послеполетные работы	Время, мин		
		Boeing 737-800	Airbus A 320	Sukhoi Superjet 100
1.	Предполетная подготовка	21±1,2	20±1,1	21±1,3
2.	Время в пути до ВС и предполетный осмотр ВС	11±1,6	10±1,3	12±1,5
3.	Подготовка кабины ВС	30±2,3	31±3,7	31±2,5
4.	Буксировка и запуск двигателей	9±0,9	9±0,8	9±0,8
5.	Руление	11±1,9	10±1,4	11±1,5
6.	Взлет	5±0,6	4,5±0,5	5±0,7
7.	Набор высоты	15±1,3	16±1,1	16±1,2
8.	Горизонтальный полет	50±1,4	50,5±3,4	47±1,7
9.	Подготовка к снижению	20±1,9	18±1,6	20±1,8
10.	Снижение	25±2,8	24±2,8	26±2,9
11.	Заход на посадку и посадка	5±0,3	5±0,4	6±0,4
12.	Руление после посадки и выключение двигателей	4±0,7	5±0,8	4±0,5
13.	Послеполетные работы	19±3,9	21±3,8	19±3,7
	Всего	225±11	224±13	227±11

Как следует из таблицы 3.4, различия между продолжительностью выполнения отдельных этапов полета на разных типах самолетов невелики, недостоверны и касаются, в большей степени, этапов горизонтального полета и послеполетных работ.

Полученные данные, использованы для расчета показателей сенсорной нагрузки (плотность сигналов, длительности сосредоточенного наблюдения), выявления наличия монотонии (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты оценки сенсорных нагрузок по данным хронометражных исследований [96]

Этапы полета	Число сигналов	Время, мин	Плотность сигналов за 1 минуту / час	Длительность сосредоточенного наблюдения, %
Предполетная подготовка	493±23	20±1,2	25 / 1500	90
Время в пути до ВС и предполетный осмотр ВС	150±8	11±1,5	13 / 820	
Подготовка кабины ВС	1780±61	30±2,5	59 / 3540	100
Буксировка и запуск двигателя	503±30	9±0,9	55 / 3350	100
Руление	326±18	11±1,4	33 / 1980	100
Взлет	600±33	4,5±0,5	79 / 4740	100
Набор высоты	760±31	16±1,4	46 / 2810	100
Горизонтальный полет	1998±73	50±2,1	40 / 2400	90
Подготовка к снижению	377±13	20±1,6	38 / 2280	100
Снижение	890±32	25±2,9	37 / 2200	100
Заход на посадку и посадка	611±12	5±0,3	78 / 4720	100
Руление после посадки и выключение двигателя	146±8	5±0,7	31 / 1860	100
Послеполетные работы	231±10	20	14 / 800	100
Всего за полетную смену	8866±313	226	37 / 2220	98

Данные, приведенные в таблице 3.5, показывают, что для классификации условий труда пилотов по сенсорным нагрузкам, имеющиеся в Р 2.2.2006-05 критерии, являются недостаточными, так как фактическая плотность сигналов получаемых пилотами, выходит далеко за пределы значений критериев, указанных для степени 3.2 (более 300) и колеблется от 800 до 4740 за 1 час работы. Диапазон оценки степени вредности должен быть расширен, при этом труд может быть отнесен к классу 3.3.

Оценка показателей НТ для лиц летных профессий, в соответствии с критериями СанПиН 1.2.3685-21 [239], Руководства Р 2.2.2006-05 [235], и расширением степени вредности до класса 3.3 при недостаточности шкалы по Р 2.2.2006-05 по ряду показателей (длительность сосредоточенного наблюдения, плотность сигналов, число объектов одновременного наблюдения, наблюдение за экранами, режимы труда), представленная в таблице 3.6, показывает возможности отличий в степенях вредности НТ в разных профессиональных группах летного состава, в зависимости от уровня ответственности

выполняемых работ (КВС, второй пилот, бортоператор, курсант), обязанности которых, определены Федеральными авиационными правилами [180]. Необходимость расширения границ критериев для ряда показателей обусловлена чрезвычайно высокой степенью напряженности выполняемых летным составом работ, как было установлено по результатам хронометражных исследований, на которую критерии НТ в Р 2.2.2006-05 не были рассчитаны.

Таблица 3.6 – Оценка основных показателей НТ лиц летных профессий, в соответствии с Р 2.2.2006-05 [235] (с дополнениями)

Показатель	Характеристика показателя напряженности трудового процесса	Для каких летных профессий характерно	Оценка условий труда по Р 2.2.2006-05	Примечания
1	2	3	4	5
БЛОК 1. Интеллектуальные нагрузки				
1.1. Содержание работы	Решение сложных задач с выбором по известным алгоритмам (работа по серии инструкций)	Для всех ЧЭ	3.1	-
	Деятельность, требующая единоличного руководства в сложных ситуациях	для КВС	3.2	-
1.2. Восприятие сигналов (информации) и их оценка	Восприятие сигналов с последующим сопоставлением фактических и номинальных значений параметров. Заключительная оценка.	Для всех ЧЭ	3.1	-
	Восприятие сигналов с последующей комплексной оценкой связанных параметров. Комплексная оценка всей производственной деятельности	для КВС, других ЧЭ	3.2	-
1.3. Распределение функций по степени сложности задания	Обработка, выполнение задания и его проверка	Для всех ЧЭ	2	-
	Обработка, проверка и контроль за выполнением задания	для КВС, 2П	3.1	-
	Контроль и предварительная работа по распределению заданий другим лицам		3.2	-
1.4. Характер выполняемой работы	Работа по установленному графику с возможной его коррекцией по ходу деятельности	для КВС, других ЧЭ	2	-
	Работа в условиях дефицита времени	Возможна для всех ЧЭ	3.1	-
	Работа в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за результат	Характерна для КВС	3.2	-
БЛОК 2. Сенсорные нагрузки				
1	2	3	4	5
2.1. Длительность сосредоточенного наблюдения (% времени смены)	51-75	Для всех ЧЭ	3.1	-
	более 75	для КВС, других ЧЭ	3.2	-
	<i>Возможно более 85</i>	-«-	3.3	<i>Дополнение</i>
2.2. Плотность сигналов за 1 час работы	176-300	Для всех ЧЭ	3.1	-
	более 300	КВС при высокоинтенсивном воздушном движении	3.2	
	<i>Возможно более 1000</i>	-«-	3.3	
2.3. Число объектов одновременного наблюдения	11-25	для КВС, других ЧЭ	3.1	-
	более 25	-«-	3.2	
	<i>Возможно более 30</i>	-«-	3.3	

Продолжение таблицы 3.6

2.6. Наблюдение за экраном часов/смену:				-	
-при буквенно-цифровом отображении информации:	более 4	для КВС, других ЧЭ	3.2	Дополнение	
	<i>Возможно более 6-7</i>	-«-	3.3		
-при графическом отображении информации:	до 5	для членов экипажей	2	-	
	до 6	для КВС, второго пилота	3.1		
	более 6	-«-	3.2		
	<i>Возможно более 7-10</i>	-«-	3.3	Дополнение	
2.7. Нагрузка на слуховой анализатор (при производственной необходимости восприятия речи или дифференцированных сигналов)	Разборчивость слов и сигналов от 100 до 90%. Помехи отсутствуют	Не характерно. Помехи могут возникать	1	Критерии не пригодны для оценки нагрузки на слуховой анализатор при работах в АГ. Необходима разработка отдельных критериев для пилотов с оценкой качества гарнитур	
	Разборчивость слов и сигналов от 90 до 70%. Помехи, на фоне которых речь слышна на <i>l</i> до 3,5 м	Оценка критерия для специальностей, работающих с авиагарнитурами.	2		
	Разборчивость слов и сигналов от 70 до 50%. Помехи, на фоне которых речь слышна на <i>l</i> до 2 м	Члены экипажей самолетов, зависимости от качества авиагарнитуры и уровня шумового фона	3.1		
	Разборчивость слов и сигналов менее 50%. Помехи, на фоне которых речь слышна на <i>l</i> до 1,5 м	в кабинах «шумных» самолетов	3.2		
2.8. Нагрузка на голосовой аппарат (суммарное количество часов, наговариваемое в неделю)	до 16	Возможная нагрузка для КВС, других членов экипажей	1	Переговоры через АГ, между членами экипажа. Необходимы данные хронометража	
	17-20		2		
	21-25		3.1		
	26-30		3.2		
	<i>Более 30</i>		3.3		Дополнение
БЛОК 3. Эмоциональные нагрузки					
3.1. Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки	Несет ответственность за выполнение отдельных элементов заданий. Влечет дополнительные усилия	Курсанты	1	-	
	Несет ответственность за функциональное качество вспомогательных работ. Влечет дополнительные усилия со стороны вышестоящего руководства	Бортоператоры	2	-	
	Несет ответственность за функциональное качество основной работы. Влечет исправления за счет дополнительных усилий всего коллектива	Для всех ЧЭ	3.1	-	
	Несет ответственность за функциональное качество конечной работы. Влечет повреждение оборудования, остановку процесса и опасность для жизни	для КВС, других ЧЭ	3.2	-	
3.2. Степень риска для собственной жизни	Вероятна	Для всех ЧЭ	3.2	-	
3.3. Ответственность за безопасность других лиц	Вероятна	Для всех ЧЭ	3.2	-	
3.4. Количество конфликтных ситуаций за смену	Отсутствуют/не более 3-х	Для всех ЧЭ	1/2	С учетом взаимодействия в экипаже	
	4-8		3.1		
	Более 8		3.2		

Окончание таблицы 3.6

1	2	3	4	5
БЛОК 4. Монотонность нагрузок				
4.1. Число элементов, необходимых для реализации простого задания или многократно повторяющихся операций	более 10	для КВС, других ЧЭ	1	Зависит от длительности / дальности полета
	9-6	Не характерно для летных профессий	2	
	5-3		3.1	
	менее 3		3.2	
4.2. Продолжительность (с) выполнения простых заданий или повторяющихся операций	более 100	Предположительно для членов экипажей	1	Требуются доп. данные
	100-25		2	
	24-10	Не характерно	3.1	таких работ нет
	менее 10		3.2	
4.3. Время активных действий (в % к продолжительности смены). В остальное время - наблюдение за ходом процесса	20 и более	для КВС, других членов экипажей	1	зависит от длительности / дальности полета
	19-10		2	
	9-5	Не характерно	3.1	таких работ нет
	менее 5		3.2	
4.4. Монотонность производственной обстановки (время пассивного наблюдения за ходом техпроцесса, % от времени смены)	менее 75	Все члены экипажей	1	-
	76-80		2	
	81-90		3.1	
	более 90		3.2	
БЛОК 5. Режим работы				
5.1. Фактическая продолжительность рабочего дня, часы	6-7	Для всех членов экипажей	1	Зависит от длительности / дальности полета. Нужна корректировка критериев с учетом РТО ЧЭ.
	8		2	
	9-10		3.1	
	11- 12		3.2	
	более 12		3.3	Дополнение
5.2. Сменность работы	Односменная работа (без ночной смены)	возможный режим членов экипажей ВС	1	-
	Двухсменная работа (без ночной смены)	То же	2	
	Трёхсменная работа (работа в ночную смену)	вероятный режим работы членов экипажей ВС	3.1	
	Нерегулярная сменность с работой в ночное время	Наиболее вероятный режим работы членов экипажей самолетов	3.2	
5.3. Наличие регламентированных перерывов и их продолжительность (% рабочего времени)	Перерывы регламентированы, достаточной продолжительности более 7%	Внутриполетные перерывы не регламентированы, но возможны при трехчленных, двойных, усиленных экипажах на дальнемагистральных рейсах, для экипажей вертолетов при выполнении челночных рейсов.	1	Критерии не вполне применимы для летных профессий, требуют корректировки с учетом специфики летного труда.
	Перерывы регламентированы, недостаточной продолжительности от 3 до 7%		2	
	Перерывы не регламентированы и недостаточной продолжительности до 3%		3.1	
	Перерывы отсутствуют		3.2	

С учетом данных, представленных в таблице 3.6, проведена общая классификация условий труда КВС по фактору НТ на примере двух рейсов - «Москва - Санкт-Петербург», Санкт-Петербург - Москва» (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Оценка класса условий труда КВС по фактору «напряженность»

Показатели		Класс условий труда					
		1	2	3.1	3.2	3.3	3.4
1		2	3	4	5	6	7
1. Интеллектуальные нагрузки							
1.1	Содержание работы				+		
1.2	Восприятие сигналов и их оценка				+		
1.3	Распределение функции по степени сложности задания				+		
1.4	Характер выполняемой работы				+		
2. Сенсорные нагрузки							
2.1	Длительность сосредоточенного наблюдения					+	
2.2	Плотность сигналов за 1 час работы					+	
2.3	Число объектов одновременного наблюдения					+	
2.4	Размер объекта различения			+			
2.5	Работа с оптическими приборами	+					
2.6	Наблюдение за экраном видеотерминала				+		
2.7	Нагрузка на слуховой анализатор			+			
2.8	Нагрузка на голосовой аппарат		+				
3. Эмоциональные нагрузки							
3.1	Степень ответственности за результат собственной деятельности. Значимость ошибки				+		
3.2	Степень риска для собственной жизни				+		
3.3	Ответственность за безопасность других лиц				+		
3.4	Количество конфликтных ситуаций за смену		+				
4. Монотонность нагрузок							
4.1	Число элементов, необходимых для реализации простого задания или многократных операций		+				
4.2	Продолжительность выполнения простых заданий				+		
4.3	Время активных действий	+					
4.4	Монотонность производственной обстановки	+					
5. Режим работы							
5.1	Фактическая продолжительность рабочего дня			+			
5.2	Сменность работы				+		
5.3	Наличие перерывов и их продолжительность				+		
Количество показателей в каждом классе		3	3	3	11	3	+

В рассмотренном случае для КВС самолета, 3 показателя соответствовали классу 3.3, поэтому их труд по показателю НТ мог быть отнесен к классу 3.4. Без учета расширения оценок показателей, условия труда по показателю НТ были бы отнесены к классу 3.3. Оценка условий труда бортмеханика позволила отнести их к классу 3.2 по НТ. Итоговая оценка

условий труда членов летных экипажей самолетов, в соответствии с Р 2.2.2.2006-05 приведены в таблице 3.8.

Приведенные в таблице 3.8 данные ориентировочной общей оценки условий труда пилотов самолетов по результатам гигиенической характеристики факторов, литературным сведениям, исследованиям, выполненным в ФГБНУ «НИИ МТ», протоколам испытаний, техническим паспортам ВС, данным сертификационных испытаний и другим источникам, показывают, что условия труда членов экипажей ВС ГА могут соответствовать классу 3.3-3.4 по критериям Р 2.2.2006-05 [235] (с учетом дополнений по критериям НТ), в зависимости от типа ВС, конкретных условий полета. Представленная характеристика может быть использована при идентификации факторов при СОУТ и оценке профессиональных рисков на рабочих местах членов летных экипажей, гигиенической паспортизации ВС, составлении СГХ условий труда пилотов при подозрении у них наличия профессионального заболевания, разработке профилактических мероприятий.

Таблица 3.8 – Итоговая оценка условий труда КВС по степени вредности и опасности факторов на рабочих местах

Факторы		Класс условий труда						Возможные классы условий труда по фактору		
		оптимальный	допустимый	Вредный						опасный (экстремальный)
				1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	
Химический		-	Возможно от класса 2 до 3.1-3.3 (например, по содержанию озона)				-	-	3.3	2
Биологический		-	Фактор может присутствовать в условиях труда экипажей пассажирских ВС	-	-	-	-	3.1	2	
Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)		-	Фактор может присутствовать в условиях труда экипажей сельскохозяйственной авиации, при выполнении других работ на открытых территориях. Фактических данных нет.	-	-	-	-	3.1	2	
Акустические	Шум	-	По акустической нагрузке: от класса 3.4 в период 1970-1980 годов до класса 2 в последние 7-10 лет (без учета внеполетной акустической нагрузки) С учетом внеполетной акустической нагрузки				-	-	3.4	2
	Инфразвук	-	Реактивные двигатели ВС, винты вертолетов - источники интенсивного инфразвука. В зависимости от скорости, высоты полета, типа ВС - от класса 2 до 3.2 и более.						3.2	2
	Ультразвук воздушный	-	Регистрируется в акустических спектрах реактивных двигателей, но фактических данных для РМ пилотов нет, возможны уровни выше ПДУ-3.1	-	-	-	-	3.1	2	
Вибрация общая		-	-	Ту-154 М, Б, др.ВС - 3.1 или в пределах ПДУ (2)	-	-	-	-	3.1	2

3.2. Анализ условий труда пилотов по данным санитарно-гигиенических характеристик

При составлении СГХ (форма №362-1/у-2001) условий труда работника гигиенической оценке подлежали 15 факторов, из них по 13 факторам, имелись сведения для рабочих мест пилотов, представленные в разделе 3.1 [40].

В СГХ, в 92% случаев, содержалась информация о 7 производственных факторах, таких как, шум, общая вибрация, химический фактор, микроклимат, освещенность, тяжесть и напряженность труда. В СГХ была также дана оценка еще 3-м факторам: в 8% - локальной вибрации, в 20% - неионизирующим, в 5% - ионизирующим излучениям. Специалистами Роспотребнадзора в 11% случаев пилотам присвоен класс условий труда, в остальных 89% СГХ содержала информацию только об уровнях факторов по данным эксплуатанта ВС [185]. Для сравнительной характеристики рабочих мест пилотов, проведена самостоятельная оценка уровней факторов, внесенных в СГХ и установлен класс условий труда [40].

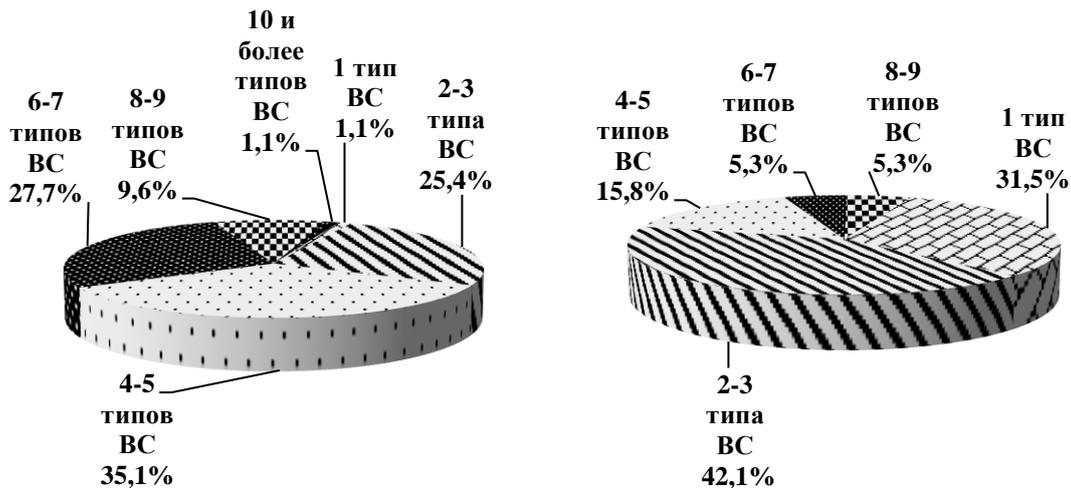
При анализе имеющихся в СГХ данных о химическом факторе, выявлено, что оценка содержания вредных веществ в воздушной среде кабины, на соответствие гигиеническим нормативам проводилась в 69 % случаях, из них в 2% случаев, результаты измерений не соответствовали регламентируемым значениям (класс 3.1 установлен на рабочих местах пилотов Ми-8, Ил-62, Ту-154, Ту-134). В воздушной среде кабин ВС обнаруживались специфические загрязнители ВС (пары минеральных масел, оксиды азота), а также вещества 1-2 класса опасности (озон, формальдегид) [40].

Ведущим производственным фактором в труде пилотов, по данным СГХ, является шум, обуславливающий в сочетании с высокой НТ и другими факторами, развитие ПНСТ. Уровни шума оценивали по акустической нагрузке (АН), полученной из протокола расчета эквивалентного уровня шума в полёте с учетом дополнительной акустической нагрузки (АН) за оцениваемый период летной работы пилота, указывались значения превышений допустимого уровня шума. Выполненный расчет позволил оценить АН по годам и за весь стаж [40],

включая периоды, когда лётная нагрузка могла быть минимальной, или даже отсутствовать [212].

При анализе профмаршрутов в СГХ условий труда пилотов, установлено, что практически все они имели стаж свыше 25-30 лет и летали в первые 10-15 лет на ВС, в кабинах которых, уровни шума достигали 90-102 дБА (Ан-2, -12, -24, -26, -28, -30, Ту-104, Л-410, Як-18, Ли-2 и др.), превышения ПДУ составляли 10-22 дБ. Уровни звука в кабинах самолетов предыдущих поколений с турбовинтовыми двигателями могли достигать 109 дБА (Л-410), 102-104 дБА (Ан-2, Як-18Т).

Большая часть пилотов в течение стажа летала на нескольких типах ВС. Распределение пилотов по количеству ВС, которые ими эксплуатировались в течение всего стажа работы, представлено на рисунке 3.5.



А – пилоты самолетов

Б – пилоты вертолетов

Рисунок 3.5 – Распределение пилотов по количеству эксплуатируемых ими ВС, в течение всего стажа работы [40]

Для пилотов самолетов характерны навыки выполнения полетов на разных ВС: 75,4% пилотов летали более, чем на 4-х типах ВС, 25,4% - на 2-3 типах ВС и только 1,1% - на одном типе ВС. В то же время пилоты вертолетов в течение стажа летали не более, чем на трех типах ВС (73,6%), почти треть пилотов (31,5%) управляла только одним типом ВС (Ми-8). Небольшая часть

пилотов (4,1%) в профмаршруте имеет сведения об управлении, как самолетами, так и некоторыми вертолетами. Приведенные данные показывают, не только сложность профессиональной деятельности большинства пилотов, которым в течение стажа пришлось осваивать управление до 10 и более моделей ВС, но и сложность проведения расчетов акустической нагрузки для них [40].

Анализ СГХ показывает, что в профмаршрутах пилотов присутствовали 51 тип отечественных и 24 типа иностранных самолетов. Среди вертолетов - 17 отечественных типов и 8 иностранных. Наиболее часто эксплуатируемыми отечественными самолетами были 6 типов – Ан-2, Ту-154, Ан-24, Як-40, Ту-134, Ил-62 (54,4% от всех самолетов, на которых летали пилоты), а также вертолет типа Ми-8 (63,8% всех вертолетов)¹. Воздушные суда Ан-2, Л-410, Ли-2, Як-18Т, Ка-26, Ми-4 характеризуются наиболее высокими уровнями звука в кабине, близкими к максимально допустимому – 100-109 дБА. Поэтому работа на этих ВС может вызывать развитие ПНСТ в короткие сроки. Наименьшие уровни звука регистрируются в кабинах самолетов Ил-96-300, Ту-154М, Ил-18, Ил-86, Як-42 – 77-84 дБА. Шумовые характеристики отечественных ВС находятся в пределах 77-98 дБА (без наиболее шумных) [40].

Анализ протоколов показал, что уровни АН в 92% случаев превышали гигиенические нормативы (80 дБА) - от 1,2 дБА до 35,8 дБА (класс 3.1-3.4), то есть до 5,8 дБ превышался максимально допустимый уровень шумового воздействия на работника (110 дБА), согласно СанПиН 1.2.3685-21 [239]. При этом следует учитывать, что используемые пилотами авиагарнитуры, являются не средствами индивидуальной защиты, а средством связи, имеющим защитные свойства [40].

В РФ самолеты иностранного производства начали более широко эксплуатироваться, начиная с 1995 г. Иностранные ВС составляли 18,4% среди

¹ Многочисленные измерения при проведении аттестации рабочих мест, по данным СГХ, показали более высокие уровни звука в кабинах Ми-8 (до 95 дБА), по сравнению с данными, указанными в МУК 2.5.3694-21 (89 дБА).

всех типов ВС, упоминаемых в СГХ. За последние 3 года доля их возросла до 22%. Наиболее часто используемыми моделями являлись Боинг-767, Боинг-737, А-319/320/321, А-330 и А-310 (около 70% всех иностранных самолетов). Расхождение уровней звука по одним и тем же моделям данных ВС в СГХ и акустических расчетах составляло от 68 до 86 дБА. В расчетах авиакомпаний часто использовались более низкие уровни звука из собственных данных. Например, для А-330, в п.10.1 СГХ условий труда указывается уровень в 72 дБА, в расчетах авиакомпании – 68 дБА [40].

К ошибкам в акустических расчетах может также привести распространение шумовых характеристик с одних модификаций ВС на другие того же типа. В некоторых СГХ оценка АН производилась не за весь стаж работы, а выборочно по одному или нескольким годам лётной работы. В 26% СГХ не учитывалась дополнительная АН, что занижает общую АН. Недостатки в акустических расчетах, выявленные при анализе СГХ (26%), были обусловлены сложностью методики, ее многокомпонентностью, недостаточностью исходных данных и др., что обуславливает необходимость разработки автоматизированной программы расчета АН. Решение проблем совершенствования системы учета шумовой нагрузки на пилотов будет являться одним из важнейших шагов объективизации оценки условий труда пилотов и профилактики неблагоприятного действия шума [40].

Гигиеническая оценка уровней инфразвука проведена в СГХ условий труда пилотов вертолетов типа Ми-8 (в 46%), из них несоответствие гигиеническим нормативам выявлено в 4% случаев (класс 3.1) [40].

При анализе параметров микроклимата выявлялось выполнение полетов в условиях температурного дискомфорта со значительным перепадом температуры воздуха по горизонтали и вертикали, сниженной температурой ограждающих поверхностей (на воздушных судах, эксплуатируемых в условиях арктической зоны РФ) и сниженной относительной влажностью воздуха (на всех рабочих местах, где проводились измерения по данным СГХ). Оценка относительной влажности воздуха была дана в 36% рассмотренных СГХ.

Установлено, что через 2,5 - 4 часа полета на высоте более 7000 метров параметр может снижаться до 5%, что вызывает дискомфорт в виде сухости в носу, горле и глазах. В условиях труда пилотов вертолетов этот фактор менее значим [40].

У пилотов, работавших в Нижневарттовском районе (вахтовая авиация) были установлены крайне неблагоприятные условия труда по микроклиматическим условиям. По данным местной метеостанции, среднемесячная температура воздуха составляла -23°C , холодная пятидневка - 43°C . Район относится к климатическому поясу II (III), согласно Р 2.2.2006-05, приложение 13 [235]. По фактическим значениям температур, такие условия труда относятся к классу 3.3. Однако, общая оценка параметров микроклимата при выполнении полетов и при работах пилотов вне кабины ВС, не проводилась. Информация о работе пилотов вне кабины ВС отсутствовала в 86% СГХ, хотя осмотр ВС является неотъемлемым этапом предполетной подготовки [40].

В общей сложности на 67% рабочих мест наблюдались превышения по параметрам микроклимата. По параметру температуры и относительной влажности воздуха, труд пилотов был отнесен к классу вредных условий (класс 3.1-3.2), в зависимости от выполняемых работ, типа ВС и условий полета – высоты, дальности, длительности, а также климатического региона [40].

Показатели световой среды оценены в 54% СГХ, из них несоответствие санитарно-гигиеническим нормам установлено в 6% случаев (класс 3.1). В некоторых случаях оценка проводилась по показателям, не нормируемым в кабинах пилотов: коэффициент естественного освещения, уровни общего искусственного освещения, а нормируемые показатели не оценивались. Часто использовались разные нормативные критерии параметров. Только в одной СГХ представлены данные по уровням освещенности при проведении предполетных и послеполетных работ [40].

В рамках экспертизы установления связи заболевания с профессией у 13% пилотов выявлены сопутствующие заболевания органов зрения, такие как:

миопия, дегенерация макулы и заднего полюса. Эти данные свидетельствуют о высокой значимости обеспечения соответствия световой среды в кабинах ВС нормативным требованиям, поскольку к состоянию зрения пилотов предъявляются повышенные требования. Работа требует постоянного зрительного напряжения, что связано с развитием утомления и, возможно, патологии органа зрения.

Оценка уровней ионизирующего излучения проведена только в 5% СГХ, неионизирующего - в 20% СГХ, что обусловлено отсутствием данных. Учитывая, что эти факторы имеют значение в труде членов экипажей, как было показано в разделе 3.1. представляется необходимым проведение специальных исследований по оценке уровней ионизирующих и неионизирующих излучений на рабочих местах разных типов ВС, с учетом условий полетов.

Показатели тяжести труда получили оценку в 31% СГХ, в 22% рассматриваемых СГХ труд пилотов отнесен к тяжелым, вредным, класса 3.1-3.3, что обусловлено, в первую очередь, характером рабочей позы - нахождением в фиксированном положении - сидя (согнувшись над приборной панелью) в ограниченном объеме кабины ВС, в течение 40-50% (у пилотов вертолетов) и до 50-80% (у пилотов самолетов) времени рабочей смены [40].

Оценка НТ представляет один из самых сложных разделов характеристики условий труда пилотов. Информация по данному фактору была представлена в 83% СГХ. Во всех случаях показатели НТ соответствовали классу 3.3 по совокупности нескольких показателей (от 5 до 11), отнесенных к классу 3.2. Распределение функций по степени сложности задания, характер выполняемой работы, режим работы, степень риска для собственной жизни и степень ответственности за безопасность других лиц, априорно относятся к классу 3.2. Наибольшую сложность вызывает количественное определение таких показателей, как длительность сосредоточенного наблюдения за параметрами работы систем ВС, плотность световых и звуковых сигналов и сообщений, число объектов одновременного наблюдения, длительность

наблюдения за экранами ВДТ, которые могут быть отнесены в разных случаях, к классам 3.1-3.2 [40].

Проведенное исследование позволило составить общую характеристику условий труда пилотов ВС ГА (таблица 3.9).

Таблица 3.9 - Оценка классов условий труда пилотов по уровням воздействующих производственных факторов и общая оценка условий труда по данным СГХ (%) [40]

Наименование фактора	Класс условий труда по критериям Руководства Р 2.2.2006-05							
	Указан в СГХ (%)	по данным СГХ (%)					Всего по вредному классу (3)	Нет данных (%)
		2	3.1	3.2	3.3	3.4		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Химический	-	67	2	-	-	-	2	31
Шум	92	-	4	20	35	33	92	8
Вибрация общая	-	36	48	-	-	-	48	16
Вибрация локальная	8	-	4	4	-	-	8	92
Инфразвук	-	46	4	-	-	-	4	50
Ультразвук воздушный	-	47	-	-	-	-	0	53
Параметры микроклимата	-	33	67	-	-	-	67	-
Световая среда	-	48	6	-	-	-	6	46
Ионизирующие излучения	-	5	-	-	-	-	0	95
Неионизирующие излучения	20	20	-	-	-	-	0	80
Тяжесть трудового процесса	31	9	17	4	1	-	22	69
Напряженность трудового процесса	8	-	-	-	83	-	83	17
Общая оценка условий труда	11	-	-	26	41	33	=	-

Из таблицы 3.9 следует, что общий класс условий труда пилотов был определен как 3.2 – в 26%, 3.3 – в 41%, 3.4 – в 33% случаев. Основными факторами, определяющими общую оценку класса условий труда, были шум, напряженность труда и микроклимат. Для пилотов вертолетов, значимыми факторами являлись также вибрация, инфразвук, тяжесть труда [40].

Проведенные исследования показали, что СГХ условий труда пилотов могут дать важную информацию для понимания реальных особенностей труда работников данной профессиональной группы. На большом массиве данных установлены средние возрастно-стажевые характеристики и общее время налета у пилотов ВС ГА с подозрением на ПНСТ и показано более раннее появление признаков заболевания у пилотов вертолетов. Существенный вклад в

общую оценку условий труда могут вносить факторы внеполетной рабочей деятельности [40].

Анализ СГХ показал, что не все вредные производственные факторы оцениваются на рабочих местах пилотов. Например, не учтены уровни ионизирующих и неионизирующих излучений, УФИ. Соответственно, общая оценка условий труда конкретных рабочих местах, могла быть заниженной[40].

3.3. Анализ исследований напряженности труда пилотов по результатам анкетирования

Исследование интенсивности годовой летной нагрузки по результатам анкетирования показало, что медиана (25; 75 квартили) общего времени полета у членов летных экипажей составила 800 (500; 900) ч/год (рисунок 3.6). При сравнительном анализе выявлено, что общее время полета за год у КВС и 2П больше, чем у пилотов-инструкторов в 1,5 раза, чем у пилотов вертолетов – в 1,8 раза и больше, чем у бортмехаников в 1,6 раза. Однако, у 20,4% КВС и 13,6% 2П наблюдалось превышение установленной нормы продолжительности полетного времени (900 ч/год) [97].

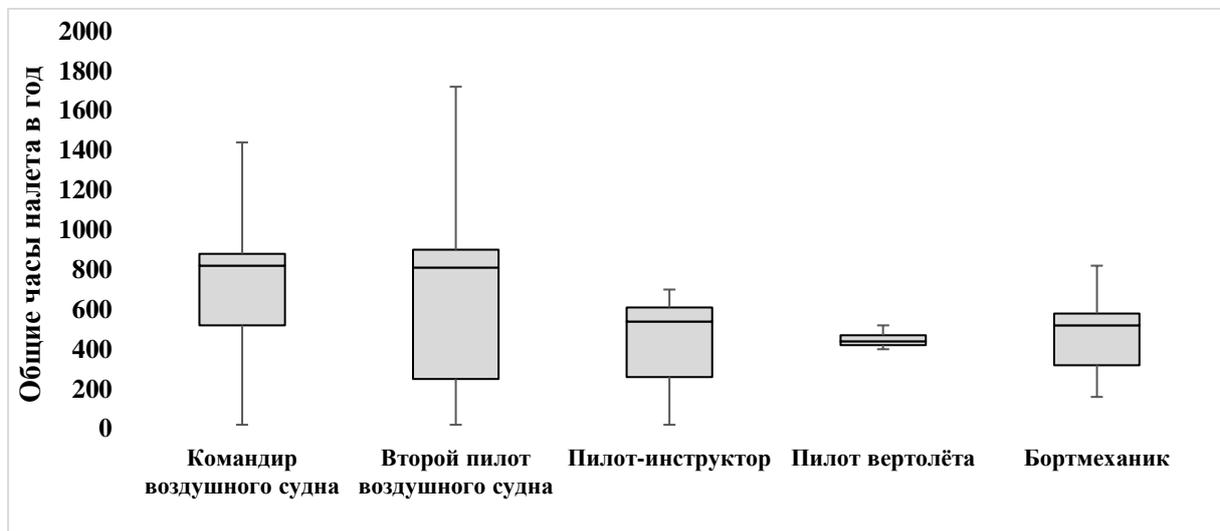


Рисунок 3.6 Общее время полета у членов летных экипажей, ч/год
Максимальные значения общего времени полета за год у КВС и 2П достигали 1450 и 1689 ч/год, соответственно. В общее время полета включалось не только время, которое пилоты тратили непосредственно на полет и подготовку к нему, но и время перемещения к месту назначения (размещения на отдых). В связи с этим можно предположить, что у пилотов, имеющих

превышения установленных нормативов по общему времени налета за год, сокращается время полноценного отдыха между полетами, что усугубляет неблагоприятное воздействие других факторов летного труда, приводит к развитию напряжения, перенапряжения и утомления [27, 97].

Анализ ответов пилотов на вопросы анкеты позволил дать оценку степени выраженности сенсорных, интеллектуальных, эмоциональных нагрузок, соблюдение режимов труда и отдыха (рисунки 3.7, 3.8).

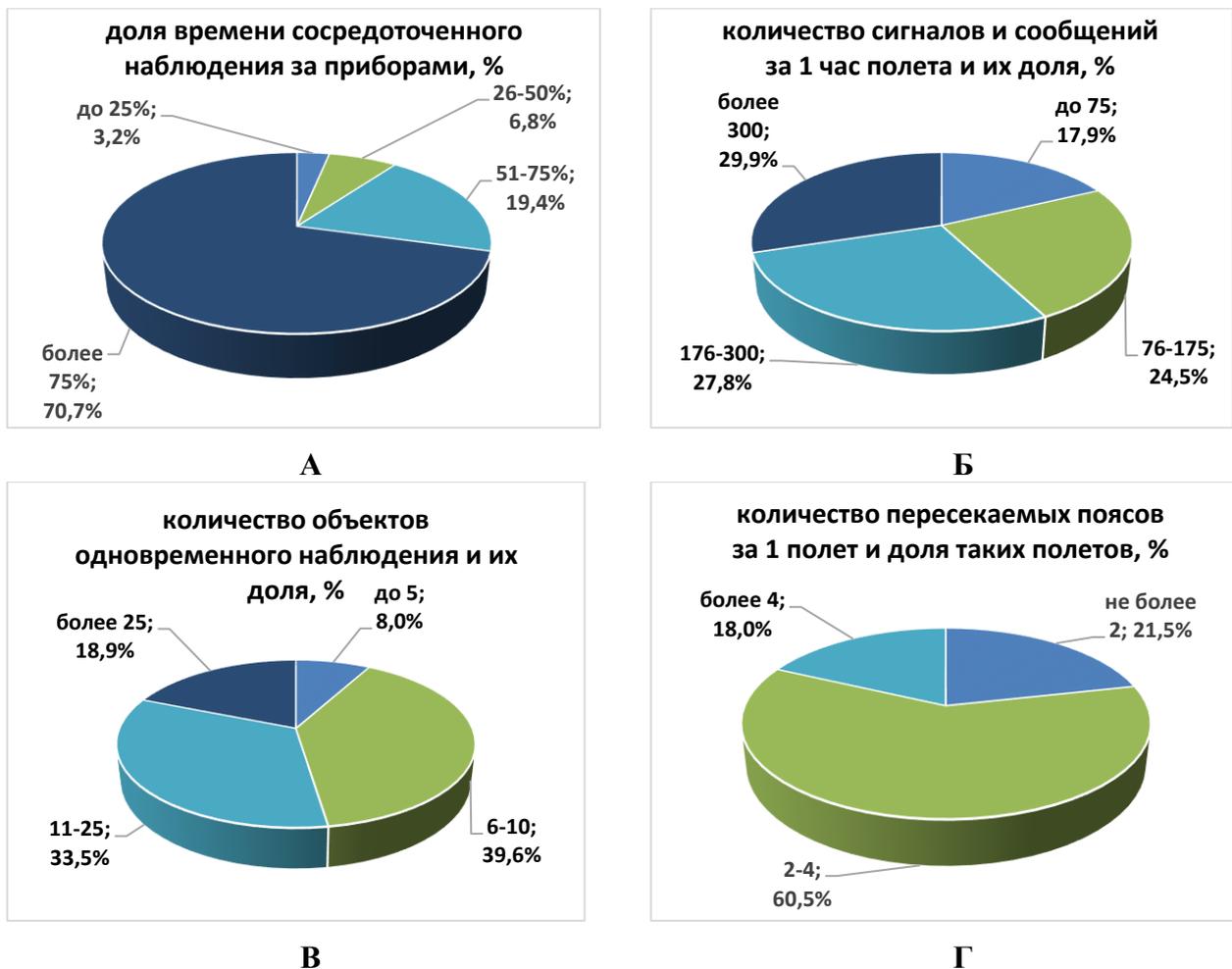


Рисунок 3.7– Характеристика сенсорных нагрузок и режимов труда пилотов по результатам анкетирования

Анализ сенсорных нагрузок показал, что 90,1% пилотов в полете сосредоточенно следят за приборами более 50% времени, в том числе 70,7% – более 75% времени (рисунок 3.7А). Длительность наблюдения за приборами более 75% времени среди КВС составляла 72,5%, 2П – 69,5%, бортмехаников – 83,3%, пилотов-инструкторов – 50% и пилотов вертолета 20%. То есть, для подавляющего большинства пилотов (70,7%) сенсорные нагрузки по

показателю «длительность сосредоточенного наблюдения» соответствовала 3.2 классу [97].

При оценке количества сигналов было установлено, что 29,9% участников анкетирования получают за 1 час полета в среднем более 300 сигналов (световых, звуковых) и сообщений (рисунок 3.7Б). Наибольшая доля таких ответов (34,7%) была в группе КВС. Следовательно, по показателю сенсорных нагрузок у 1/3 пилотов класс условий труда соответствует 3.2 классу [97].

Для анализа распределения внимания важным являлся показатель количества объектов одновременного наблюдения. Среди опрашиваемых было выявлено 18,9% пилотов, которые одновременно следили более, чем за 25 приборами полета (рисунок 3.7В). Наибольшая же доля среди всех участников опроса (39,6%) состоит из тех, кто выделил 6-10 приборов, в том числе среди КВС – 40%, вторых пилотов ВС – 39,4%, пилотов-инструкторов – 100%, пилотов вертолетов – 60%, бортмехаников 8,3%. Доля пилотов, которые одновременно следят за 11-25 приборами, составила 33,5%, в том числе среди КВС – 31,6%, вторых пилотов ВС – 36,0%, бортмехаников – 41,7%. Вместе с тем, на вопрос о количестве контролируемых параметров на отдельных приборах, на которые постоянно переключается внимание, пилоты в подавляющем большинстве называли 5-8 параметров для большинства объектов наблюдения. Таким образом, суммарное количество зон наблюдения у всех пилотов составляло более 30. По данному показателю сенсорных нагрузок напряженность труда соответствовала 3.2 классу [97].

В подавляющем большинстве случаев (79%) режим труда имел непостоянный характер – нерегулярная сменность, работа в ночное время, особый учет общего рабочего времени проводился путем суммирования разных периодов на протяжении недели/месяца/года, длительность рабочей смены часто превышает 8 часов. По данному показателю, НТ была оценена как 3.2 класс [97].

Было установлено, что у 60,5% анкетированных среднее количество пересекаемых часовых поясов за полетную смену (12 часов) составляет от 2 до 4, а у 18% – более 4 (рисунок 3.7Г). Среди КВС доля пилотов со средним количеством пересекаемых часовых поясов «более 4» составляла 16,6%, вторых пилотов ВС – 20,3%, пилотов-инструкторов – 25%. В группах пилотов вертолетов и бортмехаников у 100% анкетированных зарегистрировано не более 2 пересекаемых часовых поясов [97].

НТ является фактором, оказывающим прямое угнетающее воздействие на психофизиологическое состояние пилотов, и вызывает развитие опасного состояния в полете – утомление. Для профилактики кумулятивного эффекта утомления требуется создание условий по оптимизации режимов труда и отдыха, в т.ч. по нормализации режимов сна. Результаты анкетирования по вопросам, касающимся отдыха и сна представлены на рисунке 3.8.

При выборе факторов, влияющих на утомление, особую значимость пилоты придавали достаточности отдыха и сна. В 1,7% случае пилоты ответили, что «никогда» не успевают отдохнуть между полетами (все КВС и 2П), 44,6% – «редко», а 48,5% – напротив, «часто», 5,3% – «всегда» успевают отдохнуть (рисунок 3.8А). Среди КВС 50,3% отметили, что «редко» успевают отдохнуть между полетами, среди вторых пилотов ВС – 40,3%, пилотов-инструкторов – 50%, пилотов вертолетов – 20%, бортмехаников – 16,7% [97].



А



Б

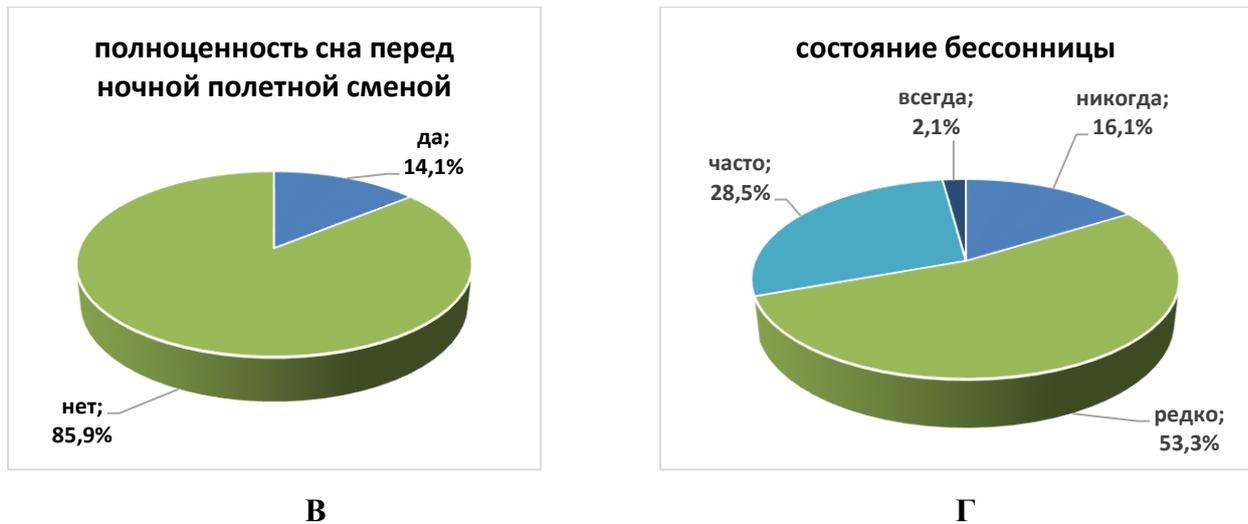


Рисунок 3.8 – Характеристика отдыха и сна пилотов по результатам анкетирования

У 59,9% членов экипажей ВС сон в дневное время между полетными сменами носил прерывистый характер и отличался сложностью засыпания. Полноценно высыпаются в этот период всего лишь 6,6% участников анкетирования (рисунок 3.8Б). Только 14,1% пилотов всегда шли на ночную полетную смену после полноценного дневного сна (рисунок 3.8В), в том числе 13,4% КВС, 13,5% вторых пилотов ВС, 60% пилотов вертолетов, 33,3% бортмехаников [97].

Среди участников анкетирования выявлены лица, которые предъявляли жалобы на качество сна разной степени выраженности. Сон у таких лиц имел характер длительного засыпания с частыми пробуждениями в течение ночи, после которых пилотам трудно вновь уснуть, было ощущение поверхностного, не восстанавливающего сна – проявление признаков бессонницы. Среди анкетлируемых, потенциально могут страдать бессонницей: «всегда» – 2,1%, «часто» – 28,5%, «редко» – 53,3%, при этом 16,1% респондентов «никогда» не испытывают проблем с качеством сна (рисунок 3.8Г) [97].

В общей сложности доля пилотов, которые в той или иной степени могут страдать бессонницей, составила: среди КВС – 90,3%, среди вторых пилотов ВС – 78,5%, пилотов-инструкторов – 100%, среди пилотов вертолета – 80%, бортмехаников – 58,3%. Причем доля с признаками бессонницы «всегда» в 2,5 раза выше в группе 2П, чем среди КВС (3,1% против 1,3% соответственно) [97].

Высокие показатели напряженности труда, систематические сдвиги в режимах труда и ограничение отдыха влияют на качество выполняемой пилотами работы и обеспечение безопасности полетов. При благоприятном исходе такие состояния ограничиваются временным снижением работоспособности и взаимопомощью коллеги – второго пилота всегда присутствующего рядом. Результаты анкетирования по вопросам, касающимся снижения работоспособности, представлены на рисунке 3.9.

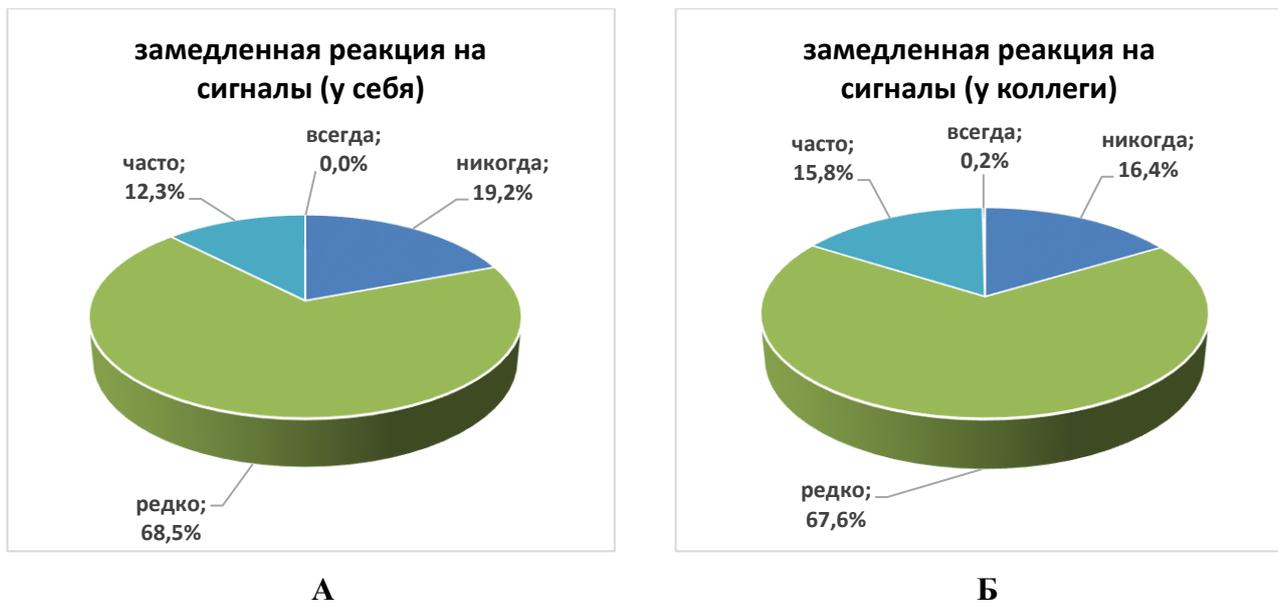


Рисунок. 3.9 – Характеристика работоспособности по скорости реакции у себя и у коллеги по результатам анкетирования

Важно отметить, что по мере накопления усталости, вследствие ограничения сна, возможно снижение работоспособности. В конечном итоге потребность во сне становится непреодолимой, и пилоты начинают непроизвольно впадать в сон во время полета. Доля таких пилотов, составляла от 74,3% до 82,9% их общего количества опрошенных. Также обнаружено, что «никогда» не замечали в полете возникновение самопроизвольного сна за собой 25,7% пилотов, а за коллегами – в 1,5 раза меньше – 17,1%. Наоборот, замечали «часто» за собой 19,2% пилотов, а за коллегами – 22,1%. Доля пилотов, у которых «часто» проявляется замедленная реакция на нормальные, нестандартные или чрезвычайные раздражители и сигналы, составляет от 12,3% до 15,8% (рисунок 3.9 А, Б). Доли членов экипажей ВС с редким возникновением замедленной реакции на сигналы при различных вариантах

вопросов сопоставимы и составляют 68,5% и 67,6%, как при собственной оценке, так и при наблюдении за коллегой [97].

Ограничение отдыха, появление чувства усталости, снижение работоспособности, и нарастание признаков утомления у пилотов приводит к увеличению количества ошибок в операционной деятельности. Косвенно, снижение работоспособности в анкете оценивали по вопросам, касающимся количества совершаемых ошибок во время полета у самого опрашиваемого и у его коллеги. Оценивались: пропуск и некорректная отработка элемента, требуемого по РЛЭ, игнорирование сигналов предупреждения во время полета как самих анкетированных, так и их коллег [97].

Анализ результатов опроса пилотов показал, что общее количество ошибок операционной деятельности во время полета наиболее часто попадает в категории «1 - 2» и «3 - 5» раз за полет. Пропуск элемента, требуемого по технологии работы, или некорректную его отработку во время полета в количестве от 10 и более раз пилоты чаще замечают у себя, чем у коллег [97].

Наиболее часто пилоты отмечали игнорирование сигналов за коллегой. Количество таких случаев в подавляющем большинстве (80%) находилось в диапазоне от 1 до 5 раз и характерно, в основном, для вторых пилотов, за собой игнорирование сигналов замечают в 36% случаев КВС и в 70% – вторые пилоты.

В анкету также были включены вопросы, отражающие уровень интеллектуальных нагрузок. Все, без исключения, КВС указали, что их деятельность требует решения сложных алгоритмов, единоличного руководства в сложных ситуациях, выполнение работы в условиях дефицита времени и информации с повышенной ответственностью за конечный результат. Из вторых пилотов 72% ответили таким же образом, за исключением вопроса о единоличном руководстве. Поэтому класс условий труда по выраженности интеллектуальных нагрузок, как минимум по двум показателям, отнесен к 3.2 классу [97].

На вопросы, отражающие уровень эмоциональных нагрузок, 98% опрошенных сообщили, что их профессия связана с рисками, которые могут нанести непоправимые последствия для здоровья самих пилотов. Также все сообщили, что ответственности за безопасность других лиц лежит именно на них. Все пилоты отнесли свою работу к высокому риску возможного наступления авиационного происшествия. Поэтому класс условий труда по выраженности эмоциональных нагрузок, как минимум по двум показателям, отнесен к 3.2 классу [97].

Результаты анализа опроса согласуются с данными исследований, в которых у пилотов была выявлена высокая распространенность жалоб на качество сна, сонливость и утомляемость. В исследовании [404], распространенность жалоб на сон составила 34,9%, дневную сонливость – 59,3%, утомляемость – 90,6%. Значения распространенности общего и умственного утомления у пилотов зарубежных авиалиний составили: 89,3% у летающих на дальние расстояния, 94,1% – на короткие / средние [403]. 75% пилотов коммерческих авиакомпаний, выполняющих рейсы на короткие расстояния, сообщили о сильном утомлении, причем 81% отметили, что утомление стало более выраженным, чем 2 года назад [97, 365].

Полученные данные анкетного опроса подтверждают результаты исследований, показавших, что уровень НТ пилотов является «сверхинтенсивным или экстремальным» [216]. Среди основных факторов, влияющих на утомление пилотов, можно выделить увеличенную продолжительность рабочего времени, общее время налета за год, сокращение времени отдыха между полетами, нерегулярный режим сна, многократную смену часовых поясов, а также высокий уровень сенсорных и эмоциональных нагрузок [97].

Заключение по главе 3

В целом, проведенный анализ данных разных источников о состоянии условий труда пилотов ГА (результаты сертификационных испытаний,

справочные и нормативно-технические документы, СГХ, материалы анкетных опросов) показал, что их труд на современных ВС характеризуются сочетанным воздействием комплекса производственных факторов, среди которых одним из ведущих является напряженность труда, определяющая в 74% случаев условия труда, как вредные 3 степени (класс 3.3), в соответствии с Р 2.2.2006-05, а согласно оценки с учетом дополнительных критериев, может быть отнесен, на многих современных ВС - к вредным 4 степени (класс 3.4). Необходимость использования дополнительных критериев для оценки сенсорных нагрузок НТ была выявлена в результате анализа материалов хронометражных исследований, согласно которым установлено, что значения многих показателей выходят далеко за пределы границ степени 3.2 по Р 2.2.2006-05, что обусловлено «сверхинтенсивной» напряженностью работ пилотов. Все использованные в исследовании данные показали сходные сопоставимые результаты, что свидетельствует о достаточной надежности составленной характеристики современных условий труда членов летных экипажей.

Важными представляются результаты исследования, показавшие значимость именно комплексного воздействия факторов производственной среды (особенно шума, вибрации, воздушной и световой среды, микроклимата, тяжести труда), параметры которых могут не так значительно отклоняться от допустимых на современных ВС (класс 3.1), однако все они способствуют увеличению напряженности труда и развитию утомления пилотов. Определенно неблагоприятное действие на организм оказывают электромагнитные поля, ненормируемые и неконтролируемые на рабочих местах пилотов, а также ионизирующие излучения при полетах на реактивных ВС, контроль которых возможен, но пока не ведется.

Ведущим фактором в труде пилотов до недавнего времени был шум. Однако в последние 5-10 лет большая часть ВС (71,6) характеризуется пониженными уровнями шума - в пределах 80 дБА, то есть не выше ПДУ. В то же время, в эксплуатации остаются и достаточно шумные ВС – с уровнями

более 90 дБА (25,2%). Известно, что шум не только с уровнями, превышающими ПДУ, но и в пределах 50-80 дБА, при выполнении высоконапряженных видов работ должен быть отнесен к вредным факторам, оказывающим мешающее, раздражающее действие и способствующим развитию утомления и ПНСТ, что подтверждено последними исследованиям [196]. Именно этим воздействием объяснялось постепенное снижение ПДУ шума при повышении степени напряженности работ, при этом, для высоконапряженных работ ПДУ был установлен на уровне не более 50 дБА. Для авиадиспетчеров в настоящее время действует эта норма. Таким образом, степень вредного воздействия шума на пилотов оказывается недооцененной.

Проведенный анализ нормативного обеспечения условий труда пилотов и из контроля показывает существенные пробелы в документах санитарного законодательства и выявляет их плохую гармонизацию с регулируемыми нормативно-техническими документами – авиационными правилами, руководящими документами, стандартами. Все это не способствует созданию безопасных условий труда для пилотов, обеспечения их высокой работоспособности, физического и психического здоровьесбережения, снижению рисков аварийности.

Полученные данные использованы для разработки предложений по совершенствованию нормирования факторов производственной среды членов летных экипажей и, в первую очередь, напряженности труда, классификации показателей НТ по степени вредности, а также по оптимизации условий труда, организации мониторинга, путем проведения их специальной оценки (СОУТ), производственного контроля (ПК), оценки профессиональных рисков (ОПР) и создания расширенной системы управления рисками утомления (СУРУ).

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ПРИЧИН АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Анализ причин и обстоятельств авиационных происшествий (АП) в гражданской авиации, проведенный по материалам расследований Межгосударственного авиационного комитета (МАК), имел основной целью установление роли утомления членов экипажей и выявление других факторов риска в возникновении АП. За период 2010-2021 гг. проанализировано 89 АП, произошедших с тяжелыми воздушными судами (ВС), с максимальной взлетной массой более 5700 кг, из которых 65 случаев связаны с ВС отечественного и 18 случаев – с ВС иностранного производства, а также 6 случаев - с ВС, принадлежащими иностранным авиакомпаниям. В результате установлены данные по числу АП и количеству пострадавших в них, определены причины произошедших АП, проведен углубленный анализ случаев АП, связанных с «человеческим фактором», в том числе показана значимость состояния стресса и утомления пилотов, как важных факторов риска возникновения АП. О наличии состояния утомления у пилотов в момент АП судили по медицинским заключениям в отчетах по их расследованиям, о состоянии стресса - по характеру переговоров пилотов между собой и с авиадиспетчерами. Авиационные происшествия объединяли аварии – события, связанные с летной эксплуатацией ВС без человеческих жертв и катастрофы – с человеческими жертвами.

Анализируя доклад ИКАО о безопасности полетов в гражданской авиации [407] установлено, что в 2021 году коэффициент аварийности снизился, по сравнению с 2020 годом с 2,14 до 1,93 на миллион вылетов, число погибших сократилось на 66 %, число АП со смертельным исходом осталось неизменным - 4.

Уровень аварийности в гражданской авиации стран континентов, включая страны СНГ, по данным Международной ассоциации воздушного транспорта (ИАТА) в сравнении за 2019 г. и 2021 г. [406] показан на рисунке 4.1.

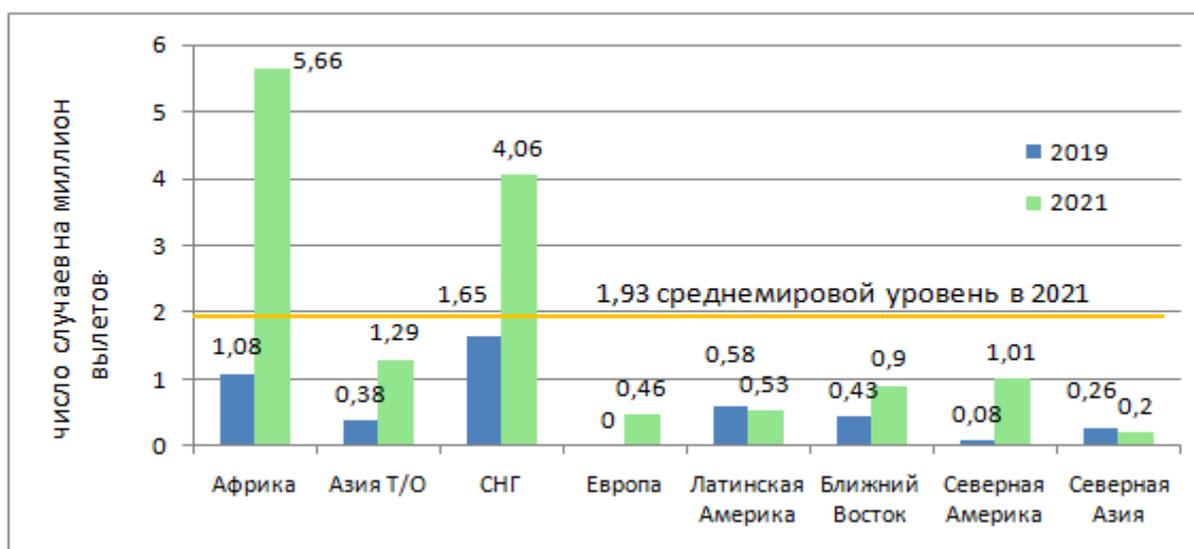


Рисунок 4.1 – Уровень аварийности в ГА по странам континентов, включая страны СНГ, в сравнении за 2019 г. и 2021 г. по данным IATA [406]

Как следует из рисунка 4.1, по аварийности на воздушном транспорте страны СНГ в 2019 г. имели худшие показатели в мире, а в 2021 г. заняли 2-е место после стран Африки. В 2021 г. коэффициент аварийности в СНГ вырос в 2,5 раза, по сравнению с 2019 г., и составил 4,06 на миллион вылетов, что более, чем в 2 раза превышает среднемировой уровень. Для сравнения - в Европе этот показатель, хотя и вырос, однако был в 10 раз ниже, чем в СНГ. Анализ «Базы данных несчастных случаев в авиации» (ASN - Aviation Safety Network) [420] за период 2016-2021 г. показал, что по количеству АП РФ занимает 3-е место в мире, по катастрофам – 2-ое, по количеству жертв – 1-ое.

Однако согласно отчета МАК [259], эти показатели для государств-участников межгосударственного Соглашения о гражданской авиации (далее – страны СНГ) оказываются еще выше. Так, в 2021 г. количество АП и катастроф на 1 миллион вылетов на всех ВС в ГА стран СНГ (без АОН) составило, соответственно – 16,6 и 7,4 (снижение на 21% и 25%, относительно 2020 г.), в том числе АП с ВС взлетной массой > 5700 кг, соответственно – 4,6 и 3,7 (снижение по АП на 26% и рост по АК на 66%), при пассажирских перевозках – 2,8 и 1,9 (рост по АП и АК на 7% и 100%, соответственно). Данные об

аварийности в ГА РФ и по странам СНГ за 2011-2021 гг. показаны на рисунке 4.2.

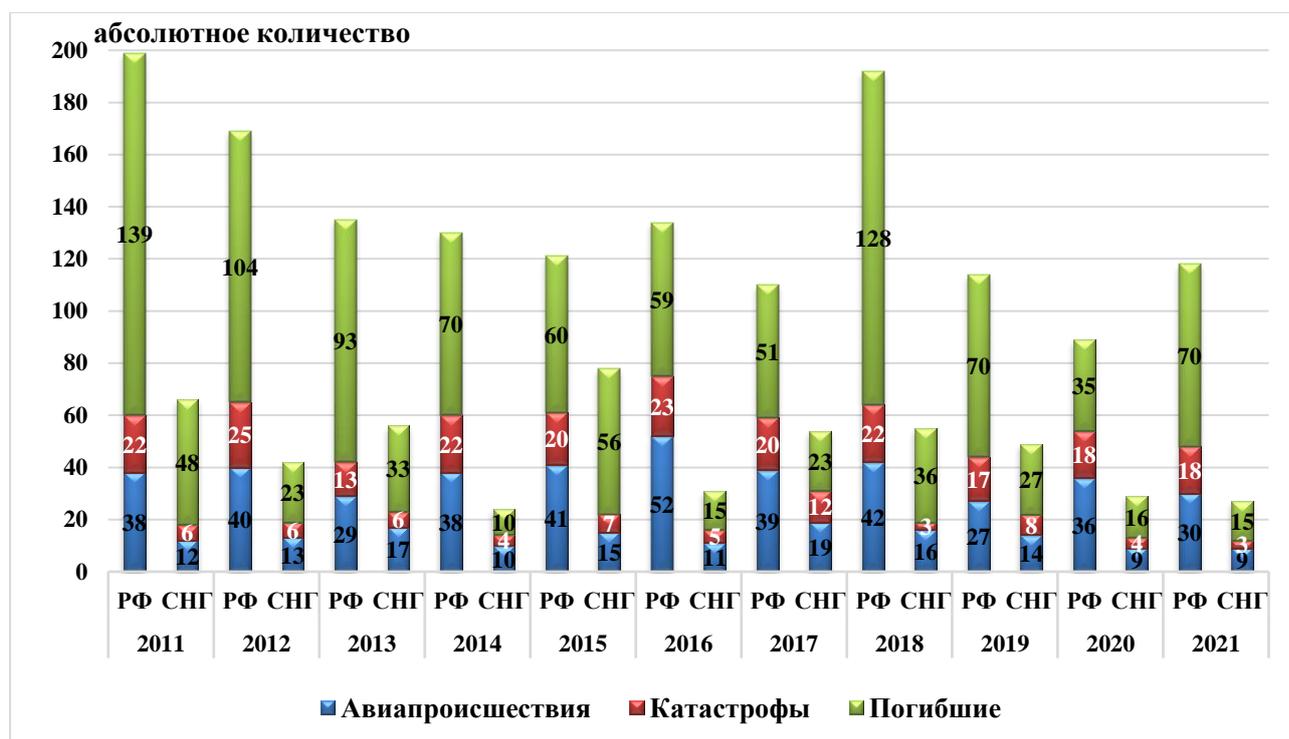


Рисунок 4.2 – Аварийность в гражданской авиации в РФ и странах СНГ в 2011-2021 гг. (абсолютное число случаев) [259]

Доля России по числу случаев АП и другим показателям среди стран СНГ, в разные годы составляла 73,6-76,9%. АП, обусловленные человеческим фактором, в 2021 г. составляли $\approx 75\%$ (в 2020 г. – 80%). Приведенные показатели в целом свидетельствуют о сложившейся неблагоприятной ситуацией с безопасностью полетов в РФ и необходимости поиска путей ее решения.

Результаты анализа отчетов о расследованиях авиационных инцидентов Межгосударственным авиационным комитетом (МАК) в РФ за период с 2011 по 2021 гг. [259] по составленной в ФГБНУ «НИИ МТ» базе данных авиационных происшествий, позволили определить основные причины возникновения АП и роль в них факторов утомления и стресса пилотов (рисунок 4.3).

Из рисунка 4.3 следует, что около 50 % АП были в той или иной степени связаны с «человеческим фактором», в том числе 16,8% случаев были обусловлены высокими уровнями напряженности труда, ошибками пилотов, произошедшими в результате их утомления из-за нарушений режимов труда и отдыха (РТО) и других причин [96].

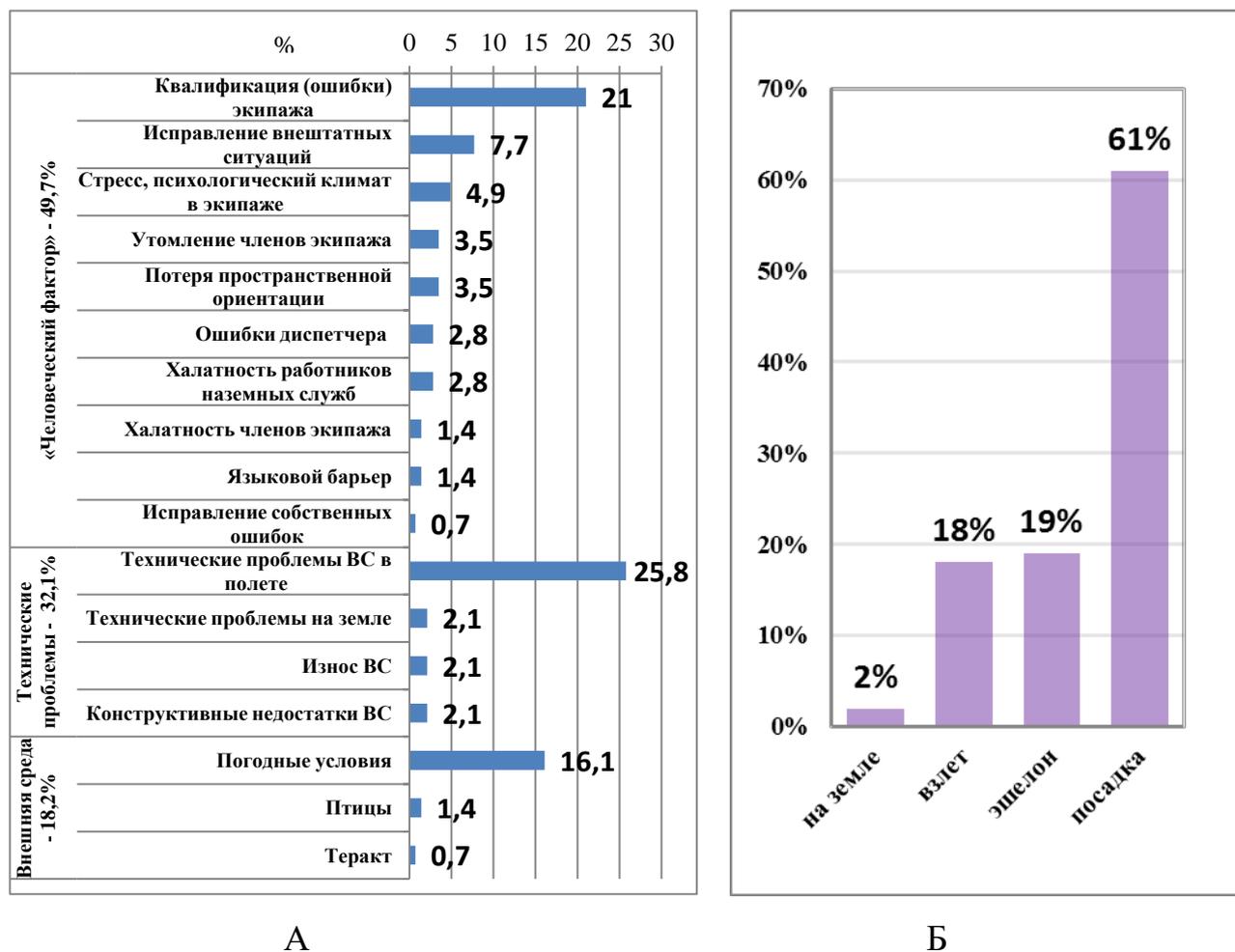


Рисунок 4.3 – Структура и частота основных причин АП (А) с самолетами максимальной массой более 5700 кг (в % к итогу) и их связь с различными этапами полета (Б)

В целом, следует констатировать, что по результатам подробного анализа обстоятельств каждого случая АП, единственную причину в них выделить невозможно. В большинстве случаев имела место цепь взаимосвязанных событий, повлекших за собой повреждение или разрушение ВС, травмирование или гибель людей. Чаще всего можно говорить об основных первопричинах и сопутствующих факторах, усугубивших ситуацию.

Распределение всех причины АП, содержащихся в базе данных ФГБНУ «НИИ МТ» за период 2010-2021 гг., по 3-м основным категориям показало, что «человеческий фактор» был наиболее частой причиной АП - присутствовал в половине случаев (49,7%), фактор «технические проблемы» был вторым по значимости (32,1%), фактор «внешняя среда» был одним из условий и причин АП (18,2% случаев).

Причины АП, обусловленные «человеческим фактором», могли быть связаны с недостаточной квалификацией или «ошибками» экипажа, в том числе и с их исправлениями, но завершившихся катастрофой, ошибками диспетчеров, «халатностью» работников наземных служб и экипажа (28,7% всех причин АП). Неблагоприятный психологический климат в экипаже, утомление и стресс членов экипажа были выявлены в 8,4% случаев АП. Сомато-гравитационные иллюзии, потеря пространственной ориентировки были причинами 3,5% случаев АП. Недостаточное владение английским языком при пользовании летной документацией, руководством по эксплуатации при управлении иностранными ВС («языковой барьер») стало причиной АП в 1,4% случаев.

В 8,4% случаев члены экипажа не смогли справиться со сложной внештатной ситуацией в полете (технические неполадки, неблагоприятные метеорологические условия), будучи ограничены во времени и имея большое количество входящих сообщений, сигналов и вариантов выхода из ситуации, что в итоге привело к инциденту. Такие случаи рассматривались как ситуации, связанные с высокими сенсорными и информационными нагрузками. Шансы пилота попасть в АП, сталкиваясь с внештатными ситуациями, были выше в 2 раза по сравнению с лицами, не имевших проблем в полете $OR=2,0$ [1,7; 2,3], ($p<0,05$).

Разбирая роль утомления, стресса, усталости в развитии АП нельзя не сказать, о том, что техническое состояние ВС может играть существенную роль в его первопричине. Стрессовое состояние членов экипажа при возникновении технических неполадок в полете являлось одним из ведущих компонентов в комплексе причин АП.

На рисунке 4.4 показан удельный вес утомления и потери пространственной ориентировки среди прочих причин авиационных происшествий, произошедших на разных этапах полета, с разными типами самолетов и в разных регионах. Диаграмма составлена по материалам IATA за 2021 г. [406]. В среднем, утомление являлось причиной АП в 5% случаев, потеря пространственной ориентировки - в 5,3%. Эти цифры корреспондируются с показателями, установленными в диссертационном исследовании. Последствия утомления связаны с возрастанием рисков для безопасности полетов: если причиной аварий утомление было в 2% случаев, то для авиакатастроф - в 11%.

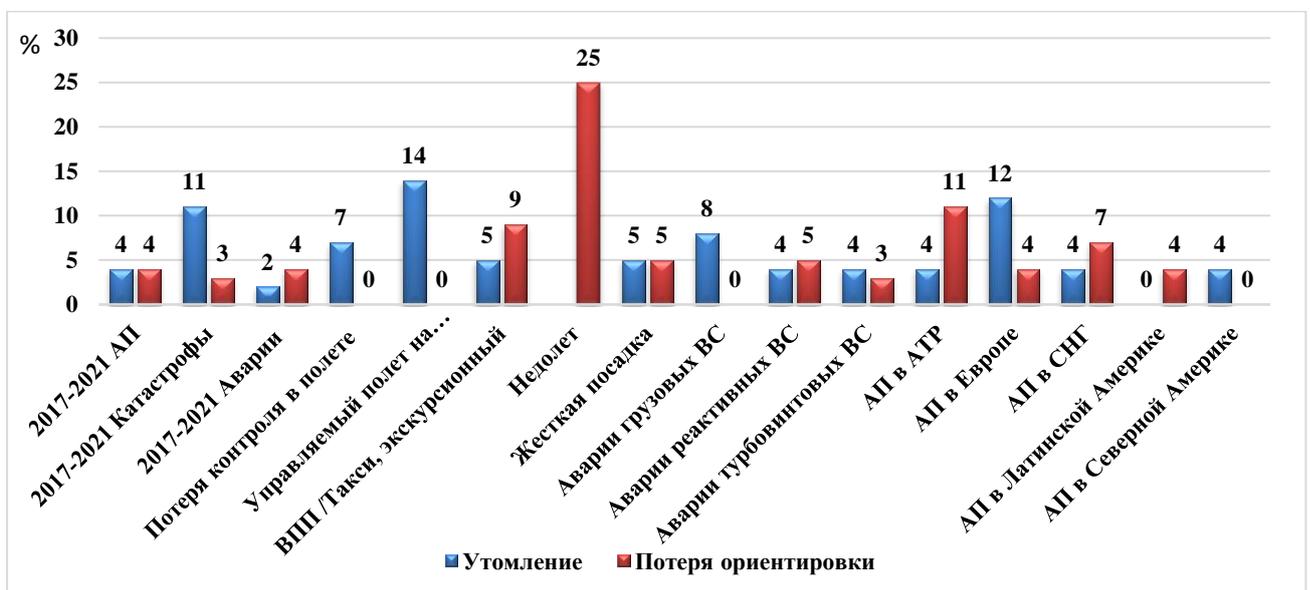


Рисунок 4.4 - Удельный вес утомления и потери пространственной ориентировки среди прочих причин авиационных происшествий (%) (по материалам IATA за 2021 г. [406])

Наиболее значимой причиной АП, произошедших в Европе было утомление, приведшее к столкновению с землей, потери контроля в полете, авариях грузовых ВС, что может быть связано с чрезмерной нагрузкой и недостаточностью отдыха у пилотов в этих случаях.

Потеря пространственной ориентировки – явление, которое может быть обусловлено недостаточной квалификацией (опытный пилот умозрительно не утрачивает свое положение в системе координат, несмотря на поступающие

ложные подсознательные сигналы), чрезмерной нагрузкой (при превышении предела восприятия информации), утомлением [200].

Работоспособность, стресс, утомление пилотов могут быть связаны с различными факторами, определяющими (повышающими) напряженность и степень вредности труда, в том числе: внешние факторы и производственная среда, этапы полета, осложненные условия полета (метеорологические факторы), день недели (накопившееся утомление за время работы без выходных дней), сезон года (сезонная усталость, сложности управления ВС в разное время года), продолжительностью полета (более 5-8 часов), работа в ночную смену или ранний вылет и нарушение циркадных ритмов, количество совершенных взлетов и посадок, равномерность распределения лётной нагрузки, сверхурочные работы, информационные нагрузки, уровень профессионального мастерства (его недостаток), физическое состояние пилота и его личные данные, психологический климат в экипаже, умение взаимодействовать в коллективе, предполетный отдых: количество (в часах) и качество (дома, в гостинице, профилактории), достаточность ежегодного отпуска. Проведена оценка влияния этих факторов на возникновение АП и установлены значимые факторы риска.

Шум является хорошо изученной причиной утомления и стресса человека в процессе его трудовой деятельности. В связи с этим, представляло интерес проследить взаимосвязь между уровнями звука (УЗ) в кабине ВС и частотой катастроф/утомления пилотов (рисунок 4.5).

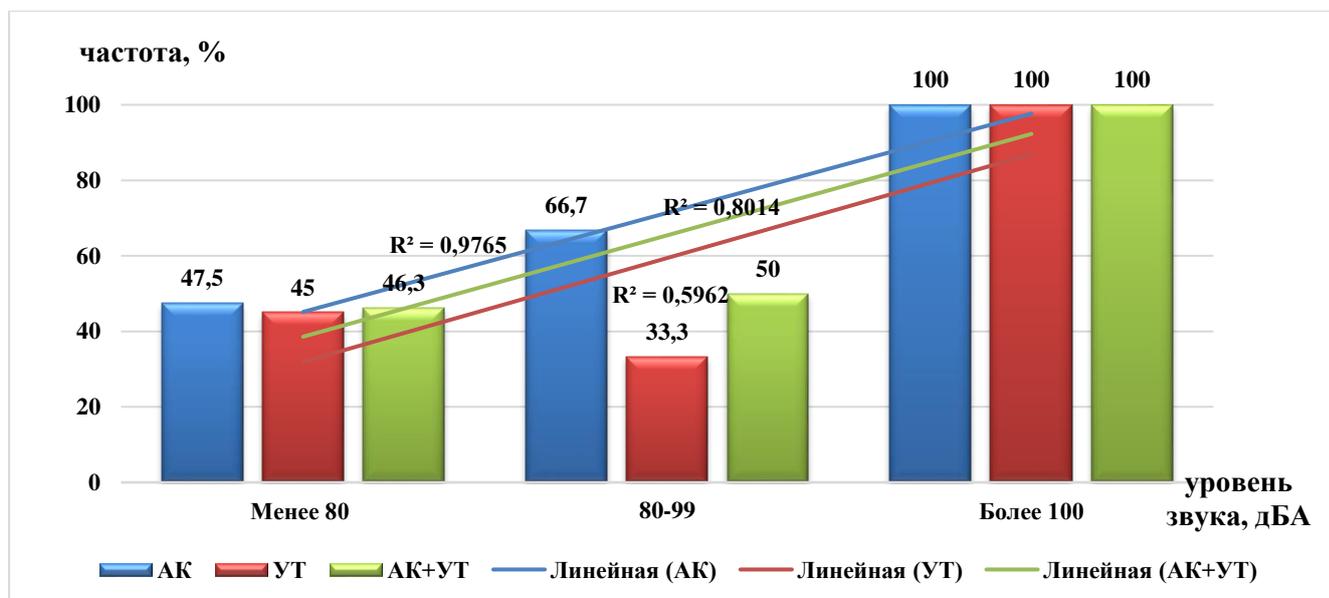


Рисунок 4.5 - Частота катастроф и утомления пилотов в зависимости от уровня звука в кабине ВС

На рисунке 4.5 показана высокая детерминированность зависимости ($R^2=0,60-0,97$), генеральная тенденция изменения показателей свидетельствует о нарастании частоты катастроф и факторов утомления пилотов при увеличении уровней звука в кабине ВС. Шансы развития утомления выше в группе пилотов, летающих на ВС с уровнями шума более 90 дБА в 2,1 [95%ДИ 1,9; 2,6] раза, $p<0,05$, чем у пилотов с уровнями шума не превышающих ПДУ. В исследовании выявлена зависимость, в которой повышение уровней шума в кабине ВС на 5 дБА приводит к возрастанию шансов АП в 1,14 раза - $OR=1,14$ [95%ДИ 1,09;1,31], $p<0,05$. Необходимость вести постоянный радиообмен усиливает шумовое воздействие на орган слуха пилота. Постоянное использование радиогарнитур, их низкое качество в ряде случаев, речевые особенности авиадиспетчеров, повышают напряженность слухового анализатора и также способствуют утомлению.

Наиболее значимым фактором условий труда, способствующим развитию утомления пилотов в полете, является напряженность работы, в частности информационные нагрузки. Можно выделить два показателя, которые могут быть связаны с повышением напряженности труда: тип ВС с присущей ему

эргономикой рабочих мест пилотов и количество членов экипажа в ВС. Предыдущие поколения ВС управлялись экипажами из трех и более человек. Современные иностранные типы ВС (Boeing, Airbus), отечественный Sukhoj Superjet 100, управляются экипажами из двух человек, нагрузка на каждого пилота возросла, причем их работа усложнилась из-за использования при радиопереговорах и прочтении РЛЭ английского языка. Было установлено, что доля катастроф с ВС отечественного и иностранного производства за исследуемый период, составила 29% и 33,3%, соответственно. Частота факторов утомления, состояния стресса пилотов и недостаточной квалификации (ошибок экипажа), в качестве причин или сопутствующих факторов в АП с отечественными и иностранными ВС, показана на рисунке 4.6.

Анализ данных на рисунке 4.6А показывает, что частота утомления среди экипажей, летающих на иностранных типах ВС, была в 2 раза выше (рисунок 4.6А), чем на отечественных. Значимость фактора ошибок экипажей в возникновении АП (рисунок 4.6Б) очень высока - выявлены в половине случаев аварий и катастроф по всем типам ВС. Частота ошибок экипажей иностранных ВС была выше, чем отечественных ВС - в 1,5 раза - при авариях и в 1,2 раза - при катастрофах. Фактор недостаточной квалификации по всем АП при пилотировании иностранных ВС был выше (рисунок 3Б), чем отечественных - в 1,3 раза, ($p < 0,05$). Шансы увеличения утомления и авиакатастроф (АК) в ночное время, по сравнению с дневным, были выше в 1,4 [95% ДИ 1,0; 1,8] раза, $p = 0,15$ у пилотов отечественных ВС и в 3,3 [95% ДИ 2,2; 4,6] раза, $p = 0,09$ у пилотов иностранных ВС.

Высокая степень достоверности выявленных закономерностей свидетельствует о большой и большей значимости факторов утомления и недостаточной квалификации членов экипажей при оценке риска развития АП при управлении иностранными ВС, по сравнению с отечественными и о более высокой степени напряженности труда-экипажей иностранных ВС.

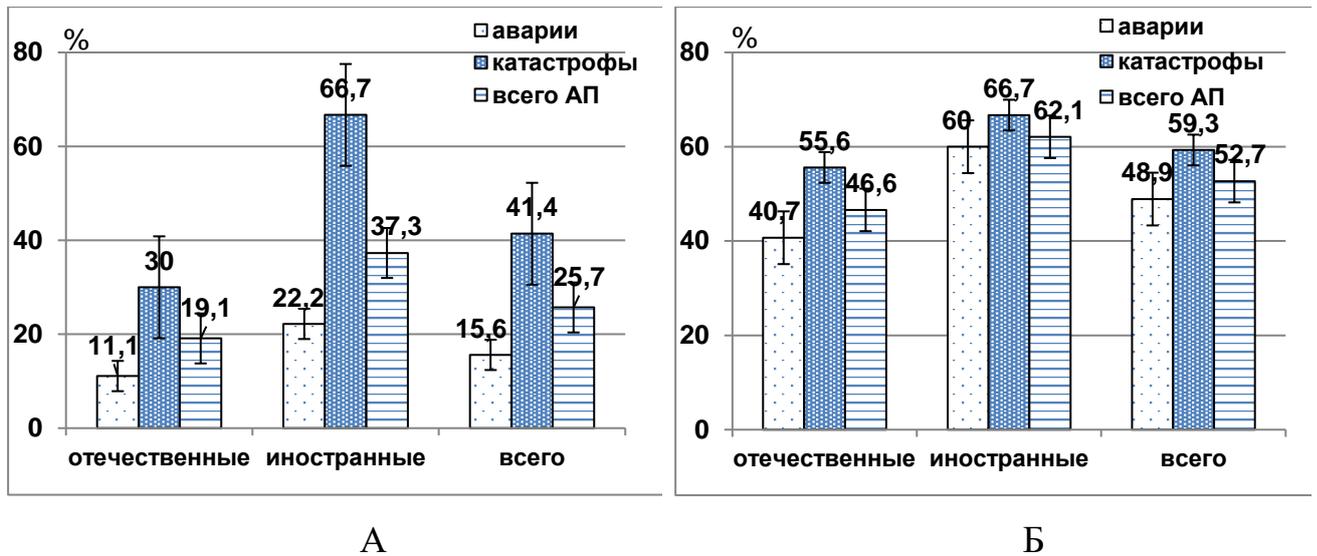


Рисунок 4.6 - Частота факторов утомления (А) и недостаточной квалификации (Б) в качестве причин АП с отечественными и иностранными ВС

Риск возникновения АП тесно связан со временем суток: 56% всех АП происходили ночью или в темное время суток, еще 21% - при плохой видимости (рисунок 4.7А). Основная нагрузка на аэропорты приходится на утренние и вечерние часы, в ночное время активность по прилетам и вылетам резко снижается. Это может быть объяснено необходимостью ограничить ночные полеты, связанные с усталостью, сонливостью, рассеиванием внимания, нарушением циркадных ритмов - как у пилотов, так и у авиадиспетчеров. Почасовое в течение суток распределение АП (белая кривая), в пересчете на интенсивность вылетов/прилетов ВС, показано на рисунке 4.7А.

Как следует из рисунка 4.7А вероятность АП была выше в период с 12:00 до 20:00 часов, далее она возростала и максимально высокой была в период с 02:00 до 05:00. В среднем, шансы наступления АП в ночное и темное время более, чем в 5,15 раз превышали аварийность в дневное время $OR=5,15$ [95%ДИ 3,19;9,21], $p<0,05$.

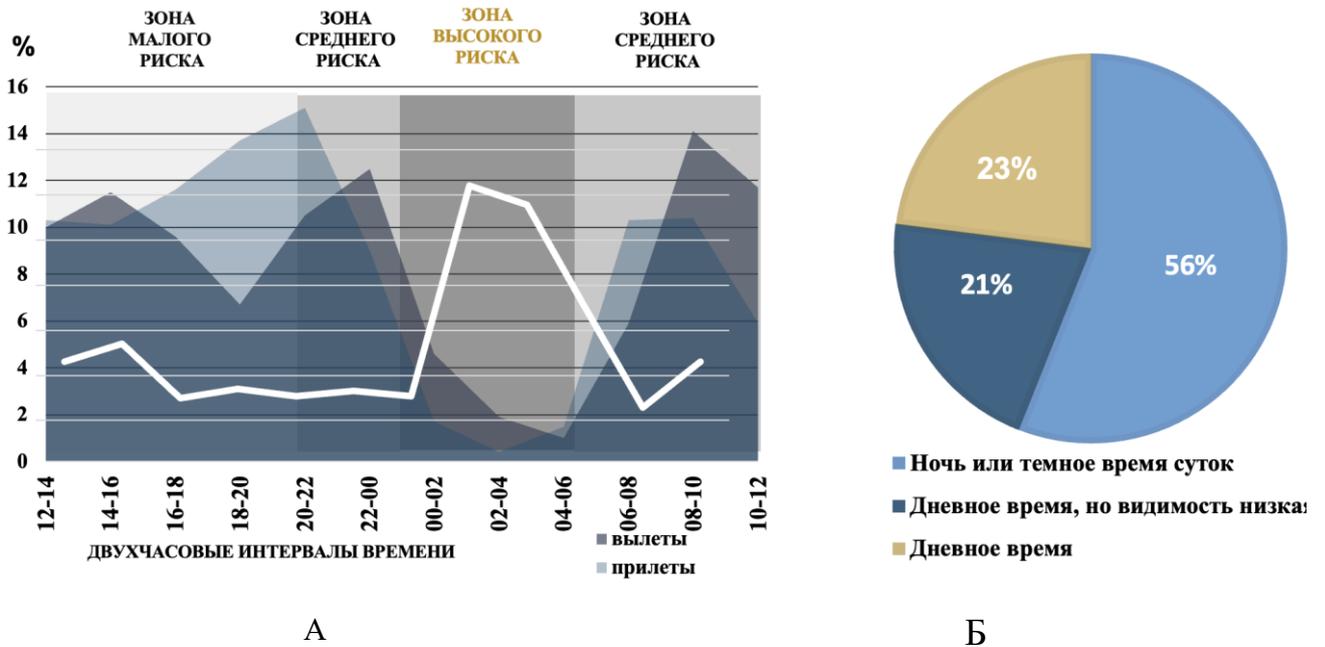


Рисунок 4.7 – Связь АП со временем суток: А - почасовое распределение АП (в пересчете на интенсивность вылетов/прилетов ВС, отн.ед.) Б - распределение АП по времени суток, %

Эти данные подтверждают необходимость строгих режимов труда, в том числе при оценке напряженности труда, при которых максимальное ограничение ночных полетов, является действенной мерой снижения аварийности.

Частота катастроф (АК) в ночное время была выше, чем в дневное для экипажей иностранных ВС - в 3,5 раза, для отечественных ВС – обратная зависимость. Частота утомления в ночное время выше, чем в дневное как для иностранных ВС (3,5 раза), так и для отечественных ВС (1,3 раза), по всем ВС – в 2,1 раза. Различия в частоте катастроф, с отечественными и иностранными ВС в ночное и дневное время были достоверны ($p < 0,05$). Таким образом, управление иностранными ВС в ночное время связано с большей напряженностью, что обуславливает и большую частоту утомления пилотов и, как следствие, – большую частоту авиакатастроф.

Среди внешних факторов, влияющих на развитие АП, может быть выделен сезон года. Разные источники сообщают о большем или меньшем

значении того или иного времени года в развитии АП [297, 371]. В летнее время более частое возникновение АП связывают с плохими погодными условиями, грозовыми явлениями и т.п. Зимой наиболее опасным временем года считают из-за возможности обледенения ВС.

Установлено, что 33,7% случаев АП в России произошло в зимнее время, 26,7% - осенью, 22,8 и 16,8% - летом и весной, соответственно. Частота АП в зимнее время была выше, чем в весеннее - в 2,9, в летнее – в 1,7, в осеннее – в 1,3 раза. Результаты, обусловлены особенностями российского климата – более холодного, чем, например, в США, европейских и азиатских странах, по которым в основном приводится статистика ИКАО по АП. Высокий коэффициент детерминированности аппроксимации зависимости для АП (полиномиальная регрессия 3 степени, $R^2=1$), свидетельствует о ее высокой значимости. Время года не влияло на количество авиакатастроф, которое в любой сезон составляло 7-8 случаев. Влияния физиологических колебаний состояния человека, в зависимости от времени года, проявляющихся «весенним утомлением», не выявлено. Ведущим является влияние на АП метеоусловий, связанных со временем года.

Наиболее опасными периодами полета являются этапы взлета и посадки ВС, особенно в темное время суток, при плохой видимости, что обусловлено небольшим расстоянием между самолетом и поверхностью земли и крайне ограниченным временем (в большом количестве случаев – не более 1 минуты), в течение которого, пилотами принимаются важные решения.

В 61% случаев, аварии и катастрофы происходят на этапах посадки, при этом в 18% АП были связаны с высокой напряженностью труда и развитием утомления у пилотов, которые попав в особое состояние, не смогли справиться с внештатной ситуацией в имеющееся время. Около 80% таких АП, приходится на посадку в темное время суток или при плохой видимости. Ошибки пилотов, особенно в ночное время, возможны на этапе горизонтального полета при включенном автопилоте из-за монотонной усыпляющей обстановки, утомления

пилотов, постоянной борьбы со сном. При этом могли оказаться незамеченными изменения в показаниях приборов.

При плохой видимости - в темное время суток, при неблагоприятных погодных условиях (туман, ливневые дожди), при полете в облаках, над морем, возникает риск сомато-гравитационных иллюзий и потери пространственной ориентировки у пилотов. Таких случаев при расследовании АП было установлено 3,5%. Все случаи закончились катастрофами с большим количеством жертв. Анализ авиакатастроф на этапах полета показал, что в 100% они произошли на этапах эшелона, в 80% случаев – на этапе взлета и в 46,7% - на этапе посадки. В то же время все АП на этапе эшелона закончились катастрофами, 80% АП на этапе взлета и 46,7% АП на этапе посадки. Соответственно, количество жертв было наибольшим при катастрофах на этапе эшелона.

Развитие утомления у пилотов, может быть связано с физиологическими ритмами в течение рабочей недели. Бóльшее, чем в другие дни недели, количество АП происходило в среду и субботу, далее следуют вторник, воскресенье, четверг, пятница и понедельник. Известно, что работоспособность человека подвержена колебаниям, в зависимости от дня недели, аналогично колебаниям в течение рабочего дня [284]. В понедельник она относительно невысока, затем повышается до четверга, а к субботе существенно падает – накапливается утомление. Подъем работоспособности отмечается в пятницу, получивший название «конечный прорыв». Необходимость работать в выходные дни повышает риск возникновения АП не только, в связи с накопившимся утомлением, но и из-за внутренней установки пилотов на отдых. Возможное влияние колебаний физиологического состояния пилота в течение недели, обуславливает обратную зависимость АП от дня недели.

Влияние на развитие утомления пилотов могли оказать их возрастно-стажевые характеристики и летная нагрузка (таблица 4.1). Все показатели КВС были существенно выше показателей вторых пилотов ($p < 0,01$).

Анализ распределения пилотов по возрастным группам показал, что большая часть пилотов имела возраст 40-59 лет (69,7% КВС и 67,4% вторых пилотов). В возрасте до 39 лет было 21% КВС и 32,6% вторых пилотов. В возрасте более 60 лет было 9,3% КВС, вторых пилотов в группе не было.

Средний возраст и часы налета членов экипажей отечественных и иностранных ВС, попавших в АП, показаны на рисунках 4.8А,4.8Б, из которых следует, что средний возраст и опыт (по часам налета) членов экипажей отечественных ВС выше, чем иностранных ($p < 0,05$).



А

Б

Рисунок 4.8 - Средний возраст (А) и средние часы налета за стаж работы (Б) членов экипажей ВС отечественных и иностранных ВС

С целью выявления влияния возраста (и возможно связанной с ним возрастной усталости) на развитие АП, была проведена оценка частоты катастроф в разных возрастных группах пилотов (рисунок 4.9).

Таблица 4.1 – Возрастно-стажевые характеристики пилотов, показатели летной нагрузки и отдыха, которые могли оказывать влияние на утомление в исследованных случаях АП (средние, минимальные и максимальные значения)

Показатели	Все пилоты					КВС					Вторые пилоты				
	Среднее	К-во случаев наблюдений	Миним.	Максим.	Станд. откл.	Среднее	К-во случаев наблюдений	Миним.	Максим.	Станд. откл.	Среднее	К-во случаев наблюдений	Миним.	Максим.	Станд. откл.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Возраст	44,9	86	20	64	9,8	47,4	43	28	64	9,8	42,3	43	20	59	9,1
Стаж*	21,3	84	0	43	11,0	24,9	42	4	43	10,9	17,7	42	0	38	9,9
Общий налет, ч.	7524,8	85	462,3	22628,2	5542,4	9959,1	43	1319,3	22628,2	5644,4	5032,5	42	462,3	16456	4321
Налет на данном типе ВС, ч.	2978,3	85	94	14205	2874,2	3911,9	43	411	14205	3209,8	2022,5	42	94	10952	2168
Налет в качестве КВС, ч.	2324,4	42	114,6	5372	2675,1	2469,5	38	1319,3	5372	9111,5	-	-	-	-	-
Налет за последний месяц, ч.	46,9	86	0	89,3	26,7	48,0	43	0	89,3	27,2	45,8	43	0	88	26,9
Налет в день АП	3,4	86	0	9	2,4	3,5	43	0	9	2,4	3,4	43	0	9	2,5
Общее время работы в день АП	6,0	74	1	13	3,3	6,1	38	1	12,35	3,2	6,0	36	1	13	3,4
Налет за год, ч.	555,9	10	18,7	896	336,3	576,25	5	18,66	895	383,3	535,4	5	83,8	896	326,4
Налет за последние 3-ое суток, ч.	7,1	50	0	15,58	4,5	7,3	26	0	15,6	4,5	6,9	24	0	15,3	4,5
Количество посадок за последние 3 суток	2,8	26	0	8	2,3	3,3	14	0	8	2,5	2,3	12	0	7	2,1
Предполетный отдых	28,5	72	0	168	28,6	30,1	36	4,5	120	26,3	27,6	36	4,5	168	30,7
Отпуск/перерывы в работе, дни	34,7	52	0	127	33,5	40,5	27	0	120	35,1	25	28,4	0	127	31,2

*Примечание. В данной таблице и далее, представлены ориентировочные расчеты стажа работы пилотов, исходя из даты окончания летного учебного заведения, в связи с отсутствием в отчетах МАК по результатам расследований АП данных о стаже членов летных экипажей (приводятся только часы налета).

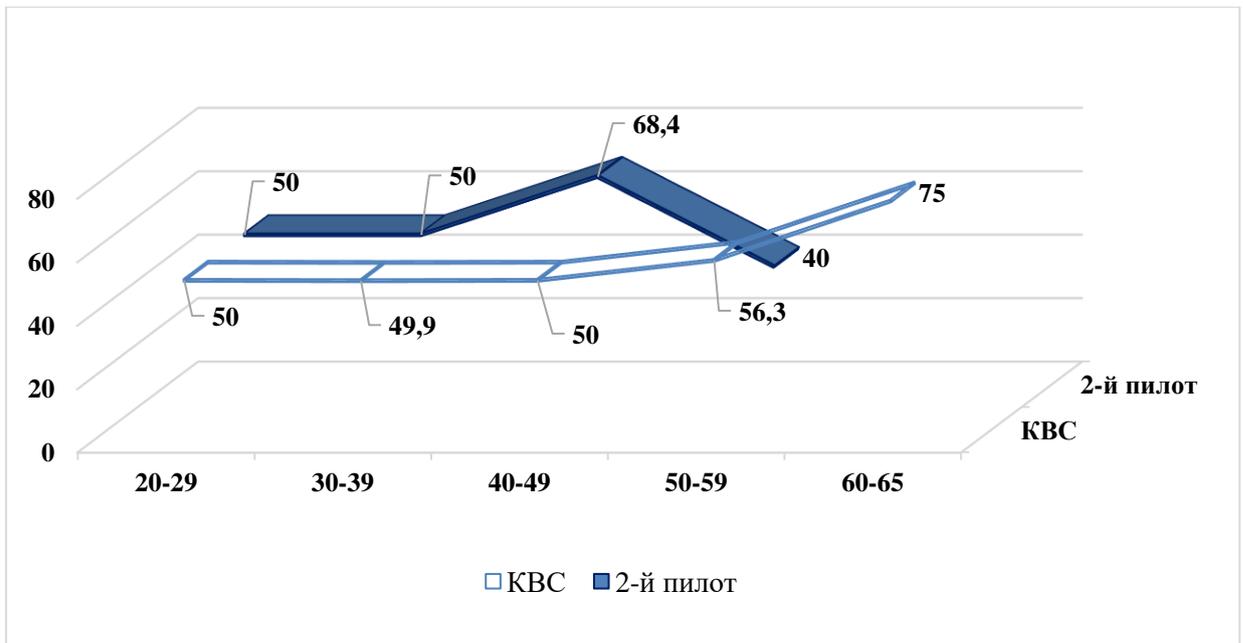
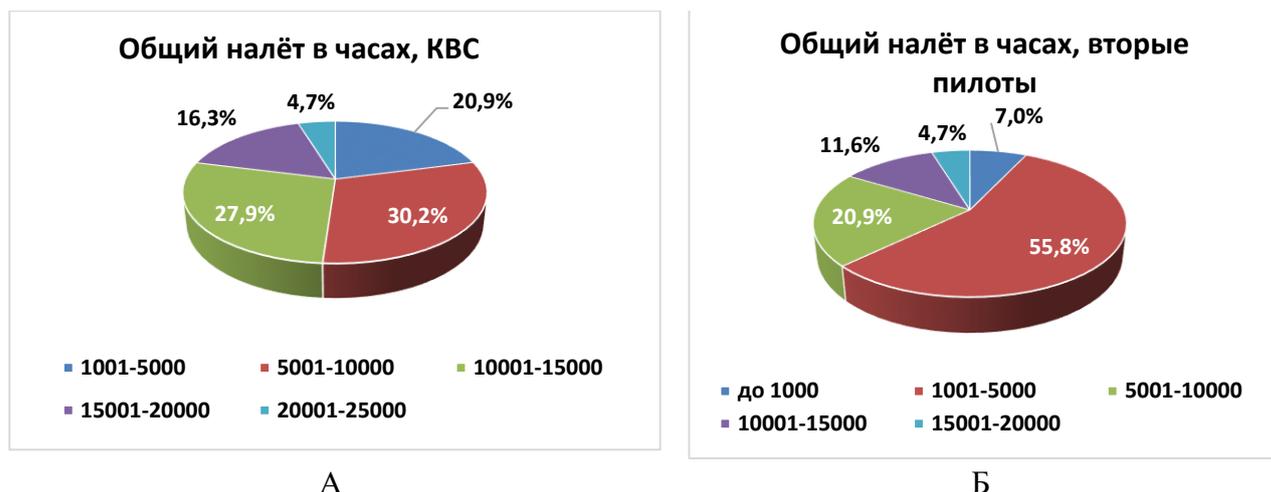


Рисунок 4.9 - Частота катастроф (%) в разных возрастных группах пилотов

Как следует из рисунка 4.9, в группе КВС частота катастроф с повышением возраста пилотов существенно увеличивалась и достигала 75% в возрастной группе 60-65 лет. Среди вторых пилотов катастрофы были наиболее частыми, когда возраст их составлял 40-49 лет. Это практически старшая возрастная группа для вторых пилотов, т.к. численность группы 50-59 лет среди них была не так высока, а в группе 60-65 вторых пилотов не было. Таким образом, к факторам риска попадания в АП следует отнести возраст пилота: для КВС это 60-65 лет, для вторых пилотов – 40-49 лет.

Показатели – возраст - психо-эмоциональное напряжение – усталость - ошибки экипажа – тесно связаны между собой. Проведенный анализ обстоятельств катастроф показал, что возраст до 29 лет также может быть признан фактором риска для КВС из-за недостатка опыта.

На рисунке 4.10 показано распределение КВС и вторых пилотов по группам, в зависимости от часов общего налета за весь стаж работы.



А Б
Рисунок 4.10 - Распределение KVC (А) и вторых пилотов (Б) по группам, в зависимости от часов общего налета за весь стаж работы

Как следует из рисунка 4.10А, общий налет 49% KVC был достаточно высок и составлял более 15000 часов, а для большей части вторых пилотов (рисунка 4.10Б) (63%), наоборот - небольшой - не более 5000 часов. Общий налет, также как и стаж работы в летной профессии, связан с возрастом пилотов, но не так тесно, как можно было бы предположить. При бóльшем возрасте налет пилота может быть меньше, чем у более молодого. Однако, в целом, с увеличением возраста, налет нарастает (коэффициент корреляции признаков - 0,7). Накапливается опыт, но растет и утомление. В то же время, возрастные пилоты с малым налетом, очевидно, имели перерывы в работе, что не могло не сказаться на их профессиональном мастерстве и риске аварийности.

Очень малочисленными оказались группы пилотов, для которых в результатах расследований авиапроисшествий МАК, были представлены сведения по годовому налету - всего в 11,6% отчетов. Средний годовой налет пилотов по всему массиву данных составил 555,9 час. Превышение допустимой величины налета за год (в 800 часов) было установлено в 30% случаев АП. Все случаи закончились катастрофами. Максимальное превышение составило на 96 часов. Шансы наступления АК у таких пилотов

были выше в 19,15 [95% ДИ 15,09; 26,51] раз, $p < 0,05$. Коэффициент корреляции между налетом за год и утомлением пилотов, был самым высоким среди всех оцененных признаков и составил 0,91. Таким образом, формально - если имелось согласие работника, требования Положения в этих случаях не были нарушены, т.к. максимально допустимые 900 часов, не были превышены. Однако все случаи закончились катастрофами, в том числе и по причине утомления пилотов, что вызывает сомнение в допустимости продления нормы в такой ситуации [95].

Доля «активных» пилотов, у которых налет был более 500 часов за год, составляла около 60%. Эти пилоты имели право на дополнительный отпуск в размере от 7 до 42 дней к основному в 28 дней [95, 199, 206].

Насколько важным является данный показатель для оценки риска АП можно проследить по результатам расследования авиакатастрофы, произошедшей в 2012 г. Было установлено, что оба пилота имели высокую летную нагрузку: за последний год пилоты практически вылетали продленную годовую норму полетного времени (КВС – 895 часов, второй пилот – 896), а за прошедший месяц – КВС - продленную месячную норму (89,3 часа), а второй пилот – обычную норму в 80 часов. При этом выполнили 5 разделенных полетных смен (положено не более 2-х). С момента прихода в авиакомпанию у пилотов образовалась задолженность по отпускам - в 111 дней у КВС и в 123 дня - у второго пилота. Проведенное психологическое тестирование за полгода до катастрофы выявило относительно сниженные показатели работы оперативной (кратковременной) памяти и зрительной реакции. При этом общий уровень сохранности когнитивных (психических) функций, был высоким. Комиссия сочла, что полет, который закончился катастрофой, выполнялся пилотами на фоне накопленной усталости.

Исследование интенсивности выполненной работы, длительности и качества отдыха («режимов труд и отдыха» - РТО) пилотов в период, непосредственно предшествовавший АП, позволяет проследить состояние, в

котором они находились в момент АП, выявить наличие признаков утомления в полете и оценить его роль в развитии АП. Распределение пилотов по группам, в зависимости от часов налета за последний месяц показано на рисунке 4.11.

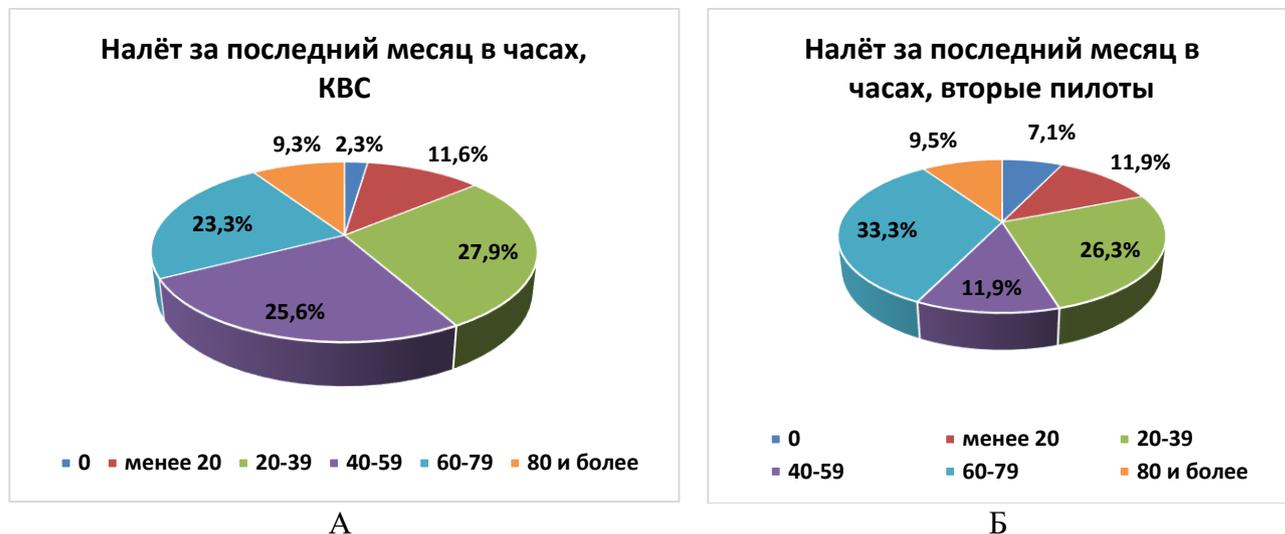


Рисунок 4.11 - Распределение КВС (А) и вторых пилотов (Б) по группам, в зависимости от часов налета за последний месяц

Как следует из рисунка 4.11, практически в 90% случаев пилотами (как КВС, так и вторыми пилотами) соблюдалась норма полетного времени за месяц, составляющая 80 часов, в соответствии с Положением [173]. У 40% КВС и 45,3% вторых пилотов налет за месяц составлял менее 50% от этой нормы. Только у 9,3-9,5% пилотов было отмечено превышение допустимого суммарного налета за месяц – на 0,76-9,3 часа. Однако, судить о нарушении РТО в данных случаях невозможно, так как неизвестны обстоятельства и наличие разрешений на выполнение сверхурочных работ.

Частота катастроф в группах пилотов, в зависимости от часов налета за последний месяц показана на рисунке 4.12, из которого следует, что при малом налете (менее 20 ч. за месяц) частота катастроф оказалась самой большой, тогда как в группе с налетом на уровне допустимого - 60-79 ч. – самой низкой.

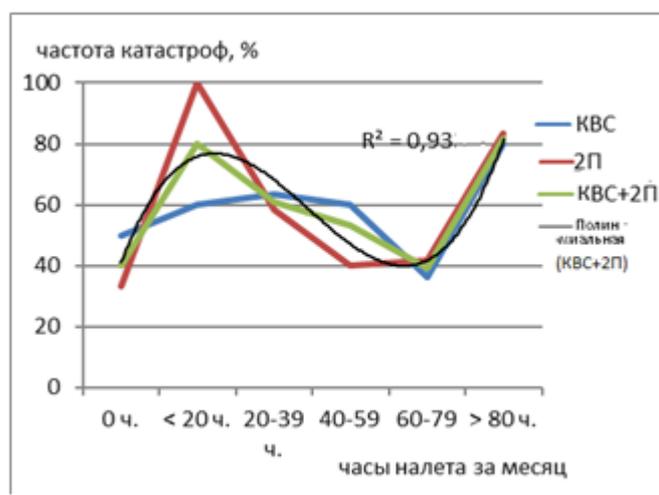


Рисунок 4.12 - Частота катастроф в группах пилотов, в зависимости от часов налета за последний месяц

Далее, при увеличении налета - более 80 ч. в месяц (с превышением допустимого), выявляется тенденция к увеличению частоты АК как в группе КВС, так и в группе вторых пилотов. Объяснением такого волнообразного изменения частоты АК в зависимости от часов налета может являться недостаточный уровень тренированности пилотов при малой частоте полетов, а при сверхнормативном налете – с развитием утомления, и связанный с этими явлениями повышенный риск АК. Изменение частоты АК, в зависимости от налета пилотов за последний месяц, с высокой степенью достоверности описывается уравнением полиномиальной регрессии 3 степени, что свидетельствует о наличии, по крайней мере, 3-х значимых факторов, определяющих выявленную закономерность.

Показатель часов налета за месяц является важнейшим критерием, определяющим вероятность утомления пилотов и связанной с ним частоту катастроф. В рамках настоящего исследования не удалось оценить степень риска АП, в зависимости от налета за месяц по причине низкой летной нагрузки у пилотов – как было показано выше, почти у половины пилотов налет составлял менее 50% месячной нормы. Поэтому необходимо накопление информации по данному критерию для составления заключения.

Воздействие утомления, обусловленного превышением допустимой летной нагрузки на возникновение АК, можно проследить на примере случая 2010 года, в котором администрацией авиакомпании при увеличении нормы полетного времени не были учтены медицинские противопоказания, в соответствии с [178] (наличие ПНСТ) и мнение представителей работника. Комиссия заключила, что утомление из-за нарушения РТО стало причиной авиационных происшествий.

Значительная доля пилотов (1/4 часть) не летала в последние 3 дня перед аварией. Около 45% КВС и 27,6% вторых пилотов имели налет от 7 до 10 часов, а 13,7% КВС и 20,6% вторых пилотов – от 11 до 16 часов (нагрузка невелика). Выявленные различия в налете КВС и вторых пилотов могут свидетельствовать о том, что они работали в незакрепленных экипажах. Однако, выявлено увеличение частоты АК и утомления пилотов при нарастании часов налета за последние 3-е суток, предшествующих АП. В группе с налетом 13-16 часов шансы их наступления были достоверно выше в 3,8 [95% ДИ; 3,0; 5,0] раза, $p < 0,05$.

На рисунке 4.13 показано общее распределение КВС и вторых пилотов по группам, в зависимости от количества посадок за последние 3-ое суток.

Как следует из рисунка 4.13, количество посадок, совершенных пилотами за трое суток, колебалось от 0 до 8, а в 73% случаев не превышало 1-3-х. При этом почти 20% пилотов вообще не летали за последние 3 дня. В 27% случаев пилоты за 3 дня совершили от 4-х до 8 посадок.

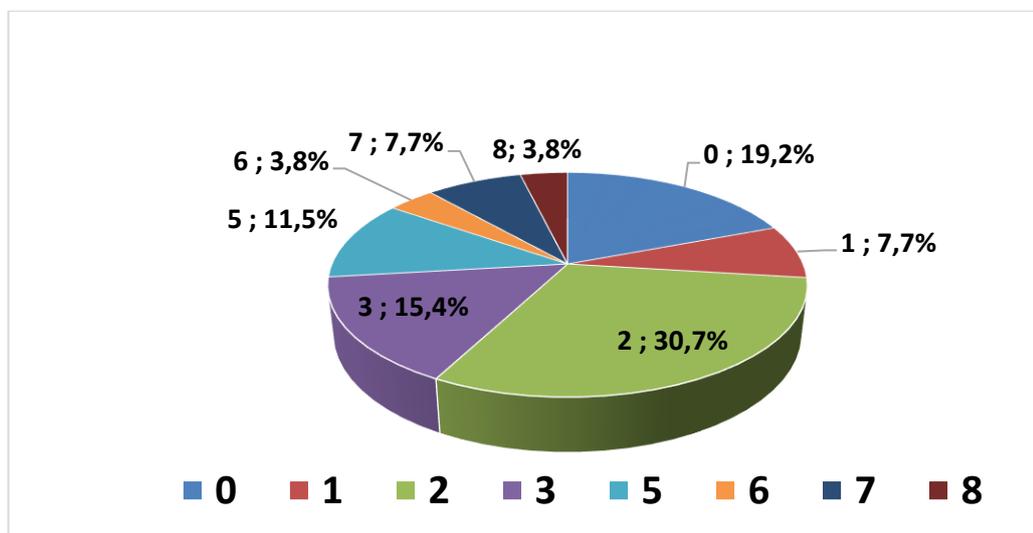


Рисунок 4.13 - Распределение пилотов по группам, в зависимости от количества посадок за последние 3-оe суток (КВС и 2П суммарно)

Следующими критериями для оценки возможного утомления пилотов, как причины АП, являлись общее время работы и длительность полета в день АП (рисунки 4.14А и Б). Данные КВС и вторых пилотов объединены, поскольку различий между двумя группами практически не было.

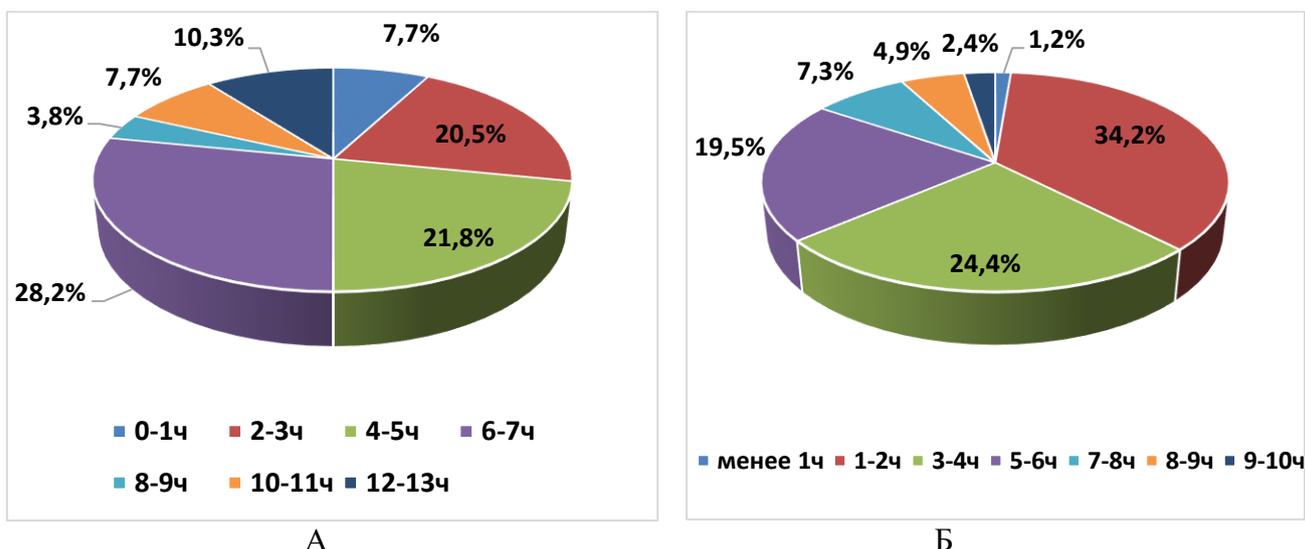


Рисунок 4.14 - Распределение пилотов по группам, в зависимости общего времени работы (в часах) (А) и часов налета (Б) в день АП

Результаты анализа, представленные на рисунке 4.14А, показывают, что около 50% пилотов в день АП имели рабочую нагрузку не менее 6 часов,

21,4% - более 8 часов, а 10,3% - более 12 часов (риск у томления). Налет в день АП (рисунок 4.15Б) у 70,8% пилотов был относительно небольшим - в пределах от менее 1 часа до 4-х часов, у 26,8% - от 5 до 8 часов (в допустимых пределах). Только у 7,3% пилотов налет составлял от 8 до 10 часов, что могло быть фактором риска АП из-за возможного утомления.

Частота утомления в зависимости от рабочего времени несколько снижалась в группе работавших 7 часов, а затем постепенно возрастала к группе в которой время работы составляло 12-13 часов, что вполне закономерно. Зависимость хорошо описывается уравнением 2 степени (коэффициент детерминации 0,93).

На рисунке 4.15 показано распределение пилотов по группам, в зависимости от длительности предполетного отдыха перед АП.

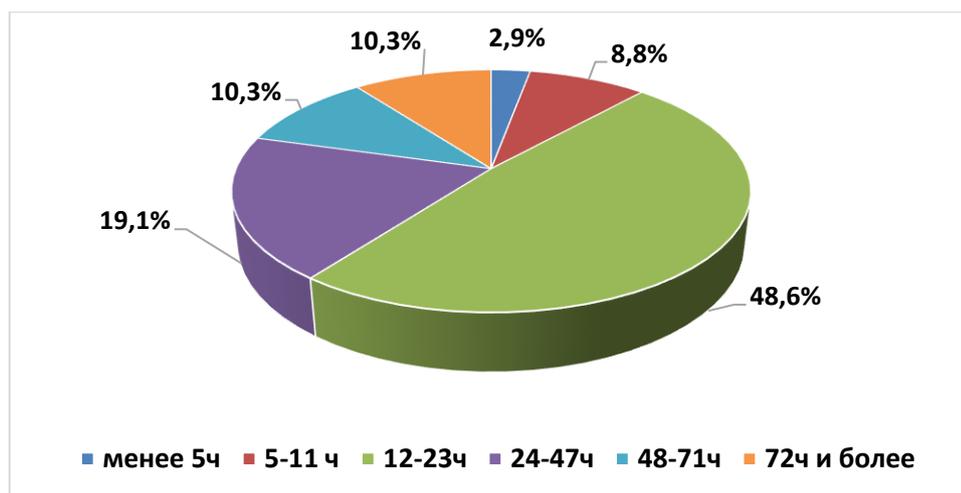


Рисунок 4.15 - Распределение пилотов (КВС и 2П суммарно) по группам, в зависимости от длительности предполетного отдыха перед АП (в часах)

Как следует из рисунка 4.15, у 11,7% пилотов отдых был недостаточным и составлял менее 12 часов, в нарушение требований Положения [173]. О достаточности предполетного отдыха в прочих группах судить не представляется возможным, в связи с отсутствием информации о длительности предшествующих полетных смен. При этом у 46,5% КВС, попавших в авиапроисшествия, предполетный отдых был также

недостаточным (не более 11 часов), а у 5% составлял даже менее 5 часов. Это один из самых неблагоприятных показателей-факторов риска АП, связанным с утомлением пилотов.

Следует отметить, что система регламентации режимов труда и отдыха членов экипажей ВС в соответствии с Положением [173], достаточно сложна. Относительно режима предполетного отдыха, Положением установлено, что нормальная продолжительность отдыха между полетными сменами должна составлять не менее двойного времени завершенной полетной смены. Кроме того, время отдыха увеличивается при пересечении более 4-х часовых поясов, при выполнении полетов в ночное время и др. В связи с этим, только по сведениям о длительности предполетного отдыха без подробной информации о выполненных полетных сменах, невозможно оценить его достаточность. Однако, можно предположить, что отдых в течение менее 12 часов перед полетом, будет являться недостаточным.

На рисунке 4.16 показана частота факторов утомления и состояния стресса (%) у пилотов, разделенных на группы, в зависимости от длительности их предполетного отдыха перед АП.

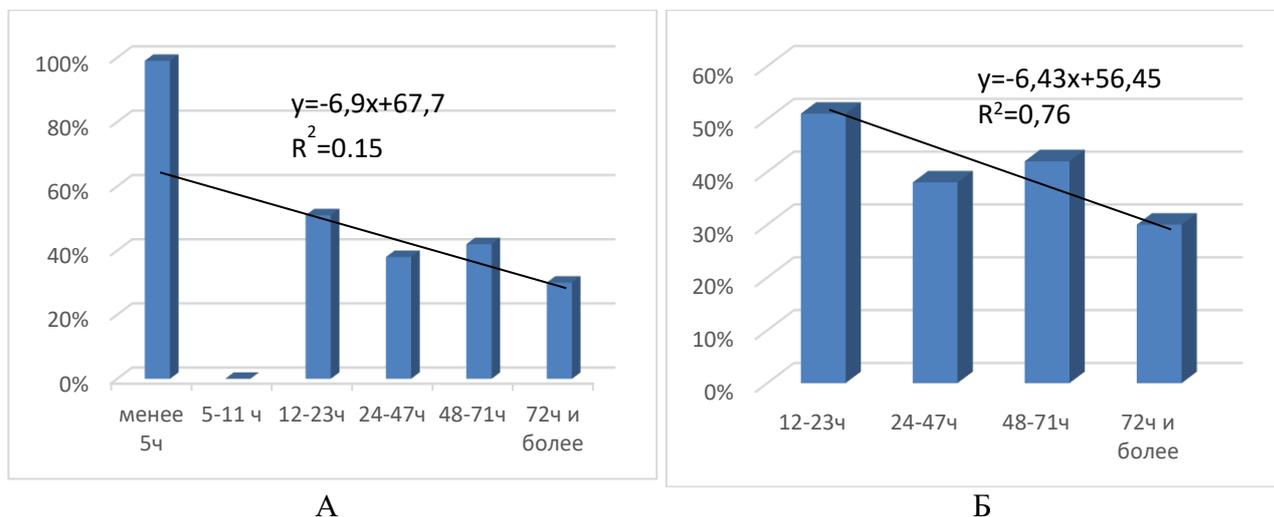


Рисунок 4.16 – Частота факторов утомления/стресса у пилотов (%), в зависимости от длительности их предполетного отдыха перед АП, часы: А – отдых от 5 ч. до 72 ч. и более, Б – отдых от 12 ч. до 72 ч. и более

Рисунок 4.16 разбит на две части (А и Б) по той причине, что из-за недостаточной численности первых двух групп (с отдыхом «менее 5 часов» и «5-11 часов»), достоверность аппроксимации линейной зависимости по всему объему наблюдений оказалась невысокой – $R^2=0,15$ (рисунок 4.17А). Для 4-х следующих групп - со временем отдыха от 12 до 72 часов и более- с большим наполнением групп, достоверность аппроксимации зависимости была высока - $R^2=0,76$ (рисунок 4.17Б), что может свидетельствовать о надежности вытекающего из представленных данных вывода: при увеличении длительности предполетного отдыха в 2 раза, частота утомления членов экипажа в группе снижается в 1,2 раза.

Не менее сложной является регламентация годового отпуска членов экипажей и его оценка. Не имея информации о структуре летной нагрузки пилота, невозможно определить достаточность его годового отпуска. Однако, можно предположить, что длительность отпуска менее 28 рабочих дней будет являться недостаточной, что подтверждается приведенными далее данными.

Было установлено, что значительная доля пилотов (около 26% КВС и 32% вторых пилотов) не имела отпуска в течение года, предшествовавшего АП, а 40% - 44% пилотов имели нарушения предписанных РТО. Накопленная не за один год задолженность по отпускам, согласно данным отчетов расследования АП, в некоторых случаях составляла 111-123 дня, что не могло не сказаться на развитии утомления пилотов. Нарушения РТО являются одними из самых сильных факторов риска развития АП, авиакатастроф.

В 44,2% случаев отпуск пилотов составлял менее 28 дней (длительность регламентированного основного отпуска), причем в 2-х случаях – у пилотов, у которых годовой налет был достаточно высок и практически соответствовал норме или даже превышал ее. Почти треть пилотов вообще не имела отпуска в течение года, предшествовавшего АП. У

18,5% КВС отпуск составлял 10-29 дней, у 8% вторых пилотов - 1-9 дней, еще у 16% -10-29 дней. Выявленная ситуация с задолженностью по отпускам у КВС и вторых пилотов является нарушением требований Положения об РТО и наиболее опасна для развития утомления у пилотов [95].

На рисунке 4.17 показана частота катастроф, в зависимости от перерывов в работе (длительности ежегодного отпуска) в течение года.

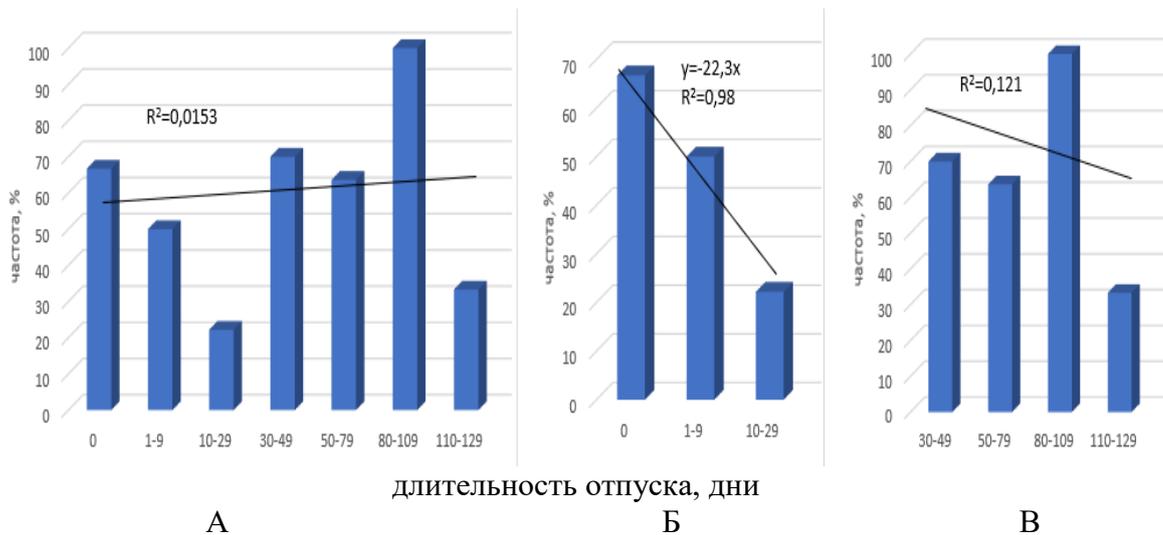


Рисунок 4.17 - Частота АК, в зависимости от длительности отпуска в группах пилотов отдохавших, дни : А - от 0 до 129; Б - от 0 до 29; В - от 30 до 129

Зависимость, представленная на рисунке 4.17А, показывает, что частота катастроф не имеет единой для всех групп пилотов взаимосвязи с длительностью их ежегодного отпуска. Можно выделить две части (рисунки 4.17Б и 4.18В).

В первых трех группах пилотов, отдохавших в прошедшем году не более 29 дней, отмечается значительное снижение частоты АК (рисунок 4.17Б) при увеличении длительности отдыха. Снижение риска катастроф составило 3 раза. Зависимость имеет очень высокую степень детерминированности ($R^2 = 0,98$) и может свидетельствовать о высокой значимости ежегодного отдыха пилотов как фактора предупреждения АК.

В группах пилотов, отдохавших от 30 до 129 дней (рисунок 4.17В) выявленные тенденции недостоверны из-за малочисленности группы

отдыхавших 110-129 дней. Однако большая частота катастроф в группе отдыхавших 80-109 дней может быть объяснена тем, что с увеличением длительности отдыха, пилоты постепенно утрачивают автоматические навыки пилотирования. Длительное отсутствие летной нагрузки приводит к необходимости соответствующего длительного периода вработывания и восстановления работоспособности, что и приводит к увеличению риска АП, на что указывается также в отчете IATA [406].

На рисунке 4.18 показана частота факторов утомления и стресса в группах пилотов, в зависимости от перерывов в работе в течение года (отпуск).

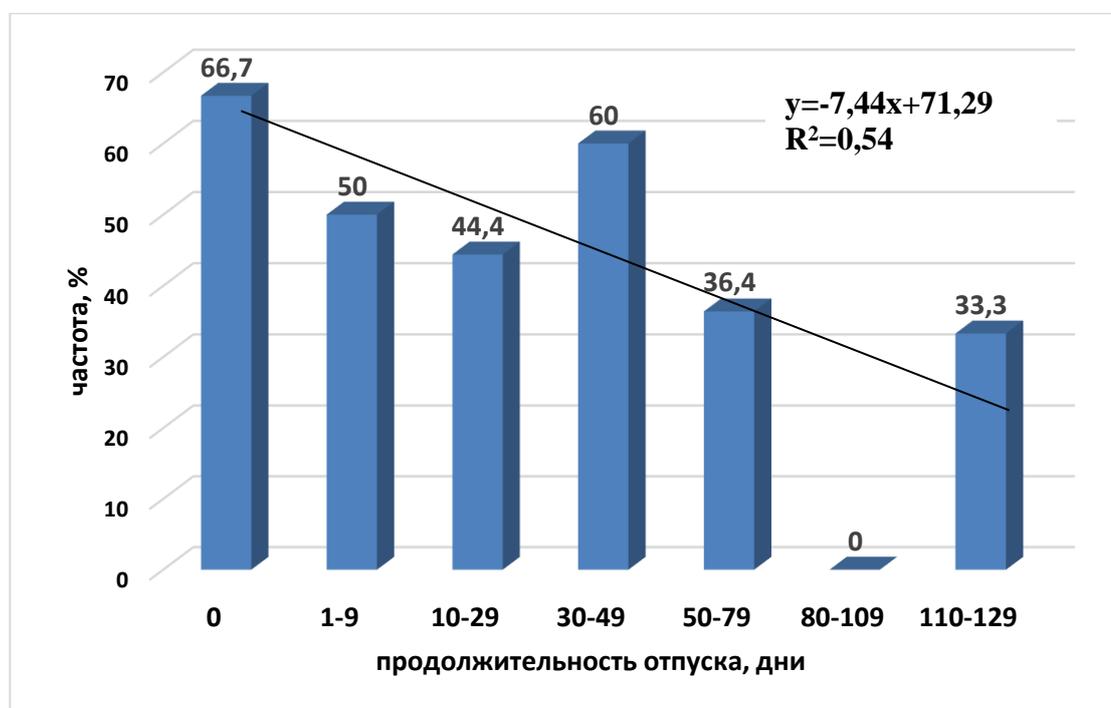


Рисунок 4.18 - Частота факторов утомления/стресса (%) в группах пилотов, в зависимости от длительности ежегодного отпуска (в днях)

На рисунке 4.18 видно, что частота утомления и стресса имела тенденцию к снижению при увеличении длительности ежегодного отпуска, коэффициент детерминации, $R^2 = 0,54$. Увеличение шансов утомления и стресса для группы пилотов, не отдыхавших совсем, составило: $OR=1,5$

[95%ДИ; 1,1; 2,1], $p=0,05$ по сравнению с группой пилотов, отдохавших 1-9 дней; $OR=1,8$ [95%ДИ; 1,6; 2,5], $p<0,05$, по сравнению с отдохавшими 50-79 дней и $OR=2,0$ [95%ДИ; 1,8; 2,7], $p=0,055$, по сравнению с отдохавшими 110-129 дней. Аналогичная тенденция выявлялась и по частоте АК, которая была более выраженной в группах пилотов, отдохавших менее 29 дней. Шансы возникновения АК у пилотов, не имевших отдыха, по сравнению с отдохавшими 20-29 дней, составил $OR=3,0$ [95% ДИ; 2,5; 4,6], $p<0,05$, $R^2=0,98$, что свидетельствует о высокой значимости ежегодного отдыха пилотов как фактора предупреждения АП. Установленные зависимости выявляют одну из ведущих причин утомления пилотов – недостаточность отдыха (предполетного и годового), которая может повышать риск АП от 1,3 до 5 раз.

Сводные данные о несоблюдении требований Положения по РТО пилотов [173] по результатам оценки статистики причин АП показаны в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Случаи несоблюдения РТО при анализе причин АП в ГА

Критерии	Характеристика	Оценка
Налет за последний месяц	в 9-10% случаев превышал 80 часов, максимально на 9,3 часа (т.е. на 11,6%)	Выше рекомендуемого в Положении о РТО
Налет за последние 3-е суток	в 6-10% случаев превышал 13-16 часов	Мог превышать допустимое время
Количество посадок за последние 3-е суток	в 11-12% случаев пилоты совершили от 6 до 8 посадок	Могло превышать допустимое количество
Общее время работы в день АП	в 8% случаев составляло 8-9 часов, в 10% - 10-11 часов	Выше регламентированного времени
Налет в день АП	в 5% случаев составлял 8-9 часов, в 2,4% - 9-10 часов	Мог превышать регламентированное время
Предполетный отдых	у 2,9% пилотов составлял < 5 часов, у 8,8% - от 5 до 11 часов, у 48,6% пилотов был менее 24 часов	Недостаточный отдых
Годовой налет	в 30% случаев (от тех, где был указан – 10 случаев) превышал 800 часов, максимально на 96 часов (т.е. на 12%)	Выше рекомендуемого в течение месяца
Перерывы в работе (отпуск у пилотов)	В 26-32% случаев (для КВС и 2П) отпуск за последний год отсутствовал	Большая задолженность по отпускам

Согласно данным таблицы 4.2, нарушения регламентированных режимов труда членами экипажей ВС выявлялись по разным показателям, в основном, в 2-12% случаев авиапроисшествий. Однако, по заключениям комиссий МАК, расследовавших АП, они являлись прямыми или косвенными их причинами, в связи с развившимся утомлением пилотов [95].

При обобщении данных, полученных в ходе исследования, все выявленные факторы риска развития утомления пилотов и возникновения катастроф, были ранжированы по степени значимости (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Значимость факторов риска утомления пилотов и возникновения авиакатастроф (АК), установленная в результате выполненного исследования

Факторы риска	Оцениваемые критерии	Возможное увеличение степени риска утомления и авиакатастрофы (УТ/АК)
Факторы производственной среды		
Шум	Уровень звука (УЗ) в кабине ВС	При увеличении УЗ на 5 дБ риск УТ/АК возрастает в 1,14 раза. Максимальное увеличение риска -2,1 раза
Информационные нагрузки	Частота АК/УТ и ошибок экипажей при управлении иностранными типами ВС (2 члена экипажа, знание английского языка), по сравнению с отечественными (более 2-х членов экипажа, знание иностранного языка не требуется)	Частота утомления пилотов иностранных ВС в 2 раза выше, чем отечественных ВС. Частота ошибок экипажей при пилотировании иностранных ВС выше, чем отечественных - в 1,5 раза - при авариях и в 1,2 раза - при катастрофах.
Внешние факторы		
Метеорологические факторы (сезон года)	Частота АП в зимнее время года (наибольшее число АП), по сравнению с прочими сезонами	Частота АП в зимнее время выше, по сравнению с весенним в 2,9, с летним – в 1,7, с осенним – в 1,3 раза. Показатель связан не только с утомлением, но и с неблагоприятными сезонными погодными условиями.
Время суток для пилотов отечественных и иностранных ВС	Частота АК и утомления в ночное время, по сравнению с дневным	Частота АК в ночное время, по сравнению с дневным: для иностранных ВС выше в 3,5 раза, для отечественных ВС – обратная зависимость – в 1,7 раза ниже, - частота утомления в ночное время выше, чем в дневное: для иностранных ВС - 3,5 раза, для отечественных – в 1,3 раза, по всем ВС – в 2,1 раза
	– в том числе в интервале от 2-х до 5 часов ночи (мах частота АП)	в 5,15 раз выше среднего показателя по прочим интервалам времени в течение суток.
Этап полета	Частота утомления при посадке, по сравнению со взлетом и эшеленом	в 1,17 раза состояние утомления повышает риск АП, в т.ч. при посадке – в 1,15 раза
	Частота АК при посадке, по сравнению со взлетом и эшеленом	в 3,11 раза при посадке повышается риск АП, по сравнению с другими этапами полета (суммарно)
Индивидуальные факторы		
Возраст	Возраст пилота: для КВС - 60-65 лет, для вторых пилотов – 40-49 лет являются факторами риска АК, возраст до 30 лет – фактор риска утомления	По ориентировочной оценке, риск АК в этих группах возрастает в 1,5 раза, по сравнению со средним показателем по прочим группам. Частота утомления с возрастом снижается, в группах 50 лет и более – в 1,9 раза, по сравнению с группами 20-29 лет

Продолжение таблицы 4.3

Количество посадок за последние 3 суток	Частота АК и утомления (УТ) в группах	Частота АК в группах пилотов, не совершавших полеты была выше, чем среди летавших пилотов - в 1,67 раза.
Общее время работы в день АП	Частота АК и утомления в группах	Частота УТ после 7 часов работы постепенно нарастает - в 2,2 раза.
Налет в день АП	Частота АК и утомления в группах	При налете от 0 до 3 ч риск АК наиболее высок – выше в 2,1 раза, по сравнению с группой АП без АК. Частота АК в этих группах выше в 5,3 раза, чем при налете 4-6 часов.
Налет за год, ч.	Частота АК и утомления в группах	Достоверная оценка взаимосвязи невозможна в связи с малой численностью групп. Но фактор относится к сильным.
Предполетный отдых, часы	Частота АК/утомления в зависимости длительности предполетного отдыха	Снижение частоты АК в 2,5 раза, относительно исходного уровня (в группах отдохнувших от менее 5 часов до 1-2 суток), а затем ступенчатый рост частоты – в 1,8 раза, относительно минимального уровня. Частота утомления в группе пилотов, отдохнувших более 12 часов, снижается в 1,2 раза при увеличении предполетного отдыха в 1,75-2 раза.
Перерывы в работе за последний год (ежегодный отпуск)	Частота АК/утомления в зависимости длительности ежегодного отпуска	В группах пилотов, отдохнувших не более 29 дней – при увеличении длительности отдыха снижение риска АК в 3 раза. В группе пилотов, не отдохнувших совсем частота УТ выше, чем в группе отдохнувших 10-29 дней, в 1,5 раза, а при сравнении с группами отдохнувших 50-79 и 110-129 дней - в 1,8 и 2 раза, соответственно.
<i>Примечание.</i> Приведенные в таблице численные коэффициенты взаимосвязей частоты АК и утомления с показателями летной нагрузки относятся только к массиву данных, на основании которого проведены их расчеты.		

Для оценки тесноты взаимосвязей между исследуемыми показателями проведены расчеты рангового коэффициента корреляции Спирмена (r_p) с учетом основных правил применения корреляционного анализа в научных исследованиях [17]. Статистически значимые и близкие к ним коэффициенты r_p приведены в матрице корреляций (таблица 4.4).

Полученные данные могут быть интерпретированы следующим образом. Относительно невысокие во многих случаях коэффициенты корреляции (менее 0,3) свидетельствуют о слабых взаимосвязях признаков, что обусловлено большим количеством влияющих факторов.

Таблица 4.4 - Матрица корреляций показателей, влияющих на частоту АП и утомления пилотов (в скобках указано число наблюдений)

Показатели	Шум	Утомление	Темное время суток	Этап полета	Возраст ВС	Технические проблемы	Возраст (КВС)	Общий налет (КВС)	Годовой налет	Налет в день АП	Годовой отпуск
АК	0,22 (40)	0,26* (86)	Н.д. ¹	-0,41** (41)	Н.д. ¹	Н.д. ¹	0,16 (43)	Н.д. ¹	Н.д. ¹	-0,36** (86)	0,24 (52)
Утомление	-0,23* (80)	1,0	0,22 (43)	Н.д. ¹	Н.д. ¹	Н.д. ¹	-0,35* (43)	-0,39* (43)	0,91* * (10)	Н.д. ¹	-0,21 (52)
Отгеч./ ин. тип ВС	-0,58** (40)	0,23* (86)	0,36* (43)	0,3* (41)	-0,39* (38)	-0,31* (43)	-0,12 (43)	Н.д. ¹	0,50 (10)	0,36** (86)	-0,34* (52)
Ошибки пилотов	Н.д. ¹	0,3** (86)	0,38** (86)	Н.д. ¹	Н.д. ¹	Н.д. ¹	-0,23 (43)	-0,3* (43)	0,33 (10)	Н.д. ¹	0,12 (52)
Возраст (КВС)	-	-0,35* (43)	Н.д. ¹	-	-	-	1,0	0,74** (43)	-0,56 (10)	Н.д. ¹	0,27 (27)

¹ Н.з. – статистически не значимо ($p > 0,05$); «*» статистически значимо, $p < 0,05$; «**» – статистически значимо, $p < 0,01$; прочерк – показатели не связаны между собой.

Однако эти связи существуют, многие из них статистически достоверны и объясняют до 9% дисперсии. В то же время есть целый ряд показателей, которые характеризуются средней и даже сильной взаимосвязью (r_p от 0,3 до 0,5 и более в таблице 4.4). Наиболее важными являются зависимости между утомлением и частотой АК, частотой АП в темное время суток, частотой ошибок пилотов, годовым налетом (прямые взаимосвязи, соответственно $r_p = 0,26^*$; 0,22; $0,3^{**}$; $0,91^{**}$), а также между утомлением и годовым отпуском (обратная взаимосвязь, $r_p = -0,21$), подтверждающие выводы о значимости этих факторов, сделанные выше.

Обнаруженные обратные зависимости между утомлением и возрастом (КВС), общим налетом, налетом на данном типе ВС (соответственно $r_p = -0,35^*$; $-0,39^*$; $-0,25^*$), свидетельствуют о снижении частоты утомления по мере роста влияющих факторов, что может быть связано с опытом, повышением квалификации пилотов. Отрицательный r_p при оценке связи утомления и шума ($r_p = -0,23^*$) объясняется зависимостью фактора шума от типа ВС – отечественного или иностранного производства (обозначенных, соответственно как «0» и «1» в расчетах), с одной стороны, а с другой – связью между типом ВС и утомлением ($r_p = 0,23^*$). Эти данные подтверждают

более высокую частоту утомления пилотов при управлении иностранными ВС. Об этом же говорит прямая взаимосвязь между типом ВС и частотой АП в темное время суток и на этапе посадки ($r_p = 0,36^*$ и $0,3^*$, соответственно).

Прямая зависимость между уровнями шума в кабине и частотой АК ($r_p = 0,22$) может быть связана с утомлением пилотов. Обратная тесная зависимость частоты АК от этапов полета (обозначены в ранговой корреляции, как «0» - эшелон; «0,5» - взлет и «1» - посадка, соответственно степени сложности их выполнения, $r_p = -0,41^{**}$), показывает, что АП на этапе эшелона характеризуются большей тяжестью последствий (заканчиваются катастрофами) с большим количеством жертв ($r_p = -0,20$).

Тесные обратные корреляции между типом ВС и уровнем шума в кабине, возрастом ВС и частотой технических проблем (соответственно, $r_p = -0,58^{**}$; $-0,39^*$; $-0,31^*$) объясняются тем, что иностранные ВС имеют более низкие шумовые характеристики, меньший возраст и меньшее число технических проблем. При этом пилоты иностранных ВС имели больший годовой налет, налет в день АП и меньший годовой отпуск (соответственно, $r_p = -0,50$; $-0,36^{**}$; $-0,34^*$), по сравнению с пилотами отечественных ВС.

Высокий коэффициент обратной корреляции между количеством жертв и возрастом ВС ($r_p = -0,74^{**}$) объясняется, в основном, влиянием катастроф, произошедших с практически новыми ВС типа RRJ-95B, Ан-148 и др. Установлена также обратная зависимость между количеством жертв (тяжестью катастрофы) и возрастом КВС ($r_p = -0,3^*$), что может объясняться влиянием опыта пилотов на предотвращение тяжелых последствий. Эти данные подтверждаются также корреляцией между ошибками пилотов и возрастом ($r_p = -0,23$).

Очевидным образом связаны возраст пилотов и общий налет ($r_p = 0,74^{**}$), годовой налет и годовой отпуск ($r_p = 0,93^{**}$). Однако для годового налета (за последний год) выявлена обратная зависимость ($r_p = -0,56$), что объясняется уменьшением летной нагрузки с возрастом, при этом

продолжительность отпуска имела тенденцию к увеличению ($r_p = 0,27$). При сокращении отпуска возрастала распространенность утомления ($r_p = -0,21$). Увеличение годового налета, то есть летной нагрузки за последний год, приводило к росту ошибок пилотов ($r_p = 0,33$). В то же время средний годовой налет за стаж имел слабую отрицательную корреляционную связь с ошибками ($r_p = -0,20$), свидетельствующую о тенденции роста числа ошибок при уменьшении налета, изменяющемся в пределах от 115 до 650 часов/год.

Еще один важный аспект возникновения АП может быть исследован. На основании анализа обстоятельств АП за период с 2010 по 2021 гг., находящихся в БД, все авиационные происшествия были разделены на три группы, в зависимости от возможности их предотвращения (рисунок 4.19).

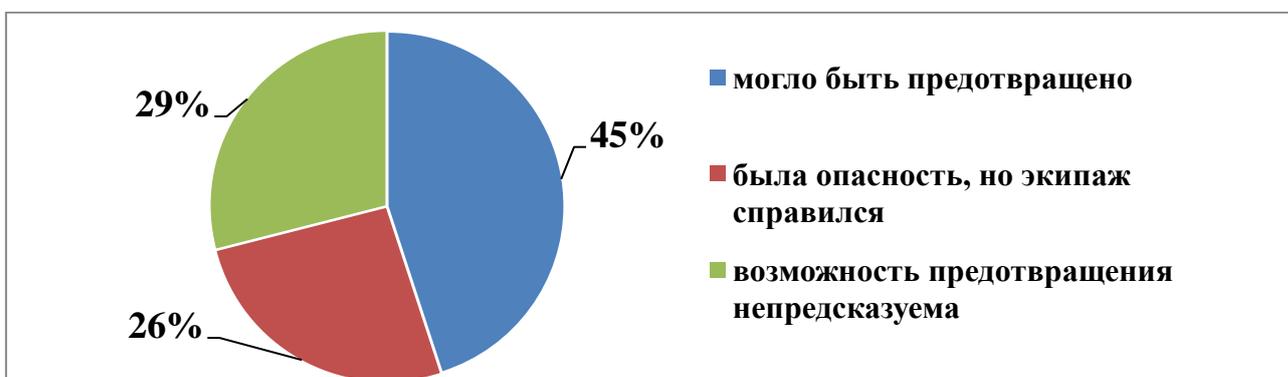


Рисунок 4.19 - Распределение случаев АП на три группы по возможности их предотвращения

Как следует из рисунка 4.19 только для 29% АП возможность предотвращения оказалась непредсказуема. 45% вероятно можно было бы предотвратить (ошибки на земле и в воздухе, халатность и т.п.), а в 26% было предотвращено катастрофическое развитие АП.

Проведенное исследование показало, что в возникновении АП высокая напряженность труда и утомление пилотов, выявленные в 16,8% случаев АП, играют важную роль, что подтверждается результатами оценки риска возникновения катастроф до 5 раз, за счет таких факторов, как чрезмерные сенсорные и информационные, интеллектуальные и эмоциональные

нагрузки, полеты в ночное время, факторы несоблюдения режимов труда и отдыха (увеличенная продолжительность полетной смены, недостаточность предполетного отдыха и ежегодного отпуска, налет за год), изменение функционального состояния.

Проведенный анализ причин АП в гражданской авиации, позволяет заключить, что в целях профилактики аварийности, особое внимание должно быть уделено группам пилотов наиболее шумных ВС, а также иностранных типов ВС (особенно тем из них, которые управляют многоместными пассажирскими ВС). Информационная нагрузка должна контролироваться. Особую бдительность должны проявлять пилоты при выполнении полетов в зимнее и в ночное время, при выполнении посадки.

В группах риска молодые малоопытные пилоты и пилоты старших возрастных групп.

Рассмотренные показатели рабочей или лётной нагрузки пилотов, могут использоваться как дополнительные критерии и наиболее информативные показатели-факторы риска для безопасности полета, подлежащие контролю при оценке напряженности условий труда лиц летных профессий. Их учет в составе прочих критериев напряженности в классификации условий труда (в первую очередь, в сочетании с информационными нагрузками), контроль при проведении СОУТ и ограничение, при необходимости, будут являться одной из эффективных законодательных мер предотвращения АП.

Эффективной мерой предотвращения катастроф и развития утомления будет являться строгое соблюдение требований РТО, сокращение сверхурочных работ, обеспечение должной длительности предполетного отдыха и ежегодного отпуска. Эти, казалось бы, очевидные меры, на практике оказываются невыполняемыми и неконтролируемыми. Проверка при расследовании АП порядка соблюдения Положения показывает, что, по крайней мере, в 10 - 20% случаев АП, те или иные требования Положения по

РТО [173] не были соблюдены (по годовому/ежемесячному налету, предполетному отдыху). По ежегодному отпуску доля таких случаев составила 44,4% - у КВС и 56% у вторых пилотов. АП, произошедшие в связи с утомлением пилотов по причине несоблюдения РТО, могли бы быть предотвращены. В то же время, когда пилотам дается время для отдыха, сама обстановка может быть неблагоприятной. Качество отдыха также должно контролироваться и учитываться при оценке риска утомления.

Специфические особенности летного труда повышают НТ пилотов и вызывают развитие у них утомления, что создает риски для безопасности полета и обуславливают необходимость разработки комплексных профилактических мероприятий. Основными методами защиты от неблагоприятного воздействия производственных факторов, как известно, являются законодательные, технические, организационные, СИЗ, медицинская профилактика, которые входят в комплексную систему обеспечения безопасности полетов (таблице 4.5). Среди всех мер ключевую роль играют РТО, регулируя которые можно компенсировать несовершенство прочих методов защиты, осуществляя персонализированный контроль состояния пилотов и управление рисками утомления.

Таблица 4.5 – Методы защиты от производственных факторов у пилотов

Методы защиты	Применимость в труде членов экипажей ВС
Законодательные	Система законодательных документов, регламентирующих гигиенические нормативы условий труда и отдыха членов экипажей ВС и требования к их контролю.
Технические	Обеспечение с помощью вентиляции поддержания оптимальных параметров микроклимата в кабине ВС. Создание достаточной освещенности шкал приборов, защита от слепящего действия солнца. Использование дозиметров ионизирующего излучения.
Организационные	Режимы труда и отдыха (РТО). Контроль за состоянием производственной среды, учет акустической нагрузки и разработка мероприятий по профилактике негативного воздействия условий труда на пилота и обеспечение безопасности полетов. Расчет интегрального показателя индивидуального риска утомления.
Средства защиты	Средств индивидуальной защиты слуха от шума для пилотов не существует. Использование высококачественных авиагарнитур является единственным способом снижения напряженности труда при ведении радиообмена.
Медицинская профилактика	Медицинское освидетельствование, в том числе предполетный медицинский контроль (сюда же можно отнести и самоконтроль самочувствия пилотами).

Как следует из таблицы 4.5, технические меры и средства защиты, малозначимы для членов экипажей ВС. Они применяются в конструкциях воздушных судов, но пока недостаточны для достижения соответствия всех производственных факторов гигиеническим нормативам.

Основным инструментом обеспечения высокой работоспособности пилотов, сохранения их здоровья, являются законодательные и организационные методы, в частности, регламентация производственных факторов, РТО и их контроль.

С целью регламентации норм полетного, рабочего времени и времени отдыха и ограничения летной нагрузки и связанными с ней акустической, информационной, нервно-эмоциональной нагрузок, труд членов летных экипажей регулируется «Приказом Минтранса РФ от 21.11.2005 N 139 [173] (далее – Положение).

В Положении содержатся требования по таким важнейшим критериям РТО, как, рабочее время, полетная смена, полетное время, ночная полетная смена, сверхурочные работы, время отдыха, в том числе выходные дни, и др. – всего 19 критериев. В нем указаны условия их применения и временные ограничения [95].

Анализ Положения свидетельствует, что оно представляет собой многоуровневую систему регламентации РТО членов экипажей ВС, которая охватывает самые разнообразные стороны и возможные варианты выполнения летной работы. Таким образом, созданы условия для обеспечения работоспособности членов экипажей в каждую полетную смену, при условии соблюдения требований Положения [95].

Максимальная продолжительность полетных смен устанавливается в зависимости от количества членов экипажей. При этом обращает на себя внимание большая продолжительность полетной смены, установленная для одночленного экипажа при совершении 5-7 посадок, по сравнению, как с двух-, так и с трехчленными экипажами, как в дневное время, так и в ночное

время. А максимальная продолжительность полётной смены, согласно данного Приказа, устанавливается в 12 часов для трехчленного экипажа (11 часов при явке на вылет с 22.00 до 06.00) с возможностью увеличения на 1 час дважды в течение последовательных семи дней.

При непредвиденных обстоятельствах, связанных с метеоусловиями, невозможностью выполнить посадку в аэропорту назначения, отказами авиационной техники в полете и других случаях, не предусмотренных заданием на полет, КВС обладает правом увеличить установленную продолжительность полетной смены на три часа при выполнении полетной смены в увеличенном составе летного экипажа.

Анализ минимальной продолжительности ежедневного времени отдыха членов экипажа показал, что он может быть менее суток при фактической продолжительности предшествующей полетной смены 14 часов и более. В таких ситуациях риск кумуляции утомления высок.

При увеличении минимального состава летного экипажа до 6 членов и включении дополнительного состава из 6 человек (всего 12 человек), продолжительность полетной смены, согласно Приложения 5 Приказа [173] может быть увеличена до 16 ч (при 1-2 посадках) или до 15 ч (при 3 посадках).

В соответствии с критериями Руководства Р 2.2.2006-05 [235], продолжительность полетной смены, превышающая 8-9 часов, позволяет отнести условия труда к вредным классов 3.1 (при длительности 10-12 часов) и ли к классу 3.2 (при длительности смены более 12 часов). Таким образом, в Приказе Минтранса РФ от 21 ноября 2005 г. N 139 [173], уже заложена возможность выполнения работ, относящихся к категории «вредных».

Следует отметить, что до введения в действие в 2006 г. рассматриваемого Положения, действовало Временное положение, утв. Постановлением Минтруда России от 25 июня 1993 г. N 124 [53], в котором ограничение полетного времени за месяц/год было

дифференцировано, в зависимости от типов ВС. Так, например, норма полетного времени составляла в месяц/в год: в самолетах типа Ил-86, Ил-96-300 и др.- 66 ч./660 ч., Л-410 - 70 ч./700 ч., Ил-62 - 74 ч./740 ч., Ту-154 и 154М- 76 ч./760 ч., Ту-134 и 134А - 77 ч./770 ч., Як-40, Ан-24 и др. - 79 ч./790 ч., Ан-2 - 80 ч./800 ч. Таким образом обеспечивалась защита временем пилотов в ВС с усложняющимися системами управления. В действующем регламенте таких сокращений времени нет и с 2006 г. для всех типов ВС ГА установлена единая продолжительность полетного времени - 80 ч/месяц и 800 ч/год. Более того, при определенных условиях, допускается увеличение нормы полетного времени до 100 ч/месяц и 920 ч/год [173].

РТО являются одним из важных элементов технологии здоровьесбережения работников. Для пилотов ВС они выполняют функцию не только профилактики профессиональных заболеваний, но и предотвращают развитие утомления, которое в свою очередь, может стать причиной аварий и катастроф на воздушном транспорте, связанных с человеческим фактором. На протяжении многих лет в РФ регистрируются высокие показатели АП, что обуславливает острую необходимость поиска их причин и решения проблемы снижения аварийности на воздушном [95, 259].

При несоблюдении РТО факторы, определяющие особенности условий труда членов экипажей, вызывают нервно-эмоциональное напряжение, снижение работоспособности, неспецифические изменениями физиологических функций, которые объединяются понятием «усталость», являющимся проявлением утомления [94, 95, 135, 338].

В последние годы в РФ не проводилось исследований, показывающих связь НТ с возникновением АП. Поэтому анализ комплекса причин, которые могли повлечь повреждение ВС или гибель членов экипажа и пассажиров, является актуальным. Отчеты о расследовании АП МАК оказываются практически единственными надежными и доступными источниками получения фактической информации о летной нагрузке пилотов [95].

Заключение по главе 4

Проведенная работа показала, что даже небольшое несоблюдение регламентированных РТО, может быть связано с утомлением пилотов и повышением риска возникновения АП. В связи с этим, решения о продлении норм полетного времени должны приниматься с осторожностью, при обязательном участии медицинских специалистов, психолога, подтверждающих допустимость выполнения конкретным пилотом сверхурочных работ, работ в условиях продления установленных норм. Анализ данных по расследованию АП в целях выявления взаимосвязи с утомлением летных экипажей, наглядно демонстрирует роль режимов труда и отдыха и значимость контроля за их соблюдением со стороны руководства авиакомпаний. Становится очевидным, что основной причиной переутомления пилотов являются не плохие регламенты режимов труда и отдыха, а их явное или скрытое несоблюдение [95].

В настоящее время Положением допускается увеличение работодателем продолжительности полетного времени до 100 часов в месяц/920 часов в год - с согласия работника, профсоюзных организаций, представителей работника. Необходимым является включение медицинского звена в эту цепочку. Без одобрения медицинских специалистов, психологов о состоянии здоровья членов летных экипажей (и в первую очередь КВС, как пилотов, выполняющих наиболее ответственную работу, от которых в первую очередь, зависит безопасность полетов), не должно допускаться увеличение норм полетного времени. Заключение об отсутствии утомления и состоянии работоспособности пилотов должны составляться на основании проведения объективного психофизиологического тестирования с учетом требований распоряжения Минтранса РФ № 57-р от 31 октября 2000 г. [230]. В таком потенциально опасном виде деятельности, как труд пилотов, в котором от состояния здоровья работников и степени их утомления, зависит жизни пассажиров, нельзя полагаться только на самооценку пилотов.

ГЛАВА 5. АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И СМЕРТНОСТИ ПИЛОТОВ

5.1. Анализ хронической заболеваемости

Изучение современного состояния здоровья пилотов ВС ГА явилось крайне важным не только для разработки мероприятий по профилактике развития хронических заболеваний, препятствующих продлению трудового долголетия, но и для решения задачи по совершенствованию безопасности полетов, в которые вовлечены как работники авиационного транспорта, так и население, пользующееся услугами данной отрасли. Это определено и Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года, принятой распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р, реализующей принцип «снижение негативных воздействий транспортного комплекса на здоровье людей и окружающую среду».

Исследования, проведенные в последние годы, свидетельствуют о высокой частоте хронических болезней органов кровообращения, уха и сосцевидного отростка, пищеварения, опорно-двигательного аппарата, нервной системы [78] среди летного состава и влечет их раннюю дисквалификацию [162]. Существенное влияние на здоровье пилотов оказывают условия труда, которые отличаются выраженным воздействием комплекса неблагоприятных факторов, выявленных по результатам собственных ретроспективных и объективных исследований [41].

Установлено, что совокупность неблагоприятных факторов условий труда обусловило высокий уровень общей и профессиональной заболеваемости, явилось причиной более раннего биологического старения и сокращения продолжительности жизни. Анализ хронической заболеваемости пилотов ГА, завершивших летную деятельность показал, что сочетанное влияние нескольких производственных факторов проявляется полисистемным воздействием и в большинстве случаев приводит к возникновению заболеваний сразу в нескольких классах болезней [40].

Уникальностью исследования анализа хронической заболеваемости является то, что была решена задача поиска достоверных источников информации о состоянии здоровья пилотов. До настоящего времени закрытость информации о реальном состоянии здоровья пилотов делает практически невозможным изучение хронической заболеваемости. При этом все результаты медицинских осмотров находятся во ВЛЭК, а информация становится доступной только в случае возникновения подозрения у пилота профессионального заболевания. Однако, данные о хронической заболеваемости именно в этом периоде – после прекращения летной деятельности, являются наиболее объективными т.к. устраняется причина недостоверности данных - диссимуляция болезней самими пилотами.

Хроническая заболеваемость исследована среди работников 2-ух летних профессий (пилоты и бортмеханики) и 2-х контрольных групп сравнения (водители автобусов и операторы энергетических установок), имевших в анамнезе установленное профессиональное заболевание.

Установлено, что средний возраст (лет) исследуемых групп не имел статистически значимых различий и составил: пилоты 59,0 (54,5–62,5), бортмеханики 58,0 (53,2–61,8), водители автобусов 50,0 (42,0–56,8), операторы энергетических установок 49,5 (42,0–55,5), $p=0,057$. Средний стаж работы (лет) в группах составил: пилоты 33,0 (27,0–38,0), бортмеханики 31,0 (25,8–35,2), водители автобусов 29,4 (26,3–34,5), операторы энергетических установок 28,1 (25,5–33,0), $p=0,06$. Статистически значимых различий по стажу выявлено не было, что свидетельствовало об однородности групп [41].

Общая оценка условий труда пилотов по данным СГХ соответствовала к классу 3.3, у бортмехаников, операторов энергетических установок и водителей автобусов – классу 3.2. Уровни шума у пилотов, бортмехаников и водителей автобусов соответствовали 3.1–3.2 классу, у операторов – 2 классу. НТ у пилотов оценена, как 3.3 класс, у бортмехаников – 3.1 класс, у водителей автобусов и операторов энергетических установок – 3.2 [41].

Анализ профмаршрута и уровней производственных факторов в течение всего стажа показал, что на рабочих местах регистрировались превышения уровней шума (по максимальным уровням): у пилотов на 16,5 дБА (11,0–26,7), у бортмехаников – на 14,5 дБА (12,0–18,3), у водителей автобусов – на 9,7 дБА (8,8–12,8), $p=0,22$. Превышения уровней шума по эквивалентным уровням составили: у пилотов на 2,0 дБА (1,0–3,9), у бортмехаников – на 3,1 дБА (2,1–8,7), у водителей автобусов - 1,8 дБА (1,3–2,3), $p=0,01$ [41].

Установлена высокая частота болезней системы кровообращения, органов дыхания, органов пищеварения, костно-мышечной и соединительной ткани, а также нервной, мочеполовой систем у пилотов (рисунок 5.1).

На развитие заболеваний влияют возрастные особенности работников. Однако не все болезни, которые регистрировались у пилотов, имели связь с возрастом. Выявлена статистически значимая связь возраста пилотов только с количеством болезней сердечно-сосудистой, нервной, мочеполовой систем (таблица 5.1). С увеличением возраста на 1 год шансы развития заболеваний в этих классах МКБ-10 увеличивались в 1,04, в 1,03 и в 1,08 раз, соответственно.

Таблица 5.1 – Увеличение шансов (OR) развития болезней в различных классах МКБ-10 на каждые год возраста пилота

Классы болезней по МКБ 10	OR	95% ДИ	p
Болезни эндокринной системы	1,01	0,96; 1,07	0,5969
Болезни нервной системы	1,03	1,01; 1,09	0,0424*
Болезни глаз	0,99	0,96; 1,02	0,4489
Болезни уха и сосцевидного отростка	1,05	0,94; 1,17	0,3505
Болезни системы кровообращения	1,04	1,00; 1,08	0,0475*
Болезни органов дыхания	0,98	0,94; 1,02	0,3886
Болезни органов пищеварения	1,03	0,99; 1,07	0,1272
Болезни костно-мышечной системы	0,99	0,96; 1,02	0,577
Болезни мочеполовой системы	1,08	1,02; 1,16	0,0148*
Не классифицируемы в др рубриках	1,02	0,91; 1,15	0,7486
* $p<0,05$ (статистически значимо)			

Наиболее значимыми заболеваниями для пилотов и бортмехаников являлись болезни нервной системы (частота 11,6-17,6%), системы кровообращения (80,6-88,4%), органов пищеварения (27,9-38,4%), костно-мышечной системы и соединительной ткани (37,0-34,9%) и мочеполовой системы (16,3-19,0%); для водителей и операторов энергетических установок - болезни органов дыхания (69,6-75,7%). Как видно, наибольшую распространенность среди пилотов имеют болезни системы кровообращения, связь которых с напряженностью труда, переутомлением и стрессом, доказана многими работами [54, 61, 350], особенно в условиях воздействия электромагнитных полей [57].

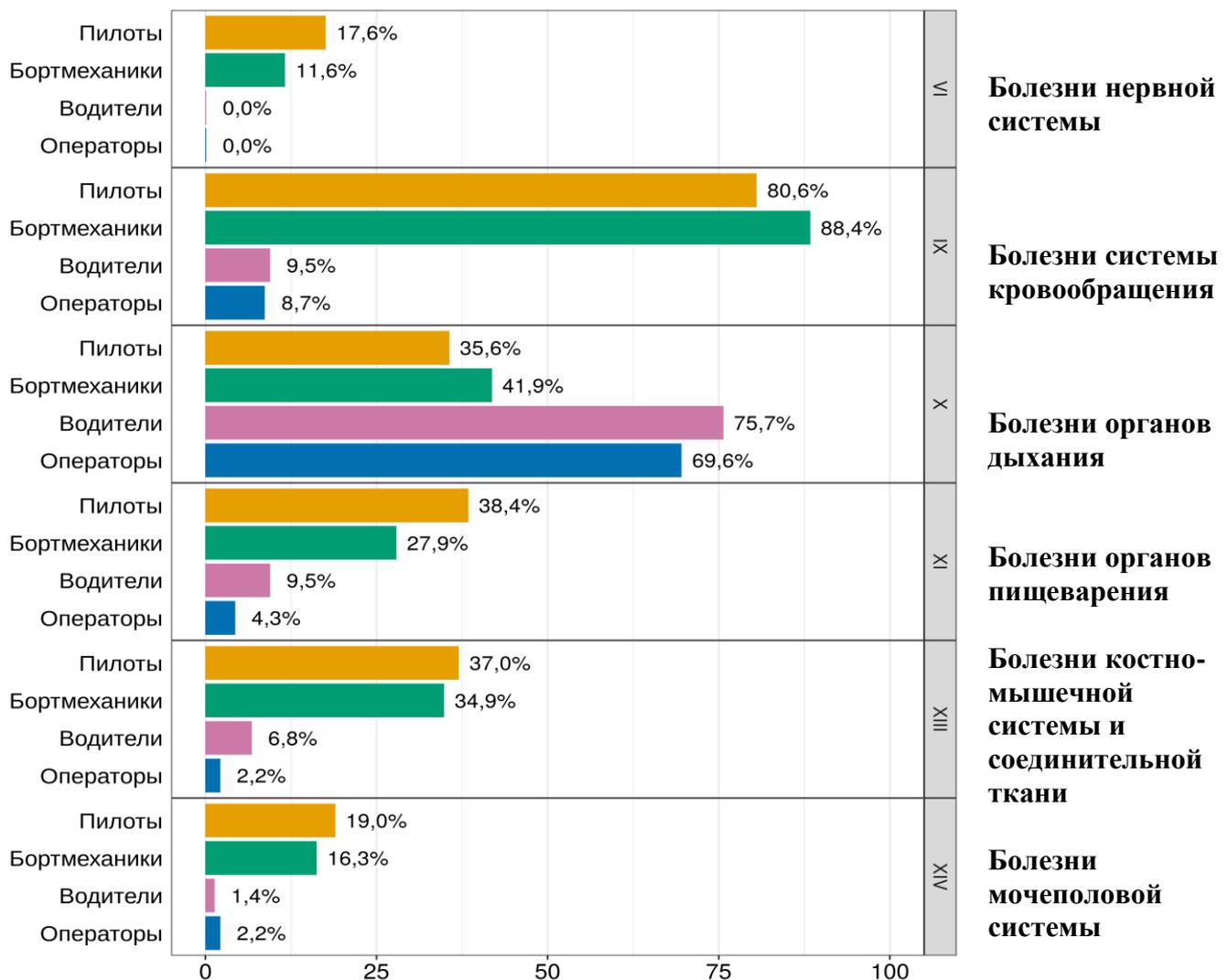


Рисунок 5.1 - Частота хронических заболеваний по классам МКБ-10, %

На основании анализа количества случаев хронических заболеваний рассчитаны шансы развития (OR) болезней системы кровообращения, органов дыхания, органов пищеварения, костно-мышечной и соединительной ткани, а также нервной и мочеполовой систем между пилотами и группами сравнения (таблица 5.2) [41].

Анализ частоты хронических заболеваний нервной системы показал, что они регистрируются у пилотов в 17,6 раз, а у бортмехаников в 11,6 раз чаще, чем у работников контрольной группы ($p < 0,05$). Основным заболеванием нервной системы, выявляемым у пилотов, и имеющим связь с НТ являлось расстройство вегетативной нервной системы (20,8%).

Таблица 5.3 - Шансы развития заболеваний (OR – отношения шансов, OR_{adj} – отношения шансов, скорректированные на различия в возрасте)

Класс	Профессиональные группы	OR	P	OR _{adj}	P
1	2	3	4	5	6
Болезни сердечно-сосудистой системы	Пилоты / Водители	39,65 [13,04; 120,54]	<0,0001	22,45 [7,08; 71,19]	<0,0001
	Пилоты / Операторы	43,50 [10,57; 179,00]	<0,0001	10,24 [2,03; 51,70]	0,0013
	Бортмеханики / Водители	72,74 [14,80; 357,45]	<0,0001	56,11 [10,02; 314,37]	<0,0001
	Бортмеханики / Операторы	79,80 [12,97; 490,79]	<0,0001	25,61 [3,31; 198,00]	0,0003
Болезни органов дыхания	Пилоты / Водители	0,18 [0,08; 0,39]	<0,0001	0,18 [0,07; 0,44]	<0,0001
	Пилоты / Операторы	0,24 [0,10; 0,60]	0,0003	0,25 [0,07; 0,86]	0,0197
	Бортмеханики / Водители	0,23 [0,08; 0,67]	0,0021	0,25 [0,08; 0,76]	0,0075
	Бортмеханики / Операторы	0,32 [0,10; 0,99]	0,0467	0,34 [0,09; 1,39]	0,2015
Болезни органов пищеварения	Пилоты / Водители	5,97 [2,02; 17,62]	0,0001	6,70 [1,97; 22,75]	0,0004
	Пилоты / Операторы	13,73 [2,07; 91,02]	0,0021	17,13 [1,90; 154,21]	0,0050
	Бортмеханики / Водители	3,71 [0,97; 14,20]	0,0591	4,22 [1,00; 17,85]	0,0505
	Бортмеханики / Операторы	8,52 [1,09; 66,30]	0,0369	10,79 [1,07; 109,21]	0,0412
Болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	Пилоты / Водители	8,12 [2,34; 28,15]	0,0001	6,23 [1,65; 23,51]	0,0023
	Пилоты / Операторы	26,47 [1,92; 364,48]	0,0073	15,44 [0,93; 254,97]	0,0588
	Бортмеханики / Водители	7,39 [1,74; 31,40]	0,0021	6,11 [1,35; 27,61]	0,0110
	Бортмеханики / Операторы	24,11 [1,58; 367,53]	0,0143	15,15 [0,85; 271,03]	0,0731
Болезни мочеполовой системы	Пилоты / Водители	17,10 [1,24; 235,61]	0,0278	11,49 [0,79; 167,61]	0,0889
	Пилоты / Операторы	10,54 [0,76; 147,05]	0,0989	4,48 [0,25; 80,70]	0,5420
	Бортмеханики / Водители	14,19 [0,87; 232,06]	0,0699	10,21 [0,60; 174,24]	0,1520
	Бортмеханики / Операторы	8,75 [0,53; 144,72]	0,1932	3,98 [0,19; 81,72]	0,6435

Болезни системы кровообращения регистрировались у пилотов в 22,4 раза чаще, чем в контрольной группе ($p < 0,05$). Самыми распространёнными заболеваниями явились артериальная гипертензия (57,4%), церебральный атеросклероз (53,2%) и атеросклероз аорты (49,7%). Шансы развития церебрального атеросклероза у пилотов были выше по сравнению с контрольной группой в 13,8 [2,81; 67,58] раз, артериальной гипертензии – в 14,3 [1,01; 200,78] раз, атеросклероза аорты – в 10,1 [8,14; 31,38], $p < 0,05$.

В группе пилотов выявлена связь увеличения количества заболеваний системы кровообращения и длительности воздействия НТ с помощью построения бинарных логистических регрессионных моделей. Шансы (OR) развития заболеваний увеличивались в среднем в 1,06 [95% ДИ: 1,03; 1,09] раза на каждый год летного стажа ($p = 0,03$) и в 1,05 [95% ДИ: 1,02; 1,09] раза на каждые 1000 часов налета ($p = 0,002$), то есть к 40 годам стажа и 20 000 часам налета уровень хронических заболеваний системы кровообращения у пилотов повышается в 10,3 и 3,2 раза, соответственно (рисунок 5.2 и 5.3).

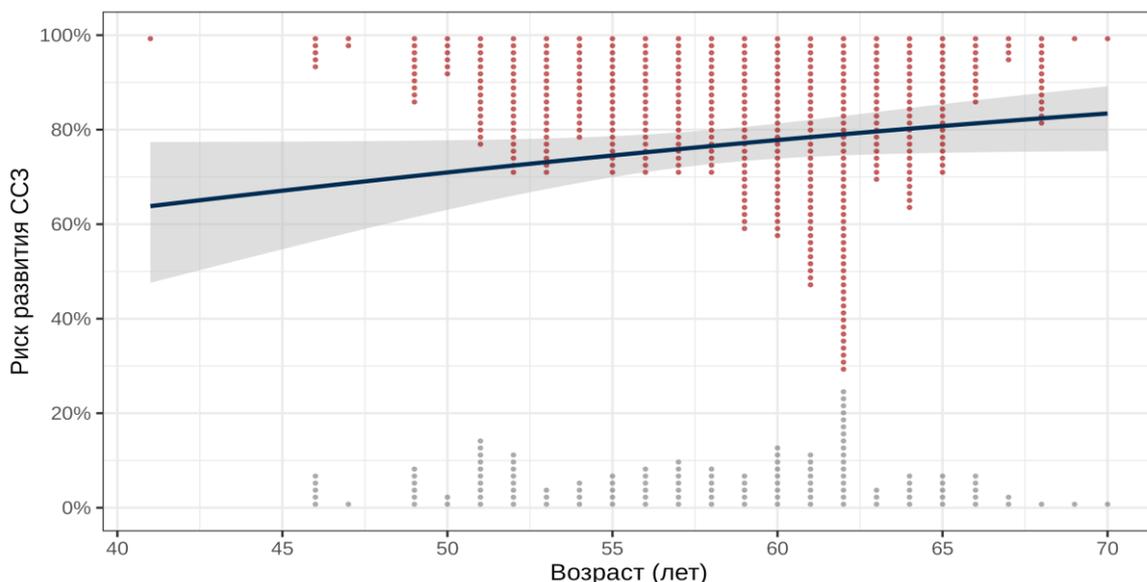


Рисунок 5.2 - Риск развития болезней ССС в зависимости от возраста

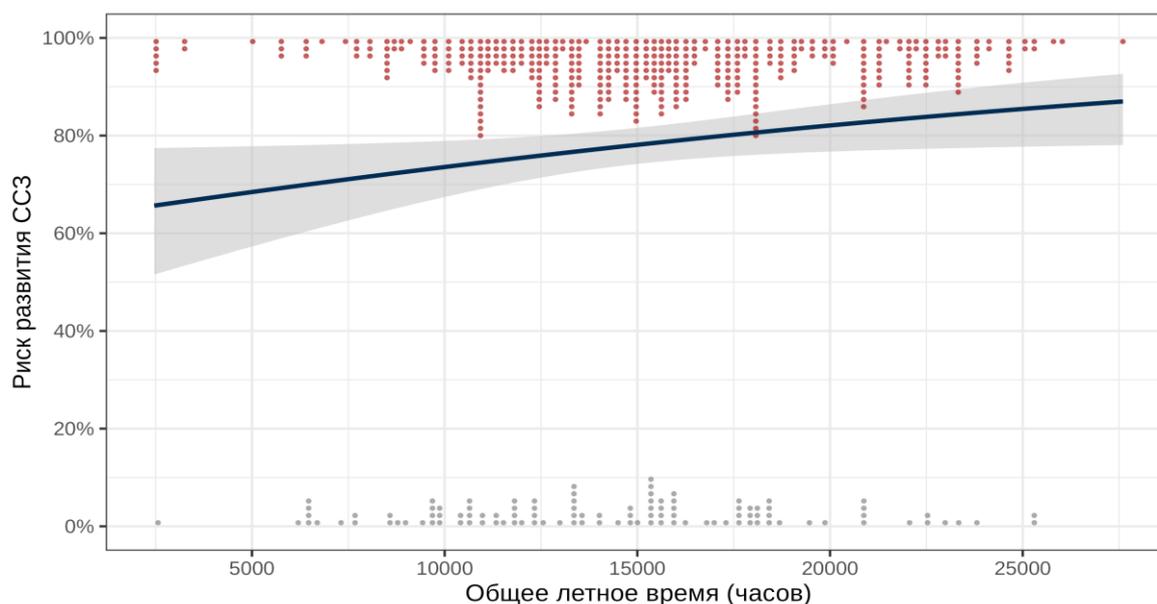


Рисунок 5.3 - Риск развития болезней ССЗ в зависимости от общего налета

Выявлена также достоверная связь увеличения количества отдельных нозологических форм с длительностью воздействия летных нагрузок. Доказано, что при увеличении общего летного времени на каждые 1000 часов, статистически значимо увеличиваются шансы развития атеросклероза аорты в среднем в 1,05 раза [95% ДИ: 1,01; 1,09], $p = 0,021$ и артериальной гипертензии в среднем в 1,05 раза [95% ДИ: 1,01; 1,10], $p = 0,028$, что позволяет отнести эти заболевания к производственно обусловленным, связанным с высокой напряженностью труда (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Увеличение шансов (OR) развития болезней в различных классах МКБ-10 на каждые 1000 часов налета

Код МКБ-10	Название болезни	ОШ	95% ДИ	p
I67	Церебральный атеросклероз	1,01	0,97; 1,06	0,587
I10	Артериальная гипертензия	1,05	1,01; 1,10	0,028*
I70	Атеросклероз аорты	1,05	1,01; 1,09	0,021*
G90	Расстройство вегетативной нервной системы	1,01	1,00; 1,03	0,035*
M54	Дорсалгия	1,02	0,97; 1,08	0,3844
N41	Гиперплазия предстательной железы	1,04	0,93; 1,18	0,5020
K26	Язва двенадцатиперстной кишки	1,19	1,02; 1,40	0,032*
M63	Миозит	1,03	0,90; 1,21	0,6691
K81	Холецистит	1,12	0,94; 1,36	0,2247
* $p < 0,05$ (статистически значимо)				

Анализ болезней органов дыхания показал, что у пилотов они регистрируются достоверно реже, чем в контрольных группах, что может объясняться отсутствием переохлаждения организма за счёт постоянного функционирования системы кондиционирования и постоянного поддержания микроклиматических условий на рабочем месте [41].

Болезни органов пищеварения регистрировались у пилотов в 6,7 раза, а у бортмехаников в 4,2 раза чаще, чем у водителей и в 17,1 раза у пилотов и 10,8 раза у бортмехаников чаще, чем у операторов энергетических установок ($p \leq 0,05$). У пилотов наиболее распространены хронический гастрит (9,7%, $p = 0,008$) и язва двенадцатиперстной кишки (11%, $p = 0,08$), по сравнению с другими группами исследования [41]. Установлена связь длительного воздействия летной нагрузки и роста заболеваний органов пищеварения: при увеличении общего летного времени на каждые 1000 часов, статистически значимо увеличиваются шансы развития язвы двенадцатиперстной кишки в среднем в 1,19 раз [95% ДИ: 1,02; 1,40], $p = 0,03$ и холецистита в 1,12 раз [95% ДИ: 0,94; 1,36], $p = 0,22$ (таблица 5.3). Таким образом, прослеживается связь между напряженностью труда, стрессом и болезнями пищеварения, риск которых у пилотов возрастает, в том числе, в связи с неорганизованным, нерегулярным и несоответствующим труду, питанием [278].

Болезни костно-мышечной и соединительной ткани регистрировались у пилотов в 6,2 раза, а у бортмехаников в 6,1 раза чаще, чем у водителей ($p < 0,05$) и в 15,4 раза у пилотов ($p = 0,058$) и 15,1 раза у бортмехаников чаще ($p = 0,073$), чем у операторов энергетических установок. Самыми распространёнными заболеваниями у пилотов являются остеохондроз позвоночника (11,6%) и дорсалгия (8,8%), у бортмехаников регистрируются эти же заболевания с частотой 7% и 14%, соответственно, что статистически достоверно выше, в основных группах, чем в контрольных ($p < 0,005$) [41].

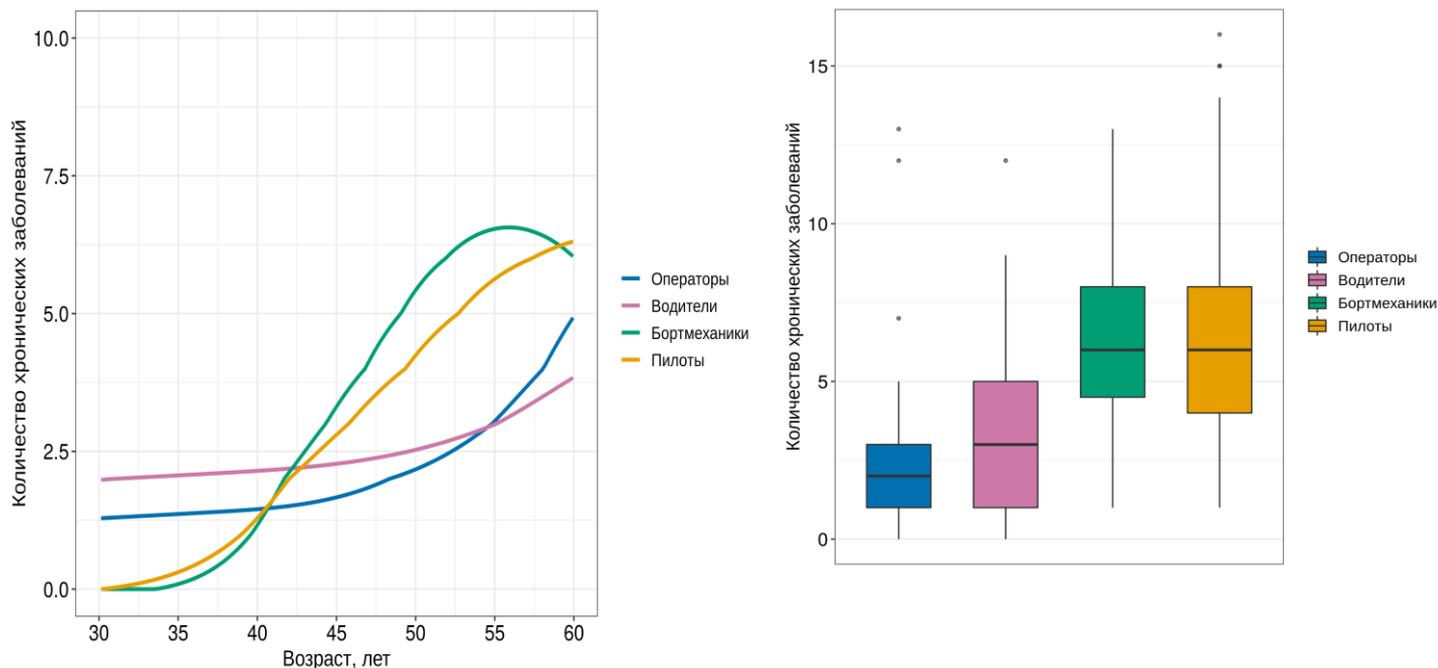
Шансы развития дорсалгии у пилотов были выше по сравнению с контрольной группой в 3,00 [0,39; 22,95] раз, $p < 0,05$. Высокая частота

болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани, болезней нервной системы, подтверждаемая данными литературы [263], может объясняться их неблагоприятной рабочей позой в сочетании с воздействием вибрации, параметров микроклимата, стрессовыми условиями.

Болезни мочеполовой системы регистрировались у пилотов в 11,5 раза, а у бортмехаников в 10,2 раза чаще, чем у водителей ($p > 0,05$) и в 4,5 раза у пилотов ($p = 0,058$) и 4 раза у бортмехаников чаще ($p > 0,05$), чем у операторов энергетических установок. У пилотов наиболее частыми заболеваниями в данном классе была гиперплазия предстательной железы (6,9%) и хронический простатит (5,8%). Шансы развития этих заболеваний у пилотов были выше по сравнению с контрольной группой в 2,29 [0,11; 48,82] раза и в 3,43 [0,20; 57,65] раза, $p < 0,05$, соответственно.

При изучении общего количества хронических заболеваний были установлены статистически значимые различия между основной и контрольной группами (рисунок 5.4). Ввиду выявленных незначительных различий между группами по возрасту, для более объективной оценки медианного количества диагностированных заболеваний была построена полупараметрическая модель пропорциональных шансов. Оценка медианного количества хронических заболеваний в профессиональных группах в зависимости от возраста представлена на рисунке 5.4А. В полученной модели помимо различий между группами ($p < 0,0001$) по общему количеству заболеваний, у пилотов выявлен статистически значимый рост количества заболеваний в динамике с возрастом ($p = 0,0484$). Следует учесть, что на этапе начала летной деятельности ВЛЭКи осуществляют строгий отбор пилотов по состоянию здоровья, в результате чего лица, попадающие на летную работу являются абсолютно здоровыми без каких-либо признаков хронических заболеваний. Эта особенность выявлена и в исследовании – показано отсутствие заболеваний у летного состава в возрасте 30 лет, однако в 40 лет у них уже начинают регистрироваться хронические заболевания,

число которых пока значительно ниже, чем в контрольной группе, однако, после 40 лет наблюдается рост хронической патологии, как у пилотов, так и у бортмехаников [41, 107].



А. Динамика среднего количества хронических заболеваний

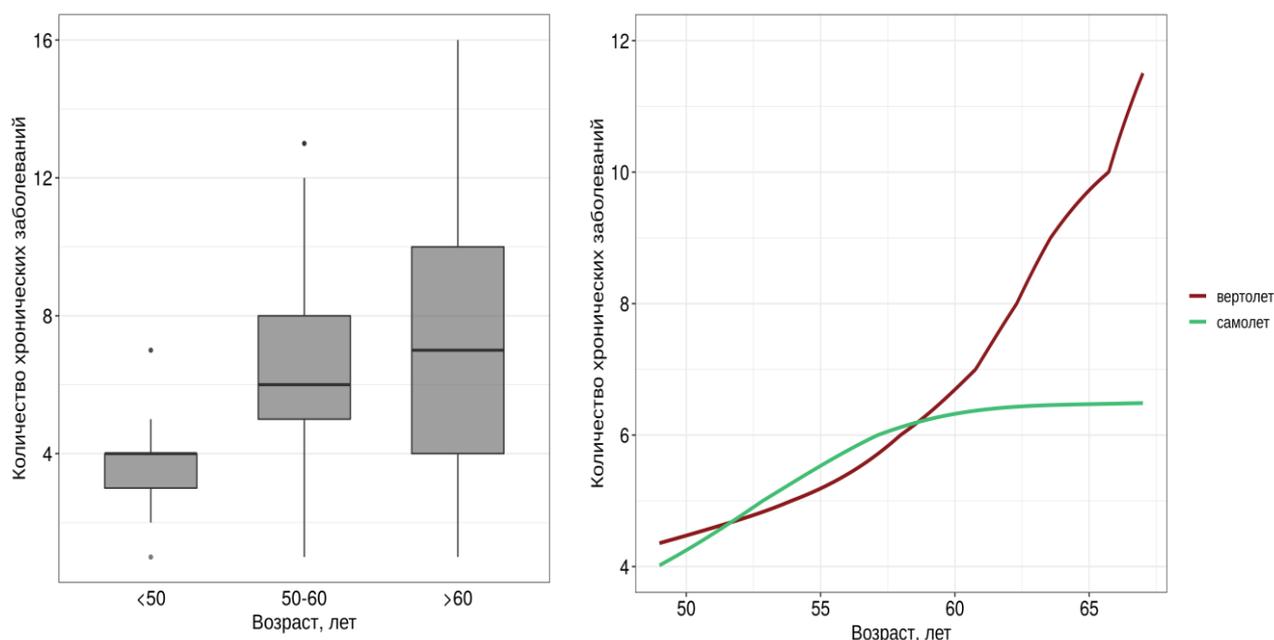
Б. Медианное количество хронических заболеваний

Рисунок 5.4 - Количество хронических заболеваний в группах

Среднее количество хронических заболеваний после прекращения трудовой деятельности (рисунок 5.4Б) у пилотов составило 6,0 (4,0-8,0), у бортмехаников – 6,0 (4,5-8,0), у водителей – 3,0 (1,0-5,0), у операторов – 2,0 (1,0-3,0), ($p < 0,05$).

Анализ количества заболеваний у пилотов и бортмехаников в различных возрастных группах (рисунок 5.5А) показал статистически значимую связь роста количества заболеваний с возрастом ($p = 0,0017$). Работники в возрастных группах 50-60 лет и более 60 лет имели статистически значимо более высокое количество заболеваний по сравнению с более молодыми ($p = 0,0060$ и $p = 0,0013$, соответственно). При этом

различий между пилотами и бортмеханиками в данных возрастных группах выявлено не было [41].



А. Количество хронических заболеваний в зависимости от возраста

Б. Динамика хронических заболеваний в зависимости от типа ВС (самолет/вертолет)

Рисунок 5.5 – Количество и динамика хронических заболеваний

Была выявлена тенденция роста количества хронических заболеваний у пилотов вертолетов в возрасте старше 60 лет ($p = 0,0559$). В модели пропорциональных шансов были выявлены статистически значимые отличия влияния возраста на количество заболеваний внутри группы пилотов в зависимости от типа воздушного судна (вертолет/самолет) ($p = 0,0293$, рисунок 5.6Б). Это свидетельствует о более высокой хронической заболеваемости пилотов вертолетов, регистрируемой после завершения трудовой деятельности - при выходе их на пенсию [41].

Таким образом, по результатам анализа хронической заболеваемости пилотов ВС ГА установлено что они статистически значимо отличаются от других работников транспортной отрасли нелетных профессий по частоте заболеваний нервной, костно-мышечной, сердечно-сосудистой, мочеполовой

систем и органов пищеварения. При этом установлено среднее количество хронических заболеваний при выходе на пенсию в различных профессиональных группах: у пилотов – 6,0 (4,0-8,0), бортмехаников 6,0 (4,5-8,0), водителей 3,0 (1,0-5,0), работников без воздействия шума 2,0 (1,0-3,0) – данные статистически достоверны. Построенная полупараметрическая модель пропорциональных шансов показала статистически значимые отличия в отношении влияния возраста на количество заболеваний между группами ($p=0,0484$). В возрасте до 40 лет хроническая заболеваемость у пилотов значительно ниже, чем у работников транспортной отрасли нелетных профессий, однако после 40 лет наблюдается обратная картина – рост хронической патологии у пилотов. Достоверно большая частота указанных заболеваний среди пилотов, по сравнению с работниками, в которых труд характеризуется меньшей напряженностью, позволяет отнести эти болезни к производственно-обусловленным для пилотов [41].

Таким образом, несмотря на жесткий медицинский отбор абсолютно здоровых людей в летные профессии, в большинстве случаев, имеющих большие резервные возможности, состояние их здоровья ухудшается более быстрыми темпами по сравнению с работниками большинства других профессий. Полученные результаты являются убедительным доказательством более быстрого старения организма пилотов в условиях постоянного контакта с вредными производственными факторами [178], среди которых НТ играет роль одного из основных этиологических факторов в развитии заболеваний системы кровообращения.

5.2. Анализ причин профессиональной непригодности

Результаты медицинского освидетельствования летного состава ЦВЛЭК ГА свидетельствуют о том, что в период 2017-2020 гг. наблюдался рост частоты профессиональной непригодности с 7,8% до 13,9%. Ведущими причинами дисквалификации пилотов по медицинским показаниям явились

болезни сердечно-сосудистой, нервной систем, уха и сосцевидного отростка. Структура профессиональной непригодности определялась следующими причинами: понижение остроты слуха – 25,2%; болезни сосудов и мышцы сердца атеросклеротического характера – 18,1%; нейроциркуляторная дистония по кардиальному типу – 17,5% ; артериальная гипертензия – 12,2%; сосудистые поражения головного мозга – 7,9%; опухоли злокачественные – 6,9%; заболевания эндокринной системы, обмена веществ и органов пищеварения – 4,1%; заболевания ЦНС – 2%; прочие – 6,2% (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Структура профессиональной непригодности пилотов

Причина профнепригодности	1997	2017	2018	2019	2020	2017-2020
	Частота профессиональной непригодности, %					
Болезни сосудов и мышцы сердца атеросклеротического характера	32,8	11,3	12,1	18,1	26,8	18,1
Сосудистые поражения головного мозга	13,4	8,2	12,8	6,6	5,4	7,9
Понижение остроты слуха	8,1	42,8	19,5	15,1	24,1	25,2
Артериальная гипертензия	6,0	13,8	18,8	13,3	5,8	12,2
Заболевания ЦНС	3,8	1,9	2,0	3,0	1,3	2,0
Заболевания эндокринной системы и органов пищеварения	3,4	1,3	2,7	4,8	6,3	4,1
Нейроциркуляторная дистония	2,6	11,9	20,8	23,5	14,7	17,5
Опухоли злокачественные	2,6	3,8	8,7	9,6	5,8	6,9
Прочие	27,7	5,0	2,7	6,1	9,8	6,2

В настоящее время, по сравнению с более ранним периодом (1997 г), наблюдается значительный рост патологии уха и сосцевидного отростка в виде снижения остроты слуха с 8,1% до 25,2%, что связано с увеличением количества стажированных пилотов в данной профессии, получивших основную экспозицию шума, еще в начале карьеры, летая на более шумных ВС. Отмечается небольшое снижение частоты заболеваний ЦНС и ССС,

однако, до сих пор они являются основными хроническими заболеваниями пилотов, а в структуре причин профессиональной непригодности в настоящее время они составляют более 58%. Нейроциркуляторная дистония имеет ярковыраженную динамику роста, ее уровни возросли, по сравнению с 1997 г., в 6,7 раз, а артериальной гипертензии – в 2 раза.

Средний возраст летного состава, дисквалифицированного ЦВЛЭК ГА вырос, по сравнению с 1997 г. с $49,9 \pm 2,9$ до $55,2 \pm 3,9$ лет, в среднем на 5,3 года, а по отдельным заболеваниям прирост составил 9 лет (таблица 5.5). Данная тенденция объясняется, общим изменением возрастного состава пилотов гражданской авиации в сторону их постарения, когда пилоты стараются более продолжительно остаться в профессии для поддержания своего социально-экономического статуса, что несопоставимо с получаемым пенсионным обеспечением. Этот тренд крайне настораживает в связи с возможным снижением безопасности полетов среди «возрастных» пилотов.

Поэтому требуется системное решение данной проблемы – внедрение механизмов управления профессиональными рисками для здоровья пилотов, включающих оценку и мониторинг групп риска по результатам медицинского освидетельствования и их социально-трудовую реабилитацию.

Таблица 5.5 – Средний возраст дисквалификации по различным причинам

Причина дисквалификации	1997	2017	2018	2019	2020
	Средний возраст ($M \pm m$), лет				
Болезни сосудов и мышцы сердца атеросклеротического характера	$53,1 \pm 3,1$	$53,9 \pm 3,2$	$56,7 \pm 3,5$	$56,5 \pm 3,2$	$56,1 \pm 3,5$
Сосудистые поражения головного мозга	$55,6 \pm 2,9$	$54,1 \pm 3,5$	$56,2 \pm 3,8$	$57,1 \pm 4,2$	$58,3 \pm 3,9$
Понижение остроты слуха	$51,9 \pm 2,5$	$57,8 \pm 4,3$	$55,4 \pm 3,9$	$56,1 \pm 3,8$	$59,7 \pm 4,3$
Артериальная гипертензия	$50,3 \pm 2,2$	$57,3 \pm 4,6$	$58,3 \pm 3,2$	$58,4 \pm 4,4$	$59,1 \pm 4,6$
Заболевания ЦНС	$40,7 \pm 2,6$	$57,3 \pm 4,2$	$46,7 \pm 2,8$	$43,2 \pm 3,1$	$50,2 \pm 3,8$
Нейроциркуляторная дистония	$48,1 \pm 2,9$	$55,1 \pm 3,3$	$56,6 \pm 3,7$	$57,1 \pm 3,9$	$57,1 \pm 5,2$
Опухоли злокачественные	$52,9 \pm 3,2$	$56,1 \pm 3,6$	$57,1 \pm 3,9$	$51,3 \pm 3,5$	$55,8 \pm 3,9$
По всем причинам	$49,9 \pm 2,9$	$55,2 \pm 3,9$			

В главе 3 проведенные гигиенические исследования, показали что труд пилотов соответствует напряженности труда класса 3.3. С увеличением летных нагрузок, имеющих место в авиакомпаниях за счет продления месячных и годовых норм полетного времени, существенно возрастает общее рабочее напряжение организма. Продолжающиеся интенсивные психоэмоциональные нагрузки могут привести к развитию состояния перенапряжения и утомления, а в последующем к развитию заболеваний, связанных с работой, в частности, болезнью психосоматической этиологии, что и проявляется по результатам анализа причин профессиональной непригодности пилотов.

Результаты исследования показали наличие высокой причинно-следственной обусловленности между вредными условиями труда, прежде всего связанными с высокой напряженностью труда, неудобным режимом труда и распространенностью отдельных хронических заболеваний, таких как, болезнью нервной системы и системы кровообращения.

В результате исследования состояния здоровья летного состава по данным ЦВЛЭК ГА выявлены наиболее значимые нозологические формы болезней, связанные с высокими уровнями напряженности труда. К их числу относятся: артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, заболевания ЦНС (в т.ч. невротические расстройства), нейроциркуляторная дистония. Эти заболевания имеют высокую степень этиологической связи (сильную связь) и могут быть отнесены к категории профессионально обусловленных [107].

5.3. Анализ профессиональной заболеваемости

В 2021 году было установлено 4695 случаев профессиональных заболеваний, при этом, в сравнении с 2020 годом, число впервые выявленных профзаболеваний увеличилось на 882 случая (в 2020 году – 3813 случаев)

[188]. Одной из профессиональных групп, которые вносят заметный вклад в общие показатели профессиональной заболеваемости в РФ, являются лица летных профессий, что обуславливает необходимость проведения анализа этой статистики.

Особенностью летного труда, отличающего его от других видов деятельности, является не только высокая степень риска возникновения аварийных ситуаций в полете, но высокий уровень профессиональной заболеваемости, в первую очередь профессиональной нейросенсорной тугоухости, обусловленной комплексным воздействием шума и напряженности труда. Это подтверждается и тем, что современные типы ВС обеспечивают работникам значительно более комфортные условия труда, по сравнению с ВС предыдущих поколений, характеризующиеся сниженными уровнями шума, однако, заболеваемость ПНСТ среди пилотов остается на достаточно высоком уровне (таблица 5.4) [40].

Таблица 5.4 - Доля ПНСТ (%) среди всех выявленных случаев в РФ, в транспортной отрасли и среди пилотов ГА

Показатели ПЗ	2015	2016	2017	2018	2019
РФ	1,65	1,47	1,31	1,17	1,03
Транспорт	2,57	2,57	2,24	1,69	1,66
Члены летных экипажей	4,27	3,79	3,87	нет данных	3,42
Пилот	2,69	2,56	2,64	нет данных	1,18
Командир ВС	1,58	1,23	1,23	нет данных	2,24

Данные о возрасте, летном стаже и времени налета пилотов, в том числе в условиях воздействия повышенного шума, по результатам анализа санитарно-гигиенических характеристик условий труда лиц летного состава, находившихся в клинике ФГБНУ «НИИ МТ» за период с 2015 по 2019 гг. с подозрением на профессиональное заболевание (ПНСТ), представлены в таблице 5.5. Установлено, что у пилотов вертолетов признаки развития ПЗ появляются раньше и при меньшем времени налета, чем у пилотов

самолетов, что обусловлено более высокими уровнями шумо-вибрационных факторов в кабине вертолетов [40].

Таблица 5.5 - Значения возраста, стажа и времени налета у пилотов ВС ГА при установлении диагноза ПНСТ

Пилоты по типам ВС	Возраст, годы			Стаж до появления признаков ПЗ, годы		
	Средний	Мин.	Макс.	Средний	Мин.	Макс.
Пилоты самолетов	63,3±4,6	53,7	72,6	37,3±4,9	20,0	44,5
Пилоты вертолетов	58,2±5,3	48,1	71,3	32,3±6,7	16,0	48,0
В целом по пилотам	61,0±6,0	48,1	72,6	35,0±6,0	16,0	48,0
Пилоты по типам ВС	Общее время налета, часы			Полетное время работы в условиях повышенного шума, часы		
Пилоты самолетов	17230,4±5189,9	1765,0	24333,0	12129,7±4576,6	2933,0	24240,0
Пилоты вертолетов	12890,9±4043,6	2563,0	20882,0	11396,4±4522,0	1738,0	20882,0
В целом по пилотам	15721±518,0	1765,0	24333,0	11722±456,0	1738,0	24240,0

Следует отметить, что в последние 10-15 лет, в ГА эксплуатируются, в основном, современные отечественные и ВС, уровни внутрикабинного шума в которых варьируют от 72 до 82 дБА. Однако, признаки профессиональной тугоухости по-прежнему появляются, в том числе у пилотов со стажем 16-20 лет (таблица 5.4). Это не может быть объяснено только работой в условиях высоких уровней шума в первые годы летного стажа. Причинами могут являться как сочетанное действие комплекса производственных факторов (виброакустических, психофизиологических, барометрического давления, напряженности труда), усугубляющих действие шума, так и недооценка расчетной акустической нагрузки. Кроме того, в настоящее время не учитывается действие шума во внеполетное рабочее время, которое может вносить значимый вклад в общую шумовую экспозицию и способствовать ускорению формирования ПНСТ у пилотов. Это подтверждается и данными последних исследований, показавших, что нейросенсорная тугоухость может регистрироваться у лиц, работающих в условиях нормативных уровней производственного шума и высокой степени напряженности [40, 196].

В целом по виду экономической деятельности «Деятельность воздушного транспорта» уровень профессиональной заболеваемости

составил 7,5 на 10 тыс. работающих, при общем уровне по РФ – 0,83 на 10 тыс. работников в 2021 г. (в 2020 г. - 0,78) [188]. За последние 5 лет более половины случаев заболеваний в данном виде экономической деятельности приходится на лиц летного состава.

Сравнительный анализ динамики профессиональной заболеваемости в целом по Российской Федерации и по виду экономической деятельности «Деятельность воздушного транспорта» на 10 тыс. работающих показал, с одной стороны, существенную разницу в показателях, а с другой – выявил выраженную тенденцию к снижению уровней ПЗ в отрасли (рисунок 5.9).



Рисунок 5.9 – Уровень профессиональной заболеваемости в РФ и по воздушному транспорту на 10 тыс. работающих

Как видно на рисунке 5.9, за последний пятилетний период произошло снижение общего показателя профессиональной заболеваемости в целом по стране в 1,9 раза. По воздушному транспорту снижение этого показателя составило 2,9 раза. Однако, общий уровень профессиональной заболеваемости в отрасли по-прежнему превышает среднероссийские показатели, например в 2019 г., - почти в 10 раз (для сравнения - в 2016 г. это различие составляло почти 15 раз).

Учитывая, что в общей структуре профессиональной заболеваемости работников воздушного транспорта уровень заболеваемости летного состава составляет от 69,3% до 57,5% (с 2016 г. по 2020 г.), можно сделать вывод о

значительно более высоких уровнях профессиональной патологии среди лиц летного состава, в сравнении с общероссийскими показателями.

Количество случаев впервые установленных диагнозов профессионального заболевания по виду экономической деятельности «Деятельность воздушного транспорта» в 2020 г. составило 159 (4,7% от общей суммы профессиональных заболеваний в РФ), из них на долю лиц летного состава (второй пилот, КВС, пилот-инструктор) приходится 57,5%.

Распределение случаев профессиональных заболеваний среди различных профессиональных групп летного состава за период с 2016 по 2020 г.г., представлено на рисунке 5.10 [196].

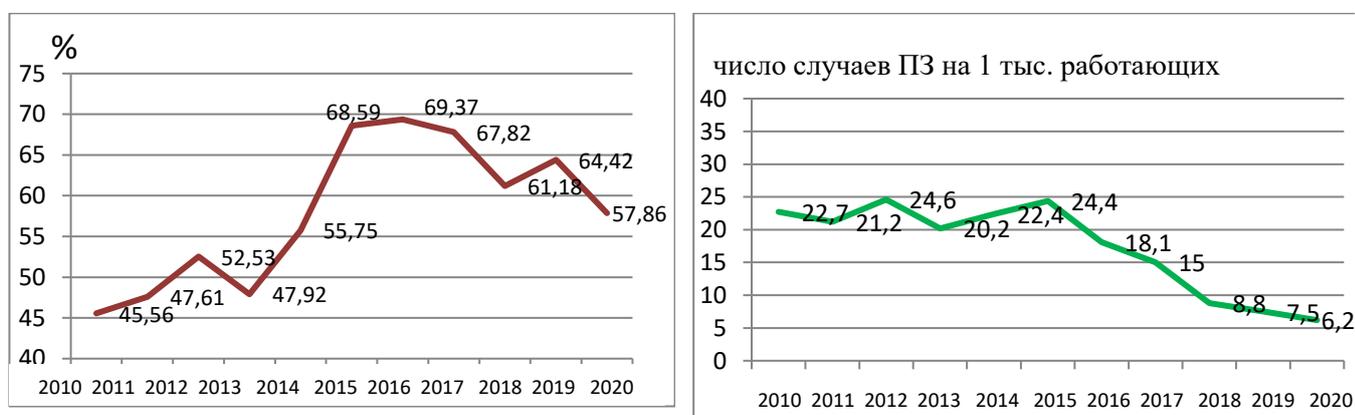


Рисунок 5.10 – Распределение профессиональных заболеваний среди летного состава

Как следует из представленных на рисунке 5.10 данных, за последние 5 лет отмечается снижение профессиональной заболеваемости во всех профессиональных группах лиц летного состава. Если в первые два года (2016, 2017 гг.), число случаев ПЗ среди КВС несколько превышало количество случаев заболеваний среди вторых пилотов, то в последние 3 года существенно больше случаев выявляется среди вторых пилотов (например, в

2019 г. отличие составляло 2,18 раза). Среди пилотов-инструкторов выявляется относительно небольшое количество случаев ПЗ. Однако выявленные зависимости, могут быть связаны с объемом профессиональных групп.

Проведен расчет динамики удельного веса профессиональной группы членов летных экипажей в общем составе работающих по виду экономической деятельности «Деятельность воздушного транспорта» с профессиональными заболеваниями за период 2010-2020 гг., а также изменения показателей профессиональной заболеваемости по данной группе в расчете на 1 тыс. работающих. Результат показан на рисунках 5.11 А и Б.



А

Б

Рисунок 5.11 – Динамика показателей профессиональной заболеваемости членов летных экипажей (ЧЛЭ): А - удельный вес ЧЛЭ с профессиональными заболеваниями в ВЭД «Деятельность воздушного транспорта»; Б – число случаев ПЗ на 1 тыс. работающих в данной профессиональной группе

Как следует из представленных на рисунке 5.11 данных, в период с 2013 по 2015 гг. отмечалось повышение доли лиц летных профессий среди заболевших по воздушному транспорту в целом (рисунок 5.11 А), что было связано с ростом истинных показателей профессиональной заболеваемости в данной группе (рисунок 5.11 Б). В последние годы отмечается стойкая тенденция к снижению уровней заболеваемости, за счет сокращения количества установленных диагнозов. Основную долю среди

профессиональных заболеваний членов летных экипажей составляет нейросенсорная тугоухость - 99,2% от общего числа ПЗ.

Таким образом анализ профессиональной заболеваемости показал, что пилоты входят в число профессиональных групп, характеризующихся одними из самых высоких показателей (2,24 случаев на 10 тыс. человек), а при ориентировочном расчете этого показателя на непосредственную численность членов летных экипажей можно получить 62-88 случаев на 10 тыс. человек за последние 3 года. Эти цифры превышают не только средние уровни ПЗ по РФ и транспортной отрасли в 2021 г. (0,83 и 1,08 на 10 тыс. человек, соответственно) [188], но сопоставимы с показателями профессиональной заболеваемости работников угольной промышленности (108 случаев на 10 тыс. работающих) [6].

5.4. Анализ показателей смертности

Для оценки уровней смертности проведено эпидемиологическое исследование с проспективно составленной когортой. Критерии включения позволили сформировать когорту состоящую из 17698 пилотов, среди которых 1837 умерли на конец периода наблюдения (2020 г.), остались живы – 15861 человек (рисунок 5.12). Всего получено 98633,98 человеко-лет наблюдения. Средний возраст прекращения летной деятельности и назначения доплаты за выслугу лет составил $53,9 \pm 8,2$ лет.

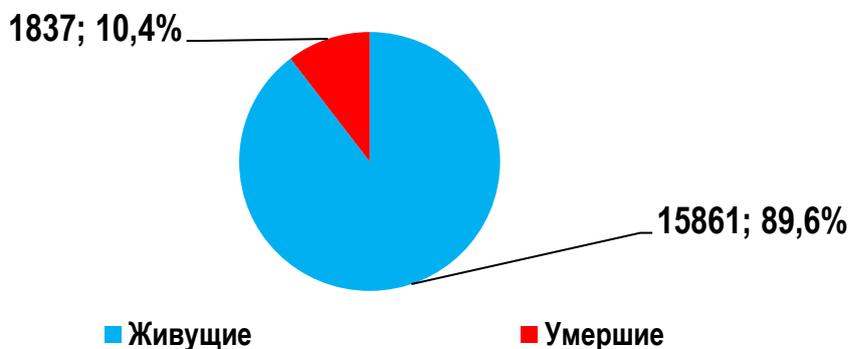


Рисунок 5.12 – Жизненный статус пилотов на конец периода наблюдения

Средний возраст смерти пилотов ВС ГА за исследуемый период составил $65,9 \pm 7,6$ лет, в то время как для городского мужского населения средний возраст смерти, рассчитанный по таблицам смертности [398], составил 67,2 лет. Несмотря на то, что это нельзя трактовать однозначно как тренд к более ранней смертности пилотов ВС ГА по сравнению с городским мужским населением, поскольку в сформированной группе пилотов на долю умерших приходилось только 10%, это является поводом для дальнейшего изучения проблемы смертности пилотов.

Для пилотов и мужского населения России проведен сравнительный анализ повозрастных коэффициентов смертности по 5-летним возрастным группам (рисунок 5.13). Установлено, что уровни смертности пилотов были ниже по сравнению с городским мужским населением во всех возрастных группах, а для возрастных групп 40-44 лет, 50-54 лет, более 55 лет различия были статистически значимыми ($p < 0,05$). Коэффициент смертности пилотов составил 185,6 на 10 тыс.

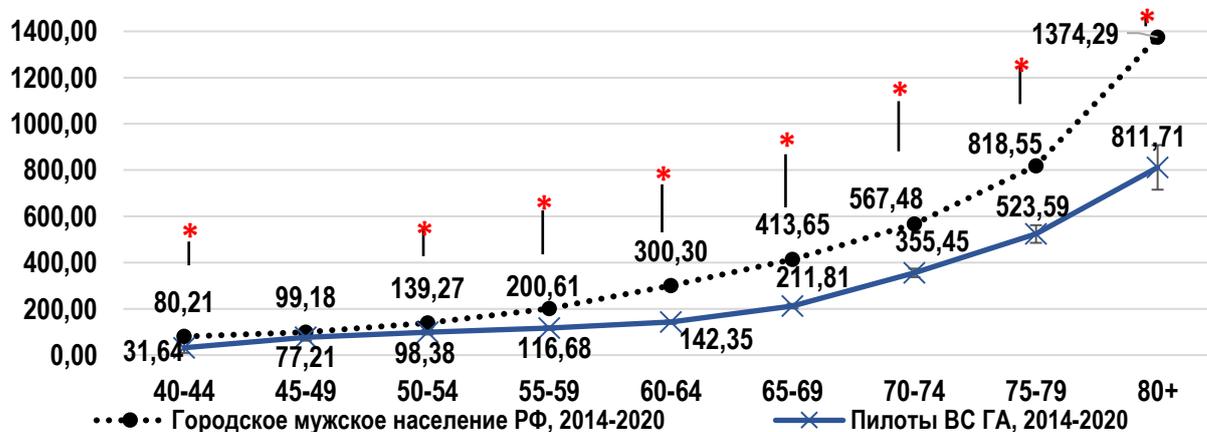


Рисунок 5.13 – Повозрастные коэффициенты смертности среди пилотов и мужского населения России за период с 2014 по 2020 гг. (на 10 тыс.)

Информация о регионе выплаты пенсии пилотам, оставившим летную деятельность, позволила охарактеризовать их территориальное распределение по различным Федеральным округам России (рисунок 5.14).

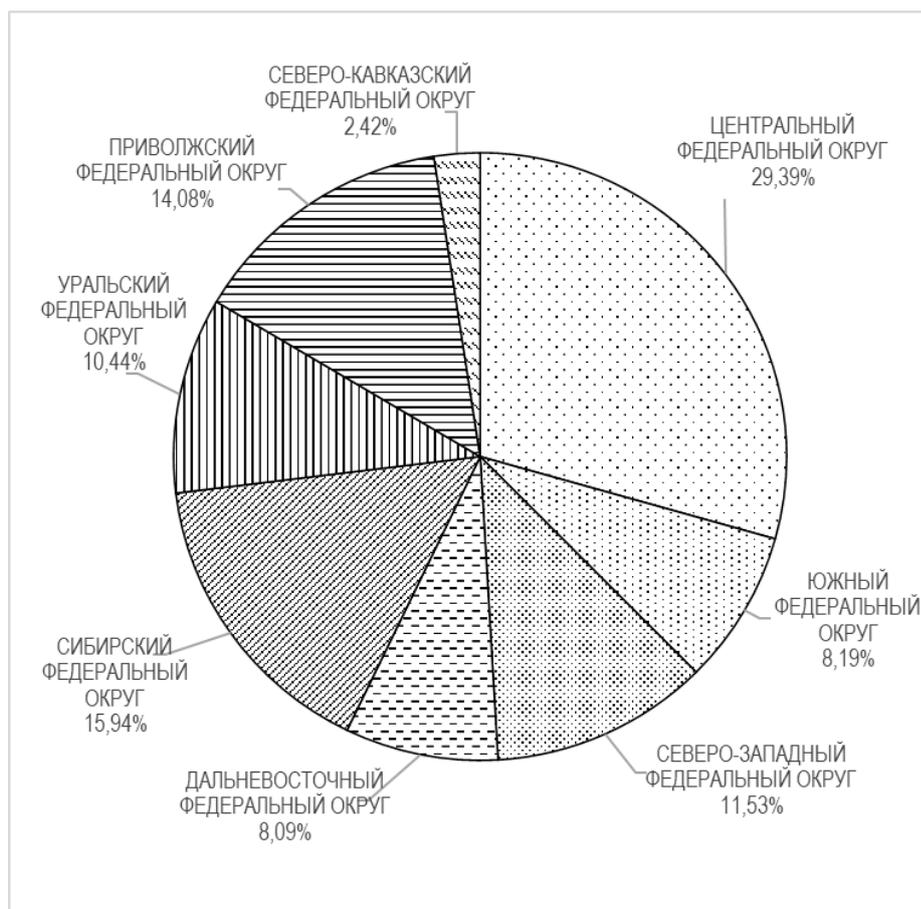


Рисунок 5.14 — Территориальное распределение пилотов, вошедших в исследование, по Федеральным округам России

Наибольшее число пилотов проживали в Центральном Федеральном округе – около 30%. Далее следовали Сибирский Федеральный округ – 15,95%, Приволжский Федеральный округ – 14,08%, Северо-Западный Федеральный округ – 11,53%, Уральский Федеральный округ – 10,44%, Южный (8%) и Дальневосточный Федеральные округа – 8%, Северо-Кавказский Федеральный округ (2,42%).

На основании полученного территориального распределения пилотов был рассчитан взвешенный коэффициент смертности городского мужского населения России старше 40 лет за период с 2014 по 2020 гг., который составил 288,88 на 10 тыс. населения и на 55,6% превышал уровень смертности пилотов за соответствующий период (185,6 на 10 тыс.).

Установлено, что у пилотов риск смерти от всех причин был достоверно ниже по сравнению с городским мужским населением. Рассчитаны отношения шансов - $OR=0,63$ [95%ДИ 0,53;0,77], свидетельствующие о том, что риск умереть для пилотов на 37% ниже по сравнению с городским мужским населением Российской Федерации.

Полученные данные сопоставимы с результатами других иностранных исследований по изучению смертности пилотов гражданской авиации, в которых неоднократно показаны более низкие риски смерти пилотов по сравнению с населением [383, 384, 385]. Пилоты гражданской авиации являются особой профессиональной группой, которая формируется под воздействием тщательного, многокомпонентного, пролонгированного профессионального отбора по психофизиологическим характеристикам и характеристикам здоровья, направленного на поиск наиболее пригодных лиц. Помимо этого, известен и престижный статус профессии пилота, который обеспечивает высокое социальное положение и уровень экономического обеспечения лиц, управляющих воздушными судами.

Описанные выше факторы позволяют пилотам вести более здоровьесберегающий образ жизни, который выражается в особенностях питания, отдыха, жилища, а также повышают доступность медицинской помощи, что в целом выражается в более высоком качестве жизни пилотов по сравнению с населением России [25, 55, 131, 167]. Все вместе это может обуславливать более низкие уровни смертности и более низкий риск смерти пилотов ВС ГА по сравнению с населением, даже городским.

Однако при расчете темпов роста уровня смертности пилотов и городского населения в различных возрастных группах по сравнению с базисным уровнем (возраст 40–44 года) получена иная картина. Смертность относительно базисного возраста у пилотов нарастает существенно быстрее по сравнению с городским мужским населением России. В возрасте 45–49 лет у пилотов смертность более чем в 2 раза выше, чем в 40–44 года, а у

населения — в 1,24 раза; в возрасте 75–79 лет смертность у пилотов выше в 16 раз, а у населения — в 10 раз. Более высокие темпы роста уровня смертности пилотов прослеживаются во всех возрастных группах без исключения (рисунок 5.15).

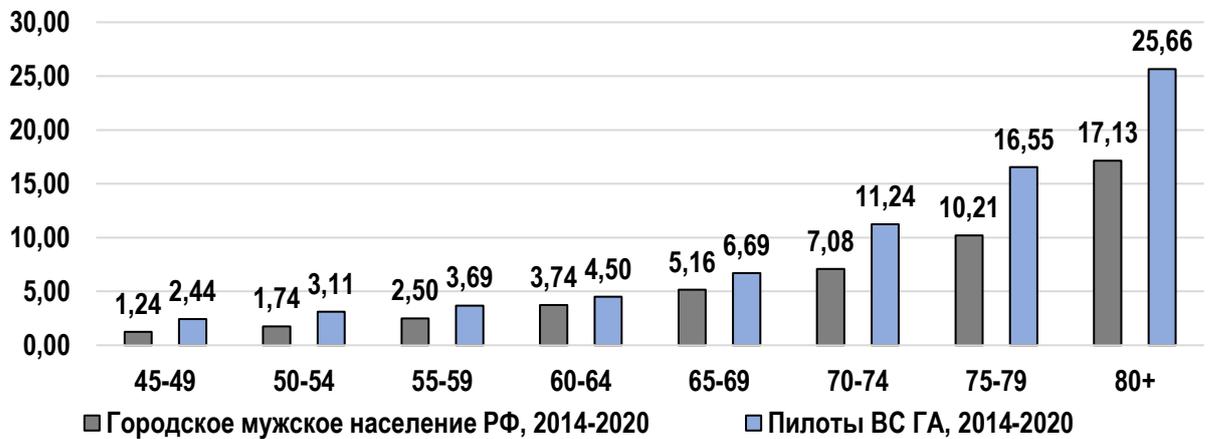


Рисунок 5.15 – Темпы роста уровня смертности пилотов и городского мужского населения по отношению к базовому уровню (40–44 года)

Таким образом, проведенный комплексный анализ смертности пилотов ВС ГА, оставивших летную деятельность, показал разнонаправленные результаты. С одной стороны, отбор наиболее здоровых лиц и последующий отсев тех, кто не соответствует требованиям профессии, поддерживает высокий уровень здоровья в профессиональной группе пилотов по сравнению с городским населением того же пола и возраста, что проявляется в более низких по возрасту коэффициентах смертности пилотов и более низком риске смерти. С другой стороны, вредные и опасные условия труда пилотов, в особенности высокие уровни шума и психоэмоционального напряжения, связанного с риском для жизни, частой сменой часовых поясов и климатических зон, оказывают негативное влияние на здоровье, которое проявляется в накоплении хронических заболеваний и ростом уровня смертности пилотов быстрыми темпами.

Учитывая то, что на конец периода наблюдения в сформированной группе пилотов зафиксировано относительно небольшое количество смертей, не вызывает сомнений, что необходимы дальнейшие аналитические эпидемиологические проспективные исследования смертности пилотов воздушных судов гражданской авиации, в том числе от отдельных причин смерти, а также в зависимости от летного стажа, типа эксплуатируемого судна и причин дисквалификации. Такие масштабные исследования требуют концентрации информации из различных источников, что может быть возможно только с применением современных информационных технологий и цифровых баз данных.

Это согласуется с концепцией опережения у летного состава по сравнению с контрольной группой населения биологического возраста по отношению к календарному и должно учитываться при разработке комплексных профилактических программ на уровне регулятора в области обеспечения безопасности полетов и самих эксплуатантов ВС.

Заключение по главе 5

Анализ хронической заболеваемости по данным медицинских осмотров выявил у пилотов более высокие риски развития большинства заболеваний по сравнению с другими профессиональными группами транспортной отрасли. Статистически значимые различия наблюдались в отношении риска развития болезней системы кровообращения 22,45 [7,08; 71,19], органов дыхания 0,18 [0,07; 0,44], органов пищеварения 17,13 [1,90; 154,21], костно-мышечной и соединительной ткани 15,44 [0,93; 254,97], а также нервной, мочеполовой систем 11,49 [0,79; 167,61]. У пилотов по сравнению с контрольной группой установлен высокий риск (OR_{adj}) развития церебрального атеросклероза 13,79 [2,81; 67,58], артериальной гипертензии 14,25 [1,01; 200,78], дорсалгии 3,00 [0,39; 22,95], гиперплазии предстательной железы 2,29 [0,11; 48,82], хронического простатита 3,43 [0,20; 57,65], а среднее количество хронических заболеваний при выходе на пенсию

составило 6 различных нозологий, что достоверно выше, чем у работников других профессиональных групп транспортной отрасли (около 3). В возрасте до 40 лет хроническая заболеваемость у пилотов значительно ниже, чем в контрольной группе, однако после 40 лет наблюдается обратная картина роста хронической патологии у пилотов [41].

Таким образом, можно предположить, что уровень риска развития хронической патологии у пилотов выше, чем в других профессиональных группах, поскольку, они работают в более неблагоприятных условиях труда, обусловленных воздействием физических, химических факторов и НТ. Учитывая, что труд летного состава относится к категории напряженного, формирующего состояние хронического стресса, следует признать наличие в характере этого труда этиопатогенетического фактора развития заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, а также заболеваний других органов и систем психогенной этиологии (болезни органов пищеварения, эндокринной системы, нарушения обмена веществ), что подтверждается более быстрыми темпами роста распространенности этих заболеваний со стажем среди пилотов, по сравнению с другими профессиональными группами и населением соответствующего возраста. НТ является неустранимым фактором риска развития заболеваний перечисленных органов и систем, что подтверждается их наличием, несмотря на строгий медицинский отбор лиц в эти профессии, систематический контроль за состоянием их здоровья и регулярное медицинское освидетельствование [107].

Выявленный рост профессиональной непригодности, связанный с снижением остроты слуха с одной стороны обусловлен воздействием специфического этиологического фактора – шума, но с другой стороны уже давно рассматривается специалистами, как ответная реакция на воздействие НТ и факторов стресса, влияющих на сосудистое звено в патогенезе нарушения функции кортиева органа, ускоряющих развития ПНСТ. Поэтому

НТ может рассматриваться как значимый фактор риска развития ПНСТ. Стоит отметить, что несмотря на высокую частоту снижения остроты слуха (25,2%) в последние годы, ведущими при дисквалификации летных специалистов являются заболевания, не отнесенные к профессиональным, а болезни, связанные с НТ.

Эпидемиологическое исследование смертности пилотов воздушных судов гражданской авиации позволило установить, что риск смерти пилотов достоверно ниже по сравнению с городским мужским населением за счет многокомпонентного профессионального отбора и высоких уровней социально-экономического обеспечения, однако по возрастные уровни смертности пилотов нарастают более быстрыми темпами, что отражает сокращение преимущества в здоровье из-за воздействия вредных и опасных условий труда. Неоспоримым доказательством неблагоприятного влияния условий труда на пилотов является более высокие темпы нарастания смертности у них по сравнению с населением РФ, при том, что начало летной карьеры исключает какую-либо хроническую патологию - как причин влияющих на увеличение уровней смертности.

В исследовании решен вопрос, как оценивать последствия воздействия неблагоприятных условий труда на здоровье лиц, проходящих тщательные медицинские осмотры, например, у работников экстремальных профессий (летчики) с высокими уровнями НТ. В этих случаях целесообразно опираться не на уровни патологии в сравниваемых группах, которые в основной группе у малостажированных работников могут быть ниже, чем в группе сравнения, в которой отсутствует столь тщательный отбор в профессию, а на темпы прироста заболеваемости и смертности в сравниваемых группах стандартизированных по возрасту [107].

ГЛАВА 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТОВ ВС ГА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛЕТОВ НА АВИАЦИОННЫХ ТРЕНАЖЕРАХ

Для оценки функционального состояния пилотов проводился анализ динамики физиологических показателей, характеризующих состояние центральной нервной, сердечно-сосудистой систем и зрительного анализатора в рамках выполнения стандартизированных полетов на авиатренажерах. Эти органы и системы образуют целостную регуляторную систему человека, а особенности их функционирования отражают степень выраженности напряжения организма в динамике выполнения полетов.

Отобранные для исследования пилоты (КВС и 2П), перед началом тренажерных исследований, находились в одинаковом физическом и психологическом состоянии и статистически значимо не различались по показателям роста, веса, индекса массы тела (ИМТ), индекса функциональных изменений (ИФИ), личностной и ситуативной тревожности, качества сна и числа часов налёта за последние 2 недели, предшествующих исследованию, что свидетельствует об относительной однородности отобранных пилотов для исследования. В таблице 6.1 представлена сравнительная характеристика пилотов в зависимости от должности в составе ЧЛЭ и от динамики функционального состояния (1 группа – отсутствовала и 2 группа – имелась выраженная однонаправленная динамика изменения скорости сенсомоторных реакций).

Изменение функционального состояния пилотов к окончанию полета оценивали по темпам прироста/убыли интенсивных физиологических показателей (время зрительно-моторных реакций, объем оперативной памяти, концентрация и распределение внимания, ИФИ, время восприятия последовательного контраста) по отношению к индивидуальным начальным уровням.

Таблица 6.1 – Характеристика пилотов, участвующих в исследовании

Показатели	(I) Группировка по должности Me [Q ₁ ; Q ₃]		(II) Группировка по функциональному состоянию перед полетом Me [Q ₁ ; Q ₃]		P _{group-I} / P _{group-II}
	Командир ВС	Второй пилот	1 группа	2 группа	
Возраст, лет	36,5 [33,2; 43,7]	29,0 [26,0; 48,0]	37,5 [28,8; 46,0]	33,0 [28,0; 45,0]	0,404 / 0,354
Рост, см	184 [176; 188]	177 [174; 180]	180 [175; 185]	177 [174; 185]	0,102 / 0,805
Масса тела, кг	82,5 [79,0; 93,2]	78,0 [75,0; 83,0]	81,5 [78,3; 88,0]	80,0 [71,0; 83,0]	0,139 / 0,195
ИМТ, усл. ед.	24,7 [23,1; 27,6]	25,2 [24,1; 26,2]	25,7 [24,3; 27,6]	24,2 [22,7; 26,2]	1,000 / 0,140
ИФИ, усл. ед.	2,47 [2,27; 2,86]	2,46 [2,32; 2,83]	2,48 [2,33; 3,09]	2,46 [2,28; 2,75]	0,853 / 0,309
Часы налета за 1 нед	23,5 [22,5; 24,3]	22,9 [21,5; 23,8]	23,5 [22,8; 24,3]	22,6 [19,0; 23,8]	0,579 / 0,139
Часы налета за 2 нед	34,1 [33,4; 38,4]	35,3 [32,6; 38,6]	34,7 [33,5; 37,4]	33,9 [32,3; 39,0]	0,905 / 0,666
Качество сна, баллы	0,00 [0,00; 4,50]	0,00 [0,00; 6,00]	0,00 [0,00; 15,0]	0,00 [0,00; 0,00]	0,902 / 0,319
Личностная тревожность, баллы	32,0 [30,0; 41,0]	28,0 [25,0; 33,0]	30,0 [25,3; 36,8]	32,0 [28,0; 41,0]	0,115 / 0,322
Ситуативная тревожность, баллы	17,5 [10,0; 19,8]	11,0 [0,00; 16,0]	13,5 [5,75; 17,8]	16,0 [10,0; 19,0]	0,036 / 0,537
Примечания: данные описательной статистики представлены в виде медианы и межквартильного размаха – Me [Q ₁ ; Q ₃], P _{group-I} – уровень значимости межгрупповых различий при группировке по должности (I) – W Mann-Whitney, P _{group-II} – уровень значимости межгрупповых различий при группировке по функциональному состоянию перед полет (II) – W Mann-Whitney					

Увеличение времени зрительно-моторных реакций, ИФИ, а также снижение времени восприятия последовательного контраста, объема оперативной памяти, концентрации и эффективного распределения внимания свидетельствовало о нарастании напряжения регуляторных систем, которое проявлялось у пилотов в разной степени к окончанию полета. В зависимости от сдвига значений каждого из показателей (таблица 2.3), определена степень напряжения сердечно-сосудистой, центральной нервной систем и зрительного анализатора. У 83% пилотов к окончанию исследования

наблюдался сдвиг значений по 3-5 показателям до функционального состояния «напряжение II степени» и «перенапряжение». Таким образом, показано, что в условиях авиатренажера пилоты получили высокую летную нагрузку, вызвавшую изменение функции регуляторных систем.

На основании расчета интегрального балла напряжения по совокупности 5 показателей были выделены 2 группы пилотов с разным функциональным состоянием: «напряжение II степени» (1 группа, 55% пилотов, интегральный балл напряжения 6,5 [3,0; 10,0]) и «перенапряжение» (2 группа, 45% пилотов, интегральный балл напряжения - 9,0 [6,0; 12,0]). Различия в 1 группе и 2 группе были статистически значимы ($p=0,04$). В дальнейшем, внутригрупповой и межгрупповой анализ динамики показателей и поиск новых маркеров снижения функционального состояния (развития утомления) по результатам проведения ВСР и айтрекинга проводился между пилотами вошедшими в данные группы.

Значения и динамика отдельных физиологических показателей по времени зрительно-моторных реакций, концентрации внимания, объему оперативной памяти, гемодинамики, показателям ВСР и айтрекинга, представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оценка динамики физиологических показателей

Показатель	Группы	Вид тестирования		P _{dynamic}
		Предполетное	Послеполетное	
1	2	3	4	5
Показатели функционального состояния центральной нервной системы				
ПЗМР _{мо} , среднее время реакции, мс	Группа 1	259 [213; 325]	273 [226; 348]	0,182
	Группа 2	218 [200; 242]	284 [254; 334]	0,003*
	P _{group}	0,097	0,460	-
СЗМР _{мо} , среднее время реакции, мс	1 группа	410 [392; 460]	416 [374; 461]	0,638
	2 группа	407 [386; 440]	531 [457; 600]	0,003*
	P _{group}	0,580	0,023*	-
СЗМР _{max} , максимальное время реакции, мс	1 группа	706 [568; 873]	652 [558; 922]	0,814
	2 группа	567 [524; 643]	1047 [717; 1392]	0,004*
	P _{group}	0,042*	0,042*	-
Скорость переработки информации кольца Ландольта, бит/с	Группа 1	1,39 [0,99; 1,62]	1,36 [1,13; 1,61]	0,954
	Группа 2	1,29 [1,03; 1,39]	1,24 [1,13; 1,38]	0,421
	P _{group}	0,712	0,389	-

Продолжение таблицы 6.2

1	2	3	4	5
Объем долговременной памяти, правильные ответы	1 группа	5,00 [3,00; 5,50]	4,00 [3,00; 5,00]	0,796
	2 группа	5,00 [4,75; 7,00]	3,50 [2,75; 7,00]	0,105
	P _{group}	0,192	0,849	-
Время восприятия последовательного контраста, с	1 группа	9,83 [7,25; 11,7]	8,78 [6,49; 10,1]	0,319
	2 группа	10,4 [7,12; 11,8]	9,20 [5,41; 11,8]	0,657
	P _{group}	0,806	0,712	-
Устойчивость внимания, динамика прироста/убыли, %	1 группа	1,39 [-5,56; 16,0]		-
	2 группа	-8,33 [-13,9; 5,56]		
	P _{group}	0,047*		
Концентрация внимания, динамика прироста/убыли, %	1 группа	0,00 [-7,29; 8,33]		-
	2 группа	-12,5 [-20,8; 0,00]		
	P _{group}	0,049*		
Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы				
САД, мм.рт.ст	Группа 1	129 [111; 140]	128 [122; 138]	0,125
	Группа 2	129 [118; 140]	139 [129; 145]	0,036
	P _{group}	0,689	0,131	-
ДАД мм.рт.ст	Группа 1	79,5 [71,5; 87,5]	81,5 [65,3; 87,5]	0,813
	Группа 2	82,0 [70,0; 90,0]	86,0 [70,0; 96,0]	0,235
	P _{group}	0,926	0,324	-
ЧСС, уд/мин	Группа 1	76,0 [65,5; 85,5]	74,5 [64,3; 80,5]	0,182
	Группа 2	76,0 [70,0; 85,0]	84,0 [74,0; 87,0]	0,041
	P _{group}	0,975	0,102	-
ИФИ, балл	Группа 1	2,48 [2,33; 3,09]	2,67 [2,40; 3,36]	0,182
	Группа 2	2,46 [2,28; 2,75]	2,85 [2,41; 3,28]	0,014*
	P _{group}	0,309	0,782	-
Stress-index, отн.ед.	Группа 1	10,7 [9,45; 12,4]	11,1 [8,38; 16,7]	0,308
	Группа 2	10,9 [7,24; 11,9]	11,6 [10,5; 15,2]	0,131
	P _{group}	0,758	0,667	-
PNS-index, отн.ед	Группа 1	-1,23 [-1,99; 0,54]	-1,28 [-1,90; -0,60]	0,695
	Группа 2	-0,82 [-1,32; -0,05]	-1,79 [-1,84; -1,07]	0,016*
	P _{group}	0,242	0,037*	-
SNS-index, отн.ед	Группа 1	1,24 [0,35; 2,62]	1,35 [0,38; 2,95]	0,530
	Группа 2	0,91 [-0,34; 1,55]	1,89 [1,08; 2,40]	0,016*
	P _{group}	0,242	0,044*	-
LF/HF, отн.ед	Группа 1	4,30 [1,74; 6,91]	3,57 [1,45; 8,54]	0,814
	Группа 2	1,20 [0,95; 1,44]	2,46 [1,08; 3,06]	0,026*
	P _{group}	0,004*	0,049*	-
pNN ₅₀ %, %	Группа 1	7,45 [2,07; 15,2]	7,43 [2,15; 15,8]	0,530
	Группа 2	8,35 [6,19; 17,5]	3,23 [1,53; 14,3]	0,010*
	P _{group}	0,295	0,041*	-
RMSSD, мс	Группа 1	28,0 [18,7; 37,8]	27,0 [19,3; 37,3]	0,814
	Группа 2	28,9 [26,3; 38,3]	20,4 [18,4; 29,8]	0,013*
	P _{group}	0,295	0,038*	-
SDNN, мс	Группа 1	40,6 [33,7; 44,3]	43,0 [26,7; 48,4]	0,209
	Группа 2	43,5 [36,7; 50,9]	34,7 [28,4; 43,6]	0,015*
	P _{group}	0,460	0,47	-

Окончание таблицы 6.2

1	2	3	4	5
Показатели функционального состояния глазодвигательной активности				
Частота саккад (количество в секунду)	Группа 1	1,79 [1,67; 1,89]	1,89 [1,73; 2,05]	0,028*
	Группа 2	1,77 [1,65; 1,91]	1,87 [1,75; 2,01]	0,044*
	P _{group}	0,806	0,902	-
Длина саккады (градусы)	Группа 1	9,51 [7,35; 10,1]	7,20 [6,27; 8,20]	0,004
	Группа 2	9,44 [7,92; 10,3]	7,94 [6,91; 8,41]	0,004
	P _{group}	0,951	0,389	-
Частота коротких саккад (менее 2 °) количество в секунду	Группа 1	0,43 [0,35; 0,47]	0,59 [0,49; 0,76]	0,006*
	Группа 2	0,37 [0,31; 0,46]	0,52 [0,46; 0,65]	0,003*
	P _{group}	0,460	0,460	-
Частота средних саккад (от 2° до 6°) количество в секунду	Группа 1	0,46 [0,42; 0,49]	0,51 [0,45; 0,63]	0,117
	Группа 2	0,48 [0,44; 0,52]	0,53 [0,44; 0,61]	0,131
	P _{group}	0,295	0,951	-
Частота длинных саккад (более 6 °) в секунду	Группа 1	0,87 [0,74; 1,05]	0,75 [0,63; 0,85]	0,019*
	Группа 2	0,85 [0,77; 1,03]	0,73 [0,59; 0,85]	0,010*
	P _{group}	0,902	0,905	-
Частота фиксации (количество в секунду)	Группа 1	1,78 [1,61; 1,89]	1,84 [1,73; 2,05]	0,023*
	Группа 2	1,79 [1,65; 1,92]	1,86 [1,75; 2,01]	0,044*
	P _{group}	0,538	0,902	-
Частота длинных (более 350 мс) фиксаций (количество в секунду)	Группа 1	0,42 [0,36; 0,53]	0,43 [0,38; 0,51]	0,433
	Группа 2	0,49 [0,43; 0,52]	0,45 [0,41; 0,50]	0,039*
	P _{group}	0,268	0,538	-
Частота средних (200-350 мс) фиксаций (количество в секунду)	Группа 1	0,92 [0,77; 1,08]	1,06 [0,88; 1,22]	0,019*
	Группа 2	0,95 [0,78; 1,01]	1,01 [0,72; 1,26]	0,033*
	P _{group}	0,951	0,580	-
Частота коротких (до 200 мс) фиксаций (количество в секунду)	Группа 1	0,38 [0,32; 0,39]	0,42 [0,34; 0,48]	0,041*
	Группа 2	0,39 [0,34; 0,42]	0,42 [0,37; 0,45]	0,049*
	P _{group}	0,295	0,667	-
Отношение горизонтальных и вертикальных движений глаз, отн.ед.	Группа 1	3,52 [2,46; 5,65]	3,65 [2,42; 6,33]	0,695
	Группа 2	3,69 [3,08; 4,94]	4,84 [3,91; 15,5]	0,041
	P _{group}	0,902	0,157	-
Кривизна траектории, отн. ед.	Группа 1	1,90 [1,75; 1,99]	2,20 [1,91; 3,11]	0,158
	Группа 2	1,86 [1,72; 1,93]	1,90 [1,47; 2,11]	0,657
	P _{group}	0,074	0,016	-
Примечания: данные описательной статистики представлены в виде медианы и межквартильного размаха – Me [Q ₁ ; Q ₃], P _{group} – уровень значимости межгрупповых различий, P _{dynamic} – уровень значимости различий показателя в динамике (до и после полёта). * - изменения показателей статистически достоверны (p<0,05)				

При анализе среднего времени простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР_{МО}) выявлено, что во 2 группе медиана по данному показателю к концу тестирования была выше, по сравнению с 1 группой (рисунок 6.1). В 1 группе показатель ПЗМР_{МО} не различался на предполетном и послеполетном

этапах. Показатель ПЗМР_{МО} во 2 группе имел статистически значимую динамику от начала к концу полета. В частности, медиана ПЗМР_{МО} в 1 группе возрастала на 14,2% ($p=0,182$), во 2 группе – на 22,4% ($p=0,003$), что свидетельствует об имеющихся различиях при выполнении пилотами ПЗМР в группах с разной степенью напряжения.

Среднее время сложной зрительно-моторной реакции (СЗМР_{МО}) в 1 группе также практически не изменялось (прирост медианы составил 1,5%) ($p=0,638$), а во 2 группе статистически значимо ($p=0,003$) возрастало к концу полета (на 30,5%).

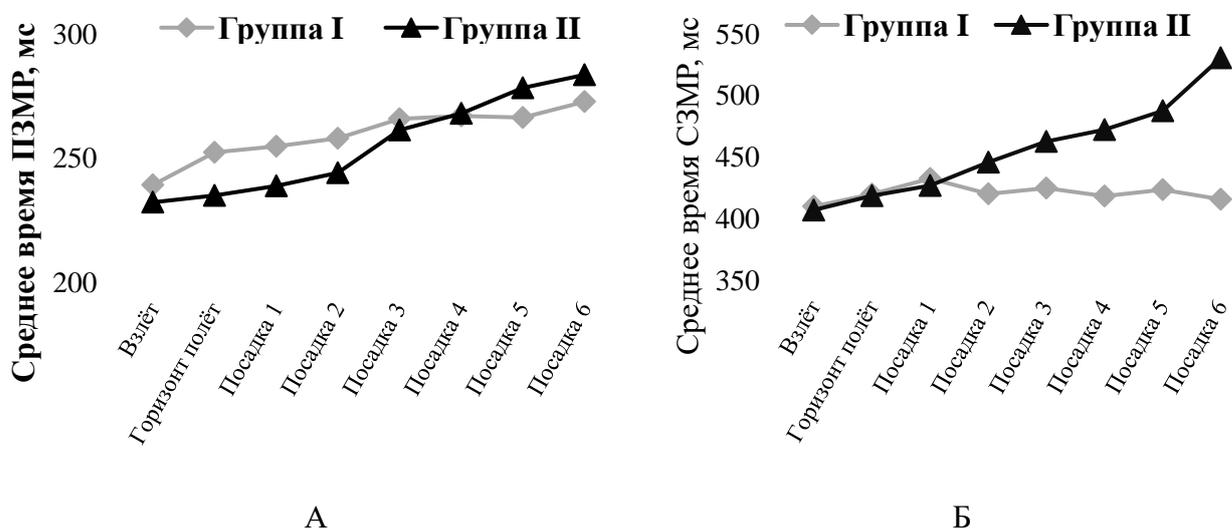


Рисунок 6.1 – Динамика ПЗМР (А) и СЗМР (Б) в 1 и 2 группах

С увеличением сложности задач и общего времени полета увеличивалось среднее время сенсомоторных реакций и в целом интегральный балл напряжения, свидетельствующие об ухудшении операторских способностей пилота. В исследовании показано, что динамика ПЗМР_{МО} статистически значимо не изменялась в группах пилотов с разным уровнем функционального состояния. Поэтому использование ПЗМР, в качестве методики для оценки напряжения пилотов, не совсем оправдано, так как, по всей вероятности, этот тест является, простым по выполнению для лиц с высокой степенью профессиональной подготовки, к которым относятся

пилоты. В то же время СЗМР, включающая более сложный интеллектуальный компонент, более объективно свидетельствует о нарастании напряжения и утомления у пилотов.

Полученные данные о скорости зрительно-моторных реакций свидетельствует о развитии у пилотов изменений в состоянии ЦНС – снижении процессов восприятия и переработки афферентной информации, развитии тормозных процессов, что обуславливает понижение эффективности деятельности нервной системы и, как следствие, снижение работоспособности, надежности и безопасности [96].

Оценка устойчивости и концентрации внимания на комплексе «Выбор» выполнялась по типу СЗМР, в том числе в условиях периодического включения помех одинаковой модальности. Исследования концентрации внимания позволили получить дифференцированные результаты успешности реагирования на внешние сигналы, как при усложненных условиях, так и в обычной ситуации выбора. Показатель концентрации внимания в тесте с помехами демонстрировал статистически значимые межгрупповые различия. Медиана времени реакции по данному показателю после полёта была значимо выше (на 15%, $p=0,049$) во 2 группе пилотов. Помимо этого, во 2 группе был выявлен статистически значимый рост данного показателя, свидетельствующий о снижении успешности работы в результате увеличения количества ошибок. В частности, у пилотов 2-ой группы показатели устойчивости внимания и концентрации внимания снижались (таблица 6.2) на 8,3% ($p=0,047$) и 12,5% ($p=0,049$), соответственно. Результаты исследования показали, что с увеличением летной нагрузки в условиях внешних помех снижается способность к концентрации внимания. Также показано, что у лиц, находящихся в состоянии утомления, надежность работы снижается в большей степени, даже в условиях авиатренажера.

Бланковый метод исследования устойчивости внимания (тест с кольцами Ландольта) показал, что у пилотов 2 группы наблюдается

снижение объема воспринимаемой информации к окончанию полетного задания на 5% ($p=0,421$). Результаты показывают тенденцию к снижению устойчивости внимания, что может свидетельствовать о снижении способности к концентрации внимания и объема воспринимаемой информации при увеличении летной нагрузки, особенно у лиц, находящихся в состоянии утомления.

Установлено, что летная нагрузка снижает когнитивную функцию, особенно по показателям долговременной памяти - на 15%. Эти изменения были наиболее выражены во 2 группе, однако, различия не были значимыми ($p=0,105$).

Выявлены межгрупповые различия (более высокие уровни во 2 группе) по показателям САД, ДАД, ЧСС, а также по ИФИ. Прирост медиан во 2 группе по САД составил 10%, по ЧСС - 12,5%, по ИФИ - 12%, $p<0,05$, что свидетельствует о более быстром нарастании признаков напряжения сердечно-сосудистой системы и предпосылках к развитию утомления у лиц, выполняющих высоконапряженную летную работу, имеющих высокий интегральный балл напряжения. На заключительных этапах полета и в послеполетном периоде наблюдались межгрупповые значимые различия по таким показателям, как: индекс парасимпатической активности PNS-index ($p=0,037$), индекс симпатической активности SNS-index ($p=0,044$), $pNN_{50\%}$ ($p=0,041$), RMSSD ($p=0,038$), SDNN ($p=0,048$), соотношение частот LF/HF ($p=0,049$), наблюдалась тенденция к росту Stress-index ($p=0,667$). Выявленные отличия между группами с различным интегральным баллом напряжения позволяют рассматривать данные физиологические показатели, как маркеры утомления при оценке высоконапряженных работ.

Наиболее выраженная внутригрупповая динамика по показателям ВСР была отмечена у пилотов 2 группы. Выявлено снижение восстановительной способности ССС по следующим показателям: PNS-index ($p=0,016$), $pNN_{50\%}$ ($p=0,010$) на 61,3%, RMSSD ($p=0,013$) на 26%, SDNN ($p=0,015$) на 15%. Для

показателей индекса симпатической активности SNS-index ($p=0,016$), соотношения частот LF/HF ($p=0,026$) отмечался прирост значений на 52%, для Stress-index ($p=0,133$) - тенденция к приросту ($p=0,013$) на 6,4%. Динамика прироста/убыли наиболее значимых показателей, характеризующих функциональное состояние ЦНС и ССС, представлена на рис. 6.2.

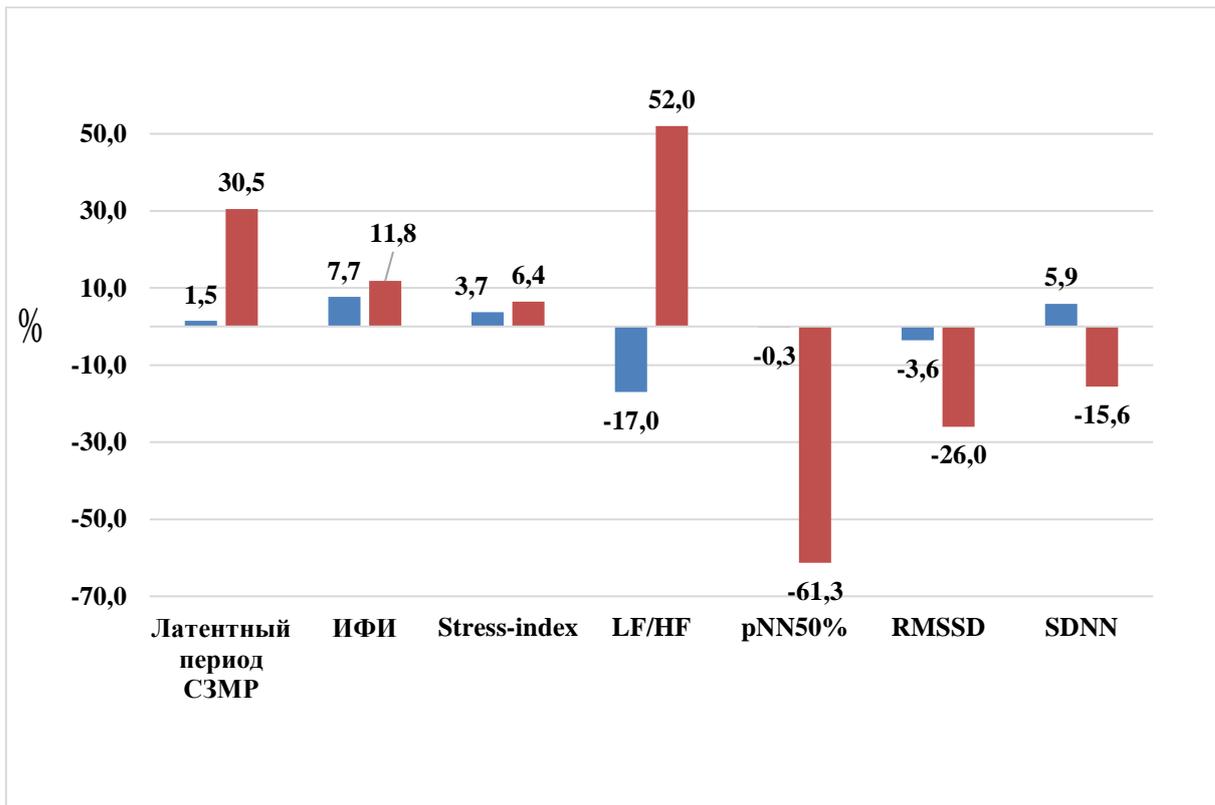


Рисунок 6.2 – Динамика (прирост/убыль, %) показателей функционального состояния ЦНС и ССС в 1 и 2 группах

Результаты исследования доказали, что показатели ВСР ($pNN_{50\%}$, SDNN, RMSSD, LF/HF) являются достаточно чувствительными к уровню летных нагрузок, даже в условиях тренажерных полетов, и изменяются, наряду с гемодинамическими показателями. Это подтверждает возможность включения показателей ВСР в качестве маркеров для оценки напряжения-перенапряжения функциональных систем организма у пилотов.

В целом, исследование ССС выявило снижение временных и увеличение частотных показателей ВСР у пилотов, как результат активации симпатической нервной системы, суммарное уменьшение влияния вегетативной нервной системы на синусовый узел, угнетение парасимпатического влияния. К концу исследования (этап последней посадки и послеполетного тестирования) снижение показателей ВСР становилось более выраженным, что может рассматриваться как результат нарастающей дисрегуляции вегетативной иннервации сердца, без признаков восстановления показателей до исходных значений.

Изменения функционального состояния ЦНС и ССС влияют на функцию зрительного анализатора, которая оценивалась по показателям зрительного утомления и глазодвигательной активности (фиксации, саккады – по временным, скоростным и количественным характеристикам, а траектория взгляда – по пространственным характеристикам). С учетом разделения пилотов на 2 группы с разным интегральным уровнем напряжения, проведен поиск наиболее чувствительных показателей глазодвигательной активности (по их динамике), которые могут быть использованы в качестве новых маркеров напряжения.

Оценка времени восприятия последовательного контраста (ВВПК) показала снижение функционального состояния сетчатки глаза и наличие признаков зрительного утомления. К концу полета увеличение латентного времени восприятия последовательного контраста во 2 группе составило 12% ($p=0,657$).

Анализ глазодвигательной активности показал, что в динамике полета наблюдалось увеличение частоты фиксаций и саккад (таблица 6.2). Анализ фиксаций позволил выделить несколько типов этих паттернов [428] в зависимости от их временных характеристик (продолжительности нахождения взгляда в одной точке): короткие (до 200 мс), средние (от 200 до 350 мс), длинные (более 350 мс).

Установлено, что количество и частота фиксаций возрастали, за счет увеличения доли коротких и средних фиксаций, с одновременным снижением доли длинных фиксаций. Статистически значимых изменений продолжительности одной фиксации в исследовании, не выявлено. Увеличение количества фиксаций может быть связано с двумя факторами: с одной стороны, с ростом летной нагрузки за счет увеличения количества сигналов и в целом информационной загруженности, а с другой стороны, - с кумуляцией утомления и неспособностью продолжительно удерживать точку взгляда (фиксацию), о чем дополнительно свидетельствует снижение количества длинных фиксаций. Во 2 группе пилотов по всем фиксациям установлены статистически значимые различия в динамике полета, свидетельствующие о влиянии длительности и сложности полета на изменение характеристик взгляда.

Крайне важными характеристиками движения глаз являются перемещения взгляда от одной точки к другой, называемые саккадами. Анализ структуры данных паттернов позволяет оценить количество переводов взгляда в ответ на зрительные сигналы, поступающие пилоту. В зависимости от расстояния перевода взгляда (выраженного в угловых градусах при перемещении от одной точки к другой), саккады были разделены на три типа: короткие (менее 2°), средние (от 2° до 6°), длинные (более 6°).

Частота всех саккад имела статистически значимый рост ($p=0,044$) в динамике полета на фоне снижения средней длины одной саккады ($p=0,004$). Частота коротких и средних саккад увеличивалась ($p=0,003$ и $p=0,131$, соответственно), что может быть связано с увеличением количества переводов взгляда в ответ на возрастающее число зрительных сигналов в полете. Интересным является тот факт, что в динамике полета наблюдалось статистически значимое уменьшение частоты длинных саккад ($p=0,010$), которые крайне важны для процесса восприятия образа после фиксации.

Стоит отметить, что для пилотов характерна особая стратегия просмотра информационно-управляющего поля, заключающаяся в последовательном осмотре разных приборов и зон, существенно удаленных друг от друга. В данных условиях длинные саккады определяют специфику их деятельности. Снижение количества длинных саккад снижает пропускную способность глаза и в целом воспринимаемую информацию. А динамика отношения количества длинных саккад к общему количеству саккад, может являться важнейшим прогностическим показателем утомления и критерием снижения объема воспринимаемой информации.

В исследовании измерялся показатель, оценивающий пространственную характеристику движения взгляда – кривизну траектории. Показатель описывал отношение длины траектории движения взгляда к прямой линии, соединяющей одну фиксацию с другой. Длина траектории рассчитывалась на основании суммарного учета точек взгляда на каждом кадре видео, полученного в исследовании (30 кадров в секунду) и представляла собой последовательность координат в дискретные моменты времени, выраженная в отн.ед. Показатель кривизны траектории взгляда имел тенденцию к росту в динамике полета ($p=0,158$), а путь движения взгляда содержал больше изгибов и поворотов от одной фиксации до другой, что свидетельствовало о сложности прохождения прямолинейного пути с увеличением сложности задания и роста количества сигналов.

В исследовании установлен рост частоты торсионных движений глазных яблок при увеличении длительности полета ($p=0,041$). Данный показатель имеет высокую прогностическую ценность и может быть зафиксирован обычной камерой без инфракрасного излучения.

Проведена оценка динамики прироста/убыли основных показателей глазодвигательной активности в 1 и 2 группах. Наиболее значимые показатели представлены на рисунке 6.3.

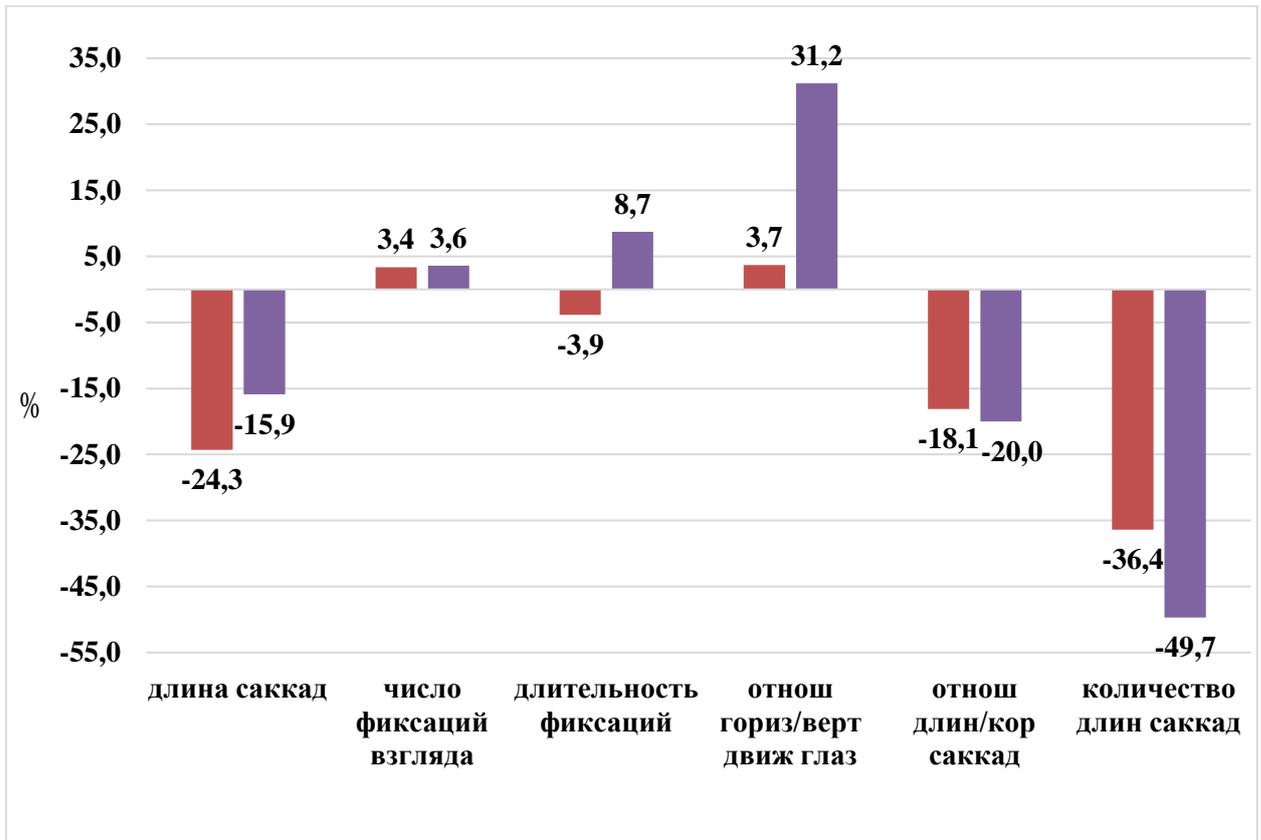


Рисунок 6.3 – Динамика (прирост/убыль, %) основных показателей глазодвигательной активности

При выполнении полетного задания проводилась оценка возможности пилота воспринимать и перерабатывать дополнительную информацию в процессе основной его деятельности (тест на резервы внимания). Результаты позволили сравнить скорость и точность сенсомоторных реакций до полета с их уровнями на различных этапах полета при выполнении заданий совмещенной операторской деятельности. Анализ результатов выявил тенденцию ($p=0,433$) к снижению значений резервов внимания при возрастании сложности полетного задания во 2 группе (на 21,4%). У пилотов 1 группы резервы внимания отличались небольшой индивидуальной вариацией, статистически значимо не отличались ($p=0,676$), темп убыли к концу полета составил 2,0%. Во 2 группе показатель имел высокую

вариабельность с темпом убыли в 60,3%, имелись статистически значимые различия ($p=0,023$) между значениями резервов внимания при самой низкой и самой высокой сложности полетного задания.

Анализ частоты саккад и $CЗМР_{МО}$ позволил установить не только количество входящих сигналов, но и долю воспринимаемой и перерабатываемой информации в процессе полета. Выявлено, что на фоне увеличения количества саккад, снижается скорость сенсомоторных реакций, а соответственно и возможность переработки всей поступающей информации, т.е. происходит снижение функциональных резервов (с 139% до 111%) $p=0,033$. Данный показатель имеет высокую прогностическую ценность для оценки утомления на этапах полета.

Функциональное состояние и общая работоспособность пилотов оценивались по количеству и степени значимости допущенных ими ошибок деятельности. В рамках исследования совместно с пилотом-инструктором рассчитан интегральный балл ошибок деятельности на различных этапах полета. Полученные данные свидетельствовали об увеличении медианы интегрального балла ошибок по мере увеличения сложности и продолжительности полетного времени (рисунок 6.4). На этапе взлета среднее число ошибок составило 2,4 ($\min=1$, $\max=4$), на последнем - 4,5 ($\min=0$, $\max=20$), $p=0,039$.

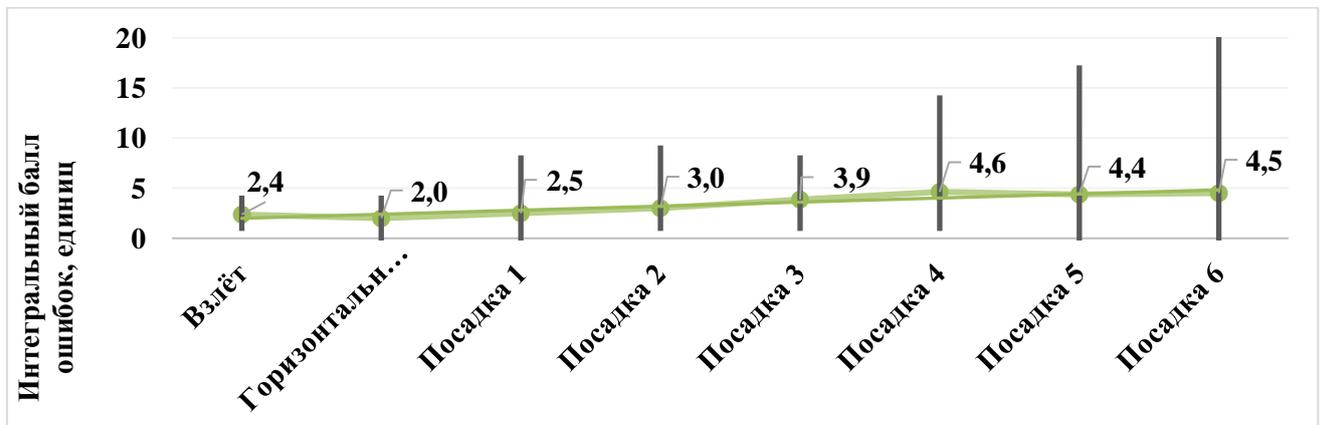


Рисунок 6.4 – Динамика интегрального балла ошибок деятельности

Проведенные исследования показали пригодность применения методов оценки СЗМР, ВСР и данных айтрекинга, а также оборудования, используемого при выполнении этих методов, для проведения оценки влияния напряженности труда и умственной нагрузки на функциональное состояние пилотов в условиях смоделированного полета. Измерительное оборудование продемонстрировало эффективные психометрические свойства при оценке достоверности, валидности, чувствительности и диагностичности. Эти характеристики отвечают требованиям ГОСТ Р ИСО 10075-3-2009 [72], согласно которому методы измерений должны быть эффективными, результативными и удовлетворять потребностям пользователя, т.е. достигать ожидаемого уровня прецизионности в установленной области измерений.

При корреляционном анализе динамических рядов, представленных медианными значениями различных показателей (ЦНС, ССС, орган зрения) выявлены прямые и обратные статистически значимые связи (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Корреляционный анализ физиологических показателей

Показатель	Stress-index	Число фиксаций	Число ошибок	СЗМР	Резервы внимания
RMSSD	-0,74	-0,57	-0,55	-0,64	0,86**
Stress-index	-	0,31	0,31	0,24	-0,52
Число фиксаций	-	-	0,95**	0,73*	-0,90**
Число ошибок	-	-	-	0,67	-0,85**
СЗМР	-	-	-	-	-0,84**

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$

Исходя из данных таблицы, статистически значимые сильные корреляционные связи выявлены между числом фиксаций взгляда и числом профессиональных ошибок ($r=0,95$), числом фиксаций взгляда и средним временем СЗМР ($r=0,74$), оценкой резервов внимания и RMSSD ($r=0,86$), оценкой резервов внимания и числом фиксаций взгляда ($r=-0,90$), оценкой резервов внимания и числом профессиональных ошибок ($r=-0,85$), оценкой резервов внимания и средним временем СЗМР ($r=-0,84$). Наличие связей

между данными показателями свидетельствуют о выраженных внутрисистемных и межсистемных связях. Графически динамика вышеперечисленных показателей отражена на рисунке 6.5.

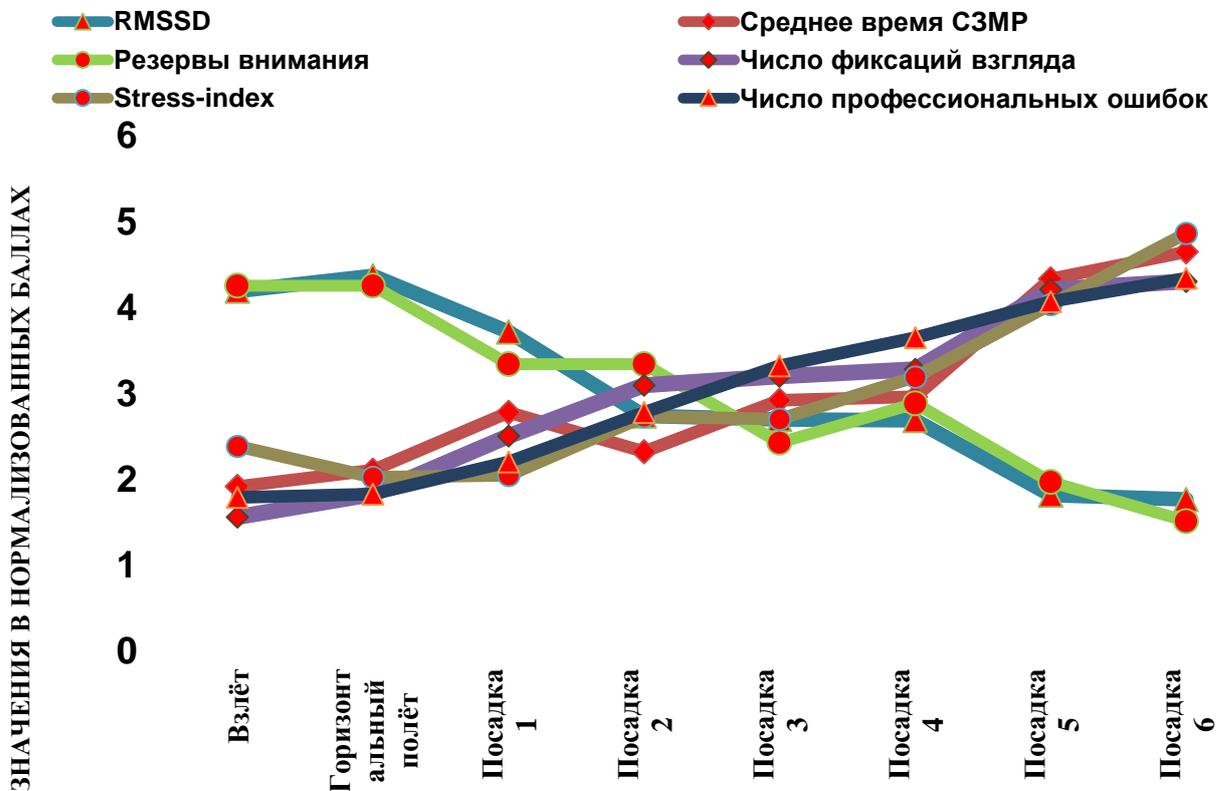


Рисунок 6.5 - Корреляции показателей ССС, ЦНС, глазодвигательной активности и ошибок деятельности пилота

Цена ошибки в полете может явиться ценой жизни для членов экипажа и пассажиров. Поэтому важное практическое значение имеет возможность прогнозирования совершения ошибок при пилотировании ВС, на основании динамики физиологических изменений пилота в полете.

В исследовании предложены линейные однофакторные модели прогнозирования ошибок деятельности на основании трех физиологических показателей: соотношение мощностей диапазонов низких и высоких частот (LF/HF) при исследовании ВСР, среднее время СЗМР ($C3MP_{MO}$), число фиксации взгляда. При этом установлено (рисунок 6.6), что при приросте соотношения LF/HF на 10% число ошибок за этап полета повышается на 2,9

($R^2 = 0,78$), при приросте $CЗМР_{MO}$ на 10% число ошибок - повышается на 3,1 ($R^2 = 0,76$), при приросте числа фиксации взгляда на 10% число ошибок - повышается на 3,9 ($R^2 = 0,73$).

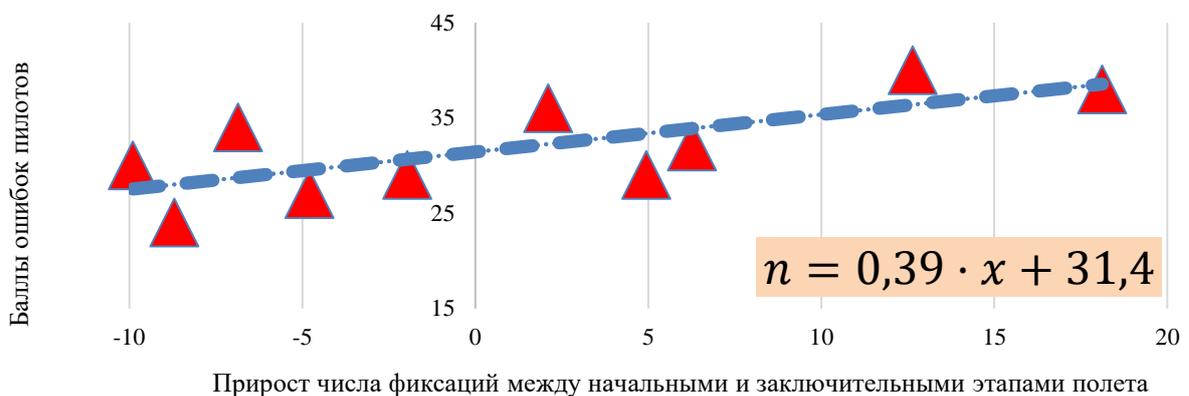
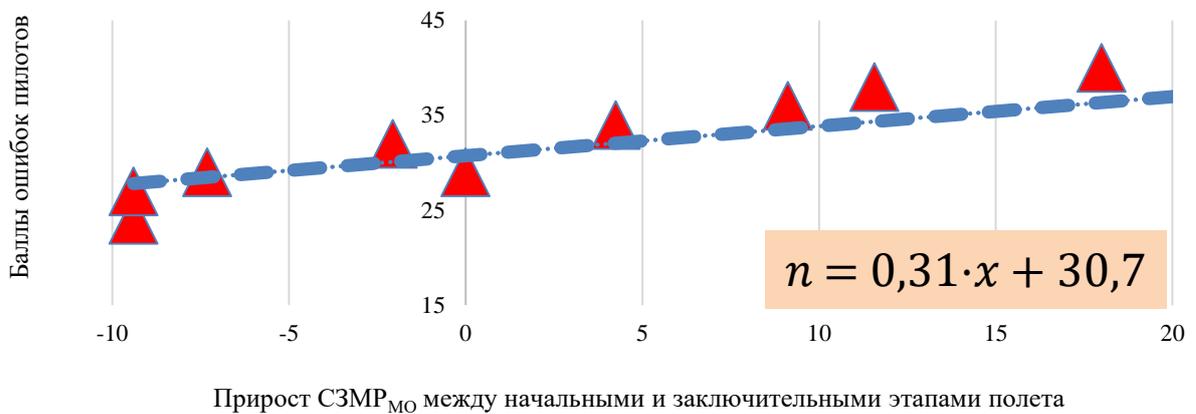
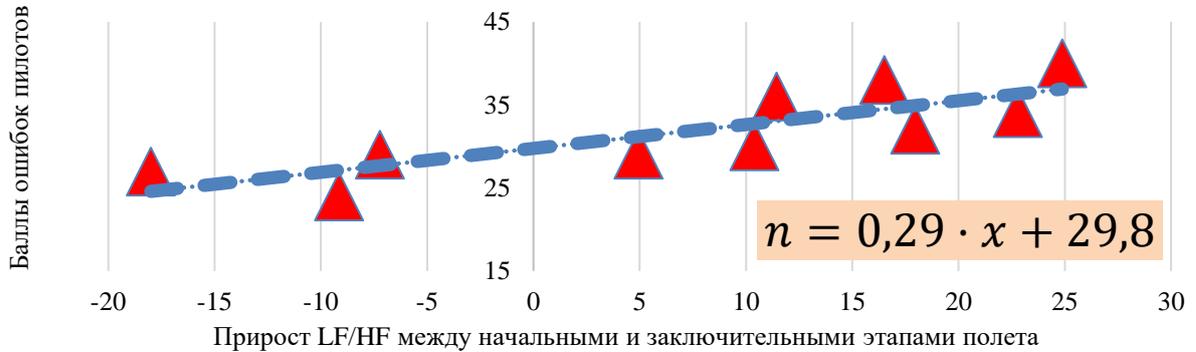


Рисунок 6.6 – Модели прогнозирования ошибок деятельности

На основании динамики отдельных физиологических показателей рассчитаны риски развития утомления (рисунок 6.7). Высокие риски развития утомления по показателям «частота коротких фиксации»,

«продолжительность фиксации», «RMSSD», «pNN_{50%}», «Stress-index» подтверждаются данными о статистически значимом изменении интегрального балла напряжения пилотов, что может свидетельствовать о возможности применения данных показателей в качестве новых маркеров утомления. Это дает основания полагать, что оценка показателей глазодвигательной активности и ВСР, может иметь большую прогностическую значимость при выявлении риска развития утомления у лиц, испытывающих высокую умственную нагрузку.

Увеличение стресс-индекса более, чем на 18% статистически значимо ассоциировано с наличием утомления. Отношение шансов (OR) составило 3,2 [1,2; 9,7]. Кроме того, снижение показателя RMSSD на 14% статистически значимо увеличивает шанс наличия утомления в 2,8 [1,2; 6,3] раз. Снижение показателя pNN_{50%} хотя бы на 1%, статистически значимо ассоциировано с повышенным шансом утомления в 4,0 [1,9; 12] раза. Увеличение частоты коротких фиксаций более, чем на 20%, статистически значимо увеличивает риск утомления. OR составило 2,3 [1,6; 6,8]. Наконец, уменьшение длительности фиксации более, чем на 20%, статистически значимо увеличивает шанс утомления в 1,3 [1,1; 4,7] раза.

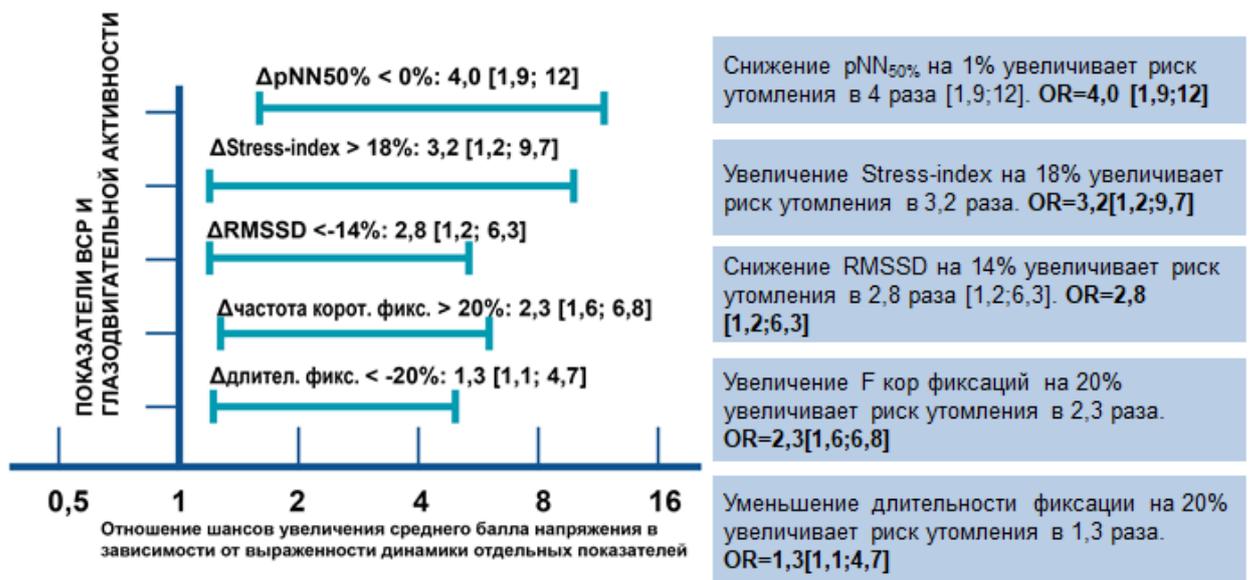


Рисунок 6.7 – Риски развития утомления по физиологическим показателям

По результатам исследований построена ансамблевая модель прогнозирования утомления с использованием ранее выявленных потенциальных предикторов. Так, при использовании таких предикторов, как прирост САД, RMSSD и средней продолжительности фиксации взгляда, получена модель прогнозирования развития утомления. Результаты работы модели представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Метрики оценки качества модели

Метрика классификации	Исследуемая подвыборка	
	Обучающая выборка	Тестовая выборка
Точность, %	78 [62; 96]	80 [57; 98]
F1 для класса лиц с ухудшением СЗМР, %	74 [58; 93]	77 [52; 94]
F1 для класса лиц без ухудшения СЗМР, %	80 [63; 97]	79 [55; 97]

Из таблицы 6.4 следует, что включение 3 вышеуказанных предикторов в модель обеспечивает высокое качество классификации. Важно отметить, что при малом объеме выборки использование методов машинного обучения позволяет оценить лишь обобщающую способность предикторов. Для генерации прогностического алгоритма, который может быть адекватно валидирован и внедрен в клиническую практику, целесообразно произвести повторное машинное обучение при увеличенном объеме данных после реальных полетов.

На основании полученных результатов предложены новые критерии оценки функционального состояния пилотов по показателям ВСР и глазодвигательной активности (таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Критерии оценки функционального состояния пилотов

Физиологические показатели	Функциональное состояние (класс условий труда)		
	напряжение 1 степени (класс 2)	напряжение 2 степени (класс 3.1)	перенапряжение (класс 3.2)
Количество фиксаций (% увеличения)	<4,8	4,8–6,4	>6,4
Продолжительность фиксаций (% уменьшения)	<8,0	8,0–8,6%	>9,0
Длина саккады (% уменьшения)	<8,1	8,1–17,3%	>17,4
Отношение горизонтальных и вертикальных движений глаз, отн.ед.	<2,3	2,3–3,5	>3,5
Отношение частот LF/HF (% увеличения)	<10,6	10,6–21,5%	>21,5
pNN ₅₀ (% уменьшения)	<3,2	3,2–15,9	>15,9
RMSSD (% уменьшения)	<9,2	9,2–36,4%	>36,4

Заключение по главе 6

Оценка влияния летных нагрузок на функциональное состояние пилотов показала, что увеличение сложности и общей продолжительности полета, в условиях смоделированных ситуаций на авиатренажерах, приводит к снижению скорости реакций до 30% от исходных уровней, снижению концентрации внимания – до 12,5%, памяти – до 15%, а также проявляется снижением способности организма к физиологическому восстановлению в течение полета и отсутствию восстановления в течение 30 мин после полета по показателям состояния центральной нервной, сердечно-сосудистой системы, органа зрения. В конце полета установлены статистически значимые различия, свидетельствующие о росте гемодинамических показателей (на 12%) и снижении ВСР (на 26%). Выявленные особенности функционального состояния пилотов свидетельствуют о нарастании в полете умственного утомления, обусловленного нарушением подвижности нервных процессов, ослаблением активного внутреннего торможения в ассоциативных зонах коры больших полушарий, снижением показателей умственной работоспособности, изменениями функционального состояния

вегетативной нервной системы, а также нарастании сенсорного утомления, прежде всего за счет снижения зрительной функции – увеличение времени восприятия последовательного контраста и снижение времени удержания взгляда на экранах информационно-управляющего поля [124].

В исследовании показано, что появление признаков утомления, не просто снижает работоспособность пилотов, но приводит к увеличению количества ошибок деятельности при пилотировании, что может представлять реальную угрозу безопасности полетов. С этой целью для повышения безопасности полетов разработаны модели прогнозирования ошибок деятельности на основе динамики отдельных физиологических показателей для внедрения в систему управления рисками утомления.

Исследования физиологического состояния пилотов 1 и 2 группы показали, что даже находясь изначально перед полетом в нормальном функциональном состоянии, к концу полета их функциональные резервы могут отличаться, что связано с индивидуальными особенностями каждого пилота. Выявленные к окончанию полета в этих группах статистически значимые различия по уровням интегрального балла напряжения и отдельным физиологическим показателям доказывают важность предполетного и послеполетного индивидуального контроля функционального состояния с целью принятия соответствующих индивидуальных профилактических мер для недопущения утомления и переутомления отдельного члена летного экипажа.

В исследовании предложены новые физиологические показатели для оценки и прогнозирования наступления утомления по показателям динамики глазодвигательной активности (количеству и продолжительности фиксаций, длине саккад, частоте торзионных движений глаз) и показателям ВСР (отношение частот LF/HF, уровням $pNN_{50\%}$), которые рекомендовано оценивать комплексно на этапе предполетного осмотра и при медицинском освидетельствовании в рамках врачебно-летней экспертизы.

ГЛАВА 7. КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННОСТИ ТРУДА У ПИЛОТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Как показали результаты выполненных исследований, НТ является одним из ведущих факторов в комплексе современных условий труда пилотов, требующая совершенствования методологических подходов для её достоверной оценки. Проведенная работа обосновала систему показателей, критерии, источники исходных данных и методы контроля НТ, которые схематически представлены на рисунке 7.1.



Рисунок 7.1 – Современная система показателей и критериев оценки НТ пилотов с учетом анализа источников данных и методов контроля

В настоящей главе диссертации рассмотрены все возможные источники данных и алгоритмы формирования критериев оценки НТ.

7.1. Критерии оценки напряженности труда по данным расследования авиационных происшествий и анкетного опроса

Проведенный анализ условий и обстоятельств АП в ГА показал значимую роль напряженности труда и утомления пилотов в их

возникновении. Причинами, как было показано, могут являться также факторы производственной среды (шум), чрезмерная летная нагрузка, недостаточность предполетного отдыха и сна, общее состояние переутомления, усталости, стресса. По материалам исследований выявлено, что зачастую имело место нарушение норм полетного времени и других РТО, которые в сочетании со значительными эмоциональными, сенсорными и информационными перегрузками, стали причинами развития утомления и впоследствии - АП.

Анализ результатов исследований АП выявил наиболее информативные показатели летной нагрузки, являющиеся факторами риска развития утомления, которые должны контролироваться для обеспечения безопасности полетов: 1) налет за последний год, 2) налет за месяц, 3) налет за последние сутки, 4) количество взлетов/посадок за полетную смену и более длительные периоды, 5) количество полетов в ночное время за рабочую неделю, 6) длительность предполетного отдыха, 7) длительность годового отпуска. В сочетании с разработанными критериями оценки сенсорных, информационных, интеллектуальных и эмоциональных нагрузок эти показатели позволяют провести комплексную оценку НТ пилотов, максимально приближенную к условиям реальной летной деятельности.

Выявленные зависимости нарастания частоты утомления у пилотов в сопоставлении с частотой АП, позволили ранжировать значения показателей летной нагрузки по степени риска для возникновения АП. В качестве основных ориентиров по показателям режимов труда и отдыха использованы нормативы, согласно Положению Приказа Минтранса РФ от 21 ноября 2005г. N 139 [173], реализующего требования ИКАО по регламентации норм полетного, рабочего времени и времени отдыха членов летных экипажей [337, 338], а также Постановления Минтруда РФ от 12.07.1999 N 22 [169].

Проведенный анализ Положения показал, что в нем имеется множество дополнительных условий и исключений из установленных в документе

правил, создающих возможность перегрузки пилотов, при том, что Требования Положения направлены на ограничение сверхнормативной летной нагрузки. В связи с этим представляется целесообразным дополнить существующие критерии специфическими характеристиками летной нагрузки.

Кроме показателей летной нагрузки, которые были установлены при расследовании АП, к числу специфических критериев, определяющих НТ пилотов и подлежащих оценке, следует также отнести и такие, влияние которых на возникновение АП не всегда можно установить ретроспективно. К таким показателям можно отнести число пересеченных часовых поясов, пассажировместимость ВС, количество членов (состав) и закреплённость летного экипажа, уровень владения английским языком и квалификация пилотов, метеорологические условия, технические проблемы или иные экстренные ситуации в полете, число конфликтных ситуаций в экипаже. Основаниями для включения этих показателей, в число контролируемых при оценке летной нагрузки, являются следующие данные.

Выполнение длительных трансмеридианных и трансширотных перелетов с пересечением нескольких часовых поясов с запада на восток и в обратном направлении, приводят к десинхронозу, как было показано в работах, рассмотренных в литературном обзоре. Десинхронизация циркадных ритмов сопровождается накоплением усталости, снижением умственной и физической работоспособности, нарушениями психомоторной деятельности. В соответствии с Положением [173] требование к увеличению продолжительности отдыха установлено для пилотов после пребывания в часовых поясах с разницей во времени 4 часа и более. Однако, нарушения, связанные с десинхронозом, развиваются уже после смены 3-х часовых поясов. В связи с этим, к числу напряженных работ предложено относить пересечение более 3-4 часовых поясов.

Пассажировместимость ВС, является показателем, определяющим

уровень ответственности пилотов за сохранность жизни пассажиров, которая многократно возрастает при управлении большими ВС. Современные авиалайнеры вмещают, в зависимости от модификации, от 25 до 100 мест (Як-40, Ту-134, АTR-72, Embraer), от 100 (Сухой Суперджет) до 190-200 (Ту-154, Ил-86, Боинги, Аэробусы) и до 370 и более мест (Боинг-777-300 и др.). Возрастает «цена» ошибки. Поэтому предложено к числу напряженных работ относить управление ВС с вместимостью до 100 (1 степень), от 100 до 200 (2 степень) и более 200 пассажиров (3 степень).

Количество членов летного экипажа оказывает влияние по следующим причинам. Современные лайнеры (иностраннне типы ВС, Сухой Суперджет) управляются двучленными экипажами. При этом функции, которые ранее выполняли штурманы, бортрадисты, бортинженеры, бортоператоры, бортмеханики, выполняются двумя пилотами – КВС и 2П. Нагрузка, приходящаяся на каждого из пилотов в этих ВС, по сравнению с ВС, управляемыми экипажами из 3-6 человек, увеличилась. В связи с этим, работу пилотов в составе двучленного экипажа или состоящем из одного человека, предложено относить к 1 степени напряженных работ.

Закрепленность летного экипажа – фактор, неоднозначно воспринимаемый авиакомпаниями. В закрепленных экипажах КВС постоянно летает с одним и тем же вторым пилотом, что обеспечивает, как считалось ранее, слаженность, взаимозаменяемость и надежность экипажа. Незакрепленный экипаж формируется перед вылетом, что может создавать повышенное напряжение у членов экипажа и требует от них высокого профессионализма, не только в управлении ВС, но и в межличностном общении. Работа в таких экипажах предусматривает обязательное освоение методики CRM (Crew resource management — управление возможностями экипажа), по которой персонал обучается навыкам взаимоотношений в кабине, включая распределение ролей, лидерство и принятие решений. В связи с этим работа в незакрепленном экипаже может быть отнесена к более

напряженным видам трудового процесса, по сравнению с закрепленным (1 степень).

Полеты в международном воздушном пространстве, на иностранных ВС, требуют от пилотов хорошего знания иностранного языка, на уровне не ниже 4 по шкале ИКАО. Разговорные навыки должны быть прочно закреплены и не должны утрачиваться в экстремальной ситуации, в условиях возможного дефицита времени и т.п. От этого может напрямую зависеть безопасность полета. Работы на иностранных ВС в условиях необходимости использования неродного языка – для ведения переговоров, чтения руководства ЛЭ, могут быть отнесены к напряженным видам труда 2 степени.

Неблагоприятные условия окружающей среды (сильная атмосферная турбулентность, сдвиг ветра, обледенение ВС, грозы, электрические разряды, ливневые осадки, град, снег, туман, низкая облачность, пожары и т.п.), очевидным образом создают дополнительную нагрузку на пилота. В связи с этим, данные показатели были включены в число факторов, определяющих НТ, как допустимую (если не создается препятствий полету) или 2-й степени (если создаются препятствия полету) или 3-ей степени (если условия были ниже метеоминимума категории I ИКАО для захода на посадку и посадки ВС).

Технические проблемы на ВС или иные экстренные ситуации, определенно представляют дополнительную нервно-эмоциональную нагрузку на пилотов, по сравнению с условиями неосложненного полета. В случае, если в условиях полета имело место их успешное преодоление, то условия труда могут быть отнесены к напряженным 2-й степени, если возникла аварийная ситуация – к 3-ей степени.

Конфликтные ситуации в полете между членами экипажа, являются вероятными, судя по данным расследований АП. Ситуации сильного психоэмоционального напряжения, ругани в экипаже перед и во время АП, выявлены в 12% случаев. Грубый разговор, использование ненормативной

лексики, придирчивость со стороны КВС или наоборот, попытки второго пилота доминировать при неуверенном в себе КВС – все это признаки конфликтной ситуации, которые могут быть зафиксированы бортовыми самописцами ВС или авиадиспетчерами. Такие ситуации существенно увеличивают эмоциональную нагрузку, подлежат количественной оценке, в соответствии с Р 2.2.2006-05 и могут быть применены для оценки НТ членов летных экипажей. Информация может быть получена от самих членов экипажа, авиадиспетчеров.

Все указанные показатели летной нагрузки отнесены к сильным факторам риска развития утомления пилотов и были отнесены к усложненным условиям полета, при этом в некоторых случаях они приводили к серьезным авиационным инцидентам, например, метеорологические условия, технические проблемы, которые рассматривались не с технической, а с психофизиологической точки зрения, как дополнительная нервно-эмоциональная нагрузка на пилотов.

Предложенный перечень показателей НТ пилотов, установление их возможных границ и соответствующих степеней вредности позволил предложить алгоритм расчета интегрального показателя НТ и его ранжирования по степени риска развития утомления.

Рассмотренные выше характеристики летной нагрузки свидетельствуют о большом разнообразии специфических факторов, влияющих на НТ пилотов, для которых нормативные критерии, в большинстве случаев, ранее отсутствовали. Их индивидуальный учет по показателям выполненной пилотами полетной смены (рабочей недели, месяца, года) – не производился, за исключением временных характеристик по часам налета и ночных полетов, фиксируемых в летных книжках.

В концепцию оценки НТ включены производственные факторы, потенцирующие ее действие на организм. Научно обосновано, что шум, вибрация, неблагоприятные параметры микроклимата, неудобная,

фиксированная рабочая поза, оказывают существенное влияние на развитие утомления у работающих, особенно при выполнении напряженных видов работ, в том числе, при выполнении летной деятельности. Однако, в связи с тем, что из всех факторов производственной среды, воздействующих на пилотов, оценке поддаются лишь шум (в соответствии с МУК 2.5.3694-21 для разных типов ВС) и микроклимат (при полетах длительностью более 5 часов относительная влажность воздуха снижается ниже регламентируемой), в число критериев, способствующих развитию утомления включены только эти факторы.

В таблице 7.1 приведена классификация летных нагрузок по показателям, характеризующим особенности летного труда. Приведенные в таблице 7.1 показатели летной нагрузки предназначены для использования в качестве дополнительных критериев при обязательной оценке НТ пилотов по сенсорным, интеллектуальным, информационным и эмоциональным нагрузкам для расчета текущего значения индивидуальной летной нагрузки.

Таблица 7.1 – Показатели и критерии для расчёта индивидуальной летной нагрузки - дополнительные критерии оценки напряженности труда

Показатели	Классы условий труда и соответствующая им оценка в баллах			
	2 класс	3.1 класс	3.2 класс	3.3 класс
	0 баллов	1 балл	2 балла	3 балла
1	2	3	4	5
Интеллектуальные нагрузки				
1. Использование иностранного языка при радиосвязи и пользовании РЛЭ (на иностранных ВС и на международных линиях)			+	
Эмоциональные нагрузки				
2. Количество конфликтных ситуаций, обусловленных профессиональной деятельностью за смену	Отсутствуют или не более 2	3-6	7-9	10 и более
Режимы труда и отдыха				
3. Длительность полетной смены (часы)	до 8	9	10	более 10
4. Общее время работы за рабочую смену, часы	до 8	8-9	10-11	12 и более
5. Сменность работы	Односменная работа без ночной смены	Сменная работа с ночной сменой.	Нерегулярная сменность с работой в ночное время.	-

Продолжение таблицы 7.1

6. Количество взлетов/посадок (за полетную смену)	до 2	3-4	5-7	более 7
7. Количество взлетов/посадок (за рабочую неделю)	до 6	7-10	11-14	более 14
8. Количество полетов в ночное время (за рабочую неделю)	1	2	3	более 3
9. Пересечение часовых поясов (за полетную смену)	до 3	3-4	5-7	более 7
10. Пересечение часовых поясов (за рабочую неделю)	до 6	7-11	12-18	более 18
11. Налет за последний месяц (часы)	до 80	от 80 до 85	от 86 до 90	90 и более
12. Годовой налет (часы)	до 800	от 800 до 850	от 860 до 900	900 и более
13. Соблюдение режима предполетного отдыха (в % от нормы)	100	от 100 до 76	от 75 до 51	50 и менее
14. Соблюдение годового отпуска (в % от нормы)	100	от 100 до 76	от 75 до 51	50 и менее
15. Пассажировместимость ВС, которым управлял пилот, к-во человек	не более 25 или без пассажиров	От 25 до 100	От 100 до 200	более 200
16. Количество членов летного экипажа	3 и более	2 и менее	-	-
17. Закрепленность летного экипажа	закрепленный	незакрепленный	-	-
18. Метеорологические условия	не препятствовали полету	-	препятствовали полету	ниже метеоминимума кат.1
19. Технические проблемы или иные экстренные ситуации	Не было	-	были, но успешно преодолены	аварийная ситуация
Производственные факторы				
20. Шум, эквивалентный уровень звука, превышение ПДУ, дБА	менее ПДУ	5	15	25
21. Параметры микроклимата: влажность воздуха, %	в соотв. с СанПиН	14-10	менее 10	-

Текущее значение летной нагрузки в каждом индивидуальном случае рассчитывается в баллах путем сложения значений классов условий труда по всем показателям (2 класс – 0 баллов, 3.1 класс – 1 балл, 3.2 класс – 2 балла, 3.3 класс – 3 балла), согласно таблице 7.1, установленным по результатам оценки условий выполненных полетов за полетную смену, неделю, месяц в онлайн режиме. Расчет индивидуальной летной нагрузки пилотов с последующей оценкой риска утомления проводится после полета и выполняется автоматически в компьютеризированной программе («калькулятор индивидуальной летной нагрузки») по итогам заполнения типовой формы, согласно таблице 7.1.

Разработанные критерии, классификация и калькулятор летных

нагрузок направлены на учет максимально возможного количества факторов риска увеличения напряженности труда, обуславливающих развитие утомления летных экипажей, в целях повышения безопасности полетов, сохранения здоровья работников, обеспечения должной их работоспособности. Они могут быть использованы авиакомпаниями для своевременного (в текущем режиме) персонального выявления признаков утомления пилотов, принятия решений о возможности допуска пилота к полету и о необходимости проведения срочных превентивных мер, оценки профессиональных рисков, построения графиков полетов, режимов труда и отдыха, разработки мер индивидуальной профилактики.

Для оценки уровня значимости риска утомления у пилотов ГА, в зависимости от интегрального показателя напряженности труда и качества отдыха по всем контролируемым показателям предложена 5-ти ступенчатая шкала, включающая уровни от малозначимого до недопустимого риска, а также критерии необходимости и срочности превентивных мер (таблица 7.2).

Таблица 7.2 - Значимость риска и меры контроля/снижения уровня риска утомления

Интегральный показатель напряженности труда, баллы	Оценка риска утомления	Критерии необходимости и срочности превентивных мер
До 20	Малозначимый риск	Специальных мероприятий не требуется. Риск необходимо контролировать.
20-29	Малый риск	Мероприятия не обязательны, но желательны.
30-39	Умеренный риск	Мероприятия для уменьшения риска необходимы, но их проведение можно спланировать и провести по графику.
40-49	Значительный риск	Мероприятия по снижению уровня риска обязательны и их проведение необходимо начать срочно.
50 и более	Недопустимый риск	Мероприятия по снижению уровня риска обязательны, их проведение необходимо начать незамедлительно. Работа в условиях риска должна быть прекращена, её возобновление возможно только после принятия мер по снижению уровня риска.

Конкретные меры по контролю/снижению риска утомления могут включать: корректировку расписания, режимов труда и отдыха, направление пилотов на курсы повышения квалификации, улучшение знания иностранного языка; медицинские, лечебно-профилактические и психофизиологические меры.

7.2. Критерии оценки напряженности труда на основе анализа руководств по летной эксплуатации

Пошаговый анализ выполнения пилотом стандартных операционных процедур в соответствии с РЛЭ показал высокую степень объективности данного метода по сравнению с обычной процедурой оценки напряженности труда. На основании анализа пунктов, указанных в РЛЭ, каждое последовательное действие пилота на различных этапах полета было отнесено к одной из 6 групп по виду сенсорных нагрузок: длительность сосредоточенного наблюдения за параметрами работы систем ВС (% полетного времени), плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час полетного времени, число производственных объектов одновременного наблюдения, наблюдение за экранами мониторов (часов в полетное время), нагрузка на слуховой анализатор, нагрузка на голосовой аппарат. Некоторые действия повторялись несколько раз, поэтому фиксировалась их кратность и длительность выполнения. Было оценено 10324 различных СОП, которые невозможно было бы визуализировать, проводя обычные хронометражные исследования без РЛЭ [96, 97].

В соответствии с РЛЭ перед началом полета проводился анализ полетного задания (предполетная подготовка). Анализировалась документация на полет: рабочий план полета, включая уход на запасные аэродромы, маршруты для полетов с отказавшим двигателем и в случае разгерметизации; листы предупреждений о состоянии или изменении аэронавигационного оборудования; фактическую и прогнозируемую метеорологическую обстановку; карты опасных метеоявлений; листы отложенных дефектов неисправного оборудования на ВС. Общая продолжительность данного этапа составила $20 \pm 1,2$ мин, количество СОП – 125, количество сигналов в минуту – $25 \pm 1,1$.

Далее, в соответствии с РЛЭ лётный экипаж проводил подготовку кабины ВС – проверку наличия всей судовой документации (необходимых

сертификатов, лицензий и др.), проверку работоспособности средств управления ВС и аварийно-спасательного оборудования, проверку работы техперсонала и контроль заправки ВС с записью в бортжурнал. На этом этапе КВС проводил наружный осмотр ВС, а второй пилот в кабине отмечал в бортовом компьютере маршрут полета и другие необходимые для полета данные. Проводился контроль выполненных действий по картам контрольных проверок: после предполётной подготовки в кабине экипажа, перед запуском двигателей, перед выруливанием, перед взлетом. На заключительном этапе подготовки кабины ВС КВС получал доклады от членов экипажа о готовности к полету. Пилоты проводили окончательный расчет взлетно-посадочных характеристик и вводили полученные результаты в бортовой компьютер. Общая продолжительность данного этапа составила $30 \pm 2,5$ мин, количество СОП – 443, количество сигналов в минуту – $59 \pm 2,2$.

После получения разрешения на занятие взлетно-посадочной полосы КВС принимал разрешение о запуске двигателя и условиях выхода из зоны аэропорта. На этом этапе запуск двигателя и буксировка осуществлялись под контролем обоих пилотов, контролировалась траектория движения ВС, отсутствие других ВС, заходящих на посадку, препятствий на взлёте, опасных метеоявлений и скоплений птиц, включались необходимые для полета системы. Общая продолжительность данного этапа составила $9 \pm 0,9$ мин, количество СОП – 123, количество сигналов в минуту – $55 \pm 2,2$.

На этапе руления, взлета, набора высоты по РЛЭ один из пилотов (по решению КВС) выполнял функции пилотирующего пилота, другой – контролирующего. Право принятия решения о взлёте, прекращении взлета, посадке, вынужденной посадке принимал только КВС. После получения разрешения на взлёт от диспетчера пилотирующий пилот выполнял взлёт, управляя штурвалом, педалями и рычагами управления. Пилотирующий пилот при подключённом автопилоте управлял необходимыми режимами системы автопилота, устанавливал и контролировал по командам диспетчера

заданные высоты и курсы ВС. При отключённом автопилоте пилотирующий пилот выдерживал все параметры полета ручным управлением. Общая продолжительность данного этапа составила $31,5 \pm 1,3$ мин, количество СОП – 683, количество сигналов в минуту – $79 \pm 3,5$.

После занятия ВС определенного эшелона начинался этап горизонтального полета. При этом один из пилотов полностью брал управление ВС и ведение связи на себя, контролировал пространственное положение самолета, скорость, высоту, траекторию полета, метеобстановку, рельеф местности, местоположение других воздушных судов, что требовало значительного интеллектуального напряжения. В случае возникновения аварийной или нештатной ситуации пилот прослушивал метеоинформацию для определения возможности вынужденной посадки на запасном аэродроме. Не реже одного раза в час пилоты проверяли работу всех систем, выполняли указания диспетчера, настраивали необходимое навигационное оборудование. Общая продолжительность данного этапа составила $50 \pm 2,1$ мин, количество СОП – 202, количество сигналов в минуту – $40 \pm 1,2$.

При подлёте к аэропорту начинался этап подготовка к снижению и снижение. Пилоты прослушивали погоду и готовились к заходу на посадку: выбирали схему и систему захода, полосу, анализировали метеоинформацию по запасному аэродрому для определения возможности посадки на нем в случае невозможности совершить посадку на аэродроме назначения. Пилотирующий пилот проводил предпосадочный брифинг с обязательным перекрестным контролем всех рассчитанных элементов, с обсуждением процедур и особенностей нормального захода на посадку, ухода на второй круг и порядка ухода на запасной аэродром. Общая продолжительность данного этапа составила $35 \pm 2,2$ мин, количество СОП – 383, количество сигналов в минуту – $38 \pm 1,1$.

Заход на посадку и посадка являются наиболее напряженными этапами полета, так как требуют наиболее точного выдерживания параметров полёта

для безопасного их выполнения. Напряженность особенно возрастает при сдвиге ветра, турбулентности, ливневых осадках (которые происходят очень часто), в зонах высокой интенсивности полетов. Общая продолжительность данного этапа составила $5\pm 0,3$ мин, количество СОП – 133, количество сигналов в минуту – $78\pm 2,5$.

Последними этапами являются руление после посадки, выключение двигателей и послеполетные работы. После заруливания на стоянку и подключения на борт источника питания, КВС выключал двигатели, давал команду бортпроводникам на открытие дверей и высадку пассажиров. Выполнялся послеполётный разбор с обсуждением проблем или отклонений в полете. Каждый пилот заполнял необходимую документацию по завершении рейса. Общая продолжительность данных этапов составила $25\pm 1,1$ мин, количество СОП – 221, количество сигналов в минуту – $31\pm 1,2$.

Анализ РЛЭ показал, что при выполнении стандартного полета без особенностей, количество сигналов, получаемых пилотом на разных этапах полета, их плотность и длительность сосредоточенного наблюдения чрезвычайно высоки. Например, на этапах взлета и посадки обоими пилотами осуществляется непрерывный контроль скорости, высоты, вертикальной скорости, метеообстановки по локатору, рельефа местности по GPWS, положения других ВС по TCAS и другие [96].

В таких условиях, значения указанных показателей выходило далеко за пределы, предусмотренные Руководством Р 2.2.2006-05, Методикой проведения специальной оценки условий труда и МИ НТП.ИНТ-17.01-2018 [155, 170, 235] для вредных условий труда степени 3.2. Так, средняя длительность сосредоточенного наблюдения составила 98%, плотность сигналов за 1 час на разных этапах полета была в пределах от 800 до 4740 (в среднем для полетной смены – 2353 сигналов в час), длительность наблюдения за экранами мониторов составила более 6 часов, в пересчете на стандартную полетную смену [96].

Результаты хронометражных исследований по РЛЭ показали, что количество поступающих пилоту сигналов, например, на этапе горизонтального полета составляло - 40 в минуту, а на этапе взлета-посадки – 78-79 в минуту. При этом в процессе пилотирования происходила частая смена качества поступающих сигналов: от простых, которые требуют от пилота совершить простой выбор действия; до сложных – когда включается интеллектуальный компонент с анализом, обработкой полученных данные и выполнением сложного нестандартного действия. Длительность реакции на такие сигналы изменялась в динамике полета.

В экспериментальном исследовании [148]. показано, что средний латентный период выполнения реакции выбора составляет около 330-540 мс. В случае выполнения реальных задач в условиях продолжительной работы, этот показатель может увеличиться до 2-х раз, на фоне развития утомления. Это было подтверждено и в исследовании на пилотах в условия тренажерного комплекса, где выявлено двукратное увеличение максимального времени реакции, достигающее 1047 [683;1392] мс. Это значительно уменьшает вероятность восприятия всех, поступающих сигналов на этапе посадке (79 сигналов/мин) [96].

На основании анализа переговоров пилотов оценивали нагрузку на слуховой анализатор и нагрузку на голосовой аппарат. Количество звуковых сигналов было также значительным (565 ± 19) и превышало показатели для 3.2 класса условий труда. Нагрузка на голосовой аппарат не превышала при перерасчете на 1 неделю 16 часов.

Таким образом, на последних этапах полета при условии роста количества сигналов из-за их сложности, физиологические возможностей анализаторных систем пилота могут находится на пределе своих возможностей – ошибки весьма вероятны и даже неизбежны. На основании учета стандартных операционных процедур по РЛЭ оказалось, что фактические значения, например, показателя плотности сигналов,

получаемых пилотами, на порядок выше, указанных в действующих нормативах («более 300 сигналов»). Это обуславливает необходимость введения новой, более высокой степени вредности для напряженных работ (класс условий труда 3.3. – 1000 сигналов и сообщений за 1 час полетной смены) [96].

К тому же эти показатели существенно выше аналогичных показателей для других работников транспортной отрасли, например, водителей автотранспорта, которые получают около 700-800 сигналов за 1 час рабочей смены в течение 7-8 часов [34]. При этом у водителей отсутствует такой вид деятельности, как наблюдение за экранами мониторов, а также постоянное прослушивание эфира и переговоры с диспетчерами через радиогарнитуры. Пилоты не могут в случае усталости, остановиться и отдохнуть. Таким образом, все показатели свидетельствуют о том, что труд пилотов ВС ГА относится к числу наиболее напряженных видов работ, а оценка количества сигналов чрезвычайно актуальна для обеспечения безопасности полетов. Сложность подсчета количества сигналов, перерабатываемых пилотом в реальных условиях полета, связана еще и с тем, что выполняемые процедуры по управлению ВС, предполагают возможность нескольких вариантов решения задач, особенно в условиях возникновения непредвиденных или нештатных ситуаций (неблагоприятные метеоусловия, технические проблемы и др.) [96].

Уникальностью исследования по анализу летных нагрузок в соответствии с РЛЭ является то, что впервые были получены данные о реальных уровнях НТ в условиях полета на комплексных полнофункциональных тренажерах современных ВС по показателям длительности сосредоточенного наблюдения (% полетного времени), плотности сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час полетного времени, числу объектов одновременного наблюдения, наблюдение за экранами мониторов (часов в полетное время). Данный

методический подход может быть применен для получения характеристик информационно-управляющего поля ВС и оценки НТ для рабочего места КВС и 2П при проведении сертификационных испытаний [96].

7.3. Критерии оценки напряженности труда по показателям информационных нагрузок

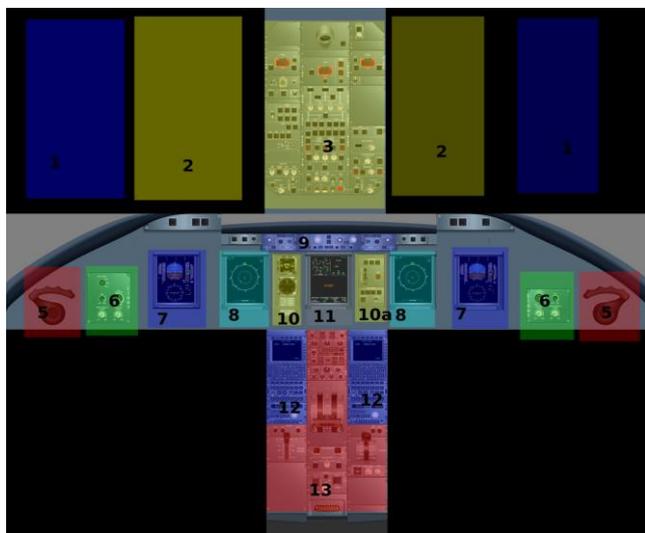
Проблемы измерения и гигиенической оценки информации, как физического фактора, разрабатывались в работах [82, 83], в которых получило развитие такое направление медицины труда, как «информационная гигиена» [160]. Однако, задачи информационной нагрузки в них, в основном, решались расчетными, априорными методами, с позиций оценки объемов текстовой информации, произведенной работниками разных отраслей за год на компьютере. В более поздних работах [35, 101], показана необходимость сопоставления производимой и воспринимаемой человеком информации. Однако, подобных исследований в доступных источниках, не представлено [96].

В настоящем исследовании проведена оценка информационных нагрузок (бит/с), получаемых пилотами от различных приборов информационно-управляющего поля кабины ВС, используя технологию айтрекинга. Применение данной технологии позволило оценить распределение внимания пилота во время полета, рассчитать количество приборов и зон одновременного наблюдения, длительность наблюдения за экранами мониторов, количество входящих сигналов и сообщений, рассчитать объем информационных потоков, а также оценить динамику показателей окуломоторной активности. Айтрекинг позволил оценить объем входящих и воспринимаемых сигналов, как показатель информационной загруженности.

Методические подходы к оценке информационных нагрузок основаны на суммарном учете сложности «зоны внимания», количестве «зон внимания» и времени нахождения взгляда в «зоне внимания».

Алгоритм оценки информационных нагрузок складывается из нескольких этапов: 1) установление отдельных «зон внимания» пилота; 2) установление сложности отдельных элементов каждой «зоны внимания»; 3) определение объема информационной нагрузки отдельной «зоны внимания»; 4) расчет общего объема информационных нагрузок в различных «зонах внимания»/

1. Установление «зон внимания» пилота осуществляли при помощи айтрекера. Для наглядного графического представления данных по распределению внимания был применен метод тепловой карты «heat map». Тепловая карта показывает плотность фиксаций на единицу площади в виде изменения цвета, наложенных непрозрачных цветовых пятен, цвет которых меняется от синего (малое время фиксаций) до красного (длительное время фиксаций). Было выделено 13 основных зон (рисунок 7.2).



- | | |
|----|--|
| № | «Зоны внимания» панели управления ВС |
| 1 | Резервы внимания |
| 2 | Закабинное пространство |
| 3 | Потолочная панель |
| 4 | Планшет |
| 5 | Брус |
| 6 | Панель с регуляторами яркости |
| 7 | Основной индикатор полёта (PFD) |
| 8 | Многофункциональный дисплей (MFD) |
| 9 | Панель управления самолётом (автопилот) |
| 10 | Дублирующие системы |
| 11 | Дисплей состояния двигателей и системных сообщений (EWD) |
| 12 | Система самолёта вождения (FMS) |
| 13 | Рычаг и система управления двигателем |

Рисунок 7.2 - Установление «зон внимания» пилота

2. Установление сложности отдельных элементов каждой «зоны внимания» предполагал учет информационной характеристики зоны и

особенности её расположения относительно пилота по соответствующим критериям (таблица 7.3). Каждому из критериев зоны присваивалась 1-3 степень сложности, соответствующая баллам от 1 до 3.

Таблица 7.3 – Критерии сложности элементов каждой «зоны внимания»

Расположение «зоны внимания» относительно пилота	Информационная характеристика «зоны внимания»		
Расстояние до объекта наблюдения: 1 степень - до 60 см 2 степень – 61-100 см 3 степень - более 100 см	Количество цифро-буквенных символов и/или мнемосимволов: 1 степень – до 4 2 степень – 5-8 3 степень – более 8	Уровень «критичности» информации на приборах: 1 степень – характеристики по приборам в норме 2 степень – пограничные значения 3 степень – характеристики по приборам выше нормы	Площадь зоны, в которой расположены символы: 1 степень - до 5 см ² 2 степень - до 10 см ² 3 степень более 10 см ²
Область комфортного считывания прибора: 1 степень – горизонтальное и вертикальное сечение (-30°: +30°) 2 степень – горизонтальное и вертикальное сечение (-60°: +60°) 3 степень – горизонтальное и вертикальное сечение (более 60°)	Скорость движения мнемосимволов: 1 степень - до 0,2 м/с 2 степень – 0,2-0,5 м/с 3 степень - более 0,5 м/с	Частота обновления экрана: 1 степень - более 90 Гц 2 степень - 60-90 Гц 3 степень – менее 60 Гц	Разрешающая способность экрана (угловые размеры между объектами) 1 степень - 2 угловые минуты 2 степень - 2-4 угловые минуты 3 степень - более 4 угловых минут
	Параметры световой среды 1 степень – не превышают нормативы 2 степень – превышают нормативы до 2 раз 3 степень – превышают нормативы более, чем в 2 раза	Тип отображения шкалы (тип шкалы) 1 степень - горизонтальная 2 степень - вертикальная 3 степень - круговая	Количество шкал на одной панели дисплея «зоны внимания» 1 степень – до 4 2 степень – 5-8 3 степень более 8

3. Определение объема информационной нагрузки (I_i) отдельной «зоны внимания» проводили по формуле (1), где уровень критичности дополнен весовым коэффициентом сложности восприятия зоны по формуле (2), полученных методом экспертных оценок 30 пилотов по специально разработанному опроснику (рисунок 7.3).

<p>ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЁТА ИНФОРМАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ ОТДЕЛЬНОЙ ЗОНЫ ВНИМАНИЯ:</p> $I_i = \sum_i^{Nm} (C_i \times S_i \times K) + \sum_i^{Nl} (C_i \times Q_i \times K) \quad (1)$ <p><i>Nm</i> - количество составных мнемосимволов <i>Nl</i> - количество цифробуквенных обозначений <i>C</i> - уровень критичности информации передаваемой зоной внимания, мнемосимволом или цифробуквенным значением <i>S</i> - площадь зоны мнемосимвола <i>Q</i> - максимальное количество знаков цифробуквенном значении</p> <p>ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА СЛОЖНОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ОТДЕЛЬНОЙ ЗОНЫ ВНИМАНИЯ:</p> $K = w_v v * w_s s * w_c c * w_f f * w_r r * w_l l \quad (2)$ <p><i>w</i> - весовой коэффициент, полученный методом парных оценок <i>v</i> - скорость движения/смены символов: до 0,2 м/с, 0,2-0,5 м/с, > 0,5 м/с <i>s</i> - расстояние до объекта наблюдения: до 60 см; 61-100 см, более 100 см <i>c</i> - комфортное считывание в зависимости от угла к плоскости дисплея: горизонтальное и вертикальное сечение -30°; +30°, -60°; +60°, > 60° <i>f</i> - частота обновления экрана: более 90 Гц, 60-90 Гц, менее 60 Гц <i>r</i> - разрешение экрана (угловые минуты между объектами): 2, 2-4, > 4 <i>l</i> - интегральная характеристика световой среды (I=1, I=2, I=3)</p>	<p>Параметры световой среды</p> <table border="1"> <tr> <td>Яркость (L, кд/кв. м)</td> <td colspan="2"><u>L_н</u></td> </tr> <tr> <td>Отраженная блескость</td> <td>Отсутствие</td> <td>Наличие</td> </tr> <tr> <td>Освещенность поверхности экрана ВДТ, лк</td> <td colspan="2"><u>C_н</u></td> </tr> <tr> <td>Неравномерность распределения яркости в поле зрения (C, отн. ед.)</td> <td><= 300</td> <td>> 300</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Визуальные параметры ВДТ:</td> </tr> <tr> <td>яркость белого поля (L_з, кд/кв. м)</td> <td>35</td> <td>< 35</td> </tr> <tr> <td>неравномерность яркости рабочего поля (дельта L_з, %)</td> <td>+/- 20</td> <td>> 20 </td> </tr> <tr> <td>контрастность для монохромного режима (К_и, отн. ед.)</td> <td>3</td> <td>< 3</td> </tr> <tr> <td>Дрожание, временная (мелькание) нестабильность изображения</td> <td>Не фиксируется визуально</td> <td>Фиксируется визуально</td> </tr> </table>	Яркость (L, кд/кв. м)	<u>L_н</u>		Отраженная блескость	Отсутствие	Наличие	Освещенность поверхности экрана ВДТ, лк	<u>C_н</u>		Неравномерность распределения яркости в поле зрения (C, отн. ед.)	<= 300	> 300	Визуальные параметры ВДТ:			яркость белого поля (L _з , кд/кв. м)	35	< 35	неравномерность яркости рабочего поля (дельта L _з , %)	+/- 20	> 20	контрастность для монохромного режима (К _и , отн. ед.)	3	< 3	Дрожание, временная (мелькание) нестабильность изображения	Не фиксируется визуально	Фиксируется визуально
	Яркость (L, кд/кв. м)	<u>L_н</u>																										
Отраженная блескость	Отсутствие	Наличие																										
Освещенность поверхности экрана ВДТ, лк	<u>C_н</u>																											
Неравномерность распределения яркости в поле зрения (C, отн. ед.)	<= 300	> 300																										
Визуальные параметры ВДТ:																												
яркость белого поля (L _з , кд/кв. м)	35	< 35																										
неравномерность яркости рабочего поля (дельта L _з , %)	+/- 20	> 20																										
контрастность для монохромного режима (К _и , отн. ед.)	3	< 3																										
Дрожание, временная (мелькание) нестабильность изображения	Не фиксируется визуально	Фиксируется визуально																										

Рисунок 7.3 - Определение информационной нагрузки «зоны внимания»

4. На основании результатов расчета информационной нагрузки в каждой «зоне внимания» за полетное время (или отдельный этап полета), рассчитывали общий объем входящей информации (общую информационную нагрузку) в единицу времени по формуле (3). Для учета временных характеристик использовали данные айтрекинга: количество фиксаций за 1 с в зоне внимания и время пребывания взгляда в зоне внимания(с).

$$I = \sum_i^N (I_i \times F_i \times t) \quad (3)$$

- I* - общий объем входящей информации (общая информационная нагрузка)
N - количество зон внимания
I_i - информационная нагрузка отдельной «зоны внимания»
F - количество фиксаций за 1 сек в «зоне внимания»
T - время пребывания взгляда в «зоне внимания»

Проведенные расчеты показали, что наибольшую информационную нагрузку пилоты получают от основного индикатора полета (PFD), многофункционального дисплея (MFD) и системы самолёта вождения (FMS), которая в условиях исследований на тренажерах, составила 36,5 и 20,8 и 10 бит/с, соответственно (таблица 7.4).

Таблица 7.4 – Информационная нагрузка различных «зон внимания»

№	Зоны внимания	Распределение внимания в зоне, %, (M±m)	Информационная нагрузка отдельной зоны, бит, (M)	Объем информационной нагрузки в единицу времени, бит/с, (M±σ)
1	Резервы внимания	0,7±0,11	5,0	0,2±0,02
2	Закабинное пространство	3,5±1,21	11,0	0,9±0,05
3	Потолочная панель	0,2±0,06	61,0	0,3±0,01
4	Планшет	5,4±1,33	30,0	3,7±1,03
5	Брус	0,2±0,07	5,0	0,2±0,01
6	Панель с регуляторами яркости	0,2±0,06	10,0	0,2±0,03
7	Основной индикатор полёта (PFD)	56,7±5,54	84,0	36,5±2,80
8	Многофункциональный дисплей (MFD)	13,5±3,01	67,0	20,8±2,20
9	Панель управления самолётом (автопилот)	2,0±0,61	29,0	1,4±0,21
10	Дублирующие системы	0,6±0,10	19,0	0,3±0,11
11	Дисплей состояния двигателей и системных сообщений (EWD)	2,3±0,07	65,0	8,5±0,94
12	Система самолёта вождения (FMS)	7,4±2,09	59,0	10,0±1,05
13	Рычаг и система управления двигателем	2,0±0,68	21,0	1,0±0,12
14	Системы управления 2П (6,7,8 справа)	2,3±0,55	81,0	4,3±1,21
14	Другое	3,4±0,79	6,0	0,5±0,02

Вместе с тем известно, что максимальный информационный поток процесса сознательного сенсорного восприятия составляет около 40 бит/с [348]. При этом выявлена существенная зависимость этого показателя от возраста – с увеличением возраста, к 60 годам, сенсорное восприятие снижается почти на 40%, что необходимо принимать во внимание при организации контроля летной нагрузки на пилотов [96].

Как показал анализ, большинство описанных приборов на панели управления ВС являются многофункциональными – включают несколько групп шкал (до 8 на одном дисплее, например, на пилотажном приборе - рисунок 7.4), изменение показателей на которых, должны мгновенно

оцениваться пилотом, что требует от него проведения анализа и принятия решения, на основании инструкций и личной квалификации.

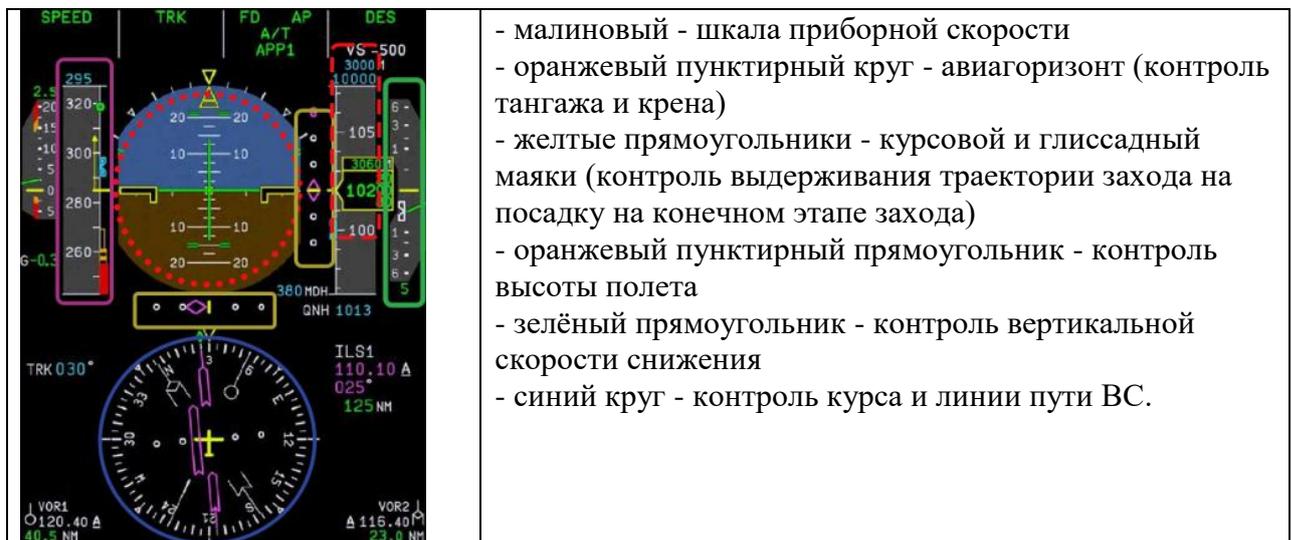


Рисунок 7.4 – Шкалы основного пилотажного прибора

С учетом интенсивности нагрузок на пилотов при моделировании условий полета на тренажерах, объем входящей информации при выполнении реального полета, может быть значительно больше и достигать предела объема восприятия и даже превышать его (составлять более 50 бит/с) [96].

Таким образом, в число показателей для оценки информационных нагрузок на пилотов, могут быть включены: частота сменяемости изображений/значений на экране приборов (раз/мин), объем информационных потоков в единицу времени (бит/с), время фиксации взгляда на приборе [39].

7.4. Критерии оценки напряженности труда по результатам физиологических исследований и данным окулографии

Результатами физиологических исследований в условиях полета на авиатренажерах показано, что такие профессионально важные качества пилота как внимание, память, скорость реакции, функциональные резервы сердечно-сосудистой, нервной систем, а также глазодвигательной и слуховой

функции имеют тенденцию к снижению, по мере нарастания летных нагрузок, что обуславливает рост числа ошибок деятельности и создает угрозу для безопасности самих членов экипажа, пассажиров и ВС. Определить степень значимости той или иной системы или отдельных органов в поддержании нормального функционального состояния пилотов в процессе выполнения летной деятельности не представляется возможным. В связи с этим, они в равной мере должны контролироваться в процессе трудовой деятельности. Концепция предполагает оценивать наиболее информативные психофизиологические критерии для оценки состояния пилотов, проводя прямые измерения или опосредовано, через новые показатели напряженности труда.

Достоверное снижение уровня безошибочности действий, концентрации внимания, объема памяти, восстановительной способности ССС, увеличение среднего времени реакции на поступающие сигналы к концу 3,5-4 часовой летной деятельности свидетельствует о необходимости постоянного контроля показателей сенсорной нагрузки: длительность сосредоточенного наблюдения, плотность сигналов и сообщений, количество объектов одновременного наблюдения, время слежения за экранами на панели управления ВС, длительность нагрузки на слуховой анализатор и голосовой аппарат [96].

В условиях высоких информационных нагрузок у пилотов возникает постепенное истощение функциональных резервов, проявляющееся замедлением скорости сенсомоторных реакции и снижением количества воспринимаемых сигналов, что экспериментально доказано на основании изучения динамики основных паттернов глазодвигательной активности в процессе выполнения полетного задания. Это свидетельствует о необходимости проведения обязательного контроля объема входящей и воспринимаемой информации, которую возможно получить, оценив частоту сменяемости изображения/значения на экране (раз/час), объём

информационных потоков в единицу времени (бит/с) и время фиксации взгляда на приборе.

Для оценки интеллектуальных нагрузок, являющихся спецификой летного труда и исключённых из гигиенических критериев НТ, концепцией предложено учитывать количество многофункциональных приборов (более 10 бит/с), включающих информацию сразу о нескольких системах управления и/или жизнеобеспечения ВС, отображаемую на различных шкалах в пределах одного дисплея. Поступающая с них информация – мультимодальна и оказывает значительное влияние на скорость и качество принимаемых пилотами решений [39].

Для оценки эмоциональных нагрузок предложен показатель «стресс-факторы трудовой деятельности: количество конфликтных ситуаций, ошибки в управлении, сбой алгоритма действий, взлеты/посадки в непредсказуемых условиях (количество в смену)» - как результат выявленных ошибок в технике пилотирования в динамике эксперимента, тесно связанных с возрастанием летной нагрузки [96].

Анализ динамики глазодвигательной активности по частоте и продолжительности саккад/фиксаций позволил дать количественную оценку по показателю распределения внимания пилота, рассчитать количество входящих сигналов и выявить признаки утомления. Длительность сосредоточенного наблюдения на разных этапах полета варьировала от 90% (горизонтальный полет) до 100% (предполетная подготовка, взлета, набор высоты и посадка). Плотность зрительных сигналов и сообщений составила 6840 ± 201 за 1 час, а с учетом звуковых – 7405 ± 211 , что в 25 раз превышает критерии для напряженного труда класса 3.2. Число объектов одновременного наблюдения - от 25 (горизонтальный полет) до 41 (посадка). Полученные данные обусловили необходимость расширения границ степеней вредности условий труда по многим показателям НТ и отнесения их к напряженным работам подкласса 3.3 [96].

Время пассивного наблюдения «за ходом производственного процесса» в течение полета колебавшееся от 0% (взлет и посадка) до 3,4% при выполнении горизонтального полета, что свидетельствовало об отсутствии монотонии в условиях смоделированных полетов [96].

Частота сменяемости изображений/значений на экране пилотажного и навигационного дисплеев варьировала на разных этапах полета от 5 до 20 (в среднем 15) раз/мин, объем информационных потоков в единицу времени - от 5 до 40 (в среднем 25) бит/с. Количество многофункциональных бортовых приборов (более 10 бит/с) в тренажерах, используемых пилотами на разных этапах полета, по которым судили об интеллектуальных нагрузках, составило 4 (основного индикатора полета, многофункционального дисплея, дисплей двигателя, бортовой компьютер). По данным показателям труд пилотов отнесен к классу условий труда 3.2 [96].

При выполнении полета продолжительностью 226 минут, общее количество зрительных сигналов составило 25764 ± 598 , а общее количество звуковых сигналов - 2128 ± 57 . Количество зрительных сигналов по данным айтрекинга оказалось в 3 раза больше, чем это установлено с помощью прямых хронометражных исследований по РЛЭ.

Исследование показало, что айтрекинг является объективным методом подсчета количества входящих и воспринимаемых световых сигналов, в отличие от субъективного определения значения данного показателя. Это позволяет рекомендовать его использование при оценке развития утомления при моделировании выполнения длительных полетов на тренажере. Результаты оценки показателей сенсорных, информационных, интеллектуальных и эмоциональных нагрузок на пилотов по данным разных методов, использованных в экспериментальных исследованиях при моделировании условий полета на авиационных тренажерах, показаны в таблице 7.5 [96].

Таблица 7.5 - Показатели сенсорных, информационных, интеллектуальных и эмоциональных нагрузок на пилотов в экспериментальных исследованиях при моделировании условий полета на авиационных тренажерах [96]

№ № пп	Показатели НТ	По этапам эксперимента			Критерии оценки НТ ^{1, 2} для класса 3.2	Новые критерии оценки НТ для класса 3.3	Экспертная оценка класса НТ (по сред.знач.)
		мин.	макс.	средн. знач.			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Сенсорные нагрузки Длительность сосредоточенного наблюдения (% полетной смены)	90	100	95	Более 75 ¹	«более 85»	3.3
2	Плотность сигналов (световых, звуковых, тактильных) и сообщений (за 1 час работы в течение полетной смены, количество)	5100	8400	4500	Более 300 ^{1, 2}	«более 1000»	3.3
3	Число производственных объектов одновременного наблюдения (за полетную смену)	25	41	36	Более 25 ^{1, 2}	«более 35»	3.3
4	Наблюдение за экранами мониторов (часов за полетную смену)	4,1	6,2	6,1	Более 4/6 ¹	«более 8»	3.2
5	Монотонность Время пассивного наблюдения за ходом процесса (% полетной смены)	0	7	6	Более 90 ¹	«более 95»	2
6	Информационные нагрузки Увеличение времени фиксации взгляда на приборе (в %)	5	20	15	-	«более 35» (н.п. ³)	3.2
7	Частота сменяемости изображения/значения на экране (раз/мин)	5	45	30	-	«более 30» (н.п. ³)	3.2
8	Объем информационных потоков в единицу времени (бит/с)	5	40	25	-	«более 100» (н.п. ³)	3.2
9	Интеллектуальные нагрузки Количество многофункциональных приборов (более 10 бит/с)	4	4	4	-	«более 8» (н.п. ³)	3.1
10	Эмоциональные нагрузки Стресс-факторы трудовой деятельности: ошибка в управлении, сбой алгоритма действий, взлёты-посадки в непредсказуемых условиях (количество в смену)	0	20	17	-	«более 20» (н.п. ³)	3.2

¹ Руководство Р 2.2.2006-05 [235] ; ² Методика проведения специальной оценки условий труда [170]; ³ н.п. – новый показатель

Таким образом, из 10 представленных в таблице 7.5 показателей НТ, в том числе, разработанных и оцененных впервые, 3 относились к классу 3.3, 5 – к классу 3.2, 1 – к классу 3.1, 1 – к допустимому классу. Это позволяет труд пилота по показателям НТ при полете на авиационных тренажерах, в условиях, приближенных к реальным, отнести к классу 3.3 [96].

7.5. Новая концепция оценки напряженности труда пилотов

Новая концепция оценки НТ пилотов основывается на следующих положениях.

Слагаемыми НТ пилотов являются не только высокие сенсорные, информационные, эмоциональные и интеллектуальные нагрузки, но и сопутствующие факторы-синергисты условий труда - шум, вибрация, микроклимат, световая среда, неионизирующие и ионизирующие излучения, физическая тяжесть труда, специфические факторы летной нагрузки, рассмотренные в разделе 7.1. Это предъявляет повышенные требования к регламентации, контролю и профилактике неблагоприятного действия всех факторов производственной среды и трудового процесса пилотов, в целях предупреждения рисков негативных последствий чрезмерной напряженности труда – повышения числа ошибок, снижения работоспособности, бдительности, и безопасности полетов.

Концепция НТ предполагает применение новых методов оценки НТ по гигиеническим показателям:

- прямой метод оценки сенсорных нагрузок (по количеству и плотности входящих сигналов и сообщений) при проведении хронометражных исследований по РЛЭ в условиях моделируемого полета на авиационных тренажерах,

- объективный метод измерения и оценки интенсивности сенсорных, информационных и интеллектуальных нагрузок на основании результатов мультимодального анализа движения глаз,

- метод расчета информационной нагрузки по объему входящих и воспринимаемых сигналов с учетом количества и сложности элементов «зон внимания» при выполнении моделируемого полета,

- метод расчета индивидуальных летных нагрузок по показателям напряженности труда и его ранжирование по степени риска развития утомления.

Концепция НТ предполагает применение комплекса методов по оценке показателей функционального состояния сердечно-сосудистой, ЦНС, глазодвигательной деятельности):

- метод оценки влияния летных нагрузок по уровню интегрального показателя напряжения, саккадам и фиксациям в условиях моделируемого полета на авиационных тренажерах;

- метод выявления воздействия интенсивности летной нагрузки по результатам определения количества и критичности ошибок, совершенных пилотом в моделируемом полете, в соответствии с нормативами оценок по программе подготовки летного состава;

- методы исследования распространенности состояния утомления в полете среди пилотов во взаимосвязи со специфическими показателями летных нагрузок по результатам ретроактивного анализа данных об авиационных происшествиях и анонимных анкетных опросов.

Концепция вводит новые критерии НТ: информационные нагрузки (увеличение времени фиксации взгляда на приборе, частота сменяемости изображения/значения на экране, объем информационных потоков в единицу времени), интеллектуальные нагрузки (количество многофункциональных приборов, эмоциональные нагрузки (стресс-факторы трудовой деятельности: ошибки в управлении, сбой алгоритма действий, взлёт-полет-посадка в непредсказуемых условиях, количество в смену), специальные критерии летной нагрузки (длительность полетной смены, количество взлетов и посадок, число

пересеченных часовых поясов, достаточность предполетного и годового отпуска и др.) [96].

Концепцией предложено обоснование по расширению границ значений показателей и степени вредности НТ (класс условий труда 3.3) для существующих и предложенных новых критериев оценки НТ, установленные на основании данных прямых хронометражных измерений, характеристик окуломоторной деятельности, ВСП, СЗМР и других в аггравированных экспериментальных условиях на авиационных тренажерах с дифференцированной летной нагрузкой.

Разработаны подходы к внедрению объективных информативных бесконтактных и контактных методов контроля состояния пилотов в условиях моделирования полета на авиационных тренажерах и в реальном полете для выявления утомления (айтрекинг, ВСП, СЗМР).

При разработке концепции оценки НТ пилотов предложен новый понятийный аппарат, включающий следующие термины с определениями:

-к *классу 3.3* (вредные условия труда 3 степени) напряженных видов работ относятся условия труда, при которых на работника действуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых, способны вызвать функциональные изменения в организме работника, которые могут привести к развитию профессиональных заболеваний средней и тяжелой степени тяжести (в том числе с потерей профессиональной трудоспособности) и/или появлению хронических заболеваний, связываемых с условиями труда, и/или связанных с высокой травмоопасностью и риском возникновения аварийных ситуаций [96];

-*информационная нагрузка* – количественная мера информационного потока, поступающего работнику в единицу времени, бит/с [96];

-*мнемосимволы* – экранные и неэкранные символы индикации и сигнализации информационно-управляющего поля кабины ВС, цель которых

предоставить быструю информацию членам экипажа о текущем состоянии функционирования систем управления и жизнеобеспечения ВС.

- *интеллектуальная нагрузка* – нагрузка, при которой трудовой процесс рассматривается с точки зрения его мыслительной деятельности. Для пилотов ВС ГА интеллектуальная нагрузка оценивается по количеству многофункциональных приборов (более 10 бит/с) в кабине ВС [96];

- *многофункциональный прибор (1)* – прибор кабины пилота, который на одном дисплее отражает данные с 5-8 каналов измерения полетной информации, изменение которой происходит со скоростью более 10 бит/с, или

- *многофункциональный прибор (2)* – прибор кабины пилота, через который проходящий информационный поток, составляет более 10 бит/с [96].

Подтверждением значимости высоких уровней НТ пилотов, являются показатели сравнения с другими профессиональными группами (транспортной сферы, др.):

- хронометражные исследования, показавшие, что количество сигналов и объем перерабатываемой информации превышает до 25 раз критерии вредных условий труда по показателю 3.2,

- данные анонимного анкетного опроса, свидетельствующие об уровнях НТ и распространенности состояния утомления среди пилотов во время полета,

- данные о закономерностях возникновения АП и связи их с утомлением пилотов в результате высокой напряженности труда, нарушений труда и отдыха,

- распространенность болезней сердечно-сосудистой системы (производственно-обусловленная патология) среди пилотов выше, чем у других работников транспортной отрасли, работающих в условиях воздействия шума и НТ, но при более низких уровнях нервно-эмоциональных нагрузок,

- темпы прироста смертности пилотов в работоспособном жизненном периоде – в возрасте 45-49 у пилотов смертность выше, чем в 40-44 года, более чем в 2 раза, а у населения – в 1,24 раза.

Эти факты обосновывают необходимость разработки системного гигиенического и медико-социального мониторинга состояния условий труда и профессионального здоровья пилотов, одним из направлений которого будет являться контроль НТ и других идентифицируемых производственных факторов летного труда (в ходе СОУТ, ПК, по предложенным интегральным показателям).

В общем виде разработанная концепция оценки НТ пилотов, ее основные структурные блоки и положения, показана на рисунке 7.5.

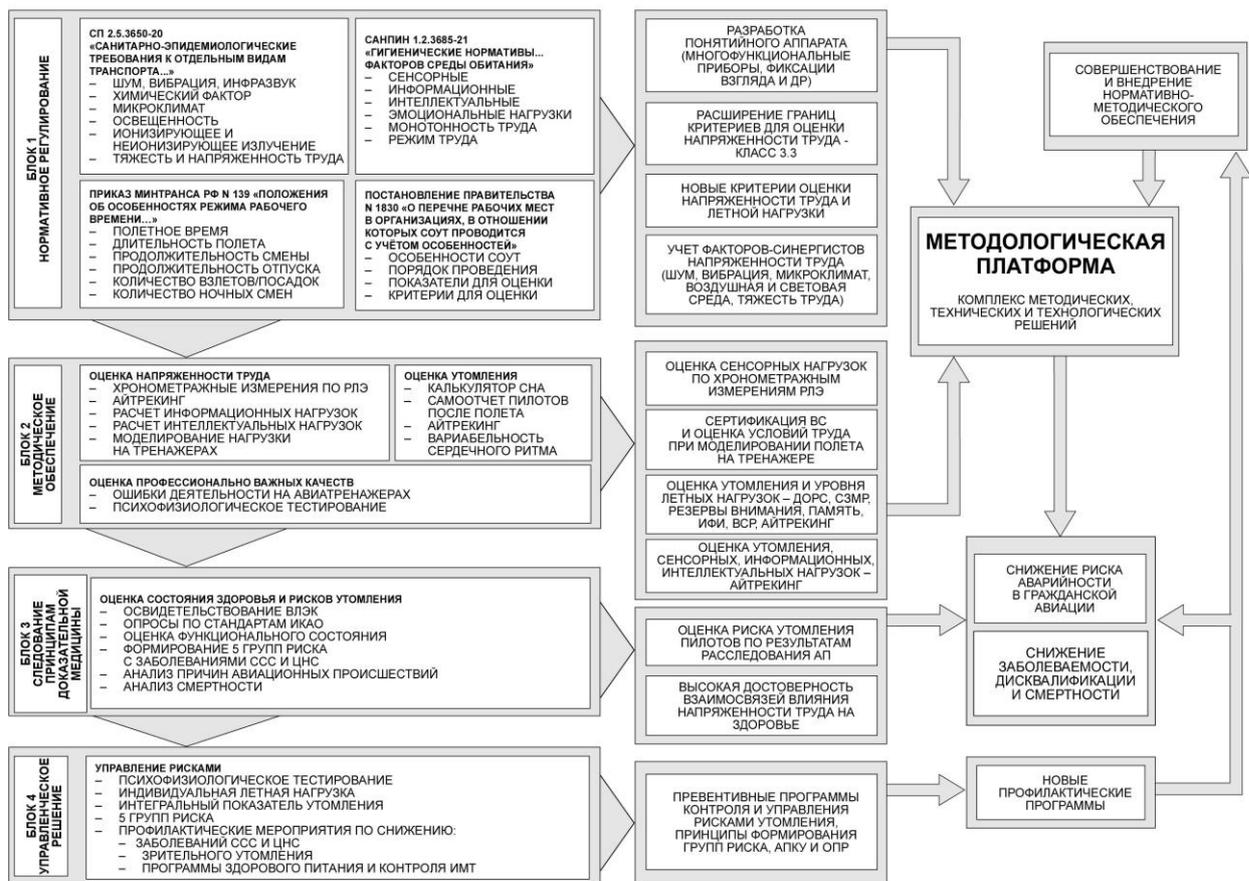


Рисунок 7.5 – Концепция оценки напряженности труда пилотов ВС ГА

На основании результатов выполненной работы были разработаны методические рекомендации, касающиеся подходов к проведению СОУТ на рабочих местах членов летных экипажей, оценки сенсорных нагрузок, проведения исследований с помощью видеокулографа, расчета интегрального показателя напряженности труда, тренировке профессионально значимых

качеств, психофизиологическое обоснование информационных показателей профессионального отбора для пилотов ВС ГА и др. Даны предложения к дополнению СП 2.5.3650-20 [255], в части касающейся условий труда пилотов, а также по пересмотру критериев Р 2.2.2006-05 и Р 2.2.1766-03 [39].

Наиболее значимым вкладом в новой концепции оценки напряженности труда пилотов являются разработка критериев для классификации условий труда по показателям напряженности трудового процесса (таблица 7.8).

Таблица 7.8 - Отнесение условий труда на рабочих местах членов экипажей ВС ГА к классу НТ [96]*

Наименование показателя	Класс (подкласс) условий труда			
	допустимый	вредный		
	2	3.1	3.2	3.3
Сенсорные нагрузки				
Длительность сосредоточенного наблюдения (в % от полетного времени)	до 50	от 51 до 75	от 76 до 85	более 85
Плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в среднем за 1 час работы в течение полетного времени (число единиц)	до 175	от 176 до 300	от 301 до 1000	более 1000
Число производственных объектов одновременного наблюдения в течение полетного времени (число единиц)	до 10	от 11 до 25	от 26 до 30	более 30
Наблюдение за экранами приборов (часы в течение полетного времени)	до 3	от 3 до 4	от 4 до 7	от 7 до 10
Нагрузка на слуховой анализатор (часы за полетную смену)	до 6	от 7 до 8	от 9 до 10	более 10
Нагрузка на голосовой аппарат (часов в нед)	до 20	до 25	до 30	более 30
Информационные нагрузки				
Снижение времени фиксации взгляда на приборе (в процентах)	до 5	от 5 до 10	от 10 до 15	более 15
Частота сменяемости изображения/значения на экране (раз/мин)	до 5	от 5 до 15	от 15 до 30	более 30
Объем информационных потоков в единицу времени (бит/с)	до 5	от 5 до 10	от 10 до 100	более 100
Интеллектуальные нагрузки				
Количество многофункциональных приборов (более 10 бит/с)	до 2	от 2 до 5	от 5 до 8	более 8
Эмоциональные нагрузки				
Стресс-факторы трудовой деятельности: ошибка в управлении, сбой алгоритма действий, взлёты-посадки в непредсказуемых условиях, (количество в смену)	до 10	до 15	до 20	более 20
Монотонность нагрузок				
Время пассивного наблюдения за ходом производственного процесса (% времени смены)	до 80	81-90	90-95	более 95

*Показатели, относящиеся к режимам труда пилотов, включены в таблицу 7.1.

В проект пересмотра руководства Р 2.2.2006-05 [235] включена новая группа критериев - показатели информационной нагрузки, а также дана количественная оценка интеллектуальным нагрузкам. В действующей редакции Руководства Р 2.2.2006-05 интеллектуальные нагрузки предлагается оценивать на основании анализа содержания и характера выполняемой работы, восприятия и оценки входящих сигналов, а также выполнения работы различной степени сложности. Однако, данные показатели не имеют числовых критериев, что затрудняет их применение в такой сложной сфере деятельности, как летный труд. В связи с этим предложены критерии, позволяющие учесть количество многофункциональных приборов в зоне информационно-управляющего поля пилота, которое может давать количественное представление об интенсивности интеллектуальной нагрузки.

Заключение по главе 7

Новые показатели и критерии классификации напряженности труда, разработанные на основании применения метода айтрекинга, анализа режимов труда/отдыха и оценки их роли в возникновении авиационных происшествий, объективно отражают степень неблагоприятного воздействия условий труда на организм пилотов, что подтверждено результатами эксперимента.

Разработанные показатели НТ имеют количественные критерии и могут быть оценены в режиме реального полета или при выполнении полетного задания на авиационных тренажерах. Однако, сам факт проведения измерений в рамках оценки напряженности труда, в реальном полете, пока маловероятен (доступ эксперта в кабину запрещен, оборудование должно быть закреплено, сертифицировано должным образом и т.п.). В связи с этим, использование поверенных и сертифицированных дистанционных средств измерений, к которым может быть отнесен айтрекер, может помочь решить эти проблемы. Результаты оценки НТ, полученные на авиационном тренажере конкретного типа ВС, также могут быть применены для всех ВС данного типа и могут быть использованы в рамках проведения СОУТ.

ГЛАВА 8. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ УТОМЛЕНИЯ ПИЛОТОВ

Формирование системы оценки и управления профессиональными рисками пилотов ВС ГА, связанными с утомлением, является одной из ключевых задач медицины труда по сохранению здоровья членов летных экипажей и обеспечению безопасности полетов.

Приоритет сохранения жизни и здоровья работников, в т.ч. с использованием инструментов управления профессиональными рисками, определены государственной политикой в сфере охраны труда (раздел X ТК РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ [186]). Для пилотов одной из составных частей этой системы является оценка рисков, связанных с утомлением, так как развитие этого состояния обусловлено комплексным потенциально опасным воздействием самой летной среды, формирующей психически сложный «образ полета», производственными факторами и общей аварийноопасностью деятельности, способствующих созданию стрессогенной обстановки у членов летных экипажей в полете, которая может привести к несчастным случаям и катастрофическим последствиям.

Предложенный в исследовании подход к проблеме оценки и предупреждения утомления предусматривает учет широкого перечня факторов, влияющих на здоровье пилота и безопасность полета и включает все составляющие «человеческого фактора», в соответствии с Doc 9683-AN/950 ИКАО [360], а кроме того - многие другие компоненты. Система управления рисками утомления (СУРУ) основана на мониторинге физического и функционального состояния организма, учете жизненно важных физиологических потребностей человека (качественные воздушная среда, вода, еда, отдых, сон), особенностей восприятия и обработки сигналов, а также ответной реакции пилота на полученную информацию, в сочетании с оценкой состояния окружающей среды (производственной и внешней среды полета,

психологического климата в экипаже и организации, внеполетных условий, включая доставку на работу, оздоровительных мероприятий, образа жизни).

Учет этих факторов позволяет значительно шире посмотреть на возможные причины развития утомления членов экипажей и включить их в современную СУРУ. В СУРУ ведущими факторами являются НТ и летная нагрузка. К числу сопутствующих относятся производственные факторы, которые оказывают прямое утомляющее действие (шум, вибрация, инфразвук, микроклимат), вызывают зрительное напряжение и утомление (освещенность), влияют на ЦНС, ухудшая когнитивные возможности пилотов (вредные вещества в воздушной среде, ионизирующие и неионизирующие излучения), определяют физическое напряжение (фиксированная рабочая поза).

В немалой степени, вероятность нарушений состояния здоровья, в том числе развитие утомления, зависит от установленных законодательством безвредных уровней воздействия - гигиенических нормативов факторов, которые закладываются конструкторами в технические характеристики ВС, используются при разработке регламентов безопасной продолжительности работ (режимов труда и отдыха), оценке степени вредности условий труда, определении мер профилактики. Для рабочих мест пилотов по некоторым факторам установлены технически достижимые нормативы. Например, по шуму ПДУ составляет 80 дБА, в отличие от рабочих мест диспетчеров, для которых при близкой степени напряженности работ, установлен ПДУ в 50 дБА. Это определяет повышенные требования к системе контроля за состоянием пилотов и управления рисками утомления.

На работоспособность и эффективность действий пилота влияют также внеполетные нагрузки, их собственные профессионально важные качества, социально-бытовые условия. Снижение рисков утомления пилотов за счет внедрения эффективной профилактики, направленной на поддержание высокой работоспособности пилотов, сохранение здоровья и повышение безопасности

полетов, осуществляется при взаимодействии всех звеньев системы, показанной на рисунке 8.1.

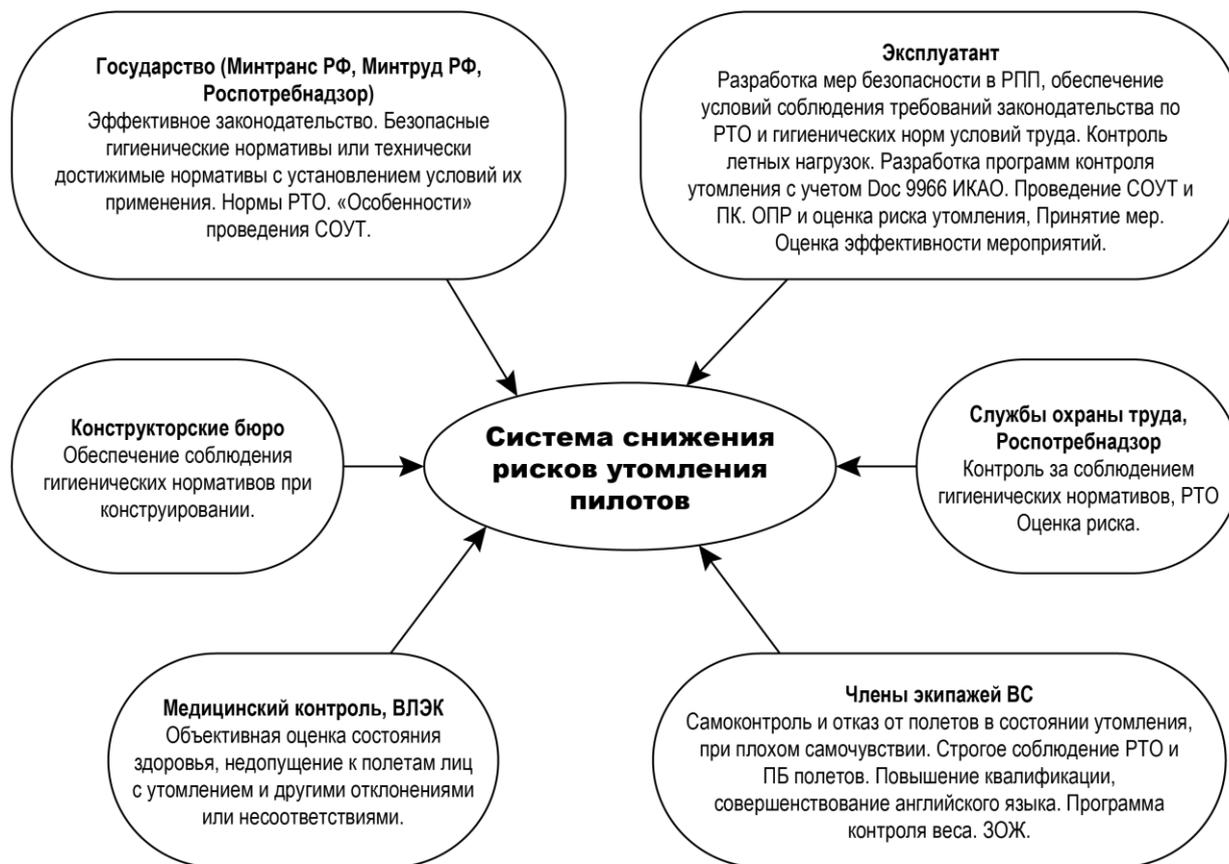


Рисунок 8.1 – Основные звенья системы управления рисками, связанными с утомлением пилотов

Анализ состояния системы позволяет выявить определенные недостатки в отдельных ее звеньях. Так, на законодательном уровне – это недостаточность гигиенического нормирования факторов условий труда членов летных экипажей (отсутствие нормативов по всем производственным факторам), устаревшие нормативы режимов труда и отдыха, отсутствие требований к проведению СОУТ с учетом особенностей летного труда. В результате достоверная информация для оценки профессионального риска и риска утомления, как основы для принятия мер по здоровьесбережению пилотов, практически полностью отсутствует.

Слабость законодательной базы порождает и отсутствие должного контроля условий труда пилотов и их информирования о наличии вредных и

опасных факторов на рабочих местах, а также оценки профессиональных рисков, что является нарушением требований статей 216.1, 216.2, 218 ТК РФ [186, 273] и статьи 8 ФЗ-426 «О специальной оценке условий труда» [189]. Для проведения СОУТ работодатель не имеет необходимых юридических оснований, что в свою очередь не позволяет ему правильно оценить профессиональные риски. Такая законодательная несогласованность не способствует решению сложной проблемы сохранения высокой работоспособности пилотов при управлении ВС.

В этих условиях применение системных мер контроля и управления рисками утомления пилотов является неременным условием повышения безопасности полетов. Особо следует отметить роль эксплуатанта и самих членов экипажей в соблюдении РТО, а также медицинского звена в выявлении состояния утомления и переутомления у пилотов, в том числе при персональном решении вопросов о продлении нормы полетного времени на основе объективных данных по результатам психологического тестирования.

На рисунке 8.2 показана схема формирования негативных эффектов чрезмерной напряженности труда у пилотов ВС ГА – от утомления до стрессового состояния разной степени выраженности, профнепригодности и дисквалификации.



Рисунок 8.2 - Схема формирования негативных эффектов чрезмерной напряженности труда у пилотов ВС ГА

Серьезность последствий длительного пребывания пилотов в состоянии утомления показывает актуальность своевременного принятия мер предупреждения неблагоприятных эффектов. Для пилотов характерны все виды профессионального стресса. Типичным является стресс, связанный с информационными перегрузками, когда пилот, выполняя работу, связанную с высокой степенью ответственности, часто в условиях неопределенности и недостатка необходимой информации, при неожиданном изменении летных параметров, не справляется с возникшей задачей и не успевает принимать важное решение в условиях острого дефицита времени. Такое состояние может развиваться остро и проявляться даже в виде ступора, чему есть примеры в базе проанализированных случаев АП. Однако чаще утомление, связанное с постоянными чрезмерными информационными нагрузками, начинаясь со снижения работоспособности и увеличения количества ошибок в деятельности, постепенно переходит в стадию переутомления, стрессового состояния и дистресса, с возможным формированием профессионального стресса. Информационный стресс неразрывно связан с нарушениями в эмоциональной, коммуникативной сфере, что наблюдалось поведенческих реакций в виде гнева, ненормативной лексики 8% случаев АП, судя по расшифровке переговоров членов летных экипажей. Профессиональный стресс имеет свои объективные признаки (стадия стресса определяется соотношением кортизола и дегидроэпиандростерона в слюне) [61], наличие которых может свидетельствовать об угрозе, как состоянию здоровья пилота, так и о рисках безопасности полетов. Высокая вероятность возникновения таких угрожающих проявлений, вплоть до психических отклонений у пилотов [79], наглядно свидетельствует о необходимости и актуальности усиления контроля и принятия мер наиболее раннего выявления начинающихся нарушений.

Для предупреждения негативных последствий интенсивных нервно-эмоциональных нагрузок разработана система контроля и управления факторами риска чрезмерной напряженности труда, в которой учтены все

факторы, прямо или опосредованно определяющие НТ и утомление пилотов ВС ГА. В обобщенном виде группы этих факторов показаны на рисунке 8.3.

КОМПЛЕКС ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ УТОМЛЕНИЯ



Рисунок 8.3 - Общие и индивидуальные факторы, прямо или опосредованно определяющие напряженность трудового процесса и утомление пилотов ВС ГА

Непрерывным условием эффективного функционирования системы управления рисками является законодательное закрепление адекватных нормативов факторов условий труда, включая напряженность трудового процесса.

На основании результатов выполненной работы, в разработанной системе управления рисками пилотов, предложено выделить следующие актуальные направления (таблица 8.1).

Конкретные предложения по реализации положений разработанной системы управления рисками утомления пилотов сводятся к следующему.

В области гигиенического нормирования производственных факторов условий труда членов летных экипажей внести изменения в действующие документы:

- дополнения в СП 2.5.3650–20 [255] (далее СП), касающиеся требований ко всем пропущенным в документе факторам условий труда:
 - микроклимат – таблицу 9 приложения 1 к СП дополнить требованиями к контролю интенсивности теплового облучения и температуры поверхностей, доступных для прикосновения пользователя;
 - состояние воздушной среды – установить требование к контролю в воздухе кабины содержания вредных веществ, указанных в АП-25 (СО, СО₂, озон, окислы азота, пары топлива, аэрозоль минеральных и синтетических масел, акролеин, фенол, формальдегид, бензол, трикрезилфосфат, диоктилсебацинат, другие идентифицируемые вещества), на соответствие требованиям к атмосферному воздуху с гигиеническими нормативами факторов среды обитания (как к видам работ и помещениям, в которых выполняются высоконапряженные работы, отсутствуют собственные источники выделения вредных веществ, а воздух, подаваемый снаружи, должен соответствовать высокому уровню качества, и учитывая незначительный объем кабины);
 - шум – установить нормативы с учетом напряженности труда, а также требования к контролю акустической нагрузки (в настоящее время требование к ее расчету законодательно не закреплено);
 - уровни вибрации, инфразвука, ультразвука, неионизирующих и ионизирующих излучений должны соответствовать гигиеническим нормативам факторов среды обитания, как это установлено для авиадиспетчеров (п.3.2.2 СП 2.5.3650-20 [255]);
 - освещение – установить требования к яркости шкал приборов;
 - усилия на рычагах управления – установить требования с учетом положений ГОСТ 21753 - 76 [68], АП-25 [4] и отмененного СанПиН 2.2.2.540-96 [241];

Таблица 8.1 - Основные направления системы управления рисками утомления членов летных экипажей (ЧЛЭ)

Звенья системы	Основные направления	Предложения
Законодательство	Обеспечение гигиенического нормирования всех производственных факторов условий труда.	Составлены конкретные предложения
	Законодательное закрепление разработанных критериев оценки напряженности труда.	
	Методическое совершенствование оценки акустической нагрузки.	
	Совершенствование регламентации режимов труда и отдыха ЧЛЭ.	
	Совершенствование эргономических характеристик рабочего места пилота	
	Обеспечение юридического основания для проведения СОУТ - принятие приказа об «Особенностях проведения СОУТ на рабочих местах членов летных экипажей».	Разработан Проект Приказа
Организационно-контрольные мероприятия работодателя	Проведение оценки и организация управления профессиональными рисками, рисками утомления.	Разработаны алгоритмы ОНР
	Контроль летных нагрузок и напряженности труда по интегральному показателю с помощью алгоритма расчета; ограничение летных нагрузок, изменение графика работы (при необходимости).	Расчет индивидуальной летной нагрузки (калькулятор)
	Недопущение полетов сверхнормативной длительности для двухчленных экипажей, организация зон отдыха и спальных мест в ВС на дальнемагистральных рейсах (соблюдение Положения [173], АП-25).	Контроль соблюдения требований НД [4, 173]
	Организация психофизиологического тестирования пилотов перед полетом для выявления признаков утомления (экспресс-методы).	Перечень методик
	Внедрение СУРУ-FRMS, контроль утомляемости в соответствии с Doc. 9966 ИКАО.	Руководство Doc. 9966 [338]
	Проведение анонимных опросов ЧЛЭ в целях выявления чрезмерной летной нагрузки, распространенности утомления, рисков микросна в полете.	Текст анкеты
Профилактика и медицинское обеспечение	Предупреждение неблагоприятных последствий зрительного напряжения и утомления в целях недопущения развития астенопии, другой патологии органа зрения.	Принципы формирования групп риска
	Программы контроля веса и организации дифференцированного питания для пилотов с разным ИМТ.	Составлены предложения, разработаны программы
	При проведении ПМО выявление признаков утомления, переутомления, стресса, заболеваний	
	Формирование групп риска хронического утомления пилотов с учетом факторов условий труда, физиологических показателей, состояния здоровья и других индивидуальных факторов риска	
	Внедрение программ здорового образа жизни (ЗОЖ).	
	Индивидуальные программы продления трудового долголетия для пилотов, входящих в группы повышенного риска, в том числе пилотов старших возрастных групп (медицинский контроль по расширенному набору критериев, принятие медико-профилактических мер, предоставление возможностей использования фитнес-технологий, санаторно-курортный отдых для восстановления здоровья).	
Информирование	Информационные программы для работодателей и членов летных экипажей по современным аспектам оценки негативного воздействия летных нагрузок, необходимости и возможностей их ограничения	Примерный перечень рассматриваемых вопросов
Ответственность членов летных экипажей	Строгое соблюдение режимов труда и отдыха. Постоянное повышение квалификации и знания английского языка. Самооценка пилотов готовности к полету, самоконтроль достаточности сна по калькулятору сна. Ведение здорового образа жизни (отказ от вредных привычек, поддержание физической формы, решение психологических проблем - при необходимости). Контроль соблюдения работодателем своих обязательств по организации безопасных условий труда.	Рекомендации для пилотов.

- эргономические требования к кабине, рабочему месту и креслам пилотов установить аналогично тому, как они определены для машинистов железнодорожного транспорта (п.4.1.1, 5.1.1 СП 2.5.3650-20 [255]);

- установить требования к визуальным характеристикам проборов информационно-управляющего поля;

- тяжесть и напряженность труда – определить необходимость контроля на соответствие гигиеническим нормативам психофизиологических производственных факторов среды обитания;

- в СанПиН 1.2.3685–21 [239] – расширить перечень нормируемых показателей напряжённости трудового процесса в соответствии с критериями, предлагаемыми разработанной концепцией (таблица 7.8) для обеспечения возможности дальнейшего контроля высоконапряженных видов работ по степени вредности и опасности;

- в Положение об РТО [173] внести изменения, исключаящие неоднозначное толкование требований, учесть положения Doc 9966 ИКАО [338], международный опыт, данные научных исследований. Предлагается включить конкретные требования к длительности (дальности) полета, ночным полетным сменам, количеству взлетов/посадок, пересечению часовых поясов и т.п. Требование п.4 о самооценке самочувствия членов экипажей сделать обязательным. Включить требование об участии медицинских специалистов, психологов в решении вопросов о сверхурочных работах.

Контроль состояния условий труда членов летных экипажей при проведении СОУТ. Для обеспечения юридического и методического основания проведения СОУТ на рабочих местах членов летных экипажей разработан проект Приказа Минтруда России «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации» [171]. Проект содержит все необходимые положения для учета специфики условий труда данной профессиональной группы. Даны основные понятия, используемые в тексте, установлены требования к экспертам и условиям проведения

исследований (реальный полет, авиационные тренажеры, справочные значения факторов по результатам сертификации и т.п.), объем исследований, порядок обработки и оформления результатов. Эффективность системы управления рисками пилотов неразрывно связана с проведением СОУТ, результаты которой используются во всех звеньях этой системы, обеспечивая объективность расчетов и выводов [96].

Организация психофизиологического тестирования пилотов перед полетом для выявления признаков утомления и психоэмоционального стресса (экспресс-методы), с использованием методов функциональной оценки ЦНС, ССС, глазодвигательной активности, ИФИ, ортостатической пробы, пробы с задержкой дыхания или других - по выбору - наиболее реализуемых в конкретных условиях.

Профилактика зрительного утомления. От состояния зрительного анализатора пилота напрямую зависит безопасность полетов. При этом зрительное напряжение и утомление зрения является одной из характерных особенностей их труда. Использование комплекса всех существующих мер профилактики зрительного утомления (включая организацию эффективного освещения рабочих поверхностей - как при слепящем действии солнечных лучей, так и в ночное время, своевременное выявление начинающейся астенопии, внедрение «Программы здорового зрения» и др.), является важнейшей составляющей в системе управления профессиональными рисками пилотов. «Программа здорового зрения» оформляется с учетом рекомендаций к организации режимов труда и отдыха работников зрительно-напряженного труда в МР 2.2.9.2311—07 [217] и специфики летного труда.

Индивидуальные факторы риска - возраст. К числу факторов, способствующих более раннему развитию утомления, относится возраст пилотов. Возраст до 30 лет является фактором риска, связанным с недостаточным опытом и уровнем квалификации пилота, в то время, как возраст после 45-50 лет может быть отнесен к умеренным факторам риска, что обусловлено возрастной усталостью. Однако, благодаря накопленному опыту,

осторожности, пилоты в возрасте старше 50-55 лет продолжают с успехом безаварийно работать. Поэтому, значимость поддержки пилотов старших возрастных групп очень велика, особенно, учитывая дефицит квалифицированных кадров в летных профессиях в последнее время в нашей стране. Мерами профилактики возрастного утомления являются повышение квалификации, регулярная тренировка профессионально значимых качеств, физическая подготовка, а также весь арсенал мер, применяемый для продления трудового долголетия - самоконтроль, ЗОЖ, аутотренинг.

Программы контроля питания и веса. К индивидуальным факторам риска более раннего развития утомления относится также избыточная масса тела. Выявленная значимость этого фактора при оценке показателей утомления в эксперименте, имеющиеся данные о снижении когнитивных возможностей работников с ожирением разной степени выраженности, высокие показатели распространенности болезней органов пищеварения среди пилотов – все эти факты свидетельствуют о необходимости внедрения программ контроля питания для членов летных экипажей, как для работающих в условиях высоких нервно-эмоциональных нагрузок при воздействии шума, длительное время пребывающих в малоподвижной позе сидя [227]. Качественное питание является одним из условий, обеспечивающих высокую продуктивность умственного труда и предупреждение раннего утомления [248]. В связи с этим, для пилотов должны быть разработаны специальные комплексы питания (в том числе диетического), дифференцированные с учетом индивидуальных особенностей их здоровья (заболевания органов пищеварения, атеросклероз, избыточный вес и т.п.), а также условий выполняемых полетов. В число мер профилактики входит также борьба с табакокурением.

Анонимные опросы ЧЛЭ в целях выявления чрезмерной летной нагрузки и самооценки пилотами степени своего утомления, являются ценным источником первичной информации о распространенности утомления для оценки связанных рисков [405]. Опросник, разработанный для проведения онлайн анкетного опроса, может быть использован авиакомпаниями для оценки

степени напряженности труда, обнаружения признаков утомления, как на персональном уровне, так и в группах пилотов, а также для выявления рисков безопасности полетов и принятия мер.

Медицинское обеспечение, касающееся выявления негативных эффектов чрезмерной напряженности труда. В соответствии МКБ-10 [158], к числу факторов, представляющих потенциальную опасность для здоровья, связанных с психосоциальными обстоятельствами относятся проблемы, связанные с работой, в частности «напряженное рабочее расписание» (код МКБ Z56.3). Это позволяет отнести напряженность труда (в том числе и пилотов ВС ГА) к факторам трудового процесса, для которых существует законодательное основание для возникновения опасных для здоровья состояний. При проведении ПМО членов летных экипажей внимание профпатологов должно быть обращено на эти аспекты оценки состояния их здоровья. Кроме того, следует учитывать данные о повышенном риске заболеваемости болезнями ССС, костно-мышечной системы, глаза и придаточного аппарата, а также риске смерти пилотов в возрастной группе 35-39 лет, превышающем среднепопуляционные показатели. Программы профилактики должны быть направлены на снижение и устранение рисков указанных заболеваний и преждевременной смерти пилотов [96].

Информационные программы по современным аспектам оценки негативного воздействия летных нагрузок, необходимости и возможностей их ограничения могут представлять интерес и быть полезными для работодателей и членов летных экипажей. Выполненная работа позволила получить обширный и разнообразный материал по влиянию производственных факторов и, в первую очередь напряженности труда, на функциональное состояние пилотов, рисках нарушений РТО и последствиях развития утомления во взаимосвязи с безопасностью полетов. Данные физиологических исследований наглядно демонстрируют динамику ухудшения когнитивных возможностей человека при длительном психо-эмоциональном напряжении (замедление реакций, ошибки деятельности в управлении ВС и др.). Статистика АП, показатели

заболеваемости пилотов подтверждают результаты экспериментальных исследований. Использование полученных сведений для широкого информирования пилотов может стать действенной мерой повышения ответственности за состояние перед полетом.

Индивидуальная летная нагрузка. Оценка индивидуальных летных нагрузок может проводиться с использованием алгоритма «калькулятора индивидуальных летных нагрузок», подробно рассмотренного в разделе 7. «Калькулятор» позволяет доступным для работодателя способом, получить одночисловую оценку интенсивности деятельности членов летных экипажей, на основании учета специфических факторов летного труда и особенностей трудового процесса пилотов, отличающих его от прочих видов работ. Это необходимо для незамедлительного принятия мер, в отношении лиц, относящихся к наиболее высоким группам риска и регулирования графиков полетов. Особо высокую профилактическую эффективность имеет соблюдение РТО и равномерность распределения нагрузок в течение каждого контролируемого отрезка времени (рабочего дня, недели, месяца, года), что может быть оценено при использовании калькулятора. Обязательными требованиями являются недопущение полетов сверхнормативной длительности для двухчленных экипажей.

Система управления рисками утомления/ автоматизированная программа контроля утомления (СУРУ/АПКУ). Накопленный объем информации, касающейся оценки взаимосвязей между факторами производственной среды, интенсивностью летных нагрузок и возможностью развития утомления у пилотов, позволил разработать систему управления рисками утомления пилотов, оформленную в виде автоматизированной программы контроля утомления (АПКУ) для расчета его интегрального показателя (рисунок 8.4).



Рисунок 8.4 - Система управления рисками утомления пилотов, реализованная в автоматизированной программе контроля утомления (АПКУ)

В программе учитываются данные по максимально возможному количеству факторов, которые могут иметь значение в развитии утомления пилотов. Перечень факторов риска развития утомления разработан на основании обобщения литературных данных и результатов собственных исследований, в том числе полученных при расследовании авиапроисшествий, проведении анкетных опросов пилотов, с учетом Дос 9683 и Дос 9966 ИКАО [338, 344]. Обзор выявленных факторов риска показывает многогранность закономерностей формирования утомления летных экипажей, а соответственно, сложность проблемы оценки и прогнозирования вероятности его развития.

Использование автоматизированной программы осуществляется работодателем на основании широкого сбора данных, в том числе из отделов нормирования и охраны труда, результатов контроля текущих летных нагрузок и условий полета, данных самоотчетов пилотов, сведений о состоянии их здоровья, включая результаты медицинского предполетного осмотра и т.п.

Система, схематично представленная на рисунке 8.4, представляет собой многоуровневую программу, открытую для внесения данных в текущем

режиме. Для расчета интегрального показателя риска утомления, в программу заносятся данные по более, чем 50 факторам, касающимся индивидуальных, профессиографических показателей, некоторых факторов условий труда, состава экипажа и его квалификационных характеристик, соблюдения РТО, в том числе сведений о предполетном отдыхе и достаточности сна предшествующего полету, летной и внеполетной нагрузки, состояния здоровья и социально-экономического статуса членов летных экипажей и др. В качестве доказательной базы для оценки выраженности утомления предложено использование ряда наиболее простых физиологических критериев, информативность которых была подтверждена в ходе проведенных экспериментальных исследований (ЧП, ИФИ, АП, СЗМР, ВСР, айтрекинг) и других известных методов (ортостатическая проба, проба с задержкой дыхания, других).

Особым разделом АПКУ является учет напряженности выполненных работ, в том числе сенсорных, информационных нагрузок которым подвергались пилоты во время полетов. Их оценка проводится на основании хронометражных исследований руководств по летной эксплуатации воздушных судов. Количественные характеристики нагрузок вносятся в АПКУ и учитываются при разработке индивидуальных РТО [95].

Информация об индивидуальной летной нагрузке, накопленная в АПКУ, может быть использована при решении вопросов о возможности продления нормы полетного времени для каждого пилота. В случаях, когда будет обнаружено, что пилот уже выработал регламентируемое полетное время за контролируемый период времени, в соответствии с Положением [173], или имеет другие показатели, значения которых превышают приемлемый риск, должны быть приняты необходимые меры для сохранения его здоровья и обеспечения безопасности полетов [95].

В состав АПКУ в качестве составного блока может быть включена любая из разработанных к настоящему времени биоматематических моделей, рекомендованных к применению Руководством ИКАО, Doc 9966 [338] для

оценки рисков утомления пилотов на основе данных о дефиците сна, нарушении циркадных ритмов и других показателей.

В АПКУ могут быть также использованы результаты расчета дозы радиации, получаемой пилотами при полетах на реактивных самолетах с использованием калькулятора, предложенного в [225].

Для функционирования программы определены источники и способы получения первичной информации для внесения в компьютерные входные формы и разработан ее макет.

Общий перечень факторов, учитываемых в АПКУ, показан в таблице 8.2.

Таблица 8.2 - Перечень факторов, учитываемых в автоматизированной программе контроля утомления членов летных экипажей

Инд.номер Таб.номер Дата		Автоматизированная программа контроля утомления членов летных экипажей			
«Паспортные данные»	Дата рождения	Внешние условия полета		Климатическая зона	
	Пол	Метеоусловия полета		простые	
	Возраст			сложные	
Профессиографические данные	Стаж			минимум	
	Профессия пилот	Нештатные ситуации		количество	
	штурман			тяжесть	
	бортмеханик	Конфликтные ситуации в экипаже, число за полет			
	Должность КВС	Работы на земле	Тренажер		
	2П			Обучение	
	Квалификация линейный коммерческий мастерство (оценка на КТС)	Напряженность труда (расчетные характеристики, исходя из типа ВС – хронометраж по РЛЭ с учетом зоны интенсивности воздушного движения)		Длительность наблюдения (% полетного времени)	
Уровень владения английским языком по ИКАО (4, 5, 6)			Плотность сигналов за 1 ч работы за полетную смену, ед.		
Метеоминимум Cat I, Cat II, Cat III			Число объектов наблюдения за 1 ч работы		
Тип ВС отечественные иностранные пассажировместимость			Наблюдение за экранами ВДТ за полетную смену, ч		
Время поездки на работу и с работы	Время в пути до работы, ч			Объем информационных потоков, бит/с	
	Время в пути с работы, ч			К-во multifunctional приборов (> 10 бит/с)	
Производственные факторы	Шум, дБА			Нагрузка на слуховой анализатор, ч	
	Акустическая нагрузка, дБА			Нагрузка на голосовой аппарат, ч	
	Микроклимат	Физические характеристики		Рост, см	
Высота полета, м	Вес, кг				
Летная нагрузка	налет, ч	за полетную смену за последние 3-суток за последнюю неделю за последний месяц за последний год общий	ИМТ		
			Физиологические показатели		
			АД с, мм рт.с.		
			АД д, мм рт.с.		
			ЧП (частота пульса), уд.в мин		

Продолжение таблицы 8.2

	длительность рабочей смены, (общее время работы), ч	за рабочую смену за последние 3-суток за последнюю неделю за последний месяц за последний год			ЧД (частота дыхания), в мин
	количество взлетов/ посадок	за полетную смену за последние 3-суток за последнюю неделю за последний месяц			Задержка дыхания, с
	сменность	нерегулярная сменность с ночной сменой			Ортоstaticкая проба, с
	количество полетов в ночное время	за полетную смену за последние 3-суток за последнюю неделю за последний месяц за последний год	Количество и качество сна		Температура тела, °С
	количество пересеченных часовых поясов	за полетную смену за последние 3-суток за последнюю неделю за последний месяц за последний год			Макробиоритмы (калькулятор)
Задержка рейса	Соответствие полета запланированному		Питание		Адаптационный потенциал (АП), баллы
Зона воздушного движения	интенсивность и сложность				Индекс функциональных изменений (ИФИ), баллы
Состав экипажа, закреплённость	Количество членов экипажа		Вредные привычки		ВСП, ПАРС, айтрекинг
	Полет в составе усиленного экипажа				СЗМР, тесты на внимание
Соблюдение РТО	Полет в качестве пассажира		Социально-экономический статус		КГР, количество КГР за 5 минут
	предполетный отдых, текущее значение (% от нормы)				Биологический возраст
	годовой отпуск (% от нормы)				Тест Спилберга, мотивация
	Место предполетного отдыха дома, гостиница, санаторий				Калькулятор сна
					Актиграф
					Анкетный опрос отчеты о микросоне
					Хронотип личности, тест Хорна-Остберга «жаворонок», «голубь», «сова»
					Программа питания
			Группа здоровья		Здоров
					хронические заболевания
					диспансерное наблюдение
					профессиональные заболевания
					Курение
					алкоголь факты употребления на рабочем месте
					Другое
					Авиационные происшествия, инциденты в истории

Значения факторов риска и физиологических показателей соотнесены с выраженностью возможного утомления, уровни которого оценены в баллах от 1 до 3 для групп, в соответствии с разработанными принципами их группировки. После сбора, группировки и кодирования данных, проводится суммарная балльная оценка степени выраженности факторов риска по группам и общая интегральная балльная оценка по всему расчету с использованием Web-сервиса.

Матрица оценки рисков утомления пилотов по результатам расчетов в АПКУ показана в таблице 8.3.

Таблица 8.3 – Оценка рисков утомления пилотов по результатам расчетов в АПКУ

Балльная оценка	Группы риска утомления	Описание условий
До 50	Малозначимый риск	Соблюдены нормативы всех факторов, а многие факторы находятся на уровнях значительно ниже нормативных критериев или отсутствуют. Физиологические критерии и показатели состояния здоровья в норме.
50-99	Малый риск	Соблюдены нормативы факторов, но некоторые факторы находятся на пограничных уровнях. Выявляется низкая степень утомления, появляются отдельные факторы риска.
100-149	Средний риск	Соблюдены нормативы не всех факторов, требуется контроль и коррективы РТО, чтобы обеспечить соответствие нормативам. Отклонения физиологических показателей от нормы, наличие заболевания, другие риски.
150-199	Высокий риск	Нормативы многих факторов не соблюдены, что обусловлено характером перелетов, сверхурочными работами. Физиологические показатели на пределе компенсации, выявляется несколько хронических заболеваний, другие факторы высокого риска. Требуется разработка срочных мер профилактики.
200 и более	Очень высокий риск	В целях недопущения нарушения трудового законодательства, работы следует приостановить, выявить причины очень высокого риска, принять меры профилактики и восстановления работоспособности пилота.

Профессиональные риски пилотов. К числу факторов профессиональных рисков членов летных экипажей могут быть отнесены все факторы производственной среды и трудового процесса, летные нагрузки, специфические климато-географические факторы и условия полета, воздействие которых может приводить к развитию умственного и физического утомления и переутомления, других функциональных нарушений, а также профессиональным заболеваниям и болезням, связанных с работой (болезни системы кровообращения, костно-мышечной и мочеполовой системы, пищеварения, глаз и придаточного аппарата, злокачественные новообразования – меланома и другие заболевания), а также десинхронозу, нарушениям сна и циркадных ритмов. В результате гиподинамии, нездорового питания, частых стрессовых состояний возникает риск нарушений обмена веществ, развития раннего атеросклероза, появление избыточного веса, нарушение адаптационной способности организма, болезни спины и другие расстройства. Возможен также

риск преждевременной смерти по причине остро развившегося нарушения состояния здоровья, травма, инвалидность, смерть в результате несчастного случая, аварии, катастрофы. Кроме того, в результате ошибок пилотов может быть нанесен материальный ущерб авиакомпании, в связи с повреждением ВС и грузов, могут пострадать или погибнуть пассажиры. На предотвращение этих рисков направлена разработанная система.

Оценка профессионального риска является важным направлением общей системы управления рисками пилотов, которая должна осуществляться отделами охраны труда предприятий, в соответствии с требованиями статьи 218 ТК РФ [273] с учетом методических документов, разработанных Минтрудом РФ и других (Приказы Минтруда РФ от 31.01.2022 N 36 и от 28.12.2021 N 926; ГОСТ Р 12.0.010-2009, ГОСТ 12.0.230.4-2018, ГОСТ 12.0.230.5-2018; Руководство Р 2.2.1766-03 [60, 63, 64, 73, 176, 177, 234], начиная с 01 марта 2022 г. Наиболее подходящим для оценки профессионального риска пилотов является рекомендуемый метод Файн-Кинни, позволяющий рассчитать индекс профессионального риска (ИПР) и квалифицировать его в баллах, как «малый», возможно приемлемый (0-20), умеренный (20-70), значительный (70-200), высокий (200-400) и сверхвысокий, недопустимый риск, требующий немедленного прекращения деятельности (более 400). При этом предельно-приемлемым (неснижаемым) для деятельности лиц летных профессий является уровень в 50 баллов.

Несмотря на то, что в настоящее время, данные по СОУТ для каждого рабочего места пилота отсутствуют, исходя из сведений, полученных в ходе настоящего исследования, других источников информации (данные сертификационных испытаний ВС, СГХ условий труда пилотов разных ВС и др.), ориентировочная оценка профессионального риска авиапредприятиями может уже проводиться.

Таким образом, в системе управления профессиональными рисками пилотов, включены три основных компонента: оценка индивидуальной летной нагрузки, АПКУ, профессиональный риск. Для наглядности алгоритмы оценки

показателей риска пилотов и их взаимодействие, показаны на рисунке 8.5. Каждая из ветвей системы выполняет свои задачи и может функционировать самостоятельно.

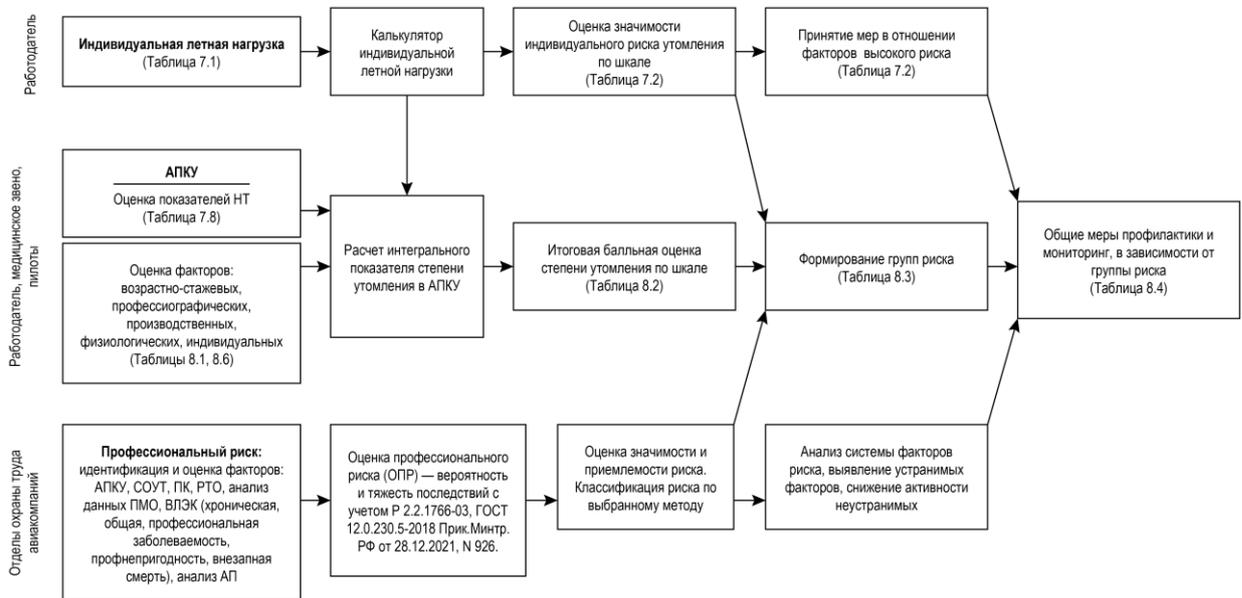


Рисунок 8.5 - Алгоритмы оценки показателей риска пилотов и принятия мер

Формирование групп риска хронического утомления проводится на основании учета оценки факторов условий труда по данным СОУТ, физиологических показателей, состояния здоровья и других индивидуальных факторов риска. Пилоты могут быть разделены на 5 групп по степени риска. Критерии для формирования групп профессионального риска пилотов ВС ГА по условиям труда, акустической и летным нагрузкам, результатам оценки риска утомления в рамках АПКУ и профессионального риска, физиологическим и медицинским критериям, приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 – Критерии формирования групп профессионального риска пилотов ВС ГА

Факторы риска развития утомления	1 группа Малозначимый риск	2 группа Малый риск	3 группа Средний риск	4 группа Высокий риск	5 группа Очень высокий риск
Условия труда, класс вредности в соответствии с СОУТ	0	2-3.1	3.2	3.3-3.4	4
Акустическая нагрузка (за стаж), дБА	-	Менее 80	До 85	До 90	Более 90
Летные нагрузки (по калькулятору), баллы	До 20	20-29	30-39	40-49	50 и более
Интегральный показатель риска утомления по АПКУ, баллы	До 50	50-99	100-149	150-199	200 и более
Индекс профессионального риска по методу Файн-Кинни, баллы	До 20	20-70	70-200	200-400	Более 400
Возраст, годы	-	до 29	45-54	55-65	-
Данные тестирования по опроснику ДОРС - значения индексов - оценка степени выраженности состояния утомления (стресса)	-	ИУ, ИМ - до 15 ИП, ИС - до 16 низкая	ИУ, ИМ – от 16 до 25 ИП, ИС - от 17 до 24 умеренная	ИУ - от 26 до 31 ИМ - от 26 до 30 ИП, ИС - от 25 до 30 выраженная	ИУ - от 32 и выше ИМ, ИП, ИС - от 31 и выше высокая
Психофизиологическое тестирование: - ИФИ, отн. ед. - % увеличения фиксаций - % уменьшения RMSSD	Изменений нет	ИФИ < 2,59 до 4,8 до 9,2	2,6<ИФИ<3,09 от 4,8 до 6,4 от 9,2 до 16,2	3,1<ИФИ<3,49 от 6,4 до 7,8 от 16,2 до 36,4	ИФИ>3,5 более 7,8 более 36,4
ИМТ, отн. ед.	-	25–30 Избыточный вес	30–35 Ожирение 1 степени	>35 Ожирение 2 степени	-
Наличие функционального расстройства органа зрения: -оценка астенопии, стадии, баллы	-	-	Компенсация менее 3	Субкомпенсация 4-6	Декомпенсация Более 7
Наличие хронических заболеваний	-	1 общее заболевание	несколько общих или маркерное заболевание	одно ПЗ, одно или несколько общих или маркерных заболеваний	несколько ПЗ, одно или несколько общих или маркерных заболеваний

При формировании групп риска особая роль отводится медицинскому звену. Помимо данных о состоянии здоровья каждого члена экипажа, медицинские специалисты, психологи должны представлять сведения о результатах психологического тестирования пилотов, способных быстро проверить состояние работоспособности каждого пилота и сравнить их с его собственными «эталонными», фоновыми значениями, формируя индивидуальный цифровой профиль пилота.

Рекомендации по ограничению риска утомления. Перечень рекомендаций по предупреждению развития хронического утомления и снижения профессиональных рисков показан в таблице 8.5.

Меры контроля. Для предотвращения развития утомления членов экипажей в полете должны, по возможности, максимально контролироваться и соблюдаться гигиенические нормативы производственных факторов на рабочих местах (микроклимата, освещенности, эргономики, по возможности - шума), применяться высококачественные авиагарнитуры. Для предотвращения микросна в полете должен осуществляться само- и взаимоконтроль, обеспечение достаточной освещенности, исключение кислородного голодания, специальный рацион питания, при возможности – контролируемый сон (наподобие браслетов «Антисон»), оценка дистанционной термометрии (понижения температуры тела может свидетельствовать об утомлении, согласно данным Doc 9966 ИКАО) [95].

Во время полета должен осуществляться контроль состояния членов экипажей, их степени утомления. В этих целях могут быть использованы методы айтрекинга, методы психофизиологического тестирования.

Таким образом, предложенная программа контроля утомления является реальным инструментом снижения распространенности утомления пилотов.

Таблица 8.5 - Рекомендации по ограничению риска утомления

Перечень мероприятий	Группа 1 малозначимый риск	Группа 2 малый риск	3 группа Средний риск	4 группа Высокий риск	5 группа Очень высокий риск
Мероприятия работодателя	Рациональная организация труда и рабочего места, РТО и контроль их соблюдения, контроль акустической нагрузки, контроль летных нагрузок и равномерное их распределение, СУРУ (FRMS) Doc.9966 ИКАО; ОПР, УПР, СОУТ, МО, информирование; психо-физиологическое тестирование, организация программ «Здоровое зрение», «Контроль питания и веса», фитнес-программы.				Работник не подходит для выполнения задач, которые могут представлять угрозу безопасности полета. Прекращение полетов до снижения риска. Анализ источников риска; устранение, снижение уровня риска, повторная оценка
	Ограничение летных нагрузок, изменение графика работы, сокращение числа ночных и дальних полетов, количества взлетов/посадок. Увеличение числа членов экипажа. Принятие мер для недопущения повышения группы риска. Контроль утомления, достаточности сна, увеличение продолжительности предполетного отдыха. Соблюдение годового отпуска		Допуск к сверхурочным работам по согласованию с психологом	Недопущение сверхурочных и особо ответственных работ. Изменение маршрутов полетов, состава экипажа.	
Мероприятия работника	Соблюдение РТО. Повышение квалификации, уровня владения английским языком, курсы взаимодействия в экипаже. Перед полетом самооценка готовности к полету. ЗОЖ, отказ от вредных привычек, адекватная физическая активность, программы контроля веса (при необходимости) и зрения, обучение навыкам саморегуляции. Выполнение медицинских рекомендаций.				
Медицинские мероприятия	Предполетный медицинский контроль, психологическое наблюдение и консультирование. ПМО, нацеленные на выявление признаков общего, умственного и зрительного утомления, а также заболеваний, связь которых с напряженностью труда (код МКБ Z56.3) и с работой пилотов выявлена (ССЗ, атеросклероз, остеохондроз, др. болезни спины, костно-мышечной и мочеполовой систем, нарушения обмена, избыточный вес, др. болезни пищеварения, меланома, профессиональные заболевания).				Лечение хронических заболеваний, реабилитация

Процесс управления рисками утомления включает поиск и воздействие на опасные факторы риска (в том числе системные опасные факторы) прежде, чем они приведут к авиационному событию. В этих целях необходимым является использование методов объективного контроля (хронометраж, ограничение действия устранимых производственных факторов по результатам СОУТ и ПК, психофизиологические методы, айтрекинг, программа контроля летных нагрузок, автоматизированная программа оценки и управления рисками утомления, нарушения РТО, данные медико-психологических обследований, учет индивидуальных факторов риска - вес, возраст, др.). Использование системы FRMS, ретроактивный анализ причин и обстоятельств АП, а также самоконтроль пилотов (регулярные опросы по оценке своего состояния, выявление микросна, замеченного у себя или коллеги, дневники сна) являются факторами, повышающими надежность оценки уровня риска. При выявлении факторов риска, поддающихся устранению, проводятся корректирующие профилактические действия, и осуществляется мониторинг выполнения мероприятий с оценкой эффективности их выполнения.

Заключение по главе 8

Разработана расширенная система управления рисками утомления пилотов на основе автоматизированной программы сбора и обработки данных, в которой ключевыми звеньями являются оценка и ограничение сенсорных и летных нагрузок, оценка рисков утомления по интегральному показателю, принципы формирования 5 групп риска и дифференцированные меры профилактики, применение медико-профилактических технологий тренировки профессионально-значимых качеств и учет особенностей проведения СОУТ на рабочих местах. Особое внимание обращается на выявление факторов деятельности и состояния пилотов, которые могут стать предпосылками к возникновению АП или инцидента (нарушения РТО, состояние острого или хронического утомления и др.). Работа системы обеспечивается действиями работодателя, специалистов по охране труда, сторонних организаций, выполняющих СОУТ, работников, медицинского персонала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За последние несколько десятилетий произошло коренное переоснащение парка воздушных судов гражданской авиации. На смену воздушным судам, сконструированным и выпущенным в советские времена (более 40 лет назад), пришли российские и иностранные ВС нового и новейшего поколений (типа Sukhoj Superjet 100, Airbus, Boeing), отличающиеся высоким уровнем компьютеризации управления, повышенной комфортностью рабочего места, сниженными шумовыми характеристиками. Конструктивное совершенствование ВС, с одной стороны сделало труд пилотов более автоматизированным, с другой – привело к его интенсификации, интеллектуализации и повышению напряженности труда. Авиационная техника стала более надежной, но от человека-оператора требуется высокий уровень мастерства и состояние психофизиологических качеств на уровне предела человеческих возможностей, особенно при возникновении нештатных ситуаций. При этом из-за большой пассажировместимости ВС, «цена» ошибки пилотов многократно возрастает.

Существующие подходы к оценке напряженности труда в рамках специальной оценке условий труда по ограниченному числу показателей (4 вместо 23 использовавшихся ранее), отсутствие в основном законодательном документе (СП 2.5.3650-20) требований ко всем производственным факторам (регламентировано только 3 фактора – шум, микроклимат, световая среда), не позволяют дать полноценную характеристику условиям труда пилотов, что можно проследить по данным литературы. Обзор современных источников показал недостаток сведений об изменившихся условиях труда пилотов в современных ВС. Единственная работа, в которой дана подробная количественная санитарно-гигиеническая характеристика вредности, опасности, напряженности и тяжести труда членов экипажей ВС ГА (Измеров, 1997), на которую имеются ссылки во многих источниках, была подготовлена более 25 лет назад. Не все особенности условий труда пилотов, изложенные в

ней, соответствуют настоящим реалиям, главное, – отсутствует информация о характеристиках летного труда на современных ВС. В то же время, выявляются тенденции к ухудшению показателей состояния здоровья пилотов, высокие уровни аварийности в гражданской авиации, связанные с человеческим фактором, что обуславливает актуальность поиска причин сложившейся ситуации и решений по ее исправлению.

Гигиеническая оценка современных условий труда пилотов представляет большие сложности, в связи с невозможностью проведения измерений производственных факторов непосредственно на рабочих местах в условиях полетов. Но информацию можно получить по справочным значениям или данным сертификационных испытаний ВС (например по шуму, вибрации, освещенности, содержанию вредных веществ в воздушной среде), по данным анализа санитарно-гигиенических характеристик условий труда пилотов с подозрением на профессиональное заболевание (фактическим измерениям производственных факторов по проводившимся ранее результатам аттестации рабочих мест), расчетным путем (например, ионизирующее излучение может быть рассчитано на основании данных о времени суток, выполняемом рейсе, высоты и длительности полета, состоянии солнечной активности), а также по результатам измерений, выполненных разными авторами, в том числе зарубежными (например, по содержанию озона, оксида и диоксида углерода в кабине ВС, уровням УФИ). Показатели физической тяжести и напряженности также могут быть ориентировочно оценены по длительности выполнения работ в течение смены (время наблюдения за экранами ВДТ, рабочее время) и другим показателям летной нагрузки. Пока не представляется возможным оценить уровни ЭМИ, воздействующих на пилотов во время полета, поскольку публикаций по уровням фактора обнаружить не удалось. Однако потенциальная значимость ЭМП, как гигиенического фактора в условиях труда пилотов очевидна, в связи с насыщенностью кабины радиоизлучающей аппаратурой (оборудование навигации, спутниковой связи, для посадки и

управления воздушным движением, метеонавигации, радиомаячные и радиоконпасные системы, антенно-фидерные устройства и др.).

Проведенный анализ данных разных источников, результатов хронометражных исследований, позволили составить гигиеническую характеристику условий труда пилотов при управлении современными ВС, в которой ведущую роль играет напряженность труда. Для этой цели было апробировано 2 новых объективных метода оценки напряженности труда по результатам анализа руководств по летной эксплуатации (РЛЭ) ВС и глазодвигательной активности с помощью айтрекера. Анализ РЛЭ свидетельствует, что количество сигналов и сообщений, получаемых пилотом, их плотность, а также длительность сосредоточенного наблюдения в течение полета и внеполетной деятельности чрезвычайно высоки, и выходят далеко за пределы, предусмотренные нормативными документами для вредных условий труда класса 3.2. Фактические значения плотности сигналов составили 2918 ± 91 в час (световых/зрительных – 2353 ± 83 , звуковых – 565 ± 19), что в 10 раз превышает уровни для напряженных работ класса 3.2.

Дополнительно, методом айтрекинга установлены количественные уровни зрительных нагрузок, показавшие, что наблюдение за экранами мониторов (в пересчете на полное время стандартной полетной смены) составляло от 70 % (4,1 часа при выполнении горизонтального полета) до 100 % (6,2 часа) при выполнении взлета и посадки. Плотность зрительных сигналов и сообщений составила 6840 ± 201 за 1 час, а с учетом звуковых – 7405 ± 211 , что в 25 раз превышает критерии для напряженного труда класса 3.2, при этом информационная нагрузка может достигать предела восприятия ее зрительным анализатором - до 50 бит/с и даже превышать его. Число объектов одновременного наблюдения - от 25 (горизонтальный полет) до 41 (посадка). По перечисленным показателя труд пилотов отнесен к напряженным работам класса 3.3.

Однако, имеющиеся показатели не позволяли всесторонне охарактеризовать особенности летного труда, поэтому были разработаны новые

критерии информационных и интеллектуальных нагрузок с их классификацией по 3-м степеням вредности: число многофункциональных приборов (более 10 бит/с), количество которых может составлять от 2 до более 8; объем информационных потоков – от 5 до более 100 бит/с; частота сменяемости изображения на экране – от 5 до более 30 раз/мин; время фиксации взгляда, снижение которого может составлять от 10 до более 35%. Проведенные исследования обусловили необходимость расширения границ степеней вредности для напряженных работ и введения класса 3.3 для существующих и новых показателей НТ.

Сопутствующими неблагоприятными факторами, усугубляющими действие НТ, являются шум (на 71,6% типов ВС - в пределах ПДУ, но на 28,5% типов - выше 80 дБА, в том числе в 25,3% - выше 90 дБА), общая и локальная вибрация (48% РМ не соответствуют ПДУ), инфразвук (4% РМ не соответствуют ПДУ), микроклимат (67% РМ не соответствуют ПДУ, в том числе по параметру относительной влажности воздуха, составляющей после 4-х часов полета не выше 10%), световая среда (недостаточная освещенность в кабине и яркость шкал приборов, особенно в ночное время) и физическая тяжесть (длительное – в течение всей рабочей смены, пребывание в фиксированной малоподвижной рабочей позе сидя). Выявляется неблагоприятное состояние воздушной среды по содержанию вредных химических веществ, которые могут в несколько раз превышать их ПДК - продуктов сгорания топлива, диоксида и оксида углерода, а при полетах на больших высотах - по содержанию озона, особенно при грозовой активности атмосферы. Для реактивных самолетов с высотой полета более 4-5 км значение может иметь ионизирующее излучение (с превышением МПД до 2-х и более раз), воздействие которого на пилотов не контролируется, но должно осуществляться (например, расчетным способом). Многие факторы (шум, ЭМП, микроклимат) оказывают дополнительное воздействие во внеполетное время. Все факторы являются синергистами НТ, оказывая неблагоприятное действие на когнитивные способности и анализаторные функции пилота.

Выполненная оценка совокупности производственных факторов, регистрируемых на рабочих местах пилотов, позволяет отнести их по данным СГХ условий труда в 74% случаев к вредным 3 степени (класс 3.3). Следует также отметить неблагоприятное действие специфических факторов летного труда, таких как колебания барометрического давления, пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе, воздействие ускорений и других факторов, которые в совокупности способны ухудшать состояния производственной среды пилота.

Доказана значимость самооценки состояния пилотов и контроля напряженности труда в течение полета для профилактики утомления. Результаты анонимного анкетирования свидетельствуют о необходимости осуществлять регулярный сбор информации о состоянии членов экипажа, отмечающих высокую длительность сосредоточенного наблюдения (70,7%), высокий уровень интеллектуальных нагрузок (72%), частое пересечение 2-х и более часовых поясов за полётную смену (78,5%), интенсивность сигналов и сообщений более 300 за 1 час (29,9%), наличие более 30 объектов одновременного наблюдения (69%), высокую степень риска для собственной жизни и ответственности за безопасность других лиц (98%), а также нерегулярный режим работы (79%). Таким образом, по совокупности показателей, указанных в анкетной форме, общий класс по НТ соответствовал 3 степени (класс 3.3).

Показано, что высокая напряженность трудового процесса и состояние утомления пилотов ВС ГА повышают риск возникновения авиационных происшествий и являются их причинами в 16,8 % случаев. Особо выделены случаи (8,4%), когда члены экипажа не смогли справиться со сложной внештатной ситуацией в полете, будучи ограничены во времени и имея большое количество входящих сообщений, сигналов и вариантов выхода из ситуации, что в итоге привело к инциденту.

В исследовании установлены наиболее значимые факторы риска возникновения авиационных происшествий, к которым, кроме напряженности

труда также относятся вредные производственные факторы (увеличение уровни шума в кабине ВС на каждые 5дБА, приводит к возрастанию шансов авиационных происшествий в 1,14 раза - $OR=1,14$ [95%ДИ 1,09-1,31], $p<0,05$) и особые РТО: продление рекомендуемых норм месячного и годового полетного времени, имеющих место в 10% и 30% случаев - $OR=19,15$ [95%ДИ 15,09-26,51; $p<0,05$]; увеличение часов налета за последние 3-е суток до 13-16 часов - $OR=3,8$ [95% ДИ; 3,0; 5,0], $p<0,05$; отсутствие полноценного годового отпуска в 32% случаев - $OR=3,0$ [95% ДИ; 2,5; 4,6], $p<0,05$;; недостаточный предполетный отдых (в 48,6% случаев); полеты в ночное время в период с 2-х до 5 часов (в 56% случаев) $OR=5,15$ [95% ДИ 3,19;9,21; $p<0,05$].

Летный труд связан с комплексным влиянием факторов производственной среды, оказывающих полисистемное воздействие на организм и приводит к возникновению заболеваний сразу в нескольких классах болезней. В специальном разделе исследования была установлена высокая частота болезней системы кровообращения (80,6%), органов пищеварения (38,6), органов дыхания (35,6%), костно-мышечной и соединительной ткани (37%), мочеполовой (19%) и нервной систем (17,6%). У пилотов предпенсионного возраста отмечается высокий риск (OR_{adj}) развития таких заболеваний, как: церебральный атеросклероз 13,79 [2,81; 67,58], артериальная гипертензия 14,25 [1,01; 20,78], дорсалгия 3,00 [0,39; 22,95], гиперплазия предстательной железы 2,29 [0,11; 48,82], хронический простатит 3,43 [0,20; 57,65], $p<0,05$. В то же время известно, что заболевания ССС, в том числе атеросклеротические изменения, артериальная гипертензия, заболевания органов пищеварения и нервной системы, рассматриваются как болезни стресса, характерного для трудовой деятельности пилотов. Атеросклероз и артериальная гипертензия могут рассматриваться как производственно-обусловленные заболевания членов летных экипажей, так как тесно связаны с часами налета и регистрируется у них чаще, чем в среднем среди мужчин популяции.

В исследовании выявлена прямая статистически значимая связь между уровнями экспозиции напряженности труда и количеством заболеваний системы кровообращения (с учетом поправки на возраст, общий летный стаж и время налета). Шансы (OR) развития заболеваний увеличивались в среднем в 1,06 [95% ДИ: 1,03; 1,09] раза на каждый год летного стажа ($p = 0,03$) и в 1,05 [95% ДИ: 1,02; 1,09] раза на каждые 1000 часов налета ($p = 0,002$), то есть к 40 годам стажа и 20 000 часам налета уровень хронических заболеваний системы кровообращения у пилотов становится выше в 10,3 и 3,2 раза, соответственно, что является важными критериями для прогнозирования наступления профессиональной непригодности и требует разработки специальных профилактических программ.

Пилоты ВС, не имея изначально патологии, относятся к группе абсолютно здоровых людей, но в возрасте 40 лет сравниваются по количеству приобретенных хронических заболеваний с другими профессиональными группами транспортной отрасли, а после 40 лет начинают опережать их, за счет роста хронической патологии, достигающей, в среднем, 6 заболеваний к 60-ти годам.

Следует признать, что напряженность труда является одним из основных этиопатогенетических факторов развития заболеваний сердечно-сосудистой и нервной систем, а также заболеваний других органов и систем психогенной этиологии (болезни органов пищеварения, эндокринной системы, нарушения обмена веществ), что подтверждается более быстрыми темпами роста распространенности этих заболеваний со стажем среди пилотов, по сравнению с другими профессиональными группами и населением соответствующего возраста. НТ является неустранимым фактором риска развития заболеваний перечисленных органов и систем, что подтверждается их наличием, несмотря на строгий медицинский отбор лиц в эти профессии, систематический контроль состояния их здоровья и регулярное медицинское освидетельствование.

Высокий процент дисквалификации пилотов, связанной со снижением остроты слуха (с 15,1 до 42,8%), с одной стороны обусловлен воздействием

специфического этиологического фактора – шума, но с другой - уже давно рассматривается специалистами, как ответная реакция на воздействие НТ и факторов стресса, влияющих на сосудистое звено в патогенезе нарушения функции кортиевого органа, ускоряющих развития ПНСТ. Поэтому НТ может рассматриваться как значимый фактор риска развития ПНСТ. Стоит отметить, что несмотря на высокую частоту снижения остроты слуха (25,2%) в последние годы, ведущими при дисквалификации летных специалистов являются заболевания, не отнесенные к профессиональным, а болезни, связанные с НТ.

Неоспоримым доказательством неблагоприятного влияния условий труда на пилотов являются более высокие темпы нарастания смертности у них, по сравнению с населением РФ, при том, что начало летной карьеры исключает какую-либо хроническую патологию - как причин влияющих на увеличение уровней смертности. В возрасте 45-49 у пилотов смертность выше, чем в 40-44 года, более чем в 2 раза, а у населения – в 1,24 раза; в возрасте 75-79 лет смертность у пилотов выше в 16 раз, а у населения – в 10 раз.

В исследовании решен важный вопрос, как оценивать последствия воздействия неблагоприятных условий труда на здоровье лиц, проходящих тщательные медицинские осмотры, например, у работников экстремальных профессий (летчики) с высокими уровнями НТ. В этих случаях целесообразно опираться не на уровни патологии в сравниваемых группах, которые в основной группе у малостажированных работников могут быть ниже, чем в группе сравнения, не проходящих столь тщательный отбор в профессию, а на темпы прироста заболеваемости и смертности в сравниваемых группах, стандартизированных по возрасту.

Оценка влияния летных нагрузок на функциональное состояние пилотов в условиях смоделированных ситуаций на комплексных полнофункциональных авиатренажерах показала, что увеличение сложности и общей продолжительности полета приводит к снижению скорости реакций до 30% от исходных уровней, снижению концентрации внимания – до 12,5%, памяти – до 15%, а также к снижению способности организма к физиологическому

восстановлению в течение полета и отсутствию восстановления в течение 30 мин после полета по показателям состояния центральной нервной, сердечно-сосудистой системы, глазодвигательной функции. В конце полета установлены статистически значимые различия, свидетельствующие о росте гемодинамических показателей (на 12%) и снижении вариабельности сердечного ритма (на 26%). Выявленные особенности функционального состояния пилотов современных типов самолетов свидетельствуют о нарастании в полете умственного утомления, обусловленного нарушением подвижности нервных процессов, ослаблением активного внутреннего торможения в ассоциативных зонах коры больших полушарий, снижением показателей умственной работоспособности, изменениями функционального состояния вегетативной нервной системы, а также нарастании сенсорного утомления, прежде всего за счет снижения зрительной функции – увеличение на 12% латентного времени восприятия последовательного контраста и снижение длины саккад при переводе взгляда между 2-мя точками на экранах дисплеев информационно-управляющего поля (от 15,9 до 24,3%).

В исследовании показано, что появление признаков утомления, не просто снижает работоспособность пилотов, но приводит к увеличению количества ошибок деятельности при пилотировании, что может представлять реальную угрозу безопасности полетов. Интегральный балл ошибок по мере увеличения сложности и продолжительности полетного времени возрастал с 2,4 (взлет) до 4,5 (посадка), $p=0,039$. С целью повышения безопасности полетов разработаны модели прогнозирования ошибок деятельности на основе динамики отдельных физиологических показателей, которые рекомендуются к внедрению в систему управления рисками, связанными с утомлением.

Выявленные к окончанию полета статистически значимые различия у отдельных членов летного экипажа по уровням интегрального балла напряжения и отдельным физиологическим показателям доказывают важность предполетного и послеполетного индивидуального контроля функционального

состояния с целью принятия соответствующих индивидуальных профилактических мер для недопущения утомления и переутомления.

В исследовании предложены новые физиологические показатели для оценки и прогнозирования наступления утомления по показателям динамики глазодвигательной активности (количеству и продолжительности фиксаций, длине саккад, частоте торзионных движений глаз) и показателям ВСР (отношение частот LF/HF, уровням $pNN_{50\%}$).

По уровням воздействующих производственных факторов - их количеству и степени вредности, характеристикам напряженности трудового процесса (сенсорным, информационным, интеллектуальным эмоциональным нагрузкам), показателям состояния здоровья (профессиональной, общей, профессионально-обусловленной заболеваемости, смертности), риску авиапроисшествий, в том числе количеству авиакатастроф, уровням ответственности за собственную жизнь, жизнь пассажиров и материальные ценности, члены летных экипажей ВС ГА относятся к числу групп работающих наиболее высокого профессионального риска среди прочих профессий в различных отраслях экономики. Их работа характеризуется наличием и высоким уровнем неустраняемых и непредсказуемых рисков. В то же время, это высококвалифицированные кадры, прошедшие строгий медицинский отбор, число которых в последнее время сокращается. В этой ситуации длительное поддержание работоспособности пилотов (как на протяжении каждой полетной смены, так и всего трудового стажа), своевременное выявление ранних признаков профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний и недопущение их перехода в хроническую форму, создание условий для получения морального удовлетворения от выполняемой работы, является важнейшей задачей медицины труда.

Разработанная система управления профессиональными рисками, включающая мероприятия, направленные на сохранение жизни, здоровья, увеличение безопасного стажа работ и биологического возраста, предупреждение хронических заболеваний, восстановление и поддержание

работоспособности профессионалов высокого класса, к которым следует отнести членов летных экипажей, повысит безопасность полётов и обеспечит достижение экономического эффекта от уменьшения предпосылок к аварийности при полётах ГА.

Одним из базовых направлений снижения рисков в гражданской авиации может стать разработанная автоматизированная система управления рисками (АПКУ), связанными с утомлением. АПКУ позволяет на основе учета 50 факторов, касающихся профессиографических характеристик условий труда, летной и внеполетной нагрузки, физиологических и индивидуальных показателей, состояния здоровья и социально-экономического статуса членов летных экипажей рассчитать интегральный показатель утомления членов летных экипажей (ЧЛЭ), определить возможность и условия допуска пилота к полету и составить индивидуальные рекомендации по профилактике утомления и переутомления. Для внедрения положений этой системы создано необходимое методологическое и методическое обеспечение, в основу которого положены результаты выполненного исследования.

Обоснованная концепция напряженности труда пилотов содержит общие и специальные критерии оценки сенсорных, информационных, интеллектуальных, нервно-эмоциональных и летных нагрузок, методики их учета в условиях моделируемого полета и отнесения к определенной степени вредности условий труда, что позволяет предлагать дифференцированные комплексы профилактики. Значимость показателей НТ, предложенных для контроля, границы их возможных изменений в течение полета, подтверждены данными хронометражных и физиологических исследований, показавших, что управление современными ВС требует от пилотов сверхвысокой скорости переработки информации и реагирования – на грани возможности анализаторных систем человека. Часть показателей, касающихся индивидуальной летной нагрузки пилота (включая длительность полетной и рабочей смен, сменность работы, сведения о налете, количество ночных полетов, взлетов и посадок, пересеченных часовых поясов, уровень

квалификации, наличие конфликтных и нештатных ситуаций во время полета, длительность предполетного и годового отпуска и др. – всего 21 показатель), для которых составлена классификация по 3-м степеням вредности, может быть оценена по одночисловому критерию с помощью разработанного калькулятора летной нагрузки в онлайн режиме. Калькулятор предназначен для работодателей с целью контроля индивидуальной летной нагрузки, ранжирования пилотов по группам риска и принятия соответствующих мер профилактики в соответствии с разработанной матрицей рисков.

Результаты исследования позволили обосновать конкретные предложения по совершенствованию законодательства в области гигиенического нормирования производственных факторов, охраны труда (регламентирование РТО и проведение СОУТ), сертификационных испытаний ВС, в рамках которых разработано применение метода оценки распределения внимания на средствах управления ВС.

Как показывает проведенный документарный анализ, наше законодательство, как в области гигиенического нормирования производственных факторов летного труда, так и в области охраны труда, регламентирования РТО и проведения СОУТ, страдает большими пробелами и проблемами реализации. Совершенствование законодательства обладает значительными резервами оптимизации условий труда пилотов и повышения безопасности полетов. Необходимо также использовать положительный опыт ведущих зарубежных авиакомпаний.

Проведенная работа объективно показала высокий уровень рисков аварийности на воздушном транспорте, связанных с чрезмерной летной нагрузкой и утомлением пилотов, что подтверждено данными анкетного опроса и физиологических исследований. В то же время, выявлена слабость законодательной базы, регламентирующей условия труда членов летных экипажей (отсутствие в СП 2.5.3650-20 необходимых требований к контролю 75% факторов, которые могут присутствовать в условиях труда пилотов), наличие противоречий в системах санитарного и технического

законодательства (СП, Авиационные правила, технические стандарты, руководящие документы), отсутствие требований к контролю факторов на рабочих местах – не способствуют улучшению условий труда и состояния здоровья пилотов, снижению рисков аварийности. В связи с этим в работе содержится комплекс предложений по совершенствованию и гармонизации нормативных документов и их методическому обеспечению (всего 28 документов).

В настоящее время гигиеническая оценка условий труда пилотов не проводится из-за отсутствия законодательного основания для проведения СОУТ на их рабочих местах. В связи с этим, значимым документом может явиться разработанный проект Приказа Минтруда РФ «Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации», в котором содержатся основные положения, полученные в ходе выполнения настоящего исследования.

Разработанные медико-профилактические технологии (по особенностям специальной оценки условий труда, оценке сенсорных нагрузок членов летных экипажей, проведению исследований с помощью видеокулографа для своевременного выявления чрезмерных нагрузок и признаков утомления, расчета уровня летной нагрузки, расчета интегрального показателя напряженности труда, тренировке профессионально значимых качеств, психофизиологическому обоснованию информационных показателей профессионального отбора и др.) позволяют минимизировать профессиональные риски и повысить безопасность полетов гражданской авиации.

ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В рамках диссертационного исследования разработаны и утверждены 21 медико-профилактическая технология:

1. Методические рекомендации по формированию групп риска развития профессиональных заболеваний на основе результатов предварительных и периодических медицинских осмотров / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 20 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №3 от 16.03.2020 г.

2. Тренировка профессионально значимых качеств пилотов гражданской авиации: Методические рекомендации / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 27 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №8 от 21.12.2020 г.

3. Комплекс тренировочных упражнений психических способностей курсантов по распределению зрительного внимания для выполнения полетов по приборам для самолетов с EFIS: Методические рекомендации / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 31 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №8 от 21.12.2020 г.

4. Оценка сенсорных нагрузок на рабочих местах членов летных экипажей ВС ГА: Методические указания / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 28 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №8 от 21.12.2020 г.

5. Оценка профессионального риска для здоровья работников в зависимости от вредных и/или опасных факторов производственной среды и трудового процесса: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 21

с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №8 от 21.12.2020 г.

6. Методические рекомендации по организации и проведению психофизиологических исследований с применением видеоокулографа (айтрекера) в системе профессиональной подготовки пилотов / Методические рекомендации, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020 – 23 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №8 от 21.12.2020 г.

7. Методика по оценке эффективности труда работника по показателям технологии многоуровневого анализа голоса LVA: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 13 с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №7 от 16.11.2020 г.

8. Интеграционная платформа по оценке условий труда, охраны труда и здоровья работников: Стандарт предприятия: - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 22 с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №7 от 16.11.2020 г.

9. Оценка профессионального риска на рабочих местах в зависимости от уровней экспозиции к химическому фактору: Стандарт предприятия: - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 65 с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №7 от 16.11.2020 г.

10. Формирование групп риска развития профессиональной непригодности: Стандарт предприятия: - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2020. – 16 с. – Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №7 от 16.11.2020 г.

11. Методика определения перечня качественных и количественных индикаторов (показателей) профессионального риска при проведении контрольно-надзорной деятельности за условиями труда в различных видах экономической деятельности: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ»,

2021 – 16 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №10 от 15.11.2021 г.

12. Методика оценки индивидуального уровня профессионального риска у работников, подвергающихся воздействию вредных и (опасных) производственных факторов: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021 – 12 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №10 от 15.11.2021 г.

13. Система управления охраной труда: основы функционирования, методы управления, оценка эффективности: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021 – 77 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №10 от 15.11.2021 г.

14. Критерии эффективности системы управления охраной труда при интеграции инструментов оценки условий труда у работодателей различных видов экономической деятельности: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021 – 8 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №10 от 15.11.2021 г.

15. Оценка эффективности системы управления охраной труда в зависимости от уровней профессиональных рисков у работодателей различных видов экономической деятельности: Стандарт предприятия - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021 – 17 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №10 от 15.11.2021 г.

16. Порядок проведения СОУТ на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей ВС ГА: Методические рекомендации / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021. – 30 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №11 от 20.12.2021 г.

17. Расчет интегрального показателя напряженности труда и оценка риска утомления у пилотов ГА: Методические рекомендации / Медико-профилактическая технология, М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021. – 24 с. - Одобрено

и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №11 от 20.12.2021 г.

18. Психофизиологическое обоснование информационных показателей профессионального отбора для пилотов ВС ГА: Методические рекомендации // Медико-профилактическая технология. - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2021 – 25 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол №11 от 20.12.2021 г.

19. Методические рекомендации по оценке риска профессионального стресса и мерам его профилактики. – М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2022. – 113 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол № 11 от 21.11.2022 г.

20. Основные принципы и критерии формирования системы управления рисками утомления у пилотов гражданской авиации. Методические рекомендации // Медико-профилактическая технология. - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2022. – 23 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол № 11 от 21.11.2022 г.

21. Оценка вклада отдельных периодов работы во вредных и/или опасных условиях труда в развития профессионального заболевания. Методические рекомендации // Медико-профилактическая технология. - М.: ФГБНУ «НИИ МТ», 2022. – 18 с. - Одобрено и рекомендовано к утверждению Ученым советом ФГБНУ «НИИ МТ», протокол № 11 от 21.11.2022 г.

ВЫВОДЫ

1. Современные условия труда пилотов гражданской авиации характеризуются сочетанным воздействием комплекса производственных факторов, которые в 74% случаев соответствуют вредным условиям труда 3 степени. Превышение гигиенических нормативов по уровню шума выявлено в 92% случаев, напряженности труда – 83%, параметров микроклимата – 67%, общей – 48% и локальной вибрации 8%– 48%, тяжести труда – 22%, освещенности – 6%, химическому фактору – 2%. Среди 23 показателей напряженности труда от 5 до 11 отнесены к классу 3.2, что определило общий класс по фактору – как вредный 3 степени. Общая оценка условий труда пилотов по совокупности факторов соответствует классам 3.3-3.4.

2. Исследования летных нагрузок в условиях моделирования полетов на авиатренажерах самолетов Boeing-737-800, Airbus A320, Sukhoj Superjet 100 (составляют 52% парка ВС в РФ) показали, что количество входящих сигналов (световых и звуковых) по хронометражным исследованиям по Руководствам летной эксплуатации составляет 2918 ± 91 за 1 час, а по данным объективной регистрации зрительных сигналов, полученных с помощью айтрекинга – 7405 ± 211 за 1 час, что превышает действующее значение границы для напряженных работ класса 3.2 в 25 раз, при этом объем информационных потоков может достигать предела возможностей человеческого восприятия – и составлять более 50 бит/с.

3. Границы степеней вредности напряженности труда, установленные в действующих нормативных документах, являются недостаточными для оценки фактических значений фактора, что обусловило необходимость введения дополнительной 3 степени вредности по напряженности труда для сенсорных нагрузок, разработки новых показателей информационных, интеллектуальных и эмоциональных нагрузок таких, как – время фиксации взгляда, частота сменяемости изображения, объем информационных потоков, число многофункциональных приборов, стресс-факторы и специфических показателей режимов летного труда. Разработанный комплекс показателей

является обязательным при проведении специальной оценке условий труда на рабочих местах пилотов для обоснования профилактических мероприятий.

4. Метод самооценки уровня летных нагрузок показал значимость их регулярного контроля в связи с высокой длительностью сосредоточенного наблюдения у 70,7% пилотов, высокой плотности сигналов и сообщений (более 300 в час) – у 29,9%, наличием более 30 объектов одновременного наблюдения – у 69%, частым пересечением 2-х и более часовых поясов за полётную смену – у 78,5%, высоким уровнем интеллектуальных нагрузок – у 72%, высокой степенью риска для собственной жизни и ответственности за безопасность других лиц – у 98%, а также нерегулярным режимом работы, свойственным 79% пилотов. Такой уровень нагрузок, наряду с несоблюдением режимов труда и отдыха (в 44% случаев), препятствует физиологическому восстановлению к следующей полетной смене в 59,9% случаев и сопровождается признаками микросна в полете – 82,9%, замедленными реакциями к окончанию полета – 15,8% и ошибкам деятельности – у 9 из 10-ти пилотов.

5. Основными причинами авиационных происшествий в период с 2010 по 2021 гг. явились: «человеческий фактор» - 49,7% случаев; «технические проблемы» – 32,1%; «внешняя среда» - 18,2%. В структуре причин авиационных происшествий, связанных с человеческим фактором, приоритетная роль принадлежит утомлению (3,5% случаев) и высоким уровням напряженности труда (8,4%), при которых пилоты не смогли справиться со сложной внештатной ситуацией в полете, находясь в стрессовом состоянии, будучи ограничены во времени, имея большое количество входящих сообщений, сигналов и вариантов алгоритмов выхода из ситуации.

6. Наиболее значимыми факторами риска возникновения авиационных происшествий являются вредные производственные факторы - шум, повышение уровней которого в кабине ВС на каждые 5 дБА приводит к увеличению риска – OR=1,14 [95%ДИ 1,09;1,31], $p < 0,05$ и особые режимы труда: продление рекомендуемых норм месячного и годового полетного времени, имеющих место в 10% и 30% случаев - OR=19,15 [95%ДИ

15,09;26,51], $p < 0,05$; увеличение часов налета за последние 3-е суток до 13-16 часов - $OR=3,8$ [95%ДИ; 3,0;5,0], $p < 0,05$; отсутствие полноценного годового отпуска в 32% случаев - $OR=3,0$ [95%ДИ; 2,5;4,6], $p < 0,05$; недостаточный предполетный отдых (в 48,6% случаев); полеты в ночное время (56% случаев), риск которых в период с 2-х до 5 часов наиболее высок - $OR=5,15$ [95%ДИ 3,19;9,21], $p < 0,05$.

7. Выполнение полета в нестандартных условиях на авиатренажере подтверждается напряжением нервной и сердечно-сосудистых систем, проявляющимся снижением к концу полета концентрации внимания (на 12,5%, $p=0,049$), памяти (на 15%, $p=0,105$), увеличением латентного периода сенсомоторной реакции (на 30,5%, $p=0,003$), ИФИ (на 12,5%, $p=0,014$), снижением ВСП (на 26%, $p < 0,05$), активацией симпатической нервной системы, суммарным уменьшением влияния вегетативной нервной системы на синусовый узел, угнетением парасимпатического влияния, что влияет на увеличение ошибок в технике пилотирования, навигации, распределения внимания, ведения радиосвязи.

8. Летная нагрузка вызывает напряжение и перенапряжение основных функциональных систем организма и проявляется преобладанием межсистемных связей над внутрисистемными по показателям центральной нервной, сердечно-сосудистой систем и зрительного анализатора. Выявлены сильные взаимосвязи между числом фиксации взгляда и количеством профессиональных ошибок ($r=0,95$), и средним временем СЗМР ($r=0,73$); между оценкой резервов внимания и RMSSD ($r=0,86$), числом фиксации взгляда ($r=-0,90$), количеством профессиональных ошибок ($r=-0,85$), со средним временем СЗМР ($r=-0,84$), свидетельствующие о необходимости комплексного анализа данных показателей для оценки функционального состояния пилотов.

9. Экспересс-методами выявления утомления при проведении предполетных осмотров и медицинского освидетельствования летной годности является комплекс неинвазивных физиологических показателей сердечно-сосудистой, нервной систем и глазодвигательной функции. Прогнозирование

утомления базируется на следующих закономерностях: увеличение Stress-index на 18% увеличивает утомление в 3,2 [1,2; 9,7] раза; снижение показателя RMSSD на 14% увеличивает шанс утомления в 2,8 [1,2; 6,3] раз; снижение показателя рNN_{50%} на 1% увеличивает шанс утомления в 4,0 [1,9; 12] раза; увеличение частоты коротких фиксаций на 20% увеличивает шанс утомления в 2,3 [1,6; 6,8] раза; уменьшение длительности фиксации на 20% увеличивает шанс утомления в 1,3 [1,1; 4,7] раза, $p < 0,05$.

10. Состояние здоровья пилотов предпенсионного возраста отличается высокими уровнями хронических заболеваний, шансы развития которых выше, чем у других работников транспортной отрасли по болезням системы кровообращения и органов пищеварения в 22,5 и 17 раз, болезням костно-мышечной и соединительной ткани - в 15,4 раза, нервной и мочеполовой систем - в 17,6 и 11,5 раз, соответственно. Увеличение общего летного времени на каждые 1000 часов, статистически значимо увеличивает шансы развития атеросклероза аорты, в среднем в 1,05 раза [95% ДИ: 1,01; 1,09], $p = 0,021$ и артериальной гипертензии, в среднем в 1,05 раза [95% ДИ: 1,01; 1,10], $p = 0,028$, что позволяет отнести эти заболевания к производственно обусловленным, связанным с высокой напряженностью труда.

11. Выявлена связь вредных условий труда и показателей смертности в когорте российских пилотов гражданской авиации, показывающая более быстрый прирост уровней смертности в различных возрастных группах, по сравнению с базисным уровнем: в возрасте 45-49 у пилотов темпы прироста смертности выше в 2 раза, чем у лиц в 40-44 года, а у населения – только в 1,24 раза ($p=0,045$), в то время, как в возрасте 75-79 лет темпы прироста смертности у пилотов выше в 16 раз, а у населения – только в 10 раз ($p=0,0024$).

12. Разработана концепция оценки напряженности труда пилотов, базовыми составляющими которой являются эффективная законодательная база регламентации и контроля условий труда, адекватное методическое обеспечение оценки напряженности труда, контроль индивидуальных летных нагрузок, автоматизированная система управления рисками утомления, как

одна из ведущих мер по снижению уровня хронических заболеваний, продления трудового долголетия и снижения рисков авиационных происшествий в системе обеспечении безопасности полетов.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Законодательным ведомствам, специалистам по медицине труда, нормированию и охране труда, руководителям авиационных предприятий, работодателям, медицинским работникам рекомендуется внедрить:

- новые критерии оценки напряженности труда, индивидуальный показатель летных нагрузок и интегральный показатель утомления;
- учет особенностей проведения специальной оценке условий труда на рабочих местах членов экипажей воздушных судов гражданской авиации;
- проведение хронометражных исследований по данным руководств летной эксплуатации для оценки напряженности труда пилотов при управлении различными типами воздушных судов отечественного и иностранного производства в условиях авиационных тренажеров;
- профессиональную оценку рисков членов летных экипажей различных типов воздушных судов с использованием разработанных критериев;
- формирование группы риска пилотов на основе разработанной методологии и систему мониторинга динамики контролируемых показателей для своевременного реагирования и корректировки;
- программу СУРУ/АПКУ для разработки комплекса персонифицированных мер предупреждения утомления.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективным направлением развития выполненных исследований может явиться оценка эффективности внедрения программы СУРУ/АПКУ членов летных экипажей воздушных судов, а также результатов применения новых критериев оценки напряженности труда, индивидуальных летных нагрузок и интегрального показателя утомления, в сопоставлении с

показателями динамики рисков авиационных происшествий и данными регулярных анкетных опросов пилотов. Приоритетными направлениями в поддержании высокой работоспособности пилотов и обеспечении безопасности полетов будут являться: гигиеническая оценка условий труда и напряженности трудового процесса, с учетом разработанных Особенности проведения специальной оценке условий труда в данной профессиональной группе, оценка профессиональных рисков, а также контроль психофизиологического состояния и выявление признаков утомления действующих пилотов на основании предложенных критериев оценки психофизиологического тестирования, вариабельности сердечного ритма и глазодвигательной активности с последующим применением комплекса разработанных превентивных мер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационная медицина: Руководство / Под ред. Н.М. Рудного, П.В. Васильева, С.А. Гозулова. М.: «Медицина», 1986. - 534 с.
2. Авиационные правила. Часть 21. Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей (АП-21): МАК, 2013. - Текст: электронный/ Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации [сайт] – URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintransa-rossii-ot-17062019-n-184/federalnye-aviatsionnye-pravila-sertifikatsiia-aviatsionnoi/>
3. Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов (АП-23): МАК, 2014. - Текст: электронный/ Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации [сайт] – URL: <https://legalacts.ru/doc/aviatsionnye-pravila-chast-23-normy-letnoi-godnosti-grazhdanskikh-legkikh/>
4. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (утв. Постановлением 28-й сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства от 11.12.2008). (АП-25, FAR-25). – Издание 5-е с поправками 1-8 – МАК: Авиаиздат, 2015. - 288 с.
5. Аденинская, Е.Е. Состояние органа слуха у членов лётных экипажей гражданской авиации. Критерии допуска к летной работе [презентация: материалы I Международного конгресса «Актуальные вопросы авиационной медицины»], Москва, 17-19 октября 2018 г.] / Е.Е. Аденинская– Текст: электронный // Ассоциация врачей авиационной медицины [сайт] – URL: https://avam-avia.ru/wp-content/uploads/2018/11/18_Adeninskaya-1.pdf (дата обращения 15.11.2022).
6. Адилов, У.Х. Профессиональная заболеваемость работников, занятых на открытом и подземном способах добычи угля / У.Х. Адилов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2019. – № 10. – С. 50-57. – DOI 10.17513/mjpf.12866.

7. Ажаев, А.И. Функциональное состояние организма летчиков в условиях жаркого климата/ А.И. Ажаев, Ю.И. Приемский, М.В. Дворников // Воен.-мед. журн. – 1980. - №10 - С. 54-56.

8. Акимов, Г.А. Особенности функциональных изменений нервной системы у пилотов/ Г.А. Акимов, В.С. Виденина, М.М. Одинак // Вопросы психофизиологии труда летного и диспетчерского состава: Межвуз.тематич.сборник научных трудов. – Л.: ОЛАГА, 1981. - С.25-28.

9. Аллюяров, П.Р. Гигиеническая оценка условий труда и профессионального риска у лётного состава гражданской авиации /П.Р. Аллюяров, А.В. Мельцер// Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2015. – Т. 10. – № 1. – С. 419-420.

10. Алюшин, М.В. Современные дистанционные неконтактные технологии регистрации биопараметров человека непосредственно в процессии управления опасным объектом/ М.В. Алюшин, Л.В. Колобашкина // Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте = The human factor and safety of professional activities in air, water and transport: материалы X Международного научно-практического конгресса, посвященного 25-летию со дня основания Ассоциации, Москва, 25-28 октября 2017 г./ М.: Нац. мед. исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, 2017 - С.75-78.

11. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации центрального федерального округа в первом полугодии 2022 года // Центральное МТУ Росавиации. – Отдел УБП, Р и ПАС: М., 2022. - 49 с.

12. Андреева-Галанина, Е.Ц. Шум и шумовая болезнь: монография/ Е.Ц. Андреева-Галанина, С.В. Алексеев, А.В. Кадыскин, Г.А. Суворов; под ред. проф. Е. Ц. Андреевой-Галаниной - Ленинград: Медицина. Ленингр. отделение, 1972 - 303 с.

13. Артеменков, А.А. Работоспособность и утомление у лиц умственного труда: понятие о зонах активности человека / А. А. Артеменков //

Медицина труда и экология человека. – 2020. – № 1(21). – С. 20-35. – DOI 10.24411/2411-3794-2020-10102.

14. Артемов, А.Д. Человеческий фактор в эксплуатации авиационной техники: монография / А.Д. Артемов, Н.Д. Лысаков, Е. Н. Лысакова; Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). - Москва: Московский авиационный ин-т (нац. исследовательский ун-т), 2018. - 155 с.

15. Асташова, А.Н. Радиационные риски в авиации. История и современность= Radiation risks in aviation. History and modernity: монография/ А.Н. Асташова, В.П. Федоров, И.Б Ушаков ; под редакцией доктора медицинских наук, профессора, академика РАН И. Б. Ушакова; Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил "Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина" (Воронеж) - Воронеж: Научная книга, 2019. - 396 с.

16. Ахмедова, А.А. Меланома: некоторые современные аспекты развития и диагностики / А.А. Ахмедова, А.И. Шихлярова, Е.А. Шейко, В.А. Сустретов // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 5. – С. 181.

17. Баврина, А.П. Современные правила применения корреляционного анализа / А. П. Баврина, И. Б. Борисов // Медицинский альманах. – 2021. – № 3(68). – С. 70-79.

18. Баевский, Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 225 с.

19. Баевский, Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний/ Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 234 с.

20. Бакланов, В.С. Воздействие на систему "планер–кабина–оператор/пассажир" виброакустического спектра двигателей большой двухконтурности/ В.С. Бакланов// Вестник научно-технического развития. – 2009. - № 7 (23) - С.3-10. <http://www.vntr.ru/nomera/-2009-723> (2009).

21. Бакуткин, И.В. Ранняя диагностика зрительного утомления и близорукости в условиях высокой зрительной нагрузки в течение рабочей смены/ И.В. Бакуткин, В.Ф. Спирин, В.В. Бакуткин// Материалы XI Всероссийского конгресса "Профессия и здоровье", Москва, 27-29 ноября 2012 г. / Федеральное гос. бюджетное учреждение "Науч.-исслед. ин-т мед. труда" Российской акад. мед. наук. - Москва: РЕИНФОР, 2012. – С. 75–76.

22. Баранников, Ю.И. Уровни облучения экипажей и пассажиров воздушных судов при полетах в полярных районах/ Ю.И. Баранников, О.А. Барсуков, А.В. Малышев, В.П. Пустоветов// Авиакосмическая и экологическая медицина. — 1994. — Т. 28 – № 4. — С. 44-47.

23. Бессонова, Ю.В. Окуломоторные маркеры искажения информации / Ю.В. Бессонова, Д.Л. Петрович, А.А. Обознов [и др.] // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: Результаты и перспективы развития / Отв. ред. А. Л. Журавлёв, В. А. Кольцова. – Москва: Институт психологии РАН, 2017. – С. 2295-2305.

24. Бессонова, Ю.В. Айтрекинг в диагностике правды-лжи / Ю.В. Бессонова, А.А. Обознов // Институт психологии Российской академии наук. Организационная психология и психология труда. – 2019. – Т. 4. – № 1. – С. 46-86.

25. Бетц, К.В. Исследование смертности специалистов авиационно-космического профиля: специальность 3.2.4 «Медицина труда»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук /Бетц Кристина Валерьевна. — ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». – М., 2022. — 124 с.

26. Бобров, А.Ф. Оценка влияния комплекса физических факторов на функциональное состояние человека, выполняющего умственную работу / А.Ф. Бобров, Г.А. Суворов, Р.Ф. Афанасьева // Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 2. – С. 19-26.

27. Бодров, В.А. Проблемы утомления летного состава (понятия, причины, признаки, классификация)/ В.А. Бодров // Физиология человека. - 1988. - № 5. - С. 835–843.

28. Бодров, В.А. Профессиональное утомление: фундаментальные и прикладные проблемы / В.А. Бодров. – М.: «Когито-Центр», 2009. - 760 с.

29. Большая российская энциклопедия: [сайт]. - БРЭ 2005–2019. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/2016215/>

30. Большунов, Ю.А. Оценка рисков здоровью населения и лётного состава гражданской авиации при воздействии шума и выбросов загрязняющих веществ / Ю.А. Большунов, Б.Н. Мельников, Н.И. Николайкин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2013. – № 192. – С. 63-72.

31. Бондарева, С.В. Влияние избыточной массы тела на ортостатическую устойчивость летного состава/ С.В. Бондарева Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте = The human factor and safety of professional activities in air, water and transport: материалы X Международного научно-практического конгресса, посвященного 25-летию со дня основания Ассоциации, Москва, 25-28 октября 2017 г./ М.: Нац. мед. исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, 2017 - С.181.

32. Бочаров, И.В. Влияние стресса на психологические характеристики деятельности летчика / И.В. Бочаров, В.В. Стрелец, Н.А. Тукайнов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 3-1(42). – С. 168-172. – DOI 10.24411/2500-1000-2020-10229.

33. Бугров, С.А. Проблема профессионального здоровья в авиационной медицине/ С.А. Бугров, Э.В. Лапаев, Г.П. Ступаков // Военно-медицинский журнал, 2019. - № 1. - С. 61.

34. Буралев, Ю.В. Безопасность жизнедеятельности на транспорте: учебник для учреждений высш. проф. образования / Ю.В. Буралев. — 5-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2012 — 288 с.

35. Бухтияров, И.В. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций / И.В. Бухтияров, Э.И. Денисов, А.Л. Еремин // Гигиена и санитария. – 2014. – Т. 93. – № 4. – С. 5-9.

36. Бухтияров, И.В. Оценка напряженности труда летного состава гражданской авиации в рамках специальной оценки условий труда / И.В. Бухтияров, С.А. Калинина, А.Г. Меркулова // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2017. – Т. 51. – № 6. – С. 49-52. – DOI 10.21687/0233-528X-2017-51-6-49-52.

37. Бухтияров, И.В. Современное состояние и перспективы профпатологической помощи в гражданской авиации (гигиенические и клинико-экспертные вопросы)/ И.В. Бухтияров, Л.В. Прокопенко, Е.Л. Лашина, М.В. Булгакова // Человеческий фактор в системе управления безопасностью экстремальной профессиональной деятельностью и проблемы оздоровления специалистов [Текст] = Human factor in system of safety in extreme professional activities and challenges recovery specialists : материалы девятого международного научно-практического конгресса, Москва, 27-30 октября 2015 г. / Ассоциация авиационно-космической, морской, экстремальной и экологической медицины России; под редакцией президента Ассоциации АКМЭЭМР, академика РАЕН, доктора медицинских наук, профессора Власова В. Д. - Москва : ННПЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2015. – С.21-25.

38. Бухтияров, И.В. Критерии оценки нарушений слуха при воздействии шума: сравнительный анализ отечественных и зарубежных методических подходов / И.В. Бухтияров, Л.В. Прокопенко, О.К. Кравченко [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 10. – С. 1-8.

39. Бухтияров, И. В. Проблемы гигиенического нормирования условий труда в гражданской авиации и пути их решения (обзор литературы) / И. В. Бухтияров, Е. В. Зибарев, О. К. Кравченко // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 10. – С. 1181-1189. – DOI 10.47470/0016-9900-2022-101-10-1181-1189.

40. Бухтияров, И.В. Санитарно-гигиеническая оценка условий труда пилотов гражданской авиации / И. В. Бухтияров, Е. В. Зибарев, Н. Н. Курьеров,

О. В. Иммель // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 10. – С. 1084-1094. – DOI 10.47470/0016-9900-2021-100-10-1084-1094.

41. Бухтияров, И.В. Анализ хронической заболеваемости пилотов гражданской авиации / И. В. Бухтияров, Е. В. Зибарев, М. Е. Фомина, В. С. Микуева // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2021. – Т. 55, № 4. – С. 51-59. – DOI 10.21687/0233-528X-2021-55-4-51-59.

42. Бухтияров, И. В. Эпидемиологическое исследование по анализу смертности пилотов воздушных судов гражданской авиации в российской Федерации / И. В. Бухтияров, Е. В. Зибарев, К. В. Бетц // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2022. – Т. 56, № 4. – С. 83-88. – DOI 10.21687/0233-528X-2022-56-4-83-88.

43. Вайсман, А.И. Здоровье водителей и безопасность дорожного движения. - М.: Транспорт, 1979. – 137 с.

44. В Британии предложили тестировать пилотов самолетов на сонливость – Текст: электронный // Aviation Explorer Содружество авиационных экспертов [сайт] – 2018. URL: <https://www.aex.ru/news/2018/12/26/192110/> - Дата публикации: 26.12.2018.

45. Веллз, Д. Распределение полетного и служебного времени пилотов – фактор безопасности полетов / Д. Веллз// Проблемы безопасности полетов. – 2004. - №11. – С.3-11.

46. Верещагин, А.И. Условия труда и профессиональная заболеваемость лётного состава гражданской авиации / А.И. Верещагин, В.А. Пилищенко, Д.П. Куркин, С.А. Виноградов // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2015. – № 3(264). – С. 11-13.

47. Виноградов, Д. "Летающие олигархи". Как готовят пилотов гражданской авиации – Текст: электронный // РИА Новости [сайт] – 2020. URL: <https://ria.ru/20130209/921986213.html> - Дата публикации: 29.02.2020

48. Власов, В.В. Влияние летной работы на состояние здоровья в свете эпидемиологических данных / В.В. Власов, В.И. Копанев // Космическая биология и авиакосмическая медицина. — 1990. — Т. 24, № 1. — С. 4-9.

49. Власов, В.Д. К вопросу специальной оценки условий труда членов экипажей воздушных судов гражданской авиации/ В.Д. Власов // Человеческий фактор в системе управления безопасностью экстремальной профессиональной деятельностью и проблемы оздоровления специалистов [Текст] = Human factor in system of safety in extreme professional activities and challenges recovery specialists: материалы девятого международного научно-практического конгресса, Москва, 27-30 октября 2015 г. / Ассоциация авиационно-космической, морской, экстремальной и экологической медицины России ; под редакцией президента Ассоциации АКМЭЭМР, академика РАЕН, доктора медицинских наук, профессора Власова В.Д. - Москва : ННПЦССХ им. А.Н. Бакулева, 2015. – С.42-44.

50. Водопьянова, Н.Е. Психодиагностика стресса / Н.Е. Водопьянова. - Москва [и др.]: Питер, 2009. - 329 с. ISBN 978-5-388-00542-7.

51. Воздушный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 14 марта 2022 года) (редакция, действующая с 1 сентября 2022 года). Кодекс РФ от 19.03.1997 N 60-ФЗ. – Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=430503>

52. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей: В 3-х т. Том III. Неорганические и элементарноорганические соединения / Под общ. ред. засл. деят. науки проф. Н.В. Лазарева и д-ра мед. наук Э.Н. Левиной. - 7-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: "Химия". Ленингр. отд-ние, 1976-1977.

53. Временное положение о рабочем времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (Минюст N 297 08.07.1993) (фактически утратило силу в связи с истечением срока действия). Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 25.06.1993 N 124. – Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=3347>

54. Гафаров, В.В. Изучение влияния стресса на риск артериальной гипертензии в открытой популяции среди мужчин 25–64 лет

(эпидемиологическое исследование на основе программы ВОЗ «Monica – Psychosocial») / В.В. Гафаров, Е.А. Громова, И.В. Гагулин и др. // Артериальная гипертензия. – 2013. – № 19 (1). – С. 27–31.

55. Гафаров, В.В. Влияние социально-экономической дифференциации на уровень здоровья населения / В.В. Гафаров, А.В. Гафарова, И.В. Гагулин // Актуальные проблемы и перспективы теории и практики современного образования: Избранные педагогические труды по материалам Международных научно-практических конференций. – Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2018. – С. 64-69.

56. Геворгян, Л.Р. Условия труда и профессиональная заболеваемость летного состава гражданской авиации / Л.Р. Геворгян, А.В. Михайлова // International Scientific Review. – 2018. – № 1(40). – С. 56-59.

57. Гигиена труда: учебник для студентов медицинских вузов /под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016. - 480 с.

58. Горбунов, В.В. Особенности изменения некоторых психофизиологических показателей летчика при различных режимах труда и отдыха в длительных полетах/ В.В. Горбунов // Медицина труда и промышленная экология – 2009 – №5.– С.5-9.

59. Горный, Б.Э. Результаты первого российско-японского профилактического исследования по контролю и снижению избыточной массы тела (RJ-TOMODACHI) / Б.Э. Горный, А.М. Калинина, А.В. Концевая [и др.] // Профилактическая медицина. – 2021. – Т. 24. – № 9. – С. 30-37. – DOI 10.17116/profmed20212409130.

60. Городецкий, И.Г. Создание методики для диагностики способности к совмещенной деятельности / И.Г. Городецкий, Н.В. Якимович, Е.А. Трофимов [и др.] // Психологические исследования. – 2012. – Т. 5. – № 26. – С. 5.

61. Горохова, С.Г. Основы профессиональной кардиологии. Сердечно-сосудистые заболевания при трудовой деятельности: учебное пособие для врачей / С.Г. Горохова, О.Ю. Атьков. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. - 344 с. -

(Серия "Дополнительное профессиональное образование"). - DOI: 10.33029/9704-6537-0-FPC-2022-1-344. - ISBN 978-5-9704-6537-0.

62. Горский, А.А. О состоянии условий труда и профессиональной заболеваемости работников в Российской Федерации / А.А. Горский, Е.С. Почтарева, В.А. Пилишенко [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. 2014. – № 2 (251). - С. 8—10.

63. ГОСТ 12.0.230.4-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ. – Москва: Стандартиформ, 2018. – 16 с.

64. ГОСТ 12.0.230.5-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ. – Москва: Стандартиформ, 2018. – 23 с.

65. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1). – Москва: Стандартиформ, 2008. – 50 с.

66. ГОСТ 12.4.318-2019 (ISO 4869-3:2007) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Упрощенный метод измерения акустической эффективности противошумных наушников для оценки качества (с Поправкой). – Москва: Стандартиформ, 2019. – 21с.

67. ГОСТ 20296-2014 Самолеты и вертолеты гражданской авиации. Допустимые уровни шума в салонах и кабинах экипажа и методы измерения шума (Переиздание). – Москва: Стандартиформ, 2019. – 21с.

68. ГОСТ 21753-76 Система "человек-машина". Рычаги управления. Общие эргономические требования (с Изменением N 1). – Москва: Издательство стандартов, 1987. – 6 с.

69. ГОСТ 23718-2014 Самолеты и вертолеты пассажирские и транспортные. Допустимые уровни вибрации в салонах и кабинах экипажа и

методы измерения вибрации (Переиздание). – Москва: Стандартинформ, 2016. – 23с.

70. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 15с.

71. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 24с.

72. ГОСТ Р ИСО 10075-3-2009 Эргономические принципы обеспечения адекватности умственной нагрузки. Часть 3. Принципы и требования к методам измерений и оценке умственной нагрузки (Переиздание). – Москва: Стандартинформ, 2010. – 20с.

73. ГОСТ Р 12.0.010-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков (Переиздание). – Москва: Стандартинформ, 2011. – 20с.

74. ГОСТ Р 52324-2005 (ИСО 13406-2:2001) Эргономические требования к работе с визуальными дисплеями, основанными на плоских панелях. Часть 2. Эргономические требования к дисплеям с плоскими панелями.– Москва: Стандартинформ, 2013. – 110с.

75. ГОСТ Р 59972-2021 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования. – Москва: Российский институт стандартизации, 2022. – 50 с.

76. Гузий, А.Г. Риск, обусловленный утомлением членов экипажа/ А.Г. Гузий, А.М. Лушкин, Ю.А. Майорова//Труды общества независимых расследователей авиационных происшествий. Выпуск 27. М., 2015. С. 114–125.

77. Гусев, И.Н. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации России/ И.Н. Гусев, А.А. Лодыгин // Вестник Иркутского государственного технического университета, 2011. - №12. – С.167-173.

78. Декалин, А.А. Профессиональные и профессионально обусловленные заболевания летного состава гражданской авиации/ А.А. Декалин// Синергия наук. 2019 – № 31. С. 1461-1476.

79. Демчева, Н.К. Выявление групп риска по формированию психических расстройств, связанных с напряженностью трудового процесса/ Демчева Н.К., Чуркин А.А.// Психическое здоровье. - 2012. - № 12 (79). - С. 90–98.

80. Демченкова, Г.З. Теоретические и организационные основы диспансеризации населения / Г.З. Демченкова, М.Л. Полонский. - Москва: Медицина, 1987. - 285с.

81. Денисенко, В.В. Использование искусственного интеллекта для обработки персональных данных / В.В. Денисенко, К.С. Евтеева, И.И. Савченко, А.А. Скрыпников // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 7-1(46). – С. 110-114. – DOI 10.24411/2500-1000-2020-10858.

82. Денисов, Э.И. Информация как физический фактор: проблемы измерения, гигиенической оценки и ИТ-автоматизации / Э.И. Денисов, Л.В. Прокопенко, А.Л. Еремин, Н.Н. Курьеров и др. // Медицина труда и промышленная экология, 2014. - №1., С. 36-43.

83. Денисов, Э.И. Вопросы измерения и оценки информационных нагрузок при умственном труде / Э.И. Денисов, А.Л. Еремин, И.В. Степанян, В.И. Бодякин // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2013. – № 10. – С. 054-062.

84. Деряпа, Н.Р. Влияние факторов солнечных вспышек и геомагнитной возмущенности на функциональные и физиологические возможности летчиков / Н.Р. Деряпа, С.И. Копанев, Г.А. Усенко // Бюл. Сиб. отделения Акад. мед. наук СССР. – 1986.

85. Диагностика состояния человека: математические подходы / А. В. Богомоллов, Л. А. Гридин, Ю. А. Кукушкин, И. Б. Ушаков. - Москва: Медицина: Шико, 2003. - 461с. ISBN 5225041302

86. Дорошев, В.Г. Системный подход к здоровью летного состава в XXI веке / В.Г. Дорошев; Мед. центр ОАО "Аэрофлот-рос. междунар. авиалинии" [и др.]. - М.: Паритет Граф, 2000. - 363с.

87. Ежов, С.Н. Особенности психомоторных реакций и межполушарных отношений мозга на этапах временной адаптации/ С.Н. Ежов, С.Г. Кривошеков // Физиология человека. 2004. Т. 30, № 2. С. 53–57.

88. Енцов, Ю. Пилот - профессия особая – Текст: электронный // МРПС Шереметьевский профсоюз лётного состава [сайт] – 2017. URL: http://www.shpls.org/rights/sb_9/1455/view/ - Дата публикации: 21.04.2017 г.

89. Ефименко, В.В. Гигиеническая оценка условий труда и прогнозирование оценки здоровья инженерно-технического состава ВВС, подвергающегося воздействию высокоинтенсивного шума при обслуживании авиационной техники/ В.В. Ефименко, П.М. Шешенов // Вестник Российской военно-медицинской академии. - СПб., - 2006. - № 1 (15). - С.365.

90. Забродина, Н.Б. Обоснованность использования протоколов расчета акустической нагрузки членов летных экипажей при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда/ Н.Б. Забродина, Е.Е. Аденинская, Н.И. Симонова // Санитарный врач, 2019. - №12. - С.43-48.

91. Завалишина, Д.Н. К проблеме формирования стратегии при решении дискретных оперативных задач / Д.Н. Завалишина // Вопросы психологии. — 1965. — №5. — С. 71–81.

92. Завалкин, А. Размышления о технике пилотирования и некарательный среде – Текст: электронный // МРПС Шереметьевский профсоюз лётного состава [сайт] – 2018. URL: <http://www.shpls.org/press/news/1975/view/> - Дата публикации: 19.06.2018 г.

93. Земцовский, Э.В. Стрессорная кардиомиопатия вследствие хронического психо-эмоционального перенапряжения. Самостоятельная нозологическая форма или дебют ИБС?/ Э.В. Земцовский, С.А. Бондарев, Е.С. Вороненко и др. // Артериальная гипертензия. – 2008. – Т. 14, № 1. – С. 131–136.

94. Зибарев, Е.В. Оценка сенсорных нагрузок у пилотов воздушных судов гражданской авиации/ Е.В. Зибарев, И.В. Бухтияров, В.В. Сериков, С.А.

Калинина, А.Г. Меркулова // Медицина труда и промышленная экология. - 2020. -№7.- С. 435-442.

95. Зибарев, Е.В. Оптимизация режимов труда и отдыха членов лётных экипажей с целью повышения безопасности полётов в гражданской авиации / Е. В. Зибарев, О. К. Кравченко, А. А. Климов, С. Н. Ивашов // Медицина труда и промышленная экология. – 2022. – Т. 62, № 3. – С. 193-200. – DOI 10.31089/1026-9428-2022-62-3-193-200.

96. Зибарев, Е.В. Разработка новой концепции оценки напряженности труда пилотов гражданской авиации / Е. В. Зибарев, И. В. Бухтияров, О. К. Кравченко, П. А. Астанин // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 2. – С. 73-87. – DOI 10.21668/health.risk/2022.2.07.

97. Зибарев, Е.В. Оценка показателей напряжённости труда и факторов, влияющих на утомление у пилотов гражданской авиации по результатам анкетирования / Е. В. Зибарев, И. В. Бухтияров, Е. А. Вальцева, А. В. Токарев // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – Т. 61, № 6. – С. 356-364. – DOI 10.31089/1026-9428-2021-61-6-356-364.

98. Зинченко, В.П. Некоторые особенности ориентировочных движений руки и глаза и их роль в формировании двигательных навыков/ В.П. Зинченко // Вопросы психологии. — 1956. — № 6. — С. 50–64.

99. Зинченко, В.П. Движения глаз и формирование зрительного образа/ В.П. Зинченко // Вопросы психологии. —1958. — №5. —С. 63–76.

100. Золина, З.М., Горшков С.И. О классификации и критериях оценки труда по степени тяжести и напряженности // В кн. Рук. по физиол. труда под ред. З.М.Золиной и Н.Ф.Измерова. – М.: Медицина. – 1983. - С. 482-498.

101. Зуев, А. В. Bit или не bit? Информационная нагрузка как фактор профессионального риска/ А. В. Зуев, И.В. Федотова // Безопасность и охрана труда; 2015 - №2 - С. 50-53.

102. Иванов, В.Н. Наука управления автомобилем / В. Н. Иванов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1990. - 223 с.

103. Иванькович, Е. Е. Управление персоналом организаций с экстремальными условиями труда на примере ОАО "АЭРОФЛОТ" : специальность 08.00.05 "Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в т.ч.: экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями; региональная экономика; логистика; экономика труда; экономика народонаселения и демография; экономика природопользования; экономика предпринимательства; маркетинг; менеджмент; ценообразование; экономическая безопасность; стандартизация и управление качеством продукции; землеустройство; рекреация и туризм)" : диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Иванькович Евгений Евгеньевич. – Москва, 2005. – 216 с.

104. Измеров Н.Н. Принципы комплексной оценки «напряженности труда» и «рабочего напряжения» при умственных видах деятельности: методические рекомендации/ Н.Н. Измеров, В.В. Матюхин, Н.Х. Амиров и др. — М.: НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР, 1986. — 26 с.

105. Измеров, Н.Ф. Обоснование интегрального показателя для определения категорий напряженности труда/ Н.Ф. Измеров, В.В. Матюхин, Л.А. Тарасова // Медицина труда и промышленная экология, 1997. - № 5. - С. 1-7.

106. Измеров, Н.Ф. Инфразвук как фактор риска здоровью человека (гигиенические, медико-биологические и патогенетические механизмы)/ Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов, Н.А. Куралесин, В.Г. Овакимов - Воронеж: Истоки, 1998.- 276 с.

107. Измеров, Н.Ф. Разработка социально-гигиенических критериев оценки влияния производственно-профессионального стресса на показатели состояния здоровья трудовых коллективов / Н. Ф. Измеров, Г. И. Тихонова, Л. Г. Жаворонок [и др.] // . – 2006. – № 2. – С. 37-46.

108. Ильяева, Е.Н. Медико-социальная значимость потери слуха в трудоспособном возрасте и научное обоснование методов профилактики:

специальность 14.00.50 «Медицина труда»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Ильяева Екатерина Николаевна; Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН. – Москва, 2009. – 48 с.

109. Ильин, Е.П. Психофизиология состояний человека / Е.П. Ильин. - М. [и др.]: ПИТЕР, 2005 (АООТ Тип. Правда 1906). - 411 с.

110. Иорданская, Ф.А. Особенности временной адаптации при перелетах на восток и запад, средства коррекции и профилактики десинхроноза/ Ф.А. Иорданская// Теория и практика физической культуры. – 2000. – № 3. С. 16–20.

111. Истратова, О.Н. Психодиагностика. Коллекция лучших тестов [Текст] / О.Н. Истратова, Т.В. Эксакусто. - Изд. 8-е. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2011. - 375с

112. Кандрор, И.С. О принципах и критериях физиологической классификации видов труда по степени их тяжести и напряженности/ И.С. Кандрор, Д.М. Демина// Физиология человека. – 1981. – Т. VII, № 2. – С. 259-283.

113. Кантур, В.А. Гелиометеотропные реакции у летчиков ТОФ / В.А. Кантур // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. – 2006. – № S22. – С. 79-81.

114. Кардиоваскулярная профилактика. Национальные рекомендации. Разработаны Комитетом экспертов Всероссийского общества кардиологов и Национальным научным обществом «Кардиоваскулярная профилактика и реабилитация» // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2011. - №10 (6). – Прил.2. – С.1-64.

115. Карнаухов, Ю.Г. Изменение частоты и ритма сердечных сокращений под влиянием летной нагрузки/ Ю.Г. Карнаухов, Ю.М. Шидмарев// Военно-медицинский журнал. — 1976. – № 8. — С. 59—61.

116. Кику, П.Ф. Проблемы трансмеридиональных перелетов/ П.Ф. Кику, М.Ю. Хотимченко, Л.Н. Нагирная // Экология человека – 2015. – №01. - С.15-20.

117. Коваленко, В.В. Способ определения зрительного утомления/ В.В. Коваленко, Л.М. Гаврилова // Актуальные вопросы физиологии труда : Тез. докл. VIII Всесоюз. науч. конф. по физиологии труда, Алма-Ата, 1982. 90-летию со дня рождения проф. М. И. Виноградова посвящается / [Редкол.: Ю. В. Мойкин (отв. ред.) и др.]. - Горький : НИИ гигиены труда и профзаболеваний, 1982 - Ч.3: С.21-22.

118. Коваленко, П.А. Учение об иллюзиях полета: основы авиационной делиалогии / П.А. Коваленко, В.А. Пономаренко, А.В. Чунтул; Российская акад. наук, Ин-т психологии. - Москва: Ин-т психологии РАН, 2007. - 458с.

119. Козлов, В.В. Человеческий фактор: психофизиологические опасные факторы полета и их профилактика/ В.В. Козлов, О.А. Косолапов, И.И. Мединцев, В.И. Зорилэ. - М.: Полиграф, 2000 - 76 с.

120. Козлов, В.В. Изучение человеческого фактора при расследовании авиационных событий/ В.В. Козлов. - М.: Белый ветер, 2019 - 170 с.

121. Колесниченко О.Ю. Сравнение заболеваемости космонавтов и пилотов гражданских ведомств: радиационное облучение. – Текст: электронный // Архив сайта AviaHumanFactor.ru [сайт] – 2007. URL: <http://www.securityanalysisbulletin.com/analysis/6/49/sravnenie-zbolevaemosty-kosmonavtov-i-pilotov-grazhdanskih-vedo.htm>.

122. Количество авиапроисшествий в мире в 2008 г. увеличилось – Текст: электронный// РБК [сайт] – 2009. URL: <http://www.rbc.ru/society/19/02/2009/5703d2269a79473dc814c852> - Дата публикации: 19.02.2009.

123. Коптев, А.Н. Формализация представлений деятельности членов экипажа и специалистов/ А.Н. Коптев, Э.И. Сурина // Вестник СГАУ. – 2006 – №1 (9). – С. 244–253.

124. Корж В.А. Охрана труда : учебник / Корж В.А., Фролов А.В., Шевченко А.С., под ред. — Москва : КноРус, 2016. — 424 с. — ISBN 978-5-406-04188-8. — URL: <https://book.ru/book/917221> (дата обращения: 17.02.2023). — Текст : электронный.

125. Короткова, Ю.А. Разработка и обоснование профессионального подбора водителей на специализированном подвижном составе: специальность 05.22.08 «Управление процессами производства», 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Короткова Юлия Александровна; Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. — Москва: 2012. - 25 с.

126. Кочергин, Р.С. Снижение вредного воздействия шума на авиационный персонал/ Р.С. Кочергин, Н.Г. Черкасова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2019. — Том 2. - С. 558-560.

127. Красовский, В.О. Физиологические методики в решении задач гигиены труда/ В.О. Красовский, Г.Г. Бадамшина, Г.И. Кашафутдинова, А.Р. Галиуллин // Медицина труда и экология человека, 2015. —№1. — С. 25-33.

128. Кругликова, Н.В. Гигиенические аспекты профессиональной нейросенсорной тугоухости у лиц летного состава гражданской авиации/ Н.В. Кругликова, В.Л. Ромейко, Г.П. Ивлева, О.И. Харитоновна // Медицина труда и экология человека. — 2015. - № 4. - С.163-165.

129. Крылов, Ю.В. Шумовые и звуковые воздействия / в кн. под ред. Пономаренко В.А., Васильева П.В. Функциональное состояние летчика в экстремальных условиях. М.: Полет, 1994. С. 86-146.

130. Кузнецов, И.Б. Видеоокулографические методы исследования зрительной деятельности пилота // Информационно-управляющие системы. 2012. №1 (56) – С.79-83.

131. Кузьмина, А.Ю. Медицинские аспекты качества жизни пилотов гражданской авиации старшей возрастной группы / А.Ю. Кузьмина, А.А. Благинин // Психическое здоровье. — 2018. — № 11. — С. 22-28.

132. Кузьмина, А.Ю. Нарушения проводимости сердца у пилотов гражданской авиации старшей возрастной группы/ А.Ю. Кузьмина, А.А. Благинин, А.Я. Фисун // Вестник Российской Военно-медицинской академии. - 2020. - Т. 22. - №2. - С. 39-44. doi: 10.17816/brmma50043.

133. Куравский, Л.С. Оценка действий экипажа самолёта по данным видеоокулографии/ Л.С. Куравский, Г.А. Юрьев, В.И. Златомрежев, И.И. Грешников, Б.Ю. Поляков // Экспериментальная психология, 2021. - Том 14. - № 1. - С. 204–222. doi:10.17759/exppsy.2021140110.

134. Латышева, В.В. Утомляемость пилотов как проблема научного исследования / В.В. Латышева, Э.И. Сурина // 18-я Международная конференция "Авиация и космонавтика - 2019": Тезисы, Москва, 18–22 ноября 2019 года / Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). – Москва: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), 2019. – С. 283-284.

135. Лебедев, М.А. Усталость и ее проявление/ М.А. Лебедев, С.Ю. Палатов, Г.В. Ковров // РМЖ «Медицинское обозрение», 2014. - Т.22. - №4. - С.282-286.

136. Легенды и мифы летного Китая – Текст: электронный // МРПС Шереметьевский профсоюз лётного состава [сайт] – 2018. URL: <https://www.shpls.org/press/news/1908/view> - Дата публикации: 10.04.2018г.

137. Лейченко, С.Д., Человеческий фактор в авиации: монография: [в 2-х кн.]. Книга 1. / С.Д. Лейченко, А.В. Малишевский, Н.Ф. Михайлик; М-во трансп. Рос. Федерации, Федер. агентство воздуш. трансп. (Росавиация), С.-Петербург. гос. ун-т гражд. авиации. - СПб.: С.-Петербург. гос. ун-т гражд. авиации, 2005.–473 с.

138. Леонгард, К. Акцентуированные личности = Akzentuierte persönlichkeiten / Карл Леонгард; [Пер. с нем. В. Лещинской]. - М.: ЭКСМО-Пресс, 2001. – 446 с.

139. Леонова, А.Б. Психодиагностика функциональных состояний человека / А.Б. Леонова. - М.: Изд-во МГУ, 1984. - 199 с.

140. Леонова, А.Б. Дифференциальная диагностика состояний сниженной работоспособности/ А.Б. Леонова, С.Б. Величковская // Психология психических состояний. Под ред. А.О. Прохорова. – Казань. – Вып. 4. – С. 326–344.

141. Лушкин, А.М. Утомление как фактор опасности для безопасности полетов/ А.М. Лушкин, И.Н. Кормилицына // Научный вестник МГТУ ГА. – 2017. – Т.20. - №03. – С.131-138.

142. Лысаков, Н.Д. Актуальность программы повышения квалификации «человеческий фактор» для летного состава./ Н.Д. Лысаков // Человеческий капитал, - 2020, - № 2(134). – С.76-81.

143. Майорова, Ю.А. Утомляемость пилотов как психофизиологический фактор риска безопасности авиационных полетов / Ю.А. Майорова, А.Г. Гузий // Психология и психотехника. – 2015. – № 7(82). – С. 707-716. – DOI 10.7256/2070-8955.2015.7.15222.

144. Макеева, Т.И. Специальная оценка условий труда в гражданской авиации/ Т.И. Макеева, Л.А. Колышев// Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2017. - №1(14). – С. 47-58.

145. Малиновский, А.А. Анализ работы над проектом Приказа Минтруда России «Об утверждении особенностей проведения СОУТ на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей ВС гражданской авиации» на текущий момент /А.А. Малиновский// Человеческий фактор в системе управления безопасностью экстремальной профессиональной деятельностью и проблемы оздоровления специалистов [Текст] = Human factor in system of safety in extreme professional activities and challenges recovery specialists : материалы девятого международного научно-практического конгресса, Москва, 27-30 октября 2015 г. / Ассоциация авиационно-космической, морской, экстремальной и экологической медицины России ; под редакцией президента Ассоциации АКМЭЭМР, академика РАЕН, доктора медицинских наук,

профессора Власова В. Д. - Москва : ННПССХ им. А. Н. Бакулева, 2015. - С.122-124.

146. Мангина, Д.В. О физиологической стоимости летного труда/ Д.В. Мангина // Военно-медицинский журнал. — 1971. — № 6. — С. 61—64.

147. Манолова, О.Н. Разработка экспресс-методики оценки профессионально-важных качеств и рисков девиантного поведения лиц, обеспечивающих транспортную безопасность/ О.Н. Манолова // Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте= The human factor and safety of professional activities in air, water and transport: материалы X Международного научно-практического конгресса, посвященного 25-летию со дня основания Ассоциации, Москва, 25-28 октября 2017 г./ М.: Нац. мед. исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, 2017. - С.78-79.

148. Мантрова, И.Н. Методическое руководство по психофизиологической и психологической диагностике/ Мантрова И.Н. – Иваново: ООО «Нейрософт», 2007. - 216 с.

149. Мармышева, Л.Н. Влияние шумов средних уровней на организм человека-оператора при машинной обработке информации: специальность 14.00.07 «Гигиена»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Мармышева, Лидия Николаевна; НИИ гигиены труда и проф. заболеваний. – Москва, 1979. - 23 с.

150. Матвеева, М.В. Ожирение и когнитивная дисфункция/ М.В. Матвеева, Ю.Г. Самойлова, Н.Г. Жукова // Ожирение и метаболизм. — 2016. — Т. 13. — № 3 — С. 3-8. doi: 10.14341/ОМЕТ201633-8.

151. Матюхин, В.В. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности. Достижения и перспективы развития / В.В. Матюхин, И.В. Бухтияров, О.И. Юшкова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2013. – № 6. – С. 19-24.

152. Матюхин, В.В. Обоснование физиолого-эргономических мероприятий по снижению развития зрительного утомления при работе с видеодисплейными терминалами / В.В. Матюхин, Э.Ф. Шардакова, Е.Г. Ямпольская, В.В. Елизарова // Анализ риска здоровью. – 2017. – № 3. – С. 66-75. – DOI 10.21668/health.risk/2017.3.08.

153. Меркулова, А.Г. Исследование функционального состояния человека при восприятии зрительной информации в зависимости от способа технического смещения цветов по технологиям LCD- и DLP-проекторов / А.Г. Меркулова, Е.С. Осокина, И.В. Бухтияров // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2014. – Т. 100. – № 10. – С. 1195-1203.

154. Меркулова, А.Г. Формирование уровней напряжения зрительного анализатора при использовании видеодисплейных терминалов/ А.Г. Меркулова, С.А. Калинина//Актуальные проблемы медицины труда: Сборник трудов института / под редакцией члена-корреспондента РАН И.В. Бухтиярова. – Саратов: ООО «Амирит», 2018. – С. 229-236.

155. МИ НТП.ИНТ-17.01-2018 Методика измерений показателей напряженности трудового процесса для целей специальной оценки условий труда. – Текст: электронный // Единая общероссийская справочно-информационная система по охране труда: [официальный сайт]. URL: [https://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/45/metod%20\(17\).pdf](https://eisot.rosmintrud.ru/attachments/article/45/metod%20(17).pdf).

156. Методика определения уровня акустической нагрузки на членов экипажей воздушных судов с учетом шума под авиагарнитурами: Методические указания: МУК 4.3.2230-07 — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. — 16 с.

157. Методика оценки акустической нагрузки членов летных экипажей в кабинах воздушных судов гражданской авиации: 2.5. Гигиена. Гигиена и эпидемиология на транспорте: методические указания: МУК 2.5.3694-21 / Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – Офиц. изд. – Москва: Роспотребнадзор, 2021. – 30с.

158. Международная классификация болезней 10-ого пересмотра (МКБ-10) (версия 2019 г.) [сайт]. - Текст: электронный. URL: <https://mkb-10.com> (дата обращения: 16.08.2017.11.2022).

159. Мейман, М.Ю. Формирование среднесуточной шумовой нагрузки летных экипажей гражданской авиации и ее влияние на орган слуха летчиков: специальность 14.00.07 «Гигиена»: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Мейман Михаил Юрьевич; НИИ гигиены труда и проф. заболеваний. - Москва, 1990. – 24 с.

160. Методические рекомендации «Информация как гигиенический фактор и принципы профилактики для инновационного труда», утв. Научным советом №45 «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» 1.03.2013 г., М. ФБГУ НИИ МТ РАМН; 2013, 44 с.

161. Методическое пособие по выполнению полетов в зонах электрической активности атмосферы (для летного состава и специалистов службы движения эксплуатационных предприятий гражданской авиации), утв. Министерством гражданской авиации от 30.12.88. - Текст: электронный // RuFox Законы: [сайт]. URL: <https://portalnp.snauka.ru/2016/05/3430>.

162. Мещеряков, А.В. Оценка состояния общественного здоровья летного состава гражданской авиации/ А.В. Мещеряков // Курортная медицина. - 2016. - № 2. - С.66-70.

163. Микрюков, Н.В. Анализ человеческого фактора в авиационных происшествиях XXI века / Н.В. Микрюков, Д.С. Пруцкова - Текст: электронный // Портал научно-практических публикаций: [сайт]. URL: <https://law.rufox.ru/view/aviator/1093003475.htm>

164. Морозов, М.А. Динамика размера зрачка как показатель уровня нагрузки на человека-оператора / М.А. Морозов, Б.Б. Величковский // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. – 2013. – № 4(67). – С. 54-58.

165. Мухаметджанов, А.М. Психофизиологическая оценка адаптации военнослужащих в условиях прохождения воинской службы по призыву:

специальность 14.02.04 «Медицина труда»: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук/ Мухаметжанов Амантай Муканбаевич; Науч.-исслед. институт медицины труда. – Москва, 2015. - 233 с.

166. Незнанов, Н.Г. Результаты скрининговой оценки когнитивных функций у лиц с избыточной массой тела/ Н.Г. Незнанов, В.Р. Пиотровская, К.И. Ванаева, и др. // Артериальная гипертензия. – 2011. – Т.17. - №2. – С.156-161.

167. Недоспасова, О.П. Социально-экономический статус человека как один из факторов формирования его здоровья / О.П. Недоспасова, И.П. Шибалков // Азимут научных исследований: экономика и управление. – 2017. – Т. 6. – № 1(18). – С. 140-144

168. Новиков, В.С. Сохранение работоспособности летного состава/ В.С. Новиков, И.Б. Ушаков // Физиология летного труда. — 1997. — С. 244—265.

169. Об установлении продолжительности рабочей недели членам экипажей воздушных судов гражданской авиации (Минюст N 1861 05.08.99). Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 12.07.1999 N 22. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=33678>

170. Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению (с изменениями на 27 апреля 2020 года). Приказ Минтруда России от 24.01.2014 N 33н. - Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=369213>

171. Об утверждении особенностей проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах членов летных и кабинных экипажей воздушных судов гражданской авиации. Приказ Минтруда России (проект).

172. Об утверждении перечня рабочих мест в организациях, осуществляющих отдельные виды деятельности, в отношении которых

специальная оценка условий труда проводится с учетом устанавливаемых уполномоченным федеральным органом исполнительной власти особенностей (с изменениями на 20 февраля 2021 года). Постановление Правительства РФ от 14.04.2014 N 290. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=388354>

173. Об утверждении Положения об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации (с изменениями на 17 сентября 2010 года). Приказ Минтранса России от 21.11.2005 N 139. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=122795&cwi=3628>

174. Об утверждении Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работников, предусмотренных частью четвертой статьи 213 ТК РФ, перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ с вредными и (или) опасными производственными факторами, а также работам, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (с изменениями на 1 февраля 2022 года). Приказ Минздрава России от 28.01.2021 N 29н – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=416520>

175. Об утверждении Правил расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации (с изменениями на 29 декабря 2020 года). Постановление Правительства РФ от 18.06.1998 N 609. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=385083>

176. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков. Приказ Минтруда России от 28.12.2021 N 926. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523>

177. [Об утверждении Рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей. Приказ Минтруда России от 31.01.2022 N 36.](#) – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=414162>

178. Об утверждении Федеральных авиационных правил "Медицинское освидетельствование летного, диспетчерского состава, бортпроводников, курсантов и кандидатов, поступающих в учебные заведения гражданской авиации" (с изменениями на 10 сентября 2019 года) Приказ Минтранса России от 22.04.2002 N 50 (отменен с 01.09.2022. на основании приказа Госкорпорации "Роскосмос" от 20.12.2021 N 388). – Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=67903>.

179. Об утверждении Федеральных авиационных правил "Порядок проведения обязательного медицинского освидетельствования центральной врачебно-летной экспертной комиссией и врачебно-летными экспертными комиссиями членов летного экипажа гражданского воздушного судна, за исключением сверхлегкого пилотируемого гражданского воздушного судна с массой конструкции 115 килограммов и менее, беспилотного гражданского воздушного судна с максимальной взлетной массой 30 килограммов и менее, диспетчеров управления воздушным движением и лиц, поступающих в образовательные организации, которые осуществляют обучение специалистов согласно перечню специалистов авиационного персонала гражданской авиации, и претендующих на получение свидетельств, позволяющих выполнять функции членов летного экипажа гражданского воздушного судна, диспетчеров управления воздушным движением". Приказ Минтранса России от 10.12.2021 N 437. – Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=412998>

180. Об утверждении Федеральных авиационных правил "Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации" (с изменениями на 22 апреля 2020 года). Приказ Минтранса России от 31.07.2009

№ 128. – Текст: электронный // Судебные и нормативные акты РФ [сайт]. – URL: <https://sudact.ru/law/prikaz-mintransa-rf-ot-31072009-n-128/>

181. Об утверждении Федеральных авиационных правил "Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21". Приказ Минтранса России от 17.06.2019 № 184. – Текст: электронный // Информационно-правовой портал Гарант.ру [сайт]. – URL: <https://base.garant.ru/72701980/>

182. Овечкин, И.Г. Функциональная коррекция зрения / И.Г. Овечкин, К.Б. Першин, В.Д. Антонюк. - СПб.: АСП, 2003. - 96 с.

183. Огнев, А.С. Валидность айтрекинга как инструмента психодиагностики / А.С. Огнев, Э.В. Лихачева // Успехи современного естествознания. — 2015. — № 1-8. — С. 1311-1314.

184. О внесении изменений в Положение об особенностях режима рабочего времени и времени отдыха членов экипажей воздушных судов гражданской авиации Российской Федерации, утв. Приказом Минтранса РФ от 21 ноября 2005 г. № 139. Проект приказа Минтранса РФ (подготовлен Минтрансом России от 12.12.2016) – Текст: электронный // Информационно-правовой портал Гарант.ру [сайт]. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56595606/>

185. О внесении изменений в приложение № 2 к приказу Министерства здравоохранения Российской Федерации от 28 мая 2001 года № 176. Приказ Минздравсоцразвития России от 15.08.2011 № 918н. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=186955>

186. О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 02.07.2021 № 311-ФЗ. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=395450>

187. О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о

факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими. Постановление Правительства Российской Федерации от 18.11.2014 N 1215. – Текст: электронный // Правительство РФ [официальный сайт]. – URL: <http://static.government.ru/media/files/k7JPvnvV5Ww.pdf>

188. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. - 340 с.

189. О специальной оценке условий труда (с изменениями на 4 октября 2022 года). Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ.– Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=382318>.

190. ОСТ 1 00396-86 «Система органов управления в кабинах экипажа. Общие эргономические требования» (дата актуализации: 01.01.2021), утверждён Министерством 03.09.1986.

191. ОСТ 1 00415-2000 «Освещение внутреннее самолетов и вертолётков. Нормы освещения», утверждён ТК 323 30.03.2000.

192. Островский, В.Ф. Физиологическая оценка напряженности летного труда экипажей самолета Ил-96-300 с целью обоснования допустимых уровней летной нагрузки/ В.Ф. Островский, С.В. Панферов— М., 1994.

193. О трудовых пенсиях в Российской Федерации (с изменениями на 8 декабря 2020 года). Федеральный закон от 17.12.2001 N 173-ФЗ. – Текст: электронный //КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=378203&cwi=1448>.

194. Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации. от 26.07.2007 N 4.3. 2231-07. Методические указания: МУК 4.3.2231-07 – Текст: электронный // Библиотека

нормативной документации: [сайт]. URL:
<https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293835/4293835880.htm>

195. Оценка акустической нагрузки в кабинах экипажей воздушных судов при составлении санитарно-гигиенической характеристики условий труда летного состава гражданской авиации. Изменения и дополнения 1 к МУК 4.3.2231-07 от 23.04.2009 N 4.3.2499-09. Методические указания: МУК 4.3.2499-09 – Текст: электронный // Библиотека нормативной документации: [сайт]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/0/4294822/4294822907.pdf>

196. Панкова, В.Б. К вопросу учёта новых факторов в патогенезе профессиональной потери слуха (на примере работников транспорта) / В.Б. Панкова, М.Ф. Вильк, Е.В. Зибарев, И.Н. Федина // Мед. труда и пром. экол. 2022; 62(8): 488–500. <https://elibrary.ru/hqfnnr> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-8-488-500>.

197. Пантюхов, А.П. Авиационная медицина: учеб. пособие / А.П. Пантюхов, Ю.А. Соколов; Белорус. гос. мед. ун-т. – Минск: БГМУ, 2013. – 355 с.

198. Парецкая, Е.М. Лишний вес и работа мозга: чем опасно ожирение? / Медицина обо мне: «Корпорация „Медицинские электронные данные"» [сайт]. – Опубликовано 17.09.2018 09:16, обновлено 17.04.2020. URL: https://medaboutme.ru/articles/lishniy_ves_i_rabota_mozga_chem_opasno_ozhirenie

199. Письмо Минтруда России от 01.01.2002 №625-ВВ о порядке исчисления дополнительного отпуска за работу в особых условиях. – Текст: электронный // КОДИФИКАЦИЯ.РФ действующее законодательство Российской Федерации [сайт]. – URL: <https://rulaws.ru/acts/Pismo-Mintruda-RF-ot-01.02.2002-N-625-VV/>.

200. Пленцов, А.П. Потеря пространственной ориентировки и управления самолетом в полете / А.П. Пленцов, В.И. Желонкин, Н.А. Законова, В.М. Бощеван. – Текст: электронный // Человеческий фактор в авиации и космонавтике - AviaHumanFactor.ru [сайт] – 2006, №12. – URL: <https://www.aviahumanfactor.ru/attach/Safety-N12-2006.pdf>.

201. Погодин, Ю.И. Психофизиология профессиональной деятельности / Ю.И. Погодин, А.А. Боченков. – М.: «Парадис», 2007. – 280 с.

202. Пономаренко, В.А. и соавт. Здоровье летчика — проблема функциональных резервов здорового человека / В.А. Пономаренко, Г.П. Ступаков, С.И. Сытник и др. // Медицинские и психологические проблемы оптимизации функционального состояния летчика. — М., 1992. — С. 4—9.

203. Пономаренко, В.А. Человеческий фактор и безопасность посадки/ В.А. Пономаренко, В.В. Лапа, Н.А. Лемещенко — М.: Воениздат, 1993. — 112 с.

204. Пономаренко, В.А. Концепция профессионального здоровья и перспективы практики военной авиационной медицины / В.А. Пономаренко // Воен.-мед. журн. – 2006 – № 7 – С. 63–66.

205. Пономарёв, А.В. О человеческом факторе в гражданской авиации/ А.В. Пономарёв, Н.В. Пономарёв, Д.В. Чащин // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2018. - №14. Том 2 - С. 414-416.

206. Правила предоставления дополнительных отпусков работникам за работу в особых условиях. Приказ Министерства ГА №50 от 13.03.1986 г. - Текст: электронный/ Законы, кодексы и нормативно-правовые акты Российской Федерации [сайт] – URL: <https://legalacts.ru/doc/prikaz-mga-sssr-ot-13031986-n-50/>.

207. Порядок сертификации изделий авиационной техники. МР-21.004 Ревизия 01, утв.зам.руководителя Федерального агентства воздушного транспорта от 17.07.2020. – М., 2020. – 44 с.

208. Принципы комплексной оценки «напряженности труда» и «рабочего напряжения» при умственных видах деятельности: Методические рекомендации. 1986. М.: НИИ гигиены труда и профзаболеваний АМН СССР. 25 с.

209. Прокопенко, Л.В. Гигиена труда при работах с источниками ультразвуковых колебаний, распространяющихся в твердых, жидких, газообразных средах, и комплексная система профилактики: специальность

14.00.07 «Гигиена»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук/ Прокопенко Людмила Викторовна, НИИ медицины труда. – Москва, 1994. – 48 с.

210. Прокопенко, Л.В. О взаимосвязи условий труда инженерно-технического персонала гражданской авиации и состоянии его здоровья по показателям заболеваемости с ВУТ и темпом старения организма/ Л.В. Прокопенко, Р.Ф. Афанасьева, Е.Н. Илькаева, М.Л. Леонов// Тезисы Всероссийской конференции с международным участием «Реализация Глобального плана действий ВОЗ по здоровью работающих в РФ Проблемы и перспективы», Москва 30 июня - 1 июля 2009 г. - М - 2009. - С. 130 -132.

211. Прокопенко, Л.В. О проблемах оценки шумовых экспозиций, действующих на членов экипажей воздушных судов гражданской авиации/ Л.В. Прокопенко, О.К. Кравченко, Н.Н. Курьеров// «Медицина труда и промышленная экология», - 2016. - №11. - С. 45-48.

212. Прокопенко, Л.В. Перспективы гармонизации отечественных нормативов по вибрации с международными стандартами/ Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина // Медицина труда и промышленная экология, 2020. - Т. 60. - № 5. - С. 339-343.

213. Прокопенко, Л.В. Комплексная гигиеническая оценка условий и режимов труда членов лётных экипажей воздушных судов гражданской авиации с учётом применения авиагарнитур/ Л.В. Прокопенко, Н.Н. Курьеров, А.В. Лагутина, Е.С. Почтарева// Актуальные проблемы медицины труда: Сборник трудов института / под редакцией члена-корреспондента РАН И.В. Бухтиярова. – Саратов: ООО «Амирит», 2018. – С. 398-406

214. Проскурина, О.В. Актуальная классификация астенопии: клинические формы и стадии /О.В. Проскурина, Е.П. Тарутта, Е.Н. Иомдина, В.В. Страхов, В.В. Бржеский // Российский офтальмологический журнал, 2016. - 9(4): 69-73. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2016-9-4-69-73>.

215. Протько, Н.Н. Психосоматические заболевания у лётного состава/ Н.Н. Протько, В.В. Лапоревиц // Военная медицина. - 2010. - №2.-С.88-91.

216. Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство): Вероятность развития профессионально обусловленной патологии в зависимости от уровня напряженности труда / Матюхин В.В., Юшкова О.И., Порошенко А.С. в кн. под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова // М.: Тривант. – 2003. — С.207-213.

217. Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности. Методические рекомендации МР 2.2.9.2311—07 / Н.Ф. Измеров, В.В. Матюхин, О.И. Юшкова, Н.П. Головкова и др. // М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008. – 52с.

218. Психофизиологические основы профилактики перенапряжения: монография / Ю.В. Мойкин, А.И. Киколов, В.И. Тхоревский, Л.Е. Милков; АМН СССР. - М.: Медицина, 1987. - 254.

219. Путилов, А.А. Тест анкеты для самооценки индивидуальных особенностей цикла сон-бодрствование / А.А. Путилов // Бюллетень Сибирского отделения Академии медицинских наук СССР. – 1990. – Т. 10. – № 1. – С. 22-25.

220. Пучкова А.Н., Ткаченко О.Н., Дорохов В.Б. Специфика динамики размера зрачка в процессе работы с арифметическими задачами/ А.Н. Пучкова, О.Н. Ткаченко, В.Б. Дорохов // Социально-экологические технологии. — 2017. — №3. — С. 80-91.

221. Радиационная безопасность: Публ. 60, ч. 1, 61 МКРЗ: Приняты МКРЗ в нояб. 1990 г. / Пер. с англ. Т. Д. Кузьминой; Под ред. И. Б. Кеирим-Маркуса. - М.: Энергоатомиздат, 1994. – 190с.

222. Разсолов Н.А. Тугоухость у пилотов гражданской авиации (диагностика, врачебно-летная экспертиза и профилактика профессионального заболевания органа слуха шумовой этиологии): Методические рекомендации для врачей гражданской авиации, разработ. РМАПО МЗ РФ (под редакцией Разсолова Н.А.). - М., 2004 – 91 с.

223. Разсолов Н.А. Способ прогнозирования риска развития психосоматических заболеваний у лиц опасных профессий: метод. рекомендации / Н.А. Разсолов, А.А. Рудовский. - М., 2009. - 25 с.

224. Расследования авиационных происшествий и инцидентов: База по расследованиям – Текст электронный // Межгосударственный авиационный комитет [сайт] – 2022. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/>.

225. Расчет дозы радиации при авиаперелетах // Космическая погода сегодня и возможные эффекты / Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова, ФГБУ "ИПП" [сайт] // <http://space-weather.ru/#/doze-calculation>.

226. РД «Санитарно-гигиеническая характеристика вредности, опасности, напряженности, тяжести труда членов экипажей воздушных судов гражданской авиации России». Руководящий документ, разработ. под руководством Н.Ф.Измерова. Введ. 14.10.1997. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293835/4293835580.pdf>.

227. Руководство авиационному врачу по вопросам питания лиц летного состава / М-во гражд. авиации. - М.: Воздуш. трансп., 1986. - 185 с

228. Руководство по гигиене труда: [В 2 т.] Т.1 / Под общ. ред. Н. Ф. Измерова. - М.: Медицина, 1987. — С. 172 - 368.

229. Руководство по производству полетов. Часть D. Приложение к главе 6. RRJ-95. 13.09.2019 – 382с.

230. Руководство по психологическому обеспечению отбора, подготовки и профессиональной деятельности летного и диспетчерского состава гражданской авиации Российской Федерации: Части 1-5: (Ввод. в действие с 01.01.2001) / М-во трансп. Рос. Федерации. Гос. служба гражд. авиации; [Подгот.: Зайцева Е. Н. и др.]. - М., 2001. – 278с.

231. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда. Под ред. Израэльсона З.И., Тарасенко Н.Ю. – М.: Медицина, 1981. - 482 с.

232. Руководство Р 2.2.013-94. Гигиена труда. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов

производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство. - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1994. - 44 с.

233. Руководство Р 2.2.755-99. Гигиена труда. Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство» - М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 1999. - 97 с.

234. Руководство Р 2.2.1766-03 Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=364401>

235. Руководство Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=92758>

236. Реброва, О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA/ О.Ю. Реброва – М., Медиасфера, 2002. – 312 с.

237. Родионов, О.Н. Взаимосвязь утомления и особенностей полетной смены летных экипажей гражданской авиации/ О.Н. Родионов // Гигиена и санитария. – 2010. - №1. – С.59-62.

238. Родионов, О.Н. Совершенствование методических основ нормирования рабочих регламентов для летных экипажей гражданской авиации/ О.Н. Родионов, В.Б. Панкова, Г.Л. Стронгин //ЗНиСО, - 2009. - февраль №2 (191). – С.30-35.

239. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды

обитания. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы от 28.01.2021 N 1.2.3685-21. – Текст: электронный // Официальный интернет-портал правовой информации [сайт]. URL:

<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022>

240. [СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. – Текст: электронный // Судебные и нормативные акты РФ \[сайт\]. – URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1138/prilozhenie/](https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1138/prilozhenie/)

241. СанПиН 2.2.2.540-96 Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы от 04.07.1996 N 2.2.2.540-96. – Текст: электронный// Библиотека нормативной документации [сайт]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/4/4985/>.

242. СанПиН 2.5.1.2423-08 Гигиенические требования к условиям труда и отдыха для летного состава гражданской авиации (отменён). – Текст: электронный// Библиотека нормативной документации [сайт]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293830/4293830485.htm>

243. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.— 100 с.

244. СанПиН 2.6.1.2800-10 Гигиенические требования по ограничению облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения: Санитарные правила и нормативы.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора», 2011.—40 с.

245. Самарин, А. Модули ЖК-дисплеев для авионики/ А. Самарин // Текст: электронный // Компоненты и технологии. - 2005. - N 3.– URL: <https://kit-e.ru/displ/moduli-zhk-displeev-dlya-avioniki/>.

246. Сенин, К. К взлету не готов: авиакомпании столкнулись с дефицитом пилотов. Как решить проблему нехватки летчиков при мощном росте пассажиропотока/ К. Сенин– Текст: электронный // Известия [сайт] –

2018. URL: <https://iz.ru/771050/kirill-senin/k-vzletu-ne-gotov-aviakompanii-stolknulis-s-defitsitom-pilotov>. – Дата публикации 30 июля 2018.

247. Сериков, В.В. Совершенствование критериев и методов оценки напряженности трудового процесса у работников современных видов труда/ В.В. Сериков, О.И. Юшкова, А.В. Капустина // Профессия и здоровье: Материалы 16-го российского национального конгресса с международным участием, 21-24 сентября 2021 г., Владивосток, М: НКО Ассоциация врачей и специалистов медицины труда, 2021. - С.468-472. <https://doi.org/10.31089/978-5-6042929-2-1-2021-1-468-472>.

248. Сеченов, М.И. Физиология нервной системы [Текст]: Избранные труды: В 4 вып. / Вып.2. Условия продуктивности умственной работы И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Н. Е. Введенский; Под общ. ред. акад. К. М. Быкова. - Москва: Медгиз, 1952 – 865с.

249. Симонова, Н.И. Гигиеническое нормирование шума и его воздействие на членов летных экипажей [презентация] / Н.И. Симонова, Е.Е. Аденинская – Текст электронный// Aviation Explorer Содружество авиационных экспертов [сайт] – 2018. URL: https://avam-avia.ru/wp-content/uploads/2018/11/31_Simonova-1.pdf

250. Симонова, Н.И. Факторы формирования нарушений здоровья у членов лётных экипажей гражданской авиации [презентация] / Н.И. Симонова, Е.Е. Аденинская – Текст электронный// Aviation Explorer Содружество авиационных экспертов [сайт] – 2020. URL: <https://avam-avia.ru/wp-content/uploads/2020/02/16-simonova-n.i.-adeninskaya-e.e..pdf>

251. Скоромец, А.А. Влияние хронического стресса на формирование ранних признаков церебрального атеросклероза по результатам изучения комплекса интима-медиа сонных артерий/ А.А. Скоромец, И.С. Луцкий // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова, 2017. - №3. – С.48-55.

252. Слободян, Е. Потребность в пилотах гражданской авиации. Инфографика – Текст электронный// АИФ [сайт] – 2019. URL:

https://aif.ru/society/ptransport/potrebnost_v_pilotah_grazhdanskoy_aviacii_v_rossii_infografika - Дата публикации: 08.07.2019.

253. Смолева, М.Е. Профилактика опасностей и управление рисками станут приоритетом для работодателя/ М.Е. Смолева// журнал "Руководитель автономного учреждения", 2021. - №8. - С. 70-77.

254. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы от 31.10.1996 N 2.2.4/2.1.8.566-96. – Текст: электронный // Библиотека нормативной документации: [сайт]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/5/5214/>

255. СП 2.5.3650-20 Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры. Санитарно-эпидемиологические правила от 16.10.2020 N 2.5.3650-20. – Текст: электронный // Судебные и нормативные акты РФ [сайт]. – URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1359/sp-2.5.3650-20/

256. СП 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. Санитарно-эпидемиологические правила от 02.12.2020 N 2.2.3670-20. – Текст: электронный // Судебные и нормативные акты РФ [сайт]. – URL: https://sudact.ru/law/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1360/sp-2.2.3670-20/.

257. Соколов, Ю.А. Функциональное состояние лётчика при изменении барометрического давления / Ю.А. Соколов, А.П. Пантюхов – Минск: БГМУ, 2010. – 28 с.

258. Сорокин, Г.А. Влияние усталости и переутомления на общую заболеваемость работников /Г.А. Сорокин, Н.Д. Чистяков, В.Л. Суслов// Медицина труда и промышленная экология. – 2019. – № 8. — С.494-500.

259. Состояние безопасности полетов в гражданской авиации государств-участников соглашения о гражданской авиации и об использовании воздушного пространства в 2021 г. – Текст электронный// Межгосударственный

авиационный комитет [сайт] – 2022. URL: <https://mak-iac.org/upload/iblock/448/cvhy5ylxegg5sghcxr6icz0irccnj2ge/bp-21.pdf>

260. Степаненко, Е.В. Факторы, влияющие на деятельность экипажа воздушного судна в экстремальной ситуации / Е.В. Степаненко, Т.И. Шурдукова // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2010. – № 162. – С. 136-143.

261. Суворов, Г.А. Общая вибрация и вибрационная болезнь (гигиенические, медико-биологические и патофизиологические механизмы)/ Г.А. Суворов, И.А. Старожук, Л.А. Тарасова // М.: Автоваз. - 2000. – 182 с.

262. Суворов, Г.А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Г.А. Суворов, Л.Н. Шкаринов, Э.И. Денисов. - М.: Медицина, 1984. - 240 с.

263. Суин, П.А. Амбулаторный этап врачебно-лётной экспертизы в концепции профессионального здоровья лётного состава/ П.А. Суин, Д.А. Землянников // Вестник военно-медицинской академии, 2014. - № 2(46) – С. 169-172.

264. Сурина, Э.И. Разработка и внедрение системы управления рисками, связанными с утомлением [презентация]/ Сурина Э.И., к.т.н., директор департа. предотвращения АП и управления безопасностью полетов, авиац.психолог, чл.раб. группы по созданию глобального плана безопасности полетов (ИКАО GASP), Волга-Днепр, – Текст электронный// Aviation Explorer Содружество авиационных экспертов [сайт] – 2018. URL: <https://avam-avia.ru/wp-content/uploads/2020/02/41-surina-ei.pdf>

265. Суханов, В.В. Оценка состояния здоровья летного состава/ В.В. Суханов, А.С. Александров, А.А. Овинников, Л.В. Зуева, Ю.И. Ремизов // Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте= The human factor and safety of professional activities in air, water and transport: материалы X Международного научно-практического конгресса, посвященного 25-летию со дня основания

Ассоциации, Москва, 25-28 октября 2017 г./ М.: Нац. мед. исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, 2017. - С.161.

266. Суханов, Д.А. Опыт диагностического исследования профессионально значимых качеств пилота гражданской авиации/ Д.А. Суханов, Ю.В. Славинская // Вестник науки и образования. – 2017. - №6 (30). – С.105-109.

267. Сюрин, С.А. Профессиональные заболевания работников воздушного транспорта в Арктике / С. А. Сюрин, С. А. Горбанев // Безопасность и охрана труда. – 2018. – № 4(77). – С. 35-38.

268. Танащян, М.М. Сосудистые заболевания головного мозга и метаболический синдром / М.М. Танащян, О.В. Лагода, С.В. Орлов, и др. // Терапевтический архив. – 2013. – Т.85. – №10. – С. 34-42.

269. Тихомиров, О.К. Структура мыслительной деятельности человека/ О.К. Тихомиров— М.: МГУ, 1969. — 202 с.

270. Тихомиров, О.К. Развитие деятельностного подхода в психологии мышления / О.К. Тихомиров и др. // Традиции и перспективы деятельностного подхода в психологии: школа А.Н. Леонтьева. — М.: Смысл, 1999. — С.191–234.

271. Точиллов, К.С. Практикум по физиологии труда/ Точиллов К.С. — Л.: Наука, 1970. – 200 с.

272. Транспорт в России. 2020: Стат.сб./Росстат. – М., 2020. – 108 с.

273. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 4 ноября 2022 года). Кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ. – Текст: электронный // КонтурНорматив [сайт]. – URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=435352>

274. Трубилин, В. Н. Современные аспекты компьютерного зрительного синдрома / В. Н. Трубилин, В. Е. Юдин, И. Г. Овечкин [и др.] // Клиническая практика. – 2021. – Т. 12. – № 3. – С. 43-50. – DOI 10.17816/clinpract71366.

275. Тямина, Г.В. Радиационная безопасность в авиации / Г.В. Тямина, В.В. Сиротюк, Т.Н. Кодратова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2012. – Т. 1. – № 8. – С. 247-248.

276. Ушаков, И.Б., Шалимов П.М. Функциональная надежность и функциональные резервы летчиков/ И.Б. Ушаков, П.М. Шалимов // Вестник РАМН. — 1996. —№ 7. — С. 26—31.

277. Ушаков, И.Б. Профилактика неблагоприятного влияния гелиогеофизических факторов на летный состав / И.Б. Ушаков // Человек в авиации и безопасность полётов: Материалы первого научно-практического конгресса, Москва, 01–03 августа 1998 года. – Москва: Ассоциация авиационной и космической медицины России, 1998. – 370 с.

278. Фадеев, А.В. Медико-социальная характеристика военных летчиков с заболеваниями органов пищеварения / А.В. Фадеев, С.Н. Радченко, А.А. Шишов, В.Н. Филатов // Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО. – 2014. – № 10(259). – С. 25-27.

279. Федотова, И.В. Влияние эргономических характеристик рабочего места на распространенность болевого синдрома у водителей-профессионалов/ И.В. Федотова, М.А. Бобоха // Гигиена и санитария. – 2015. - 94 (1) - С. 72-76.

280. Феоктистова, О.Г. Взаимосвязи и параллели воздействия электромагнитного излучения на персонал авиапредприятий / О.Г. Феоктистова, И.Н. Мерзликин // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2010. – № 160. – С. 159-163.

281. Хадарцев, А.А. Концепция продления трудового долголетия и программно-аппаратный комплекс расчета трудового стажа / А.А. Хадарцев, И.А. Кабанов, К.Ю. Китанина // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2018. – № 4. – С. 106-114.

282. Ханин, Ю.Л. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. - Ленинград. - 1976. - 18 с.

283. Харитонов, В.В. Динамика акустической обстановки в кабине экипажа воздушного судна/ В.В. Харитонов, В.Н. Зинкин, С.П. Драган // Измерения. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2021. - № 2. - С. 20–29.

284. Холодов, Ж.К. Теория и методика физической культуры и спорта [Текст]: учебник: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Педагогическое образование" / Ж. К. Холодов, В. С. Кузнецов. - 15-е изд., стер. - Москва: Академия, 2018. – 494с.

285. Цфасман, А.З. Кардиология / А. З. Цфасман. - М., 1998. - 283 с.

286. Чернобровова, Е.М. Исследование возможности диагностировать утомление в полете по характеристикам речи пилотов / Е.М. Чернобровова, Н.В. Якимович, Э.И. Сурина // Проблемы безопасности полетов. – 2013. – № 5. – С. 13-25.

287. Чистов, С.Д. Влияние интенсивного шума на функциональное состояние летного состава / С.Д. Чистов, Ю.А. Кукушкин, С.К. Солдатов [и др.] // Проблемы безопасности полетов. – 2019. – № 9. – С. 3-13.

288. Шишов, А.А. Некоторые вопросы оперативного медицинского контроля за состоянием летчика в полете/ А.А. Шишов, В.А. Пастушенков // Военно-медицинский журнал. — 1981. — № 11. — С. 71—75.

289. Шишов, А.А. «Человеческий фактор» в авиационной авариологии и системе безопасности полетов/ А.А. Шишов, Н.И. Оленев //Материалы I научно-практич. конф., посвященной 95-летию гражданской авиации России (6-7 февраля 2018 г.). – М., 2018.– С. 85-88.

290. Шорохов, Н.Н. Изменение пульса и АД у летчиков после полетов/ Н.Н. Шорохов // Военно-медицинский журнал. — 1976. — № 8. — С. 73—75.

291. Щегольков, А.М. Распространенность факторов риска сердечно-сосудистых заболеваний с артериальной гипертензией в условиях воздействия профессиональной стрессовой нагрузки/ А.М. Щегольков, Д.В. Черкашин, Р.Г. Макиев, А.А. Благинин, С.В. Горнов, В.В. Горнов // Человеческий фактор и безопасность профессиональной деятельности на воздушном, водном и наземном транспорте= The human factor and safety of professional activities in air,

water and transport: материалы X Международного научно-практического конгресса, посвященного 25-летию со дня основания Ассоциации, Москва, 25-28 октября 2017 г./ М.: Нац. мед. исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева, 2017. - С.162-164.

292. Юнкеров, В.И. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований [Текст] / В.И. Юнкеров, С.Г. Григорьев; Военно-мед. акад. - Санкт-Петербург: Военно-мед. акад., 2002. - 267 с.

293. Юшкова, О.И. Прогноз снижения работоспособности и нарушения здоровья при воздействии факторов напряженности труда в зависимости от класса условий труда / О.И. Юшкова, В.В. Матюхин, И.В. Бухтияров [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 1. – С. 8-13.

294. Якимович, Н.В. Новый метод прогнозирования индивидуальной степени утомления пилотов в длительных рейсах/ Н.В. Якимович, Э.И. Сурина, И.Г. Городецкий, В.В. Чиронов – Текст: электронный // МРПС Шереметьевский профсоюз лётного состава [сайт] – 2017. URL: <http://www.shpls.org/press/news/1796/view/> - Дата публикации: 8 декабря 2017 г.

295. Ярбус, А.Л. Роль движения глаз в процессе зрения/ Акад. наук СССР. Ин-т проблем передачи информации. - Москва: Наука, 1962. — 176 с.

296. Яуга, Е.А. Экологические факторы, влияющие на состояние здоровья летного состава авиации во время проведения полетов / Е.А. Яуга // Актуальные проблемы современной медицины и фармации - 2015: Сборник тезисов докладов 69-й научно-практической конференции студентов и молодых ученых с международным участием, Минск, 15–17 апреля 2015 года / Белорусский государственный медицинский университет. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2015. –С. 1437.

297. Abbas I.I. The impacts of extreme weather and climate events on aviation. // Environment, Ecology & Management, 1 (2012), №1, 12-20 URL: https://www.researchgate.net/publication/273631125_The_impacts_of_extreme_weather_and_climate_events_on_aviation.

298. Acharya U.R., Joseph K.P., Kannathal N., Lim C.M., Suri J.S. Heart rate variability: a review, *Med. Biol. Eng. Comput.* 44 (2006) 1031–1051.

299. Aeroflot, Emirates Named as Having Biggest Pilot Gender Gap // Bloomberg. – URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-08-21/aeroflot-emirates-named-as-having-biggest-pilot-gender-gap> (дата обращения 25.12.2022)

300. Advisory circular AC120-103A of FAA «Fatigue Risk Management Systems For Aviation Safety», 5/6/13 (ac_120-103a.pdf на сайте www.faa.gov).

301. Aircrew Safety and Health // Content source: National Institute for Occupational Safety and Health. - November 5, 2019. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/aircrew/>.

302. Åkerstedt, T. Consensus statement: fatigue and accidents in transport operations. *Journal of Sleep Research* (2000), 9(4), 395. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2000.00228>.

303. Åkerstedt, T., Folkard, S., & Portin, C. Predictions from the three-process model of alertness. *Aviation, Space and Environmental Medicine* (2004), 75(3), Section II, A75-83.

304. Åkerstedt T., Gillberg M. Subjective and objective sleepiness in the active individual. *International Journal of Neuroscience* 1990;52:29–37. PMID: 2265922.

305. Alertness Solutions. (no date). The System for Aircrew Fatigue Evaluation (SAFE). Available from: http://www.alertsol.com/downloads/sb_alertsol/AlertnessSolutions_SAFEprogram.pdf

306. Alves - Pereira M., Castelo Branco M. S., Motylewski J., Pedrosa A., Castelo Branco N. Airflow - Induced Infrasound in Commercial Aircraft // INTER-NOISE 2001, The Hague, The Netherlands, August 2001.

307. Amalberti R. The paradoxes of almost totally safe transportation systems. *Safety Science*, 2001, 37, 109–126.

308. Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation. Aircraft operation. Part I. International commercial air transport. Aircraft: ICAO. Edition 10 – Montreal.: ICAO, July 2016. - 292p.

309. Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation. Aircraft operation. Part II. International commercial air transport, 33rd amendment Aircraft: ICAO. Edition 10 – Montreal.: ICAO, July 2016. - 292p.

310. Annex 13 to the Convention on International Civil Aviation "Investigation of Aviation Accidents and Incidents", ICAO. – Eleventh edition. – Montreal: ICAO, July 2016. - 3p.

311. Annex 19 to the Convention on International Civil Aviation "Safety Management", ICAO. Second edition. – Montreal: ICAO, July 2016. - 46 p.

312. Annual Report 2008, International Air Transport Association // Published in Montréal – Geneva, IATA, 2009 – 56 p.

313. Assessing risks from operator fatigue. Guidance document for the oil and gas industry. OGP-IPIECA, UK, 2014. - 40 p.

314. Bai Guoyin, Qiu Bing, Liu Jingyi, et al. Influencing factors for ozone concentration and detection methods in cabin of civil aircraft: a review of recent studies [J]. J Environ Health, 2012, 29(11): 1054-1056 (in Chinese).

315. Bellmann, M.; Remmers, H. Evaluation of vibration perception in passenger vehicles and aircrafts. Acta Acust. 2003,89, S11.

316. Bessonova Yu.V. et. al. Oculomotor markers of the visual attention to important stimuli / Yu.V. Bessonova et. al. // International Journal of Psychophysiology, Volume 108, Pages 1-172 (October 2016). Proceedings of the 18th World Congress of Psychophysiology (IOP2016) of the International Organization of Psychophysiology (IOP) Havana, Cuba August 31st to September 4th, 2016. — P. 94-95.

317. Bhangar S., Cowlin S.C., Singer B.C., Sextro R.G. Ozone Levels in Passenger Cabins of Commercial Aircraft on North American and Transoceanic Routes // Environmental Science and Technology, June 2008, 42(11): 3938-3943.

318. Bhardwaj R., Balasubramanian V. Viability of cardiac parameters measured unobtrusively using capacitive coupled electrocardiography (cECG) to estimate driver performance, *IEEE Sens. J.* 19 (2019) 4321–4330.

319. Biomathematical Fatigue Models. Guidance Document // Civil Aviation Safety Authority, Australian Government / CASA Guidance Document, 2014. – 73 p.

320. Boice J., Blettner M., Auvinen A. Epidemiologic Studies Of Pilots And Aircrew // *Health Physics*, 2000, 79(5):576-84. DOI:10.1097/00004032-200011000-00016.

321. Bourgeois-Bougrine S., Carbon P., Gounelle C., Mollard R., Coblenz A. Perceived fatigue for short- and long-haul flights: a survey of 739 airline pilots // *Aviat Space Environ Med.* 2003 Oct. *Aviat Space Environ Med.*, 2003. Oct.;74(10):1072-7.

322. Branford, K., Lowe, A., Hayward, B. & Cabon, P. Biomathematical fatigue models. Guidance Document. Civil Aviation Safety Authority Australia, 2014. Available at: http://www.casa.gov.au/scripts/nc.dll?WCMS:STANDARD::pc=PC_90315 [9.1.2015].

323. Buila N. B., Kabanda G.K., Munyoka E.M-C., Bantu J.-M.B., M'Buyamba-Kabangu J. R. Risk Factors for Cardiovascular Diseases in Aircrew: In book: *Cardiovascular Risk Factors [Working Title]* // Published: September 28th, 2021, 228 p. DOI: 10.5772/intechopen.99905.

324. Bustamante-Sánchez Á., Clemente-Suárez V.J. Psychophysiological response in night and instrument helicopter flights // *Ergonomics*, January 2020, 63(2):1-21.

325. Cadilhac P., Bouton M.C., Cantegril M., Cardines C., Gisquet A., Kaufman N., & Klerlein M. In-Flight Ultraviolet Radiation on Commercial Airplanes. *Aerospace Medicine and Human Performance*, (2017), 88(10), 947–951.

326. Cajochen C., Zeitzer J.M., Czeisler C.A., Dijk D.J. Dose response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav Brain Res.*, 2000, 115 (1): 75–83.

327. Caldwell J.A., Mallis M.M., Caldwell J.L., Paul M.A., Miller J.C., Neri D.F. Fatigue countermeasures in aviation, *Aviat. Space Environ. Med.* 80 (2009) 29–59.
328. Caldwell J.A. Crew schedules, sleep deprivation, and aviation performance // *Curr. Dir. Psychol. Sci.* 21 (2012) 85–89.
329. Chen Jia-hui, HU Da-yu, JIA Xu, et al. Monitoring metrics for Short-term exposure to ambient ozone and pulmonary function and airway inflammation in healthy young adults [J]. *Journal of Peking University(Health Sciences)*, 2020.5, online (in Chinese).
330. Cho K., Ennaceur A., Cole J. K., Suh C. H. Chronic jet lag produce cognitive deficits // *Chronic jet lag produces cognitive deficits // Journal of Neuroscience.* 2000. Vol. 20. P. 1–5.
331. Civil Aviation Authority (2007). *Aircrew fatigue: A review of research undertaken on behalf of the UK Civil Aviation Authority (CAA Paper 2005/04).* Great Britain: Author. Available from: <http://www.caa.co.uk/application.aspx?catid=33&pagetype=65&appid=11&mode=detail&id=1942>.
332. Civil Aviation Department. The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. CAD 371(2nd Edition). *The avoidance of fatigue aircrew.* May 2010 (This document is re-issued in April 2013 with no change of content except the new CAD logo.).
333. Cournot M. Relation between body mass index and cognitive function in healthy middle-aged men and women / M. Cournot, J.C. Marquié, D. Ansiau, C. Martinaud, H. Fonds, J. Ferrières, J.B. Ruidavets // *Neurology.* - First published October 9, 2006, DOI: <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000238082.13860.50>.
334. Dawson D., Ian Noy Y., Härmä M., Akerstedt T., Belenky G. Modelling fatigue and the use of fatigue models in work settings. *Accid Anal Prev.* 2011 Mar;43(2):549-64. doi: 10.1016/j.aap.2009.12.030. PMID: 21130216.

335. Dembe A.E., Erickson J.B., Delbos R.G., Banks S.M. The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: new evidence from the United States. - *Occup Environ Med.* 2005. - Sep; 62(9):588-97.

336. Dewei, Y., Su, J., Liu, C., & Chen, W.-H. Trajectory clustering aided personalized driver intention prediction for intelligent vehicles. (2019) *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 15, 3693-3702.

337. Doc 9859 Safety Management Manual (SMM), Fourth Edition: - International civil aviation organization (ICAO), 2018. – 170 p.

338. Doc Manual for the Oversight of Fatigue Management Approaches, Second edition, 2016, Reissued 2017: International civil aviation organization (ICAO), 2017. – 204 p. -www.icao.int.

339. Doughty M.J. Consideration of three types of spontaneous eyeblink activity in normal humans: during reading and video display terminal use, in primary gaze, and while in conversation // *Optometry and vision science*, 2001. - 78 (10): 712-725.

340. Duffy J.F, Czeisler C.A. Effect of Light on Human Circadian Physiology. *Sleep Med Clin.* 2009 Jun;4(2):165-177. doi: 10.1016/j.jsmc.2009.01.004. PMID: 20161220; PMCID: PMC2717723.

341. Edwards E. Introductory overview. In: Wiener E, Nagel D, editors. *Human factors in aviation*. San Diego: Academic Press; 1988.

342. Enhua Xu and Yan Xu. Research on O₃ Concentration Monitoring Data in Aircraft Cabin. - 2020 - *J. Phys.: Conf. Ser.* 1616 012064 URL: https://www.researchgate.net/publication/343812337_Research_on_O3_Concentration_Monitoring_Data_in_Aircraft_Cabin.

343. FAR Part 117 Flight and Duty Limitations and Rest Requirements: Flightcrew Members (with FAA Corrections as of November 19, 2013). URL: www.alpa.org/FAR-Part-117-Rules-Text.pdf.

344. Farrell J.P. DARPA, electromagnetic waves and air crashes. - October 6, 2020. URL: <http://gizadeathstar.com/2020/10/darpa-electromagnetic-waves-and-air-crashes>.

345. Fletcher, A. & Dawson, D. (2001c). Field-based validations of a work-related fatigue model based on hours of work. *Transportation Research, Part F4*, 75-88.
346. Folkard, S., Robertson, K., & Spencer, M. A fatigue/Risk Index to assess work schedules. *Somnologie* (2007), 11, 177–185.
347. Friedl K.E., Grate S.J., Proctor S.P., Ness J.W., Lukey B.J., Kane R.L. Army research needs for automated neuropsychological tests: monitoring soldier health and performance status, *Arch. Clin. Neuropsychol*, 2007, 22 S7–S14.
348. *Fundamentals of Sensory Physiology* / H.Altner, U.G.-Cornehis, R.Klinke, R.F.Schmidt, M. Zimmermann et.al //Edited by Robert F. Schmidt. - Second, Cor.Edition. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH – 1981. 267 p.
349. *Fatigue Risk Management: Implementation Guide for Operators*: International civil aviation organization (ICAO), first edition July 2011 – 150 p. - www.icao.int.
350. Gander P.H., Graeber R.C., Foushee H.C., Lauber J.K., Connel L.J. Crew factors in flight operations II: psychophysiological responses to short-haul air transport operations // National Aeronautics and Space Administration, Ames research Centre, California: 1994. – 73 p.
351. Gonzales MM, Kaur S, Eagan DE, Goudarzi K, Pasha E, Doan DC, et al. Central adiposity and the functional magnetic resonance imaging response to cognitive challenge. *Int J Obes*. 2014;38:1193–9.
352. Greubel, J., & Nachreiner, F. The validity of the risk index for comparing the accident risk associated with different work schedules. *Accident Analysis and Prevention*, 2013, 50: 1090-1095.
353. Gutierrez D., Arbesman J. Circadian Dysrhythmias Physiological Aberrations and the Link to Skin Cancer // *Int. J. Mol. Sci*. 2016, 17, 621 – 13 p.
354. Haimov I., Arendt J. The prevention and treatment of jet lag // *Sleep Med. Rev.* 1999. Vol. 3, N 3. P. 229–240. URL: https://www.researchgate.net/publication/301664936_Circadian_Dysrhythmias_Physiological_Aberrations_and_the_Link_to_Skin_Cancer.

355. Hannerz H., Dalhoff K., Burr H. et al. Correlation between relative rates of hospital treatment or death due to ischaemic heart disease (IHD) and of IHD-related medication among socio-occupational and economic activities groups in Denmark, 1996–2005 // *Int. J. Occup. Med. Environ Health.* – 2014. № 27 (4). – P. 536–546.

356. Hegwood J. Yates A. Human Factors in 1988 General Aviation Accidents // *Transportation research record* 1332 URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1992/1332/1332-003.pdf>

357. Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & van de Weijer, J. (2017). *Eye Tracking: A Comprehensive Guide to Method and Measures.* Oxford University Press.

358. Honn K.A., Satterfield B.C., McCauley P., Caldwell J.L., Van Dongen H.P. Fatiguing effect of multiple take-offs and landings in regional airline operations. *Accid Anal Prev.*, 2016; 86:199–208.

359. Health and Safety Executive (2006) RR446– The development of a fatigue / risk index for shiftworkers. Available from: <http://www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr446.htm> (This site provides details of the model and links to the user guidance document and FRI spreadsheet).

360. Human factors training manual Doc 9683-AN/950, with amendments 30.09.03, 31.05.05, ICAO 1998. – 302 p.

361. Hursh, S.R., Raslear, T.G., Kaye, A.S., & Fanzone Jr., J.F. (2007). Validation and calibration of a fatigue assessment tool for railroad work schedules (Report No. DOT/FRA/ORD-08/04). Baltimore, MD: Federal Railroad Administration, U.S. Department of Transportation.

362. Ilić, Z.; Rašuo, B.; Jovanović, M.; Jovičić, S.; Tomić, L.; Janković, M.; Petrašinović, D. The efficiency of passive vibration damping on the pilot seat of piston propeller aircraft. *Measurement* 2017, 95, 21–32.

363. Institutes for Behavior Resources, Inc. (2012). *Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST).* Available: <http://www.ibrinc.org/index.php?id=162>.

364. InterDynamics. (2014). Fatigue risk management solutions: Facilitating practical, effective FRMS implementations and positive cultural change. Available from: <http://www.interdynamics.com/wp-content/uploads/2014/01/InterDynamicsFRMSolutions.pdf>.

365. Jackson C.A., Earl L. Prevalence of fatigue among commercial pilots. *Occup. Med.* 2006; 56: 263–8. <https://doi.org/10.1093/occmed/kql021>.

366. Johns M.W. A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 1991;14(6):540—5. PMID: 1798888.

367. Johnston E. The Effects of Ultraviolet Radiation on Aircraft Crewmember Health // A thesis submitted to the College of Aeronautics Florida Institute of Technology in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Human Factors in Aeronautics Melbourne, Florida, July, 2021 – 58 p.

368. Juda M., Vetter C., Roenneberg T. The Munich ChronoType Questionnaire for Shift-Workers (MCTQShift). — *Journal of Biological Rhythms*, 2013, № 28: p.130.

369. Katz G., Durst R., Zislin Y., Barel Y., Knobler H. Y. Psychiatric aspects of jet lag. Review and hypothesis // *Med.Hypotheses*. 2001. Vol. 56, N 1. P. 20–23.

370. Kolla B. P., Auger R. R. Jet lag and shift work sleep disorders: How to help reset the internal clock // *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2011. Vol. 78. P. 675–684.

371. Kulesa G. Weather and Aviation: How Does Weather Affect the Safety and Operations of Airports and Aviation, and How Does FAA Work to Manage Weather-related Effects? // TRID, TRD Annual Meeting: [The Potential Impacts of Climate Change on Transportation](https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/kulesa_Weather_Aviation.pdf), Washington, 2003 URL: https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/kulesa_Weather_Aviation.pdf

372. Lagarde D., Doireau P. Le decalage horaire // *Med. trop. (Fr.)*. 1997. Vol. 57, N 4, bis. P. 489–492.

373. Lei G., Shuguang Z., Peng T., Yi L. An integrated graphic-taxonomic-associative approach to analyze human factors in aviation accidents, 2014, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cja.2014.02.002>.

374. Levo A. Predicting Pilot Fatigue in Commercial Air Transportation/ Aalto University School of Science, Department of Mathematics and Systems Analysis// Abstract of master's thesis (автореферат магистерской диссертации)/ Espoo, January 15, 2016. – 74 p.

375. Li Guohua. Age, Flight Experience and Risk of Crash Involvement in a Cohort of Professional Pilots / Guohua Li, S.P. Baker, J.G. Grabowski, Y. Qiang. M.L. McCarthy, G.W.Rebok // American Journal of Epidemiology, 2003, Vol. 157, No. 10. – 874-880 p.

376. Lindgren T., Andersson K., Norbäck D. Perception of cockpit environment among pilots on commercial aircraft // Aviation Space and Environmental Medicine, 2006, 77(8):832-7.

377. Lipponen, J. A., Tarvainen, M. P. A robust algorithm for heart rate variability time series artefact correction using novel beat classification. Journal of Medical Engineering & Technology (2019) 43(3), 173–181. <https://doi.org/10.1080/03091902.2019.1640306>.

378. Makivić, B.; Nikić Djordjević, M.; Willis, M.S. Heart Rate Variability (HRV) as a tool for diagnostic and monitoring performance in sport and physical activities. J. Exerc. Physiol. Online 2013, 16, 103–131.

379. Mansfield, N.J., Aggarwal G. Whole-Body Vibration Experienced by Pilots, Passengers and Crew in Fixed-Wing Aircraft: A State-of-the-Science Review. // [Vibration](#) 5(1):110-120, February 2022, DOI:[10.3390/vibration5010007](https://doi.org/10.3390/vibration5010007).

380. Mansfield, N.J.; Mackrill, J.; Rimell, A.N.; MacMull, S.J. Combined Effects of Long-Term Sitting and Whole-Body Vibration on Discomfort Onset for Vehicle Occupants. ISRN Automot. Eng., 2014, pp. 1–8.

381. Missoni E., Nikolic N., Missoni I. Civil Aviation Rules on Crew Flight Time, Flight Duty, And Rest: Comparison of 10 ICAO Member States // Aviation

Space and Environmental Medicine 80(2):135-138, PubMed March 2009. DOI:10.3357/ASEM.1960.2009.

382. Morales J.M., Diaz-Piedra C., Rieiro H., González J. R. Monitoring driver fatigue using a single-channel electroencephalographic device: A validation study by gaze-based, driving performance, and subjective data // [Accident; Analysis and Prevention](#). December 2017, 109:62–69 DOI:[10.1016/j.aap.2017.09.025](#).

383. Mortality among a cohort of U.S. commercial airline cockpit crew / L.C. Yong, L.E. Pinkerton, J.H. Yiin [et al.] // *American journal of industrial medicine*. – 2014. – Vol. 57. – № 8. – P. 906-14.

384. Mortality from cancer and other causes among male airline cockpit crew in Europe / Blettner M., Zeeb H., Auvinen A. [et al.] // *International journal of cancer*. – 2003. – Vol. 106. – № 6. – P. 946-52.

385. Mortality from cancer and other causes in commercial airline crews: a joint analysis of cohorts from 10 countries / G.P. Hammer, A. Auvinen, B.L. De Stavola [et al.] // *Occupational and environmental medicine*. – 2014. – Vol. 71. – № 5. – P. 313–322.

386. Muhanna I.E., Shakallis A. Preliminary study confirms that pilots die at younger age than general population // *Flight safety foundation. Flight safety digest*. – June, 1992. – p.1-17.

387. Mukherjee, S., Yadav, R., Yung, I., Zajdel, D. P., and Oken, B. S. Sensitivity to mental effort and test-retest reliability of heart rate variability measures in healthy seniors. *Clin. Neurophysiol* (2011). 22, 2059–2066. doi: 10.1016/j.clinph.2011.02.032.

388. Mulder L.J.M. Measurement and analysis methods of heart rate and respiration for use in applied environments, *Biol. Psychol.* 34 (1992) 205–236.

389. Murphy P. *Lasers and Aviation Safety* // International Laser Display Association (ILDA), Version 2.2, Thursday, September 10, 2009 - 18 p.

390. Nakagawara V.B., Montgomery R.W., Marshall W.J. *Optical Radiation Transmittance of Aircraft Windscreens and Pilot Vision*. (2007) URL:

https://www.faa.gov/data_research/research/med_humanfacs/oamtechreports/2000s/media/200720.pdf

391. Nakagawara V.B., Montgomery R.W., Marshall W.J. Infrared Radiation Transmittance and Pilot Vision Through Civilian Aircraft Windscreens. (2008) <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA482971.pdf>.

392. Nyström M. An adaptive algorithm for fixation, saccade, and glissade detection in eyetracking data // Behavior Research Methods, February 2010, 42(1): 188-204 DOI:10.3758/BRM.42.1.188.

393. O'Hagan A.D. et al. "Flying on empty" – effects of sleep deprivation on pilot performance // O'Hagan A.D., Issartel J., Wall A., Dunne F., Boylan P., Groeneweg J., Herring M. Mark Campbell & Giles Warrington (2019) Biological Rhythm Research <https://doi.org/10.1080/09291016.2019.1581481>

394. Olaganathan R., Holt T.B., Luedtke J., Bowen B.D. Fatigue and Its Management in the Aviation Industry, with Special Reference to Pilots. J.of Aviation Technology and Engineering 10:1 (2021) 45–57. <https://www.researchgate.net/publication/352094293>.

395. Pan, T.; Wang, H.; Si, H.; Li, Y.; Shang, L. Identification of Pilots' Fatigue Status Based on Electrocardiogram Signals. Sensors 2021, 21, 3003.

396. Parke R. Engine technologies for future aircraft noise reduction – The Rolls-Royce Vision: International Symposium: Which technologies for future aircraft noise reduction? // Proc., Arcachon, France, 9-11 October, 2002.

397. Petrović D. Ultrasound and infrasound in pilots' cabins in commercial aircraft // Vojnosanitetski pregled. Military-medical and pharmaceutical review, July 1980, 37(4):239-44.

398. Preston, Samuel H. Demography: measuring and modeling population processes / Samuel H.Preston, Patrick Heuveline, Michel Guillot/ Blackwell Publishing Ltd – 2001.

399. Previc F.H., Lopez N., Ercoline W.R., Daluz C.M., Workman A.J., Evans R.H., et al. The effects of sleep deprivation on flight performance, instrument

scanning, and physiological arousal in pilots, *Int. J. Aviat. Psychol.* 19 (2009) 326–346.

400. Protection of the Public in the Event of Major Radiation Accidents - Principles for Planning: ICRP Publication 40: *Ann. ICRP* 14 (2). / Editor: F. D. SOWBY. – Pergamon Press –Oxford, New York, Frankfurt, ICRP, 1984. – 22 p.

401. Pukkala E., Aspholm R., Auvinen A., Eliasch H., Gundestrup M., Haldorsen T., et al. Incidence of cancer among Nordic airline pilots over five decades: occupational cohort study. *BMJ.* - 2002; 325(7364):567.

402. Rafnsson V., Ólafsdóttir E., Jónasson F., et al. Cosmic radiation increases the risk of nuclear cataract in airline pilots: a population-based case-control study // *Archives of Ophthalmology*, August 2005; vol 123: pp 1102-1105.

403. Reis C., Mestre C., Canhao H., Gradwell D., Paiva T.; Reis C., Mestre C., Canhao H. Prevalence of fatigue in a group of airline pilots. *Aviat. Space Environ. Med.* 2013; (84): 828– 833. <https://doi.org/10.3357/ asem.3548.2013>

404. Reis C., Mestre C., Canhao H., Gradwell D., Paiva T. Sleep complaints and fatigue of airline pilots. *Sleep Science.* 2016; 9(2): 73–77. <https://doi.org/10.1016/j.slsci.2016.05.003>.

405. Rigsby M. Vertically Speaking. Tired of Fatigue // FAA Safety Briefing, January/February 2013. - P. 34.

406. Safety Report, 2021, Edition 58 by IATA: issued April 2022, International Air Transport Association // Published in Montréal – Geneva, IATA – 264 p.

407. Safety Report, 2022 Edition by ICAO: 2022, International Civil Aviation Organization // Published in Montréal, Canada – 24 p.

408. Samel A., Wegmann H.M., Vejvoda A., 1997) "Aircrew Fatigue in long haul operations" // Pergamon: *Accident Analysis Prevention*, July 1997, 29 (4): 439–452. doi:10.1016/S0001-4575(97)00023-7. PMID 9248502.

409. Samn S.W., Perelli L.P. Estimating aircrew fatigue: A technique with implications to airlift operations. Brooks AFB, TX: USAF School of Aerospace Medicine. Technical Report No. SAM-TR-82-21, 1982. – p. 1-26.

410. Sangachin M.-G., Wang Y. Use of various obesity measurement and classification methods in occupational safety and health research: a systematic review of the literature. *BMC Obesity* volume 5, Article number: 28 (2018). URL: <https://bmcobes.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40608-018-0205-5>.
411. Sanlorenzo M., Wehner M.R., Linos E., et al. The Risk Melanoma in Airline Pilots and Cabin Crew. A Meta-analysis. *JamaDermatol.* 2015;151(1):51-58.
412. Savion-Lemieux T., Bailey J.A., Penhune V.B. Developmental Contributions to Motor Sequence learning. *Exp. Brain Res.* 2009; 2: 293–306.
413. Serrano M.A., Moreno J.C. Spectral Transmission of Solar Radiation by Plastic and Glass Materials. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology* (2020), 208, 111894.
414. Shaham J., Yarden P., Meltzer A., Bar-Hanna M., Ribak J. Incidence of cancer among pilots and air traffic controllers in Israel from 1960-1990 // Abstracts of 68th Annual AsMA scientific session. – Chicago, 1997.
415. Shoukun Chen, Kaili Xu, Xin Zheng. Linear and nonlinear analyses of normal and fatigue heart rate variability signals for miners in high-altitude and cold areas. *Comput Methods Programs Biomed* 2020 Nov; 196:105667.
416. Society of Automotive Engineers International. Ozone in high altitude aircraft [R]. Warren dale: PA, 2001-02-12 (in English).
417. Spencer, M., & Stone, B. The SAFE model (presentation), 2011. Available: http://www.frmsforum.org/cms_media/files/safe_final1.pdf? Static =1.
418. Spielberger C.D., Gorsuch R.L., Lushene. R.E. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory // Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press. - 1970. Spielberger C.D. Test Anxiety Inventory: Preliminary professional manual. - Menlo Park. - 1980.
419. Tatler B.W., Baddeley R.J., Vincent B.T. The long and the short of it: Spatial statistics at fixation vary with saccade amplitude and task // [Vision Research, V. 46, I.12](#), June 2006, P. 1857-1862.

420. The Aviation Safety Network is an exclusive service provided by 701 N. Fairfax St., Ste. 250 Alexandria, Virginia 22314 / www.FlightSafety.org [сайт] – URL: <https://aviation-safety.net/database/>.

421. The Railways and Other Guided Transport Systems (Safety) Regulations 2006 (as amended) (ROGS). A Guide to ROGS, 16 February 2022. – 106 p. URL: orr.gov.uk/sites/default/files...rogs-guidance.pdf.

422. Titelbach A. Pilot Fatigue Barometer (PDF). European Pilots Association AISBL, 2012 URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1648608631&tld=ru&lang=en&name=eca_barometer_on_pilot_fatigue_12_1107_f.

423. Vorona A.A., Golovkina O.L., Matyukhin V.V., Yushkova O.I. Influence of occupational factors on clinical and physiologic state of those working at videodisplays // Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology, 1999.- № 7. - С. 25-28.

424. Wang, H., Du, Y., Yi, J., Sun, Y., & Liang, F. (2019). A New Method for Measuring Topological Structure Similarity between Complex Trajectories. IEEE Transactions On Knowledge and Data Engineering 31, 1836-1848. doi: 10.1109/TKDE.2018.2872523.

425. Wang Y., Liu W., Liu W., et al. Research about Azone Contamination and Control Technology in the Cabin of Civil Aircraft [J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2017, 28(2):25-29 (in Chinese).

426. Wiegman D.A., Faaborg T., Boquet A., Detwiler C., Holcomb K., Shappell S.A. Human error and general aviation accidents: a comprehensive, fine-grained analysis using HFACS. Final report. Washington: FAA; 2005 Dec. Report No.: DOT/FAA/AM-05/24.

427. Yakimovich N.V., Surina E.I., Gorodetsky I.G., Chernov V.V. Simplified Vigilance Metrics // AeroSafety World, October 19, 2017. <https://flightsafety.org/asw-article/simplified-vigilance-metrics/>.

428. Zemblys R., Niehorster D.C., Komogortsev O., Holmqvist K. Using machine learning to detect events in eye-tracking data. Behav. Res. 50, 160–181 (2018). <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0860-3>.