



ФМБА РОССИИ
Федеральное медико-биологическое агентство



Медико-биологический университет
инноваций и непрерывного образования
ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России

Адрес: г. Москва, ул. Живописная, д. 46, стр. 8
Тел.: 8 (499) 190-96-92
Сайт: www.mbufmbc.ru

**Драган С.П., Солдатов С.К.,
Лизунов В.Ю., Лизунова Е.В.**

ГИГИЕНА АВИАЦИОННОГО ШУМА

**Учебное пособие
для специалистов, осваивающих образовательную программу
высшего образования подготовки научно-педагогических
кадров высшей квалификации в аспирантуре по медицинским,
техническим и биологическим научным специальностям**

Москва, 2026

Федеральное медико-биологическое агентство
Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный научный центр Российской Федерации –
Федеральный медицинский биофизический центр
имени А.И. Бурназяна»
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИННОВАЦИЙ И НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Драган С.П., Солдатов С.К.,
Лизунов В.Ю., Лизунова Е.В.**

ГИГИЕНА АВИАЦИОННОГО ШУМА

**Учебное пособие
для специалистов, осваивающих образовательную
программу высшего образования подготовки
научно-педагогических кадров высшей квалификации
в аспирантуре по медицинским, техническим
и биологическим научным специальностям**

Москва 2026

УДК 613.6

ББК 51.2

Д215

Драган С.П., Солдатов С.К., Лизунов В.Ю., Лизунова Е.В.

Гигиена авиационного шума. Учебное пособие для специалистов, осваивающих образовательную программу высшего образования подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации в аспирантуре по медицинским, техническим и биологическим научным специальностям. — М.: ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026. — 86 с.

Авторы:

Драган С.П. — доцент кафедры медико-профилактических дисциплин и радиационной медицины МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна — заслуженный конструктор РФ, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, доктор технических наук;

Солдатов С.К. — ведущий научный сотрудник научно-исследовательского испытательного центра (авиационно-космической медицины и военной эргономики) Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил Министерства обороны Российской Федерации — лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, доктор медицинских наук, профессор;

Лизунов В.Ю. — заведующий кафедрой медико-профилактических дисциплин и радиационной медицины МБУ ИНО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, кандидат медицинских наук, доцент.

Лизунова Е.В. — младший научный сотрудник лаборатории № 32 Радиобиологии и гигиены неионизирующих излучений отдела медико-биологических исследований Центра специальных исследований ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.

Рецензенты:

Ерофеев Г.Г. — ведущий научный сотрудник 12 Центрального научно-исследовательского института Министерства обороны Российской Федерации — доктор медицинских наук, старший научный сотрудник.

Харитонов В.В. — доцент кафедры испытаний авиационной техники филиала «Взлёт» Московского авиационного института (национального исследовательского университета), кандидат технических наук, доцент.

Издание представляет собой краткий конспект лекций, читаемых авторами специалистами, осваивающим образовательную программу высшего образования подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации в аспирантуре по медицинским, техническим и биологическим научным специальностям и ординаторам Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России на базе кафедры медико-профилактических дисциплин и радиационной медицины.

Учебное пособие содержит базовую информацию, необходимую для разработки научно обоснованных стратегических, технологических и технических мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности деятельности персонала в чрезвычайных ситуациях и в экстремальных условиях, сопряженных с острым и кумулятивным воздействием авиационного шума.

ISBN 978-5-93064-451-7

© ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ	4
2. ИСТОЧНИКИ АВИАЦИОННОГО ШУМА.....	7
3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННОГО ШУМА	17
4. КРИТЕРИИ ШУМОВОЙ ПАТОЛОГИИ	36
5. РИСКИ ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ДЕЙСТВИЕМ АВИАЦИОННОГО ШУМА.....	45
6. ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ	53
7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С АВИАЦИОННЫМ ШУМОМ	61
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	82
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	84

1. ВВЕДЕНИЕ

В реестре Международной организации гражданской авиации (ИКАО) значится более 30 тысяч магистральных и региональных самолетов. Прогностические расчеты указывают на ускоренное развитие авиационного транспорта в мире, считается, что к 2035 году регулярные авиарейсы будут выполнять более 100 тысяч самолетов [1]. Научно-технический прогресс, развитие и внедрение новых технологий ведут к модернизации существующих и созданию перспективных образцов летательных аппаратов, однако при этом происходит возрастание их энерговооруженности, сопровождаемое увеличением риска неблагоприятного воздействия профессиональных факторов на состояние здоровья обслуживающего персонала и населения прилегающих территорий [2, 3].

Область знаний, занимающаяся изучением воздействия авиационного шума на здоровье человека и разработкой нормативов, включая допустимые уровни звука для жилых районов и рабочих мест, называется *гигиеной авиационного шума*. В России, согласно СанПиН 1.2.3684-21, основным нормируемым параметром для авиационного шума в жилой зоне является эквивалентный уровень звука, а меры защиты от него включают технические, планировочные и организационные подходы.

Анкетирование авиационных специалистов и жителей, проживающих вблизи аэропортов, показало, что наиболее неблагоприятными факторами для них являются акустический шум (100 % опрошенных), выхлопные газы (81 %), работа с горюче-смазочными материалами (65 %), микроклиматические условия (55 %), электромагнитные излучения радиодиапазона (20 %) [4–7]. Авиационный шум является на сегодня одной из наиболее актуальных проблем крупных городов России, количество жалоб населения на шум от пролетающих самолетов неуклонно растет [1, 4, 8–10].

Множество работ, посвященных воздействию акустического шума на организм человека, изучению здоровья лиц, систематически подвергающихся воздействию шума при выполнении работ, позволяют выделить эколого-гигиеническую и социальную значимость акустических колебаний и рассматривать акустический шум как физический фактор, неблагоприятно влияющий на организм человека, ведущий к развитию профессиональной и

производственно обусловленной патологии [10–17]. Обеспечение права работника на труд без риска потери здоровья относится к основным приоритетным проблемам государственной политики в области охраны и медицины труда, создающим предпосылки сохранения экономического развития страны [18, 19]. Глобальная стратегия Всемирной организации здравоохранения определяет ряд приоритетов, которые включают вопросы как методологии исследования риска воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, так и научное обоснование системы защиты от их неблагоприятного действия [20]. В связи с этим внедрение новых технологий обеспечения сохранения здоровья работающих является приоритетной социально значимой задачей.

Несмотря на определенные меры, принимаемые по борьбе с шумом, количество специалистов различных профессий, подвергающихся его некомпенсированному воздействию, не уменьшается [10]. На рабочих местах, где организационно-техническими мероприятиями не удастся добиться снижения уровня шума до нормативных величин или это невозможно по технико-эксплуатационным соображениям, следует применять средства защиты от шума.

Исследования в области изучения влияния авиационного шума на надежность деятельности, работоспособность, здоровье авиационных специалистов и разработки средств и методов защиты от авиационного шума проводятся с начала XX века [3, 10]. Развитие авиационной техники обуславливает повышение энерговооруженности летательных аппаратов, и, следовательно, увеличение интенсивности и изменение спектра авиационного шума, образующегося при их эксплуатации. Реалии настоящего времени состоят в том, что исследования по разработке средств и методов защиты от авиационного шума в конце XX — начале XXI веков проводились недостаточно интенсивно, поэтому эффективные табельные средства индивидуальной защиты от шума в авиации отсутствуют. Это приводит к негативным антропоэкологическим последствиям некомпенсированного влияния авиационного шума, одним из проявлений которого является тот факт, что в течение многих лет у работников авиационного транспорта на ведущих позициях продолжает оставаться такая профессиональная патология, как нейросенсорная

тугоухость, обусловленная некомпенсированным действием авиационного шума [10, 17].

Проведенные исследования позволяют утверждать, что в настоящее время шумовой фактор на рабочих местах авиационных специалистов и населения территорий, прилегающих к аэропортам, аэродромам и авиационным предприятиям, является главным фактором риска развития специфической и общей соматической патологии, требующим проведения постоянного социально-гигиенического мониторинга и осуществления соответствующих профилактических медицинских мероприятий, инструментарий которых является основным содержанием учебного пособия.

Авторы признательны коллегам, результаты совместных исследований с которыми использованы при подготовке учебного пособия: заслуженному врачу РФ доктору медицинских наук, профессору В.Н. Зинкину; заслуженному врачу РФ доктору медицинских наук П.М. Шешегову; заслуженному врачу РФ доктору медицинских наук, профессору Ф.С. Торубарову; заслуженному деятелю науки РФ доктору технических наук, профессору Ю.А. Кукушкину, заслуженному деятелю науки РФ доктору технических наук, профессору А.В. Богомолу; кандидату технических наук, доценту В.В. Харитонову.

2. ИСТОЧНИКИ АВИАЦИОННОГО ШУМА

В современной акустике под *звуком* понимают акустические колебания в сплошной упруго-инерционной среде (твердой, жидкой или газообразной). В соответствии с определением акустические колебания (АК) охватывают диапазон частот от нуля до бесконечности. В зависимости от частоты колебаний условно АК подразделяют на три диапазона:

- инфразвуковой — к нему относят АК с частотой ниже 20 Гц;
- звуковой — к нему относят АК в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц;
- ультразвуковой — к нему относят АК выше 20 кГц.

Такое разделение обусловлено особенностями слухового анализатора человека, который воспринимает лишь звуковой диапазон АК. При этом всегда надо помнить о принятой условности, ибо граница слышимости зависит от ряда факторов — индивидуальной чувствительности звуковоспринимающего аппарата, возраста, пола, функционального состояния и др.

Под *акустическим шумом* (АШ) понимается беспорядочное сочетание разных по силе и частоте АК. С физической точки зрения он представляет собой механические колебания воздушной среды, носящие случайный или тональный характер, и классифицируется следующим образом:

1. По характеру спектра:

- широкополосный с непрерывным спектром АК шириной более одной октавы;
- тональный, в спектре которого имеются дискретные тона, превышающие уровни во всех других полосах частот на 10 дБ и выше.

2. По преимуществу преобладания акустической энергии в той или иной части спектра:

- инфразвуковой шум (ИЗШ) — от 0 Гц до 20 Гц;
- низкочастотный шум (НЧШ) — от 20 Гц до 400 Гц;
- среднечастотный шум (СЧШ) — от 400 Гц до 1000 Гц;
- высокочастотный шум (ВЧШ) — от 1000 Гц до 20000 Гц;
- ультразвуковой шум (УЗШ) — свыше 20000 Гц.

3. По временным характеристикам:

- постоянный, уровень звука (УЗ) которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБА;
- непостоянный, который в свою очередь подразделяется на:
 - 1) колеблющийся во времени, уровень которого непрерывно изменяется во времени, более чем на 5 дБА;
 - 2) прерывистый, уровень звука которого резко падает до уровня фонового шума, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет более 1 с;
 - 3) импульсный, состоящий из одного или нескольких акустических сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

4. По уровню:

- низкоинтенсивный — до 60 дБА;
- среднеинтенсивный — до 90 дБА;
- высокоинтенсивный — свыше 90 дБА.

Характеристиками постоянного шума на рабочих местах для его гигиенического нормирования являются уровни звука (L_A) в дБА и уровень звукового давления (УЗД) L в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8; 16; 31.5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Характеристиками непостоянного шума (кроме импульсного) являются УЗ (L_A) в дБА, эквивалентный уровень звука ($L_{A_{экв}}$) в дБА и максимальный уровень звука ($L_{A_{макс}}$) в дБА.

Характеристиками импульсного шума являются УЗ (L_A) в дБАС, эквивалентный (по энергии) уровень звука ($L_{A_{экв}}$) в дБА и максимальный уровень звука ($L_{A_{макс}}$) в дБАІ.

Современные акустические шумы, как правило, охватывают широкий спектр частот от инфразвукового до ультразвукового диапазонов. Однако, в доступной специальной и научной литературе имеются малочисленные и разрозненные данные об инфразвуковой и низкочастотной составляющих шума.

Основными источниками шума на рабочих местах авиационных специалистов являются летательные аппараты. Генерация шума происходит за счет работы основных и дополнительных авиационных двигателей, компрессоров, кондиционеров, а также корпуса планера во время полета. При разбеге и взлете самолетов доминирует шум двигателя, при крейсерском полете и посадке — аэродинамический шум, вызываемый обтеканием

воздуха планера, приближается по уровню к шуму двигателя. Кроме того, механические детали компрессоров, турбин и лопатки создают шум за счет сильной турбулентности.

Имеются сведения о наличии в спектре авиационных шумов, особенно их аэродинамического компонента, инфразвуковых составляющих высокой интенсивности — свыше 100 дБ [18], а отечественные нормы инфразвука при эксплуатации технических средств в октавных полосах со средними геометрическими частотами 2, 4, 8 и 16 Гц составляют не более 100 Гц при общем уровне звукового давления 100 дБ [17], тогда как последний при подготовке ЛА к полетам достигает 140 дБ и более [4, 10].

По данным различных авторов, в зависимости от типов летательных аппаратов и этапов подготовки их к полету (прогрев двигателей, «рулежка» и др.) в зонах обслуживающего персонала УЗД шума находятся в пределах 120–150 дБ. В частности, указывается, что максимальные уровни шумов вблизи истребителей достигают 139–140 дБ, бомбардировщиков — 136–139 дБ, транспортных самолетов — 122–133 дБ, вертолетов — 130–131 дБ [10].

При полете на сверхзвуковой скорости вокруг самолета создается область возмущений, ограниченная фронтом ударной волны. Распространяясь от самолета к поверхности земли, область избыточного давления претерпевает различные изменения. На местности ударная волна воспринимается как звуковой удар, характеристики которого зависят от геометрии самолета, его массы, режима полета и состояния атмосферы. Интенсивность избыточного давления на фронте ударной волны невелика (примерно 0,001 от атмосферного давления), длительность действия — 0,1–0,3 с. При увеличении скорости полета и массы самолета, при выполнении разгона и разворота интенсивность звукового удара возрастает. Звуковой удар характеризуется широким спектром частот, причем значительная доля энергии находится в инфразвуковом диапазоне. При увеличении размеров самолета происходит смещение спектра в область более низких частот. Так, для истребителя диапазон частот начинается от 8 Гц, для сверхзвукового транспортного самолета — 1,5 Гц [21].

Мощным генератором акустических колебаний является струя отработанного топлива ракетных двигателей. Акустическая энергия составляет около 1 % мощности двигателей и вблизи от него УЗД достигает 160–170 дБ. Пиковое значение

распределения ее на фазе истечения струи приходится на частоту 10 Гц. Из-за высокой интенсивности происходит нелинейное искажение волн и резкое затухание вблизи источника. Тем не менее, при запуске ракетного комплекса «Спейс Шаттл» в радиусе 4 км уровень звука составляет 150 дБ. Продолжительность интенсивного звукового воздействия при пуске ракетносителя может колебаться от 10 до 20 секунд [3].

Источниками шума на аэродроме являются вспомогательные транспортные средства и оборудование, которые широко используются при подготовке и обеспечении полетов (аэродромно-подвижный агрегат, топливно-насосная установка, аэродромный кондиционер, установка для проверки гидросистем, тепловые машины и др.), а также технико-эксплуатационные части с испытательными площадками для гонки двигателей [3, 10].

На территории авиационных заводов и авиационных ремонтных баз основными источниками шума являются моторно-испытательные станции, где проводится испытание авиационных двигателей, и цеха, в которых осуществляется ремонт и испытание авиационных агрегатов.

На территориях, прилегающих к аэропортам, аэродромам и авиационным предприятиям, основным источником шума являются работающие авиационные двигатели во время запуска и прогрева, при взлете и посадке летательных аппаратов, а также при проведении регламентных и ремонтных работ. При наземной работе двигателей среднее время руления по взлетно-посадочной полосе при взлете и посадке, начиная с момента запуска двигателей, составляет для самолетов разных типов от 10 до 18 минут.

Допустимые уровни шума самолётов и вертолётов на местности ограничены национальными стандартами и стандартами Международной организации гражданской авиации (ИКАО), а уровни шума в салонах летательных аппаратов — национальными стандартами. Анализ этих стандартов показывает, что требования по шуму непрерывно ужесточаются, уровень шума у новых образцов авиационной техники гражданского назначения имеет устойчивую тенденцию к снижению.

Наиболее мощным источником шума самолетов является газотурбинный двигатель (ГТД). Основными источниками шума современных ГТД являются; вентилятор, компрессор, камера сгорания, турбина и реактивная струя [3, 10]. Каждый источник

шума характеризуется частотным составом различных уровней звукового давления (спектром) и направленностью излучения.

Целесообразность использования тех или иных конструктивных мероприятий по снижению шума с целью достижения необходимого уровня шума исследуемого двигателя или самолета с двигателями определяется на стадии проектирования ГТД на основе математических моделей расчета производимого ими шума. Проведенный анализ показывает, что каждая организация, занимающаяся разработками ГТД, использует оригинальные методики расчета производимого ими шума на основе своих экспериментальных данных. Но и экспериментальные данные, особенно полученные на земле (в испытательных боксах и на открытых стендах) в том числе на натуральных объектах, требуют экспертного анализа. Дело в том, что есть ряд скрытых факторов (влияние поверхности стендов на ближнее акустическое поле, наличие поверхностных акустических волн, интерференция и рефракция, температурные и ветровые градиенты атмосферы в районе стендов), которые в той или иной степени искажают результаты измерений (порой ошибка на некоторых частотах составляет десятки децибел). Ясно, что уровень экспертного анализа также зависит от экспериментального опыта исполнителей (опыта анализа двигателей разного типа и особенностей мест испытаний в боксах, на открытых стендах, в составе промышленных установок и на самолетах в полете и т.д.). Поэтому для обоснования рационального комплекса мероприятий по защите от авиационного шума следует, прежде всего, ориентироваться на результаты исследования реальной акустической обстановки на рабочих местах специалистов.

Турбореактивные двигатели создают более высокочастотный шум, чем турбовентиляторные. На аэродроме к шумам взлета и посадки, перемещения по рулежным полосам присоединяются интенсивные шумы при подготовке ЛА к вылету, а также шумы, возникающие на специальных площадках при испытании двигателей. При техническом обслуживании ЛА на ИТС дополнительно действует шум специальной автотракторной техники и другого высокооборотного оборудования.

При наличии у ГТД вентилятора (ТВД, ТВВД, ТРДД) именно его шум является определяющим — до 90 % акустической интенсивности — для всего двигателя [10]. Шум вентилятора (винтовентилятора) имеет, в основном, аэродинамическое

происхождение и распространяется как в переднюю, так и в заднюю полусферу. Причиной его возникновения являются различного рода нестационарные процессы, характерные для аэродинамики вентилятора. При нестационарном обтекании профиля на нем возникает нестационарная эпюра статического давления и нестационарная подъемная сила, которая создает возмущения потока, распространяющиеся от каждой лопатки в виде волн звукового давления. Различают три вида шума вентилятора: дискретный (тональный) шум, широкополосный шум и комбинационный шум.

Для дозвукового вентилятора характерными являются широкополосный и дискретный шумы [10]. В сверхзвуковом вентиляторе возникает еще шум дискретных составляющих на комбинированных частотах (шум ударных волн). Для двигателей с дозвуковыми скоростями потока в вентиляторе основной причиной генерации шума служат периодическая и случайная неоднородности потока.

Дискретный шум превалирует при дозвуковых скоростях потока в вентиляторе и проявляется в дальнем звуковом поле в виде определенных тонов с частотой следования лопаток рабочего колеса и ее гармониками. Дискретный шум распространяется как в переднюю полусферу, так и из канала наружного контура (или выхлопного канала) в заднюю полусферу. Максимальное значение излучаемой акустической энергии дискретного шума вентилятора по диаграмме направленности располагается, как правило, на направлениях $60\text{--}70^\circ$ в передней полусфере и $120\text{--}130^\circ$ — в задней полусфере.

Широкополосный шум возникает на всех рабочих частотах вращения и их гармониках и распространяется в ГТД как в переднюю, так и в заднюю полусферы [10]. Спектр его в дальнем звуковом поле сравнительно ровный, не имеет преобладающих частотных составляющих. У широкополосного шума случайный характер, он описывается осредненными во времени характеристиками (суммарной мощностью или суммарным уровнем звукового давления) и формой спектра. Широкополосный шум (без средств шумоглушения вентилятора) имеет значительно меньшую интенсивность по сравнению с дискретным шумом.

Таким образом, основными факторами, определяющими уровень широкополосного шума, являются относительная ско-

рость на периферии лопаток РК и аэродинамическая нагрузка решетки.

Шум ударных волн, возникающий при сверхзвуковых скоростях потока в вентиляторе, распространяется только в переднюю полусферу. В частотном спектре шума сверхзвукового вентилятора преобладает шум с множеством частот, кратных частоте вращения вала.

Временные и вероятностные характеристики авиационных шумов, воздействующих на инженерно-технический состав государственной авиации

Изучение воздействий акустических колебаний на организм человека традиционно основывается, прежде всего, на показателях их интенсивности, а также временной и пространственной организации.

С целью выявления доли этих составляющих, а также определения процентного содержания и времени действия каждого их уровней шумов, встречающихся ИТС в период выполнения задач профессиональной деятельности, нами было проведено изучение их временных и вероятностных характеристик.

Решение задач, связанных с оцениванием изменяющихся во времени шумов, возможно на основе статистического анализа всех их параметров. В последнее время предлагается оценивать непостоянные шумы по их вероятностным характеристикам, т.е. по распределению уровней интенсивностей с учетом статистической частоты появления разных уровней шума за относительное время их действия. Такой подход позволяет определить долю времени (в процентах от общего времени воздействия, т.е. к стартовому времени) в течение которой анализируемым шумом превышаются пороговые уровни. Сопоставление полученных величин отображает статистическую зависимость амплитуд шума во времени, т.е. его «изменчивость» на протяжении всего времени воздействия (обслуживания авиационной техники).

Полученные гистограммы распределения вероятностей и диаграммы распределения кумулятивных вероятностей, показали, что высокие уровни авиационного шума от 105 до 115 дБА при обслуживании полетов встречаются в течение 13,7 %

(истребительно-бомбардировочная авиация), 19,9 % (дальняя авиация) и 6,2 % (транспортная авиация) стартового времени, а уровни авиационного шума выше 115 дБА в 7,4 %; 11,1 % и 12,0 % соответственно. Следует заметить, что в транспортной авиации очень редки уровни авиационного шума выше 120 дБА — 2,3 %, в то время как в истребительно-бомбардировочной авиации они наблюдаются в 4,7 %, а в дальней авиации — в 8,3 % стартового времени.

Кумулятивные распределения уровней авиационного шума L , представленные в табл. 1.1, показывают долю времени N от общего времени воздействия (стартового времени) когда имело место превышение этого уровня L , где $N = 1, 5, 10, 50, 90, 95$ и 99 %.

Таблица 1.1

Распределение кумулятивных вероятностей уровней шумов за лётную смену (по родам авиации)

L , %	Уровни звука, дБА		
	ИБА	ДА	ВТА
1	123,6 ± 2,4	126,5 ± 3,1	121,5 ± 2,4
5	119,5 ± 1,7	122,2 ± 2,7	117,2 ± 2,1
10	112,3 ± 1,9	116,2 ± 3,7	115,1 ± 3,3
50	84,6 ± 5,6	76,7 ± 5,1	78,6 ± 6,1
90	66,3 ± 6,2	58,1 ± 4,3	61,5 ± 3,7
95	60,1 ± 7,1	53,4 ± 3,8	58,1 ± 4,1
99	58,4 ± 4,2	51,6 ± 2,9	54,6 ± 2,9

Например, для $N = 50$ % $L = 84,6$ дБА означает, что для 50 % времени воздействия имели место уровни авиационного шума 84,6 дБА и выше. Уровни авиационного шума L при $N = 1$ % характеризуют максимальные (пиковые) величины, L при $N = 50$ % — наиболее часто встречающиеся уровни, а L для $N = 99$ % — акустический фон аэродрома. Из таблицы 1.1 следует, что наибольший динамический диапазон колебаний уровней имеет место в дальней авиации (от 51,6 до 126,5 дБА), а наименьший (от 58,4 до 123,6 дБА) — в истребительно-бомбардировочной авиации — до 60 дБА.

Основываясь на этих данных, а также на временном распределении различных по интенсивности уровней авиационного шума можно судить о степени непостоянства авиационных

шумов, воздействию которых подвергается ИТС различных родов авиации. Если за показатель непостоянства принимать отношение максимальных (пиковых) значений к среднестатистическим, наиболее встречающимся уровням ($L_{99} \% / L_{50} \%$), то по степени непостоянства шумы в различных родах авиации можно ранжировать следующим образом: шумы, сопровождающие профессиональную деятельность ИТС дальней и транспортной авиации более непостоянные, чем у ИТС истребительно-бомбардировочной авиации. Имеются данные, что «агрессивность» шума повышается по мере увеличения степени его непостоянства. Этот факт подтверждается результатами собственных исследований [3, 10, 22].

Проведенный структурно-временной акустический анализ показал реальную шумовую нагрузку, получаемую специалистами инженерно-технического состава авиации.

На рабочих местах ИТС общий уровень звукового давления (УЗД) в инфразвуковом диапазоне колебался от 101 до 112 дБ Лин в зависимости от типа ЛА, что выше предельно допустимого уровня (ПДУ) — 100 дБ Лин. В октавах полосах инфразвука УЗД находились в диапазоне 93–107 дБ. В большинстве случаев максимум УЗД приходился на октавную полосу со среднегеометрической частотой 16 Гц и составлял соответственно у ЛА дальней авиации 97 дБ, бомбардировщиков 98 дБ, истребителей 107 дБ, транспортной авиации 105 дБ и вертолетов 105 дБ, что существенно выше ПДУ — 85 дБ (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Усредненные характеристики акустических колебаний на рабочих местах ИТС при обеспечении полетов ($M \pm m$)

Характеристики акустических колебаний	Тип летательных аппаратов				
	Дальняя авиация	Бомбардировщики	Истребители	Транспортная авиация	Вертолеты
Общий УЗД инфразвука, дБ Лин	101 ± 0,8	103 ± 0,9	112 ± 0,9	107 ± 0,8	108 ± 0,8
Уровень звука, дБА	132 ± 1,2	116 ± 0,9	129 ± 1,1	126 ± 1,2	123 ± 1,1

В звуковом диапазоне на рабочих местах ИТС уровень шума колебался от 116 до 132 дБА, то есть существенно выше чем в области инфразвука (табл. 10.1). В октавных полосах УЗД находились в диапазоне 96–129 дБ, что превышает ПДУ. У ЛА дальней авиации максимум спектра приходился на область 63–4000 Гц и составлял 108–129 дБ; соответственно у бомбардировщиков — 125–4000 Гц — 106–112 дБ; у истребителей — 250–4000 Гц и 105–122 дБ; у транспортной авиации — 250–4000 Гц и 101–123 дБ; и вертолетов — 31,5- 4000 Гц и 103–119 дБ.

3. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННОГО ШУМА

Установлено, что прямое и опосредованное (через сенсорные системы) действие акустических колебаний приводит к развитию патологических изменений в центральной нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и иммунной системах, органе слуха и формированию сложного многокомпонентного симптомокомплекса — шумовой болезни, а постоянное воздействие шума на орган слуха приводит к развитию профессиональной тугоухости [5, 16–20], что иллюстрируется рис. 3.1.

Основные особенности физиологического действия авиационного шума сводятся к исследованиям кохлеарных и экстракохлеарных эффектов, исследованиям особенностей физиологического действия акустического шума в зависимости от его спектра; исследованиям специфических неспецифических и патологических особенностей действия авиационного шума.

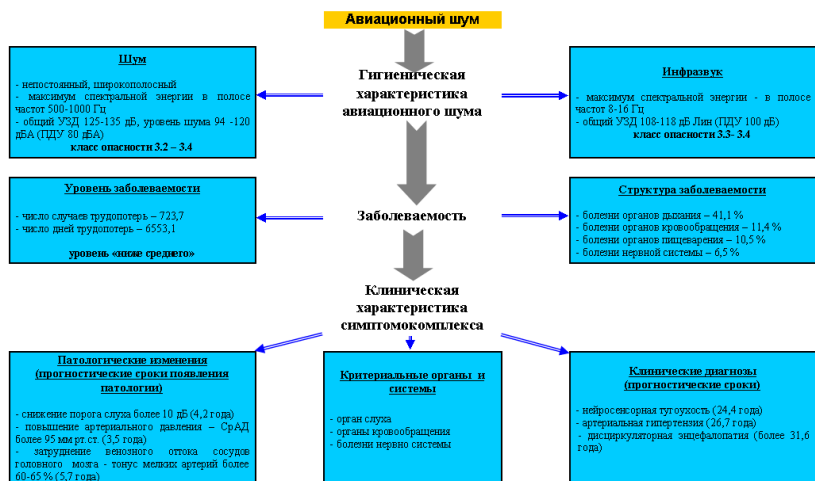


Рисунок 3.1 — Профессиональная вредность авиационного шума

Кохлеарные эффекты физиологического действия акустического шума на организм человека

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, воздействует на все органы и системы организма, но особенно неблагоприятно интенсивный шум действует на орган слуха [16–20]. Первичное восприятие осуществляется чувствительными клетками кортиева органа улитки лабиринта внутреннего уха, а в передаче и анализе информации участвуют структуры и системы головного мозга.

При воздействии шума развиваются определенные физиологические изменения в слуховом анализаторе, которые зависят от конкретных условий: уровня и характера шума, продолжительности его воздействия, индивидуальных свойств человека и многих других факторов, которые не всегда можно учесть. Длительное шумовое воздействие может привести к развитию постоянных морфофункциональных изменений, получивших название «шумовой болезни» [3, 10, 16–20].

Исследования, посвященные специфической реакции организма на акустическое воздействие, занимают в литературе значительное место. В настоящее время установлено, что орган слуха обладает определенными адаптационными возможностями к изменяющейся шумовой обстановке. Выделяют два основных механизма: временное смещение порогов (ВСП) слуховой чувствительности при длительном воздействии шума и более мобильные процессы — например, акустический рефлекс — рефлекс мышц среднего уха, сокращение которых под действием сильных акустических сигналов приводит к уменьшению амплитуды колебания барабанной перепонки и слуховых косточек и, следовательно, к уменьшению коэффициента передачи системы среднего уха [11].

При характеристике функциональных возможностей слуховой системы человека принято выделять следующие области слухового восприятия звука:

- болевой порог, представляющий собой наименьшую силу звука, которая вызывает ощущение неприятного щекотания в ухе (осознание звука), переходящее в чувство боли;
- порог слышимости, представляемый собой наименьшую силу звука, которую воспринимает ухо человека на определенной частоте.

Болевые ощущения, обусловленные шумом, связаны с механическим смещением в системе среднего уха и указывают на достижение порога прочности барабанной перепонки. Болевой порог шума у здоровых людей практически не зависит от частоты и по одним данным соответствует УЗД 110–130 дБ, а по другим — от 130 дБ и выше [15–18].

При воздействии на слуховую систему громкого звука или шума происходит повышение порогов слуха. Если в ближайшие минуты после окончания этого воздействия пороги слуха остаются близкими к исходному уровню, то такое явление следует рассматривать как компенсаторную, приспособительную реакцию. Длительное, в течение многих часов, повышение порогов слуха, которые затем все же возвращаются к исходному уровню, отражает утомление анализатора.

Анализ механизмов физиологической защиты органа слуха от чрезмерно сильных звуков, которые обеспечивают повышение порогов слуха в таких условиях, свидетельствует о том, что слуховая система не является столь беззащитной. Если система «барабанная перепонка — рычажный механизм слуховых косточек — овальное окно» увеличивает интенсивность слабых звуков в 50 раз, то аккомодационный эффект, создаваемый мышцами среднего уха, защищает его от чрезмерно сильных звуков. Это происходит в результате сокращения стремени мышцы, ограничивающей амплитуду колебаний стремечка.

В электрофизиологических исследованиях показано также наличие специальных афферентных путей, уменьшающих электроактивность слуховой системы при афферентном распространении сигнала от улитки к центральным образованиям [10, 23]. Появление тормозных эффектов начинается уже с уровня первого нейрона и продолжается на всех этапах прохождения возбуждения. Важное значение в уменьшении электроактивности проводящих путей имеет и наличие оливокохлеарной связи [19].

Таким образом, установлено, что действие акустических колебаний сопровождается временным смещением порогов слуховой чувствительности, а адаптационные механизмы слуха направлены на последовательное сохранение относительного постоянства условий его деятельности, прежде всего центральных отделов слухового анализатора. Они в известных пределах обеспечивают сохранность физиологически более молодых образований, особо чувствительных к экстремальным условиям.

Экстракохлеарные эффекты физиологического действия акустического шума на организм человека

Экспозиция шума оказывает действие не только на орган слуха, но и на другие системы организма. Признаки и симптомы такого действия носят неспецифический характер и могут возникать под влиянием множества других профессиональных факторов, в том числе и вибрации, являющейся одной из разновидностей механических колебаний.

Неспецифические эффекты шума, в первую очередь, проявляются изменениями в центральной нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной системах, сдвигами в обмене веществ, снижением общей резистентности организма.

Сложный механизм нервно-рефлекторных и нейрогуморальных сдвигов приводит к нарушению уравновешенности и подвижности процессов торможения возбуждения в ЦНС, о чем свидетельствуют изменения биоэлектрической активности головного мозга. Снижение условных рефлексов, увеличение латентного периода зрительно- и слухомоторных реакций, увеличение количества ошибок при тестировании также отражают развитие сдвигов в нервных центрах головного мозга, причем вероятность безотказной, точной работы оператора зависит как от уровня, продолжительности воздействия шума, так и от использования средств индивидуальной защиты органа слуха.

Многие неспецифические проявления действия шума можно описать в рамках модели стресса [10, 11, 17]. Понятие «состояние стресса» в настоящее время используется для характеристики состояния человека в экстремальных условиях на физиологическом, психологическом и поведенческом уровнях. В зависимости от силы и продолжительности стрессового воздействия реакция стресса может иметь нормальный, пограничный и патологический уровень выраженности.

Наиболее общая классификация выделяет физиологический и психологический стрессы. Физиологический стресс представляет собой реакцию организма на воздействие главным образом физико-химических факторов среды. Состояние организма при этом характеризуется выраженными физиологическими сдвигами в вегетативной и нейрогуморальной сферах и субъективным ощущением дискомфорта. Психологический стресс

характеризуется развитием психических реакций при действии экстремального раздражителя, что проявляется изменениями памяти, мышления, внимания, эмоциональной и мотивационной сфер, двигательного и речевого поведения, развитием страха, тревоги и паники.

Значительное место в механизмах стрессовых реакций отводится симпатoadреналовой системе. Считается, что изменения функции адрено- и холинореактивных систем при воздействии шума наступают значительно раньше, чем изменения слуховой функции, и носят адаптационный характер. Под влиянием шума ретикулярная формация головного мозга активирует высшие нервные центры и гипоталамус, опосредованно действуя через него на мозговое вещество надпочечников. Возникающее при воздействии шума напряжение в системе гипофиз-кора-надпочечники, в свою очередь, предопределяет развитие метаболических расстройств головного мозга.

Отмечается, что вследствие влияния шумового фактора могут развиваться изменения реактивности сосудов головного мозга, проявляющиеся спазмами артериальных сосудов, нарушением проницаемости гематоэнцефалического барьера, сдвигами энергообмена в структурах головного мозга. Эти расстройства могут быть причиной циркуляторной гипоксии и вызывать изменения функционального состояния центральной нервной системы. При длительном воздействии шума высоких уровней наблюдается взаимосвязь между показателями центральной гемодинамики и степенью выраженности вестибулярных нарушений. Нарушение тонуса сосудов микроциркуляторного русла проявляется спастическим и спастико-атоническим состоянием мелких сосудов в различных областях тела и тканях. В последние годы получены новые экспериментальные данные о нарушении микроциркуляции и изменении реактивности терминальных сосудов в головном мозге. Белый шум интенсивностью 100 дБ уже через 5 мин после воздействия вызывал у крыс сосудосуживающую реакцию крупных (более 40 мкм) артерий мозга, реакция более мелких артериальных ветвей наступала позже (на 20–30 мин) и выражалась в увеличении их диаметра. К этому времени спазм крупных артерий проходил, и наблюдалось увеличение количества функционирования мелких артериальных

и венозных сосудов, которые до действия шума оставались невидимыми. Различие реакций на шум крупных и мелких артериальных сосудов объясняется особенностью регуляции их тонуса. Если реакция крупных сосудов обусловлена нервной регуляцией, то реакция мелких сосудов — гуморальной [19].

Показано, что если у рабочих, подвергавшихся воздействию высоких уровней производственного шума обнаруживаются неслуховые системные расстройства здоровья, то они, вероятно, возникают вследствие психологических факторов, связанных с общей рабочей окружающей средой и с опасностью ущерба от шумового источника, а не от воздействия шума как такового [3]. Известно аналогичное предположение о психологическом влиянии шума (особенно кратковременного), проявляющемся в том, что любые возможные вредные эффекты шума, если они существуют, могут относиться скорее применительно к информационному содержанию шума (громкого звука) — информации, относящейся скорее к опасным действиям или маскировке существенной информации, — чем непосредственно к самому шуму [3]. К психологическим эффектам можно отнести такие реакции, как испуг, раздражение, ухудшение работоспособности.

Это указывает, что шум является не только физиологическим, но и психологическим фактором, связанным с конкретной ситуацией (реальной или экспериментальной). Определенным подтверждением этого положения могут служить работы, в которых приводятся данные, что с возрастанием уровня шума на 13 дБ частота функциональных нарушений нервной системы у лиц напряженного труда возрастала в 2 раза, а также о наличии психологических эффектов шума [3, 10, 15–18].

Анализ вышеприведенных данных позволяет сделать некоторые обобщения. Несомненно, что воздействие шума вызывает изменения в функциональном состоянии организма человека. Наиболее адекватными органами восприятия акустического фактора является орган слуха и, в некоторой степени, вестибулярный анализатор, измененные функции которых могут служить признаком воздействия шума. Кроме того, акустический шум оказывает влияние на центральную нервную, сердечно-сосудистую и нейроэндокринную системы организма.

Особенности физиологического действия акустического шума в зависимости от его спектра

К настоящему времени установлены определенные закономерности изменения слухового рельефа в зависимости от спектрального состава шума.

Ультразвук

Действие ультразвука через воздух прежде всего сопровождается изменением в критическом органе — ухе, вызывая временное смещение порогов звукового восприятия, а в некоторых случаях шум в ушах. Кроме того, он способен вызывать изменения уровня сахара и электролитов в крови, появления утомляемости, головной боли, тошноты и раздражительности. Однако все эти симптомы субъективны и нельзя утверждать, что они связаны с ультразвуком, так как при его генерации образуются акустические колебания слышимого диапазона достаточно выраженной интенсивности.

Контактное воздействие ультразвука вызывает механические и тепловые эффекты, которые широко используются в диагностических и лечебных целях (литотрипсия, ультразвуковая диагностика, физиотерапия и др.).

Инфразвук

В физиологической акустике долгое время существовало мнение, что инфразвук не воспринимается слуховым анализатором. В настоящее время установлено, что он воспринимается не как чистые тоны, а как сочетание слуховых и тактильных ощущений, и это проявляется чувством пульсации, массажа в области барабанной перепонки и среднего уха. По-видимому, восприятие инфразвука происходит за счет гармоник, возникающих в результате деформаций в среднем и внутреннем ухе [12, 15, 21].

С помощью физиолого-акустических и психоакустических исследований установлено, что звуки низких частот обладают выраженным маскирующим действием, особенно при уровнях выше 100 дБ. Инфразвуковой шум даже при нормативных уровнях уменьшают разборчивость речи, причем маскирующий эффект распространяется до 4000 Гц.

Воздействие низкочастотного шума вызывает в организме комплекс функциональных изменений, проявляющихся в

изменении состояния регуляторных систем и нарушении метаболизма на клеточном и субклеточном уровнях. Существует два типа механизма повреждающего действия: центральный механизм — перевозбуждение гипоталамо-гипофизарно-адреналовой системы; местный — непосредственное воздействие на высокоорганизованные структуры мембранного и генетического аппаратов клеток.

Установлено, что высокоинтенсивный низкочастотный шум с уровнем 124,5 дБ(А) и выше, воздействуя на человека, приводит к резонансным эффектам — колебаниям костных образований черепа, кожных покровов и внутренних органов. Поэтому Ю.В. Крыловым он был назван «воздушной вибрацией» [10, 12].

В настоящее время установлено, что в механизме воздействия инфразвука важное место занимает его непосредственное воздействие на клеточном уровне. Предложена специальная теория раздражения, согласно которой в механизме неблагоприятного действия ИЗ ведущее место принадлежит денатурационным изменениям протоплазматических белков.

По аналогии с шумом вообще при действии инфразвука предлагается рассматривать возникающие патофизиологические эффекты в двух аспектах, квазиинформационном и энергетическом, амплитудном. В первом случае результатом вредного действия инфразвука являются вегетативные реакции, повышение АД и т.п. Эти эффекты обычно появляются при уровнях, не превышающих 90 дБ, т.е. соответствуют порогу слышимости ИЗ (слуховой путь восприятия). Энергетический эффект обычно связывают с действием высокоинтенсивного ИЗ (свыше 120 дБ) не только на орган слуха, но и другие пути восприятия.

ИЗ способен вызывать патологические изменения органов дыхания. При УЗД 165–170 дБ зарегистрировано нарушение дыхательного цикла — эффект, который имеет преимущественно рефлекторную природу. Установлено, что широкополосный шум отрицательно влияет на ряд зрительных функций, и это может быть связано с тем, что инфразвуковой компонент вызывает ухудшение состояния гемолимфоциркуляторного русла конъюнктивы. Выявлено, что при действии инфразвука регистрируются изменения у животных и человека ЧСС, АД, периферического кровообращения, морфологические изменения во внутренних органах (печени и сердце) и головном мозге, изменения кожи и подкожной клетчатки.

Импульсный шум

Действие импульсного шума характеризуется сложными амплитудно-временными характеристиками, к которым в первую очередь относятся высокие пиковые уровни, длительность импульсов, частота их следования, передний фронт нарастания и задний фронт спада импульсов и др. Каждая из перечисленных характеристик может вносить свой вклад в биологический эффект воздействия импульсного шума.

Ведущая роль в развитии патологических изменений со стороны слухового анализатора, тем не менее, принадлежит, прежде всего, амплитуде импульса. При этом по достижении импульсным шумом уровня 135–140 дБ, в органе слуха экспериментальных животных (кроликов) наступают органические поражения, а действие шума в 150 дБ и выше сопровождается резко выраженными изменениями в улитке, вплоть до разрушения кортиева органа.

Воздействие импульсного шума характеризуется более значительным и стойким раздражающим эффектом и трудностью наступления адаптации к шуму. Именно трудностями адаптации к нестандартному раздражителю объясняются изменения как со стороны путей поступления информации об акустическом раздражителе, так и со стороны структур головного мозга, участвующих в анализе поступающей информации и формировании ответной реакции организма, в том числе органа слуха [10].

При исследовании физиологических функций человека, подвергающегося воздействию импульсного шума, большое внимание обращается на состояние сердечно-сосудистой системы. Еще в 1959 году О.П.Шепелин обратил внимание на то, что действие этого фактора приводит обычно к повышению систолического и диастолического артериального давления, сужению кровеносных сосудов кисти руки. Установлено, что при воздействии импульсного шума происходит развитие регионарной церебральной гипертензии, при этом существует возможность появления не только гипертонических, но и гипотонических состояний. Известно, что у работников, подвергающихся воздействию производственного импульсного шума, отмечается большая, чем при постоянном, частота жалоб на боли в области сердца и сердцебиение. Действие этого фактора вызывает тахикардию, которую можно сравнить с реакцией организма на

длительный изнуряющий труд. Имеются сведения о неблагоприятном действии интенсивного ИШ на органы дыхания, что может служить предпосылкой для развития таких структурных нарушений, как хронические неспецифические заболевания легких по типу обструктивного бронхита и очаговой эмфиземы [3, 24].

В литературе практически отсутствуют данные о **сочетанном действии разных спектральных составляющих шума**. Имеются данные о сочетании действия инфразвука и постоянного шума звукового диапазона, где отмечается, что происходит увеличение числа больных с кохлеарным невритом II-III степени с повышением порогов восприятия звуков как на высоких, так и на низких частотах [10].

Таким образом, воздействие шума на организм зависит от его спектрального состава, временной характеристики и уровня. Наибольший интерес представляет сочетание действия акустического шума различных диапазонов, данные о котором в научной и специальной литературе практически отсутствуют.

Специфическое действие акустического шума на организм человека

В числе разнообразных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита. Как правило, оба уха страдают в одинаковой степени.

Поражение органа слуха в результате воздействия шума проявляется вначале повышением порога слуха на частоте 4000 Гц, что в начальной стадии заболевания практически не отражается на слуховом восприятии речи, поэтому рабочие в указанной стадии не замечают имеющегося у них снижения слуха. Субъективное ощущение ухудшения слуха наступает по мере прогрессирования его снижения в области восприятия речевых частот 500, 1000, 2000 Гц, которое обычно развивается медленно, постепенно увеличиваясь со стажем работы в «шумовой» профессии [26]. При аудиометрическом исследовании слуха отмечается дальнейшее повышение порогов слуха в области восприятия высоких частот (4000–8000 Гц), частот речевого диапазона (500, 1000 и 2000 Гц) со снижением слуховой

чувствительности на более низких частотах (125, 250 Гц). Как костное, так и воздушное звукопроводение нарушается в одинаковой степени по всему диапазону звуковых частот.

Интенсивный производственный шум, вызывая соответствующую реакцию в звуковом анализаторе в виде химических изменений и электрических импульсов, является значительной нагрузкой, которая не может считаться чисто механической, так как колебания покоящегося на базилярной мембране кортиева органа ничтожно малы (например, для частоты в 2000 Гц амплитуда колебаний находится между одной миллиардной и одной десятимиллиардной долей миллиметра). Интенсивный шум создает нагрузки, величины которых соответствуют законам механики, но не могут быть восприняты нашим органом слуха, не встречающимся с подобными воздействиями на протяжении всего периода развития человека. Механическое воздействие звуковой энергии может привести к травматическому повреждению элементов улитки и спирального ганглия.

Считается, что основная роль в развитии шумовой патологии принадлежит интенсивности шума. При высоких уровнях шума преобладает потеря слуха, а при малых превалируют нервно-сосудистые нарушения.

Итак, в представлениях о механизме патологических изменений внутреннего уха при воздействии шума единого мнения нет. Одни исследователи считают ведущей причиной морфологических изменений избыточную акустическую энергию, другие — нервно-трофические расстройства, третьи — сосудистые нарушения. Следовательно, нейросенсорная тугоухость является полиэтиологическим заболеванием.

Неспецифическое действие акустического шума на организм человека

Более глубокие и более ранние изменения под влиянием шума наступают в ЦНС: ослабевает внутреннее торможение, нарушается уравновешенность нервных процессов, чаще в сторону преобладания возбуждения, снижается подвижность нервных процессов.

Высокие уровни шума (130 дБА и выше) оказывают травмирующее действие на центральную нервную систему и могут вызвать обморочные состояния, эпилептиформные припадки и

психические нарушения. Наблюдавшийся в отдельных случаях у работающих в этих условиях синдром дисциркуляторной энцефалопатии характеризовался церебральной микроорганической симптоматикой и не отличался от энцефалопатии иной этиологии.

Обнаруживаемые при массовых обследованиях рабочих шумовых профессий неспецифические изменения ЦНС проявляются обычно в виде умеренно выраженного синдрома неврастения, реже в виде синдрома вегетативно-сосудистой дисфункции (нейроциркуляторной дистонии), ухудшения адаптивных системных реакций организма.

Показано, что долгосрочные воздействия шума и вибрации, как профессионально вредных факторов, могут вызывать депрессию у наиболее восприимчивых людей, а использование защитных мер и ограничение времени воздействия будет вести к уменьшению случаев психиатрических болезней.

Несмотря на признание большинством авторов возможности гипертензивных эффектов шума, единого мнения по этому вопросу все же не существует. В тоже время не вызывает сомнения, что шум надо рассматривать «разрешающим» фактором для реализации факторов риска артериальной гипертензии (курение, отягощенная наследственность, пограничная гипертензия и др.). Риск развития сердечно-сосудистых заболеваний существенно увеличивался как от наличия шума, так и от профессионального стажа и уровня шума.

Нарушения функции сердечно-сосудистой системы при воздействии импульсного шума встречаются чаще, чем у лиц, работающих в условиях постоянного шума эквивалентного уровня.

Связь нарушений функций нервной и сердечно-сосудистой системы с воздействием шума при отсутствии признаков профессионального снижения слуха затруднена, поскольку эти функциональные нарушения имеют неспецифический характер, вызываются разнообразными причинами и значительно распространены среди как организованных, так и неорганизованных контингентов населения.

Установлено, что работающие в условиях воздействия шума часто жалуются на отсутствие аппетита, а при обследовании выявлено угнетение перистальтики желудка, кишечника, кислотной функции желудка со снижением количества желудочного сока.

В результате воздействия шума высокой интенсивности одновременно возникают изменения как в нейроэндокринной, так и в иммунной системах. Развивается приобретенный иммунодефицит. Дефекты иммунной системы проявляются в основном снижением антиинфекционного иммунитета, созданием благоприятных условий для развития аутоиммунных и аллергических процессов, снижением противоопухолевого иммунитета.

Таким образом, прямое и опосредованное (через сенсорные системы) действие акустических колебаний приводит к развитию патологических изменений в центральной нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной и иммунной системах, органе слуха и формированию сложного многокомпонентного симптомокомплекса.

Впервые Е.Ц. Андреевой-Галаниной (1972) выдвинута концепция о возможности развития заболевания, обусловленного воздействием шума, которая нашла подтверждение у ряда авторов [11]. Клинико-физиологические исследования показали, что шум в зависимости от его параметров и длительности действия на организм работающего может вызвать специфические изменения, наступающие прежде всего в органе слуха, и неспецифические — проявляющиеся в вышеуказанных органах и системах. При этом гемодинамические и церебральные нарушения наступают значительно раньше и порой предшествуют специфическим изменениям органа слуха.

Особенности патологического действия авиационного шума

Как сказано ранее, спектр авиационного шума широкополосный и занимает полосу частот от нескольких Гц до 20 кГц. На рабочих местах авиационных специалистов уровни шума находятся в диапазоне 100–120 дБА, кроме того, имеются отдельные сведения, что общий уровень звукового давления в области инфразвука (2–20 Гц) повышает 100 дБ Лин [3, 10], максимальная плотность энергии АШ сосредоточена в спектре высоких частот [3, 10].

Наиболее подвержены шумовому воздействию авиационные специалисты, которые при повседневной профессиональной деятельности в процессе обеспечения полетов или проведения регламентных и ремонтных работ систематически подвергаются воздействию высокоинтенсивного широкополосного шума [10].

В интересах исследования состояния слухового анализатора у специалистов инженерно-технического состава и выявления физиологических и патологических изменений, обусловленных некомпенсированным действием авиационного шума, обследовано 100 специалистов инженерно-технического состава (ИТС):

80 человек (основная группа) являлись специалистами ИТС, которые в процессе повседневной деятельности занимаются обслуживанием авиационной техники на аэродроме (при подготовке к полетам) или в производственной зоне (регламентация или ремонт);

20 человек, не связанных с обслуживанием авиационной техники и до этого не имевших контакт с высокоинтенсивным шумом (контрольная группа). Средний возраст контрольной группы составил $35,5 \pm 1,9$ года, а экспериментальной группы — $34,3 \pm 0,6$ года ($p = 0,45$).

Акустические исследования выполняли в соответствии с методическими указаниями для измерения шума и инфразвука. Замеры проводили в типовых рабочих местах ИТС, обеспечивающего подготовку летательных аппаратов (вертолеты, транспортные самолеты и другие) к полетам на старте: в 4–6 метрах от среза двигателей или в 5–10 метрах от шасси.

В основной группе в зависимости от стажа работы с авиационной техникой было выделено четыре группы по 20 человек в каждой:

1 группа — стаж работы от 1 года до 5 лет;

2 группа — от 5 лет до 10 лет;

3 группа — от 10 лет до 15 лет;

4 группа — свыше 15 лет.

Обследование ЛОР-органов включало изучение жалоб и анамнеза, где особое внимание обращалось на специальные вопросы, касающиеся слухового анализатора, наружный осмотр и эндоскопия по общепринятой методике, а также проверка остроты слуха. Аудиометрическое исследование проводилось в специально оборудованной комнате с помощью аудиометра МА-31. Для получения количественной оценки степени потери слуха использовали среднеарифметическую величину, вычисляемую по частотам 500, 1000, 2000 и 4000 Гц ($\text{СПС}_{500-4000 \text{ Гц}}$). Степень тугоухости устанавливали по ($\text{СПС}_{500-4000 \text{ Гц}}$) с учетом потери слуха на частоте 4000 Гц. Потерю слуха оценивали для хуже слышащего уха.

На основании акустических измерений установлены следующие параметры инфразвука как шума на рабочих местах ИТС. Уровни звукового давления (УЗД) в полосе частот (1,4–22,4 Гц) находились в пределах от 108 дБ до 118 дБ, а общий УЗД в инфразвуковом диапазоне — от 102 дБ Лин до 108 дБ Лин и превышал предельно допустимый (100 дБ). Уровни звука в полосе частот 22,4–11200 Гц составляют 122–134 дБА. Эквивалентный уровень шума в течение летной смены находится в диапазоне 94–120 дБА. Такие уровни АШ значительно превышают предельно допустимые уровни, в частности, эквивалентный уровень шума в течение летной смены превышает норму на 14–40 дБА. Максимальная плотность энергии АШ сосредоточена в полосе частот 250–4000 Гц (табл. 2.1).

На рисунке 2.1 представлена аудиологическая кривая, полученная по результатам наших исследований, и классические аудиологические кривые при различной патологии ЛОР-органов.

Как видно, типичная аудиологическая кривая больных с НСТ инфекционного, интоксикационного, сосудистого генеза имеет плавный нисходящий вид с увеличением порогов

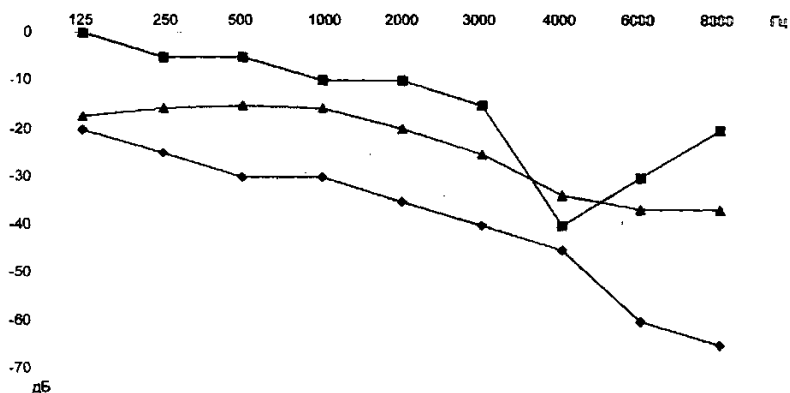


Рисунок 2.1. — Аудиологические данные при различной патологии ЛОР-органов (1. По оси абсцисс — исследуемая частота, Гц; по оси ординат — уровень громкости, дБ. 2. Типы аудиологических кривых: I — больных с нейросенсорной тугоухостью инфекционного, интоксикационного, сосудистого генеза; II — больных с нейросенсорной тугоухостью шумовой этиологии; III — у лиц ИТС (4-й экспериментальной группы), подвергающихся воздействию авиационного шума при подготовке летательных аппаратов к полетам на старте).

Таблица 2.1

Показатели аудиограммы у авиационных специалистов $M \pm m$, дБ

Снижение слуха на частотах	Исследуемая сторона	Контроль ($n = 20$)	Группа 1 ($n = 20$)	Группа 2 ($n = 20$)	Группа 3 ($n = 20$)	Группа 4 ($n = 20$)	Группа 5 ($n = 80$)
125 Гц	Правая	6,3 $\pm$ 0,6	11,0 $\pm$ 0,7 $p = 0,001$	15,5 $\pm$ 0,8 $p = 0,001$	15,0 $\pm$ 1,0 $p = 0,001$	17,5 $\pm$ 1,6 $p = 0,001$	14,8 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
	Левая	6,3 $\pm$ 0,6	10,9 $\pm$ 0,8 $p = 0,001$	15,6 $\pm$ 0,9 $p = 0,001$	16,0 $\pm$ 1,3 $p = 0,001$	17,0 $\pm$ 1,6 $p = 0,001$	14,9 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
250 Гц	Правая	7,3 $\pm$ 0,8	10,0 $\pm$ 0,9 $p = 0,02$	15,0 $\pm$ 0,9 $p = 0,001$	15,0 $\pm$ 1,0 $p = 0,001$	15,5 $\pm$ 1,3 $p = 0,001$	13,9 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
	Левая	6,8 $\pm$ 0,8	9,8 $\pm$ 0,9 $p = 0,02$	13,5 $\pm$ 0,7 $p = 0,001$	15,5 $\pm$ 1,4 $p = 0,001$	15,8 $\pm$ 1,4 $p = 0,001$	13,6 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
500 Гц	Правая	6,5 $\pm$ 0,5	8,5 $\pm$ 0,9 $p = 0,06$	14,0 $\pm$ 1,0 $p = 0,001$	14,0 $\pm$ 1,1 $p = 0,001$	15,0 $\pm$ 1,4 $p = 0,001$	12,9 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
	Левая	5,8 $\pm$ 0,4	9,3 $\pm$ 0,7 $p = 0,001$	13,5 $\pm$ 0,7 $p = 0,001$	14,8 $\pm$ 1,5 $p = 0,001$	15,0 $\pm$ 1,3 $p = 0,001$	13,1 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
1 кГц	Правая	7,0 $\pm$ 0,6	7,8 $\pm$ 0,6 $p = 0,3$	12,0 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$	14,0 $\pm$ 1,3 $p = 0,001$	14,8 $\pm$ 1,4 $p = 0,001$	12,1 $\pm$ 0,6 $p = 0,001$
	Левая	6,5 $\pm$ 0,5	8,3 $\pm$ 0,8 $p = 0,06$	13,8 $\pm$ 1,0 $p = 0,001$	16,0 $\pm$ 1,6 $p = 0,001$	16,3 $\pm$ 1,4 $p = 0,001$	13,6 $\pm$ 0,7 $p = 0,001$
1 кГц	Правая	7,5 $\pm$ 0,6	7,0 $\pm$ 0,6 $p = 0,5$	12,5 $\pm$ 1,2 $p = 0,001$	17,5 $\pm$ 1,6 $p = 0,001$	18,8 $\pm$ 1,7 $p = 0,001$	13,9 $\pm$ 0,8 $p = 0,001$
	Левая	7,3 $\pm$ 0,6	8,3 $\pm$ 0,8 $p = 0,3$	13,3 $\pm$ 1,0 $p = 0,001$	18,0 $\pm$ 2,1 $p = 0,001$	20,8 $\pm$ 1,9 $p = 0,001$	15,1 $\pm$ 0,9 $p = 0,001$

Таблица 2.1 (Окончание)

Снижение слуха на частотах	Исследуемая сторона	Контроль (n = 20)	Группа 1 (n = 20)	Группа 2 (n = 20)	Группа 3 (n = 20)	Группа 4 (n = 20)	Группа 5 (n = 80)
3 кГц	Правая	7,8 ± 0,6	7,5 ± 0,6 p = 0,8	14,5 ± 2,0 p = 0,001	22,5 ± 2,3 p = 0,001	24,8 ± 2,7 p = 0,001	17,3 ± 1,3 p = 0,001
	Левая	7,8 ± 0,6	6,8 ± 0,5 p = 0,2	15,8 ± 1,9 p = 0,001	24,0 ± 2,8 p = 0,001	25,8 ± 2,9 p = 0,001	18,1 ± 1,4 p = 0,001
4 кГц	Правая	8,5 ± 0,5	9,5 ± 0,3 p = 0,1	18,3 ± 2,2 p = 0,001	26,5 ± 2,9 p = 0,001	34,0 ± 3,9 p = 0,001	22,1 ± 1,7 p = 0,001
	Левая	8,5 ± 0,5	7,8 ± 0,6 p = 0,3	20,5 ± 3,3 p = 0,001	30,0 ± 3,8 p = 0,001	33,3 ± 3,7 p = 0,001	22,9 ± 1,9 p = 0,001
6 кГц	Правая	10,3 ± 0,7	8,0 ± 0,6 p = 0,01	26,5 ± 4,1 p = 0,001	27,0 ± 3,1 p = 0,001	36,3 ± 4,0 p = 0,001	24,4 ± 2,0 p = 0,001
	Левая	10,3 ± 0,7	7,8 ± 0,6 p = 0,007	25,0 ± 4,1 p = 0,001	29,5 ± 3,4 p = 0,001	37,8 ± 4,1 p = 0,001	25,0 ± 2,1 p = 0,001
8 кГц	Правая	10,8 ± 0,8	9,0 ± 0,7 p = 0,09	26,0 ± 4,4 p = 0,001	25,5 ± 3,0 p = 0,001	36,0 ± 3,6 p = 0,001	24,1 ± 1,9 p = 0,001
	Левая	10,8 ± 0,8	8,3 ± 0,8 p = 0,02	26,0 ± 4,0 p = 0,001	30,5 ± 3,6 p = 0,001	37,3 ± 3,8 p = 0,001	25,5 ± 2,0 p = 0,001

Примечание: 1. В скобках указано количество обследуемые в рассматриваемой группе 2 — уровень значимости различий по критерию Стьюдента между контрольной и другими группами.

восприятия звуков от низкочастотного к высокочастотному диапазону. Для аудиологической кривой больных с НТС шумовой этиологии характерно резкое повышение порогов восприятия звуков на частоте 4000 Гц в виде «провала». Рельеф полученной нами аудиологической кривой у ИТС, подвергающегося воздействию авиационного высокоинтенсивного шума, имел полого или ступенчато нисходящий вид и характеризовался равномерным повышением порогов восприятия звуков по всему диапазону исследуемых частот, как в низкочастотном, так и, в большей степени, в высокочастотном диапазоне.

Стаж работы с шумом имел высокую корреляционную связь со СПС_{50–4000 Гц} ($r = 0,70$ на правое ухо и $r = 0,73$ — левое). Построены регрессионные модели, обладающие значимой достоверностью ($p < 0,05$), информативностью ($R^2 = 0,48–0,53$) и адекватностью ($R > 0,5$), которые позволяют прогнозировать время развития НСТ. По данным ИСО-1999-75 с вероятностью выше 0,5 развитие НСТ можно ожидать при эквивалентном уровне шума от 110 дБА и стаже работы 10 лет и более, с уровнем шума 105 дБА — при стаже 15 лет и более, то есть, чем интенсивнее шумовая нагрузка и больше стаж работы в условиях шума, тем выше вероятность развития НСТ. С помощью полученных регрессионных моделей установлено, что сроки развития кохлеарной патологии у ИТС авиации при эквивалентном уровне шума 94...120 дБА составят 7,5–7,8 лет, что значительно меньше вышеуказанных величин.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что авиационный шум оказывает патологическое воздействие на орган слуха. Постоянное и длительное воздействие непостоянного высокоинтенсивного шума (эквивалентный уровень 94–120 дБА) и инфразвука (общий УЗД 102–108 дБЛин) на орган слуха приводит к прогрессирующему развитию хронической нейросенсорной тугоухости у инженерно-технического состава, занятых обслуживанием авиационной техники.

Действие авиационного шума приводило к специфическим особенностям изменения аудиометрического профиля слуховых нарушений у авиационных специалистов в виде повышения порогов восприятия звуков по всему диапазону исследуемых частот. Рельеф тональной аудиометрии характеризовался равномерным повышением порогов восприятия звуков на частотах

125–2000 Гц в среднем на 6,3–8,6 дБ ($p = 0,001$), а на частотах 3000–8000 Гц в среднем на 11,1–14,7 дБ ($p = 0,001$).

Характер патологического процесса, развивающегося в органе слуха у лиц ИТС, имеет особенность, которая обусловлена наличием в спектре авиационного шума высокоинтенсивной инфразвуковой и высокочастотной звуковой составляющих (сочетанное их действие).

Установлена высокая корреляционная связь ($r = 0,70$ на левое и $r = 0,73$ правое ухо) стажа работы с шумом у инженерно-технического состава со степенью потери слуха и построена регрессионная модель для прогноза развития НСТ, что указывает на важную роль авиационного шума в патогенезе повреждения слуха.

У авиационных специалистов, обслуживающих подготовку летательных аппаратов к полетам на старте, развития нейросенсорной тугоухости наступают в более ранние сроки и прогрессирование патологии идет быстрее, чем у лиц других шумовых профессий. Сроки развития тугоухости у них составляют 7,5–7,8 года.

4. КРИТЕРИИ ШУМОВОЙ ПАТОЛОГИИ

Численность работников, занятых во вредных и опасных условиях труда, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормам, в России достигает 23,4 % от общей численности работающих в промышленности. В структуре нозологических форм и профессиональных заболеваний преобладают болезни, связанные с воздействием физических факторов — 36,8 %, при этом наиболее часто встречается нейросенсорная тугоухость — 54,4 %, что обусловлено, в первую очередь, тем, что доля рабочих мест, не соответствующих гигиеническим нормативам по шуму, составляет 26,3 % [3, 10].

Результаты многолетних клинических исследований и обследований больших групп работников различных специальностей, связанных с воздействием шума, позволили отечественным ученым сформировать концепцию о шумовой патологии и обосновать «шумовую болезнь» в качестве самостоятельной нозологической формы профессиональной патологии. Клинические проявления шумовой болезни подразделяются на специфические, возникающие в периферическом отделе органа слуха (кортиевом органе), и неспецифические, к которым относятся изменения со стороны других органов и систем организма. Установлено, что у лиц, длительно работающих в условиях воздействия интенсивного шума, развиваются нейросенсорная тугоухость, вегетососудистая дистония и дисциркуляторная энцефалопатия [18, 19].

Поэтому при изучении состояния здоровья работников шумовых профессий необходимо проводить комплексное клиническое обследование с использованием объективных и информативных методов, позволяющих достоверно и полно охватить патофизиологические специфические и неспецифические проявления шумовой патологии.

Имеются данные о том, что структура общей заболеваемости работающих в условиях воздействия шума обусловлена энергетическими и спектральными особенностями акустических колебаний. Это связывают с тем, что средне- и высокочастотный шум оказывает преимущественно прямое действие на орган слуха и опосредованное — на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, поэтому в структуре заболеваемости преобладают болезни органа слуха и систем кровообращения. В свою очередь,

низкочастотный шум и инфразвук оказывает непосредственное действие на органы, клетки, ткани, рецепторы, а в структуре заболеваемости доминируют болезни органов дыхания, нервной системы, кровообращения, зрения, а также кожи.

Для изучения особенностей условий труда и заболеваемости инженерно-технического состава Военно-воздушных сил, подвергающегося сочетанному воздействию высокоинтенсивного шума и инфразвука при обслуживании летательных аппаратов различных типов с последующим выявлением ведущих клинических критериев диагностики шумовой патологии на основании углубленного обследования проведено исследование акустической обстановки на рабочих местах авиационных специалистов на аэродроме при обслуживании ими летательных аппаратов различных типов. Акустические измерения выполнялись при работе авиационных двигателей и проведении полетов.

Для анализа заболеваемости инженерно-технического состава, подвергающегося воздействию авиационного шума при обслуживании летательных аппаратов, использовали эпидемиологические ретроспективные исследования за пятилетний период. Были проанализированы показатели заболеваемости с временной утратой трудоспособности, такие как число случаев: первичной заболеваемости, случаев и дней трудопотерь (все — на 1000 работающих).

Углубленное обследование группы персонала (инженерно-технического состава и лиц, подвергающихся воздействию интенсивных акустических колебаний) проведено в условиях гарнизонного госпиталя с участием терапевта, офтальмолога, невролога, оториноларинголога и клинического физиолога. Выполнялась тональная аудиометрия, проводилось инструментальное исследование функции внешнего дыхания и осуществлялась регистрация электрокардиограммы, механокардиограммы, реоэнцефалограммы. Все исследования проводили в утреннее время через 1–2 часа после приема пищи.

В результате проведенного обследования рабочих мест инженерно-технического состава при обслуживании ими различных типов самолетов на аэродроме и в технико-эксплуатационной части установлено, что при эксплуатации летательных аппаратов образуется непостоянный высокоинтенсивный широкополосный шум и инфразвук. Уровень звукового давления на различных диапазонах частот достигает 93–123 дБ, а эквивалентный

уровень шума колеблется от 94 дБА до 121 дБА. Хотя длительность воздействия высокоинтенсивного шума в период одной смены авиационных специалистов составляет всего 2–3 ч, но получаемая ими за это время доза шума значительно превышает допустимые значения (иногда более чем в 4000 раз).

Изучение показателей заболеваемости выявило более высокий уровень общей заболеваемости инженерно-технического состава, подвергающегося воздействию авиационного шума (основная группа), по сравнению с контрольной группой авиационных специалистов, находящихся относительно комфортных акустических условиях. Так, общий показатель частоты первичной заболеваемости в основной группе составил $660,6 \pm 75,0$ %; в контрольной — $437,7 \pm 6,4$ % ($p < 0,05$), общие показатели частоты утомленности — $732,7 \pm 115,5$ % и $532,2 \pm 28,5$ % ($p > 0,05$), частоты дней утомленности — $6553,1 \pm 449,1$ % и $4318,3 \pm 72,4$ % ($p < 0,05$) соответственно. В структуре заболеваемости преобладают следующие классы болезней: органов дыхания (41,1 % в основной группе — 29 % в контроле), системы кровообращения (11,4 % и 2,8 %), органов пищеварения (10,5 % и 2 %), кожи и подкожной клетчатки (6,5 % и 3,0 %), нервной системы (6,5 % и 4,1 %).

В основной группе в 58 % случаев выявлены заболевания, имеющие патогенетическую связь с шумом. При этом на долю нейросенсорной тугоухости приходилось 48 %, артериальной гипертензии — 13 %, дисциркуляторной энцефалопатии — 4 %. В структуре клинической патологии можно выделить группу с изолированным поражением органа слуха, центральной нервной сердечно-сосудистой систем, доля которых составила 65 %, и группу (35 %) с сочетанным поражением двух или трех систем организма.

На первом этапе статистического анализа полученных в ходе обследования персонала клинико-физиологических данных проведен корреляционный анализ и выявлены показатели, имеющие наиболее тесную связь со стажем работы в условиях воздействия интенсивных акустических колебаний (табл. 4.1).

В результате корреляционного анализа установлено, что стаж работы в условиях воздействия шума имеет более сильную (в 1,5–2 раза) связь с физиологическими показателями, по сравнению с возрастом обследуемых лиц. Выбрано шесть показателей

Таблица 4.1

Результаты корреляционного анализа

Методы	Физиологические показатели	Возраст		Стаж работы	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Механокардио- графия	Среднее гемодинамическое давление	0,44	0,001	0,77	0,001
	Систолическое давление аускультативное	0,32	0,001	0,79	0,001
Функция внешнего дыхания	Форсированная жизненная емкость легких	−0,06	0,53	−0,27	0,006
	Средняя объемная скорость в интервале 25–75 % форсированной жизненной емкости легких	−0,06	0,56	−0,26	0,009
Аудиометрия	Среднеарифметическое значение порогов слуха на частотах 500 Гц, 1,2 и 4 кГц	0,48	0,001	0,73	0,001
Реоэнцефало- графия	Показатель тонуса мелких артерий	0,38	0,001	0,66	0,001

Примечание: Здесь и далее использованы обозначения: *r* — коэффициент корреляции; *p* — уровень значимости различий по критерию Стьюдента.

Таблица 4.2

Результаты дисперсионного анализа

Физиологические показатели	Статистические показатели		
	η , %	<i>F</i>	<i>p</i>
Среднее гемодинамическое давление	97	5525	0,001
Форсированная жизненная емкость легких	99	2048	0,001
Средняя объемная скорость в интервале 25–75 % форсированной жизненной емкости легких	98	1124	0,001
Среднеарифметическое значение порогов слуха на частотах 500 Гц, 1,2 и 4 кГц	89	160	0,001
Показатель тонуса мелких артерий	95	383	0,001

Примечание: Здесь и далее использованы обозначения: η — степень влияния параметра на показатель (%), *F* — критерий Фишера.

функционального состояния обследованных органов и систем организма, имеющих наиболее выраженную связь со стажем работы, что позволяет обосновать методы клинических исследований для ранней диагностики развивающейся шумовой патологии и ее прогностического оценивания (рискометрии).

В результате проведенного на следующем этапе дисперсионного анализа показано, что стаж работы в условиях интенсивного акустического воздействия имеет высокую степень влияния (39–99 %) на ряд физиологических показателей, характеризующих состояние сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем (табл. 4.2).

В результате регрессионного анализа были построены математико-статистические модели, описывающие характер развивающихся изменений рассматриваемых физиологических в зависимости от стажа работы в неблагоприятных акустических условиях. В приведенных в таблице 4.3 формуле буквой «х» обозначен стаж работы в шумовых условиях (лет), буквой «у» — значение показателя. Рассчитанные регрессионные модели обладают высокой информативностью ($p < 0,006$). Для двух показателей (среднее динамическое давление, среднеарифметическое значение порогов слуха) модели можно считать фактическими; здесь $R^2 > 0,5$, что позволяет использовать модели для прогнозирования.

Уравнение для показателя тонуса мелких артерий характеризует коэффициент детерминации $R^2 = 0,43$, его прогностическая способность сомнительна. Остальные модели имеют 0,10, что не позволяет использовать их для прогноза.

На основании математических моделей проведен расчет предельного значения длительности работы в качестве инженеров-техников государственной авиации, приводящей к достижению верхней границы нормы физиологических показателей (табл. 4.4).

Так, для достижения верхней границы нормы среднего гемодинамического давления требуется всего 3,5 года работы в условиях воздействия авиационного шума, дальнейшее пребывания в этих условиях будет сопровождаться развитием артериальной гипертензии. Контакт с авиационным шумом на протяжении более 4 лет приведет к достижению границы нормы тонов слуха с последующим развитием нейросенсорной тугоухости. По-

Таблица 4.3

Результаты регрессионного анализа

Показатели	Регрессионные модели	Показатели существенности и адекватности модели		
		F	P	R^2
Среднее гемодинамическое давление, мм рт. ст.	$y = 86,6 + 0,96x$	142,5	0,001	0,59
Форсированная жизненная емкость легких, %	$y = 98,4 - 0,42x$	7,9	0,006	0,07
Средняя объемная скорость в интервале 25–75 % форсированной жизненной емкости легких, % (должной)	$y = 93,1 - 1,69x + 0,06x^2$	6,7	0,002	0,10
Среднеарифметическое значение порогов слуха на частотах 500 Гц, 1, 2 и 4 кГц, дБ	$y = 6,55 + 0,82x$	93,3	0,001	0,53
Показатель тонуса мелких артерий, %	$y = 52,4 + 2,2x$	62,8	0,001	0,43

Примечание: Здесь и далее: R^2 — коэффициент детерминации регрессионной модели.

Таблица 4.4

Прогностические значения стажа работы для достижения верхней границы нормы физиологического показателя

Физиологические показатели	Верхняя граница нормы, единица измерения	Предельное значение длительности работы (лет)
Среднее гемодинамическое давление	90 мм рт. ст.	3,5
Среднеарифметическое значение порогов слуха на частотах 500 Гц, 1, 2 и 4 кГц	10 дБ	4,2
Показатель тонуса мелких артерий	65 %	5,7

сле работы в условиях воздействия шума в течение 6 лет можно прогнозировать достижение верхней границы нормы тонуса мелких артерий, а продолжение профессиональной деятельности может привести к нормированию недостаточности кровообращения сосудов головного мозга, то есть — к дискуляторной энцефалопатии.

На синтезированных полученных математических моделей проведен расчет времени достижения границ нормы показателей функционального состояния организма инженеров-техников с различной вероятностью (табл. 4.5).

Таблица 4.5

Стаж работы, лет, и вероятность достижения границ нормы физиологических показателей

Характер патологических изменений	Вероятность		
	0,1	0,5	1,0
Повышение среднего гемодинамического давления выше 95 мм рт. ст.	1,1	6,5	20,0
Потеря слуха на частотах 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 4 кГц более 10 дБ	1,3	7,8	23,1
Повышение тонуса мелких артерий выше 65 %	1,3	7,7	19,0

Как видно из табл. 4.5, с вероятностью 0,1 в течение второго года работы в условиях воздействия авиационного шума у инженерно-технического состава можно ожидать развития первых клинических признаков сосудистой и кохлеарной патологии. Через 6,5–7,8 лет работы донозологические изменения со стороны слуховой, сердечно-сосудистой и центральной нервной систем уже будут проявляться клинически с вероятностью 0,5 а через 20 лет работы в условиях воздействия авиационного шума у всех инженеров-техников будут выявляться повышение порога слуха выше границ нормы, признаки сосудистой гипертензии и венозной патологии сосудов головного мозга.

На основании полученных математических моделей проведен расчет времени (стажа работы инженерно-технического состава), приводящего с различной вероятностью к развитию клинической патологии (табл. 4.6).

Таблица 4.6

Стаж работы, лет, и вероятность развития клинической патологии

Клинический диагноз	Вероятность		
	0,1	0,5	1,0
Нейросенсорная тугоухость	2,4	12,2	24,4
Артериальная гипертензия (нейроциркуляторная дистония и гипертоническая болезнь)	8,5	18,9	26,7
Сочетание нейросенсорной тугоухости с артериальной гипертензией	10,0	22,4	31,6
Сочетание двух или трех диагнозов	10,0	22,4	31,6

Установлено, что с вероятностью 0,1 в течение 2,4 лет работы у инженерно-технического состава государственной авиации можно ожидать развитие нейросенсорной тугоухости, через 8,5 лет — формирование артериальной гипертензии, а спустя 10 лет — может развиться уже несколько заболеваний. С вероятностью 0,5 через 12 лет работы инженерно-технический состав будет иметь нейросенсорную тугоухость, через 19 лет может присоединиться артериальная гипертензия, а значит — специалисты будут иметь несколько заболеваний, обусловленных шумом. После 24 лет воздействия авиационного шума с вероятностью 1,0 сформируется артериальная гипертензия и нейросенсорная тугоухость, а после 30 лет работы с фактором все лица рассматриваемой профессиональной группы будут иметь несколько заболеваний шумовой этиологии.

Инженерно-технический состав государственной авиации при обслуживании летательных аппаратов подвергается сочетанному воздействию непостоянного высокоинтенсивного широкополосного шума и инфразвука, уровни, которых существенно превышают предельно допустимые значения.

Повышенный уровень заболеваемости инженерно-технического состава и ее структура обусловлены особенностями вредного и опасного действия акустических колебаний слышимого и инфразвукового частотных диапазонов.

Ведущее место в клинической патологии у инженерно-технического состава занимают нейросенсорная тугоухость, артериальная гипертензия и дисциркуляторная энцефалопатия, поэтому слуховой анализатор, сердечно-сосудистую и нервную систему необходимо рассматривать в качестве критических систем при воздействии высокоинтенсивного авиационного шума.

Для диагностики шумовой патологии в качестве критериев оценки неблагоприятного действия высокоинтенсивного шума рекомендуется использовать следующие методы и показатели: аудиометрию (среднеарифметическое значение порогов слуха на частотах 500 Гц, 1, 2 и 4 кГц); механокардиографию (среднее гемодинамическое давление и систолическое артериальное давление); реоэнцефалографию (показатель тонуса мелких артерий головного мозга) и спирометрию (средняя объемная скорость в интервале 25–75 % форсированной жизненной емкости легких).

При прогнозировании развития клинической патологии у инженерно-технического состава показано, что с вероятностью 0,5 через 12 лет работы в условиях воздействия интенсивного авиационного шума можно ожидать развитие нейросенсорной тугоухости, через 19 лет — артериальной гипертензии, через 22 года — появление у одного человека нескольких заболеваний, профессионально обусловленных акустическим воздействием.

5. РИСКИ ЗДОРОВЬЮ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ДЕЙСТВИЕМ АВИАЦИОННОГО ШУМА

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, оказывает влияние на организм в целом, снижая его резистентность, о чем свидетельствуют данные литературы и результаты исследований. Проявлением такого действия служит повышение уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и развитие профессиональной патологии.

К профессиональным заболеваниям относят:

- заболевания, в этиологии которых главная роль принадлежит определенному профессиональному фактору (химический, физический и др.);
- некоторые общие заболевания, в развитии которых установлена причинная связь с воздействием определенных факторов производственной среды.

При отсутствии в каждом конкретном случае доказательств этиологической связи заболевания с профессией оно не может быть признано ни профессиональным, ни производственно обусловленным. В противном случае при наличии таких доказательств заболевание следует признать профессиональным с последующим применением необходимых реабилитационных мероприятий [18, 20].

В зависимости от длительности воздействия профессионального фактора различают острые и хронические профессиональные заболевания.

К острым профессиональным заболеваниям относятся те, которые возникли внезапно, после однократного (в течение не более одной рабочей смены) воздействия вредного фактора производственной среды.

К хроническим профессиональным заболеваниям относятся заболевания, развившиеся в результате длительного и многократного воздействия вредных факторов производственной среды.

В настоящее время состав профессиональной патологии по этиологическим факторам существенно изменился. На первое место вышли заболевания, вызываемые физическими факторами (шумом, вибрацией, электромагнитными, ионизирующими излучениями и др.), что обусловлено изменениями в современном

производстве. Несмотря на то, что в стране ежегодно регистрируемая профпатология составляет небольшой процент от общего числа заболеваемости с вредными условиями труда, эта патология имеет большое социально-гигиеническое и социально-экономическое значение. Диагноз профессионального заболевания является убедительным доказательством воздействия на здоровье работающих неблагоприятных условий труда, которые нуждаются в изменении, иногда безотлагательном. По отношению к этим больным должны применяться все необходимые оздоровительные и реабилитационные мероприятия: лечение и перевод на работу вне контакта с вредными производственными факторами, переобучение, оздоровление в санатории-профилактории и др. [16].

О.А.Воробьев, С.В.Скребнев и др. изучали заболеваемость рабочих авиапромышленного предприятия [10, 31]. В этих работах общие показатели числа заболевших лиц, случаев и дней потери трудоспособности в зависимости от интенсивности шумового воздействия оценены как выше средних и средние. Установлена выраженная зависимость увеличения числа многократно болеющих лиц от интенсивности воздействующего авиационного шума.

Эта тенденция особенно отчетливо прослеживается среди обратившихся за медицинской помощью неоднократно (3–4 раза). Высокие показатели случаев, дней и продолжительности случая временной нетрудоспособности обусловлены заболеваниями органов дыхания, кровообращения, пищеварения. Среди болезней класса кровообращения ведущее место занимают нейроциркуляторная дистония, гипертоническая болезнь и ишемическая болезнь сердца. По всем критериям заболеваемости отмечена зависимость от возраста обследуемых и стажа работы с шумом, соответствующая интенсивности шумового воздействия в условиях труда и быта.

Анализ литературных данных показывает, что для наиболее полной характеристики характера и степени неспецифического влияния авиационного шума необходимы не только клинические и инструментальные исследования для выявления нарушений в организме человека, но и анализ заболеваемости этой социо-профессиональной группы специалистов.

В настоящее время для определения степени нарушения здоровья у работающих на различных видах производств все чаще

стали использовать методы установления профессионального риска. Расчет статистических показателей профессионального риска по данным заболеваемости проведен в соответствии с «Методическими рекомендациями по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров». Для доказательности профессионального заболевания использовали статистический показатель категория риска профзаболевания (*KP*), а профессионально обусловленных заболеваний — отношение шансов (*OR*), относительный риск (*RR*), этиологическая доля (*EF*), категория связи с работой (*KC*). В таблице 5.1 представлены показатели, позволяющие дать количественную оценку степени связи заболеваний авиационных специалистов с их профессиональной деятельностью.

Таблица 5.1

Оценки степени связи заболеваний авиационных специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума

Класс болезней	Показатели риска			
	OR	RR	EF	KC
Болезни нервной системы	3,1	2,9	65 %	Высокая
Болезни глаз	1,5	1,5	34 %	Средняя
Болезни уха	6,1	5,7	82 %	Почти полная
Болезни органов кровообращения	5,0	4,2	76 %	Очень высокая
Болезни органов дыхания	1,9	1,4	32 %	Малая
Болезни органов пищеварения	1,6	1,5	35 %	Средняя
Болезни кожи	3,6	3,3	69 %	Очень высокая

Среди всех заболеваний авиационных специалистов болезни органов дыхания имеют самую слабую («малую») связь с работой, болезни глаз и органов пищеварения — «среднюю», болезни нервной системы — «высокую», болезни органов кровообращения и кожи — «очень высокую». Полученные показатели позволяют утверждать, что болезни органа слуха, выявленные у этих специалистов, относятся к профессиональным заболеваниям, а болезни органов дыхания, глаз, пищеварения, нервной системы, органов кровообращения и кожи — к профессионально обусловленным заболеваниям.

Таким образом, на основании гигиенической характеристики условий труда, результатов периодических медицинских осмотров и клинического обследования показано, что длительное воздействие интенсивного широкополосного авиационного шума на рабочих местах авиационных специалистов связано с высоким риском развития профессиональной патологии.

Применение рискометрии с расчетом коэффициентов опасности, интенсивности комплексного загрязнения окружающей среды, с учетом численности населения, находящегося под техногенным воздействием аэропортов, позволило установить и оценить риск дополнительной заболеваемости от воздействия вредных факторов окружающей среды.

Установлено, что заболеваемость хроническим фарингитом регистрируются чаще в 1,2 раза, бронхитом — в 1,4, бронхиальной астмой — в 1,5 раза на территориях с повышенной техногенной нагрузкой, чем на условно тихих территориях [6, 15].

Заболеваемость детского населения на территориях влияния аэропортов (по данным наблюдения за пятилетний период) превышает показатели заболеваемости детей, проживающих на условно тихой территории практически по всем классам болезней, в том числе по показателям врожденных аномалий — в 2,1 раза, костно-мышечной системы — в 2,2 раза. Вблизи аэропортов чаще часто болеющих детей в 2,8 раза выше.

Изучение особенностей формирования реального риска заболеваемости в зоне влияния аэропорта проведено при применении гигиенического ранжирования по параметрам комплексной антропогенной нагрузки факторов среды обитания, формирующих различную степень неблагополучия на отдельных селитебных территориях города.

При сравнительном анализе заболеваемости стандартизованных показателей выявлены достоверные различия между зонами наблюдения по частоте случаев заболеваний. Соотношение средних многолетних показателей заболеваемости в зонах наблюдения и общегородских фоновых уровней, положены в основу ранжирования селитебных территорий по степени реального риска. Уровень заболеваемости населения в зоне влияния аэропортов превышает показатель в условно тихой зоне в 1,2–1,4 раза как в целом, так и по отдельным классам болезней (числу

новообразований, заболеваний органов кровообращения, дыхания, пищеварения).

Показатели морбидности авиационных специалистов проанализированы путем сравнения с контрольной группой лиц, не подвергающихся профессиональному воздействию шума. Так, число случаев первичной заболеваемости с временной утратой работоспособности на 100 работающих у авиационных специалистов составило $66,1 \pm 7,5$, а в контроле — $43,8 \pm 0,6$ ($p < 0,05$), число случаев трудопотерь $73,3 \pm 11,6$ и $53,2 \pm 2,9$ ($p > 0,05$) и число дней трудопотерь — $655,3 \pm 44,9$ и $431,8 \pm 7,2$ ($p < 0,05$) соответственно [3, 10]. Таким образом, в соответствии с общепринятой методикой оценивания заболеваемости, уровень заболеваемости с временной утратой работоспособности в контрольной группе оценен как «низкий» и «очень низкий», у авиационных специалистов — «ниже среднего».

В структуре заболеваемости преобладали следующие классы болезней: органов дыхания (41,1 % у авиационных специалистов и 29,0 % в контроле), системы кровообращения (11,4 % и 2,8 % соответственно), органов пищеварения (10,5 % и 7,1 %), кожи и подкожной клетчатки (6,5 % и 3,0 %), нервной системы (6,5 % и 4,1 %) [5, 15]. Анализ структуры заболеваемости у авиационных специалистов показал более высокие значения показателей по следующим классам болезней: нервной системы — в 2,8 раза ($p < 0,05$); глаз — в 2,6 раза ($p > 0,05$); органов кровообращения — в 4,7 раза ($p < 0,05$); органов дыхания — в 1,6 раза, ($p > 0,05$); органов пищеварения — выше в 2,1 раза ($p < 0,05$); кожи и подкожной клетчатки — выше в 3,1 раза ($p < 0,05$). У авиационных специалистов показатели заболеваемости, связанной с болезнями, характеризующимися повышенным артериальным давлением, такими как нейроциркуляторная дистония и артериальная гипертензия, также были выше в 3,9 раза ($p < 0,05$), по сравнению с контрольной группой [4, 15, 53].

Выявленное увеличение показателей заболеваемости органов кровообращения, нервной системы и пищеварения у авиационных специалистов соответствует существующим представлениям о механизме действия интенсивного шума на организм человека. Развитие болезней органов дыхания, глаз, а также

кожи и подкожной клетчатки, можно объяснить воздействием инфразвука на организм человека.

Полученные результаты, позволяют утверждать, что повышенный уровень общей заболеваемости авиационных специалистов является следствием сочетанного действия высокоинтенсивного шума и инфразвука, поэтому в структуре заболеваний преобладают болезни, характерные как для действия шума (болезни органов кровообращения и пищеварения), так и инфразвука (болезни органов дыхания, нервной системы, глаз, кожи и подкожной клетчатки).

При анализе состояния здоровья населения, проживающего вблизи аэропортов, исследована общая медико-демографическая ситуация, выполнена донозологическая диагностика и изучена заболеваемость взрослого и детского населения.

В структуре причин смертности на территории влияния аэропортов ведущие ранговые места принадлежат сердечно-сосудистым заболеваниям (62,7 %), злокачественным новообразованиям (15 %), травмам и отравлениям (14 %). Темп прироста смертности составляет от сердечно-сосудистых заболеваний +2,4 %, в том числе от ишемической болезни сердца (ИБС) +1,5 %, и от злокачественных новообразований +9,1 % [21]. Показатель общей смертности в 1,3 раза выше, чем в условно чистой зоне. Аналогичные результаты получены по смертности от сердечно-сосудистой патологии. Смертность от ИБС на территории влияния выше, чем для условно чистой территории в 1,4 раза. Как видно, общая медико-демографическая обстановка в целом на исследуемой территории характеризуется как неблагоприятная.

Общую заболеваемость населения характеризуют показатели обращаемости за медицинской помощью: в пределах 66–110 случаев на 100 человек. В структуре заболеваемости лидируют болезни органов дыхания — 22,6 %, болезни органов кровообращения — 20,4 %, болезни нервной системы и органов чувств — 18,9 %, болезни мочеполовой системы — 7,4 %. Отмечается рост заболеваемости по болезням эндокринной системы — 53 %, системы кровообращения — 21,1 %, нервной системы — 9,2 %, чаще наблюдаются гипертоническая болезнь и вегетососудистые нарушения [4–7, 15]. Повышение артериального давления

практически по всем возрастным категориям выявляется чаще, чем в контрольной зоне. У взрослых уровень систолического артериального давления составляет 140–180 мм рт. ст., а диастолического — 90–100 мм рт. ст. Отмечаются также более высокие показатели заболеваемости по классу болезней нервной системы (54 и 5,9% соответственно) и сердечно-сосудистой системы (16,3 и 19,8 %) [4–7, 15].

К неблагоприятной тенденции в изменении динамики состояния здоровья населения, проживающего вблизи аэропортов, следует отнести рост хронической заболеваемости, которая за 10 лет выросла на 16,3 %, новообразований — на 137,2 %, увеличение числа больных, состоящих на диспансерном учете с болезнями эндокринной системы — на 12,7 %. Наблюдается снижение удельного веса здорового населения.

При исследовании физического развития школьников, проживающих в зонах воздействия аэропортов, по данным углубленных медицинских осмотров выявлено отставание в физическом развитии, на что указывает снижение роста, массы тела и окружности грудной клетки. Проведенные психофизиологические исследования установили, что в зоне влияния аэропорта в условиях высоких уровней авиационного шума умственная работоспособность детей к концу учебной недели снижается. В ходе гигиенических исследований у детей выявлены нарушения функционального состояния центральной нервной системы, сердечно-сосудистой системы и органа слуха.

Анализ структуры детской заболеваемости, проведенный по отчетным данным детских поликлиник, показывает, что среди заболеваний детей, проживающих на исследуемых территориях, преобладает болезни органов дыхания (67 %), глаза и его придаточного аппарата, болезни уха (по 8 %), инфекционные и паразитарные заболевания (5,3 %).

При исследовании показателей здоровья детей выявлен ежегодный прирост заболеваемости по следующим классам болезней: система кровообращения на 17,4 %, эндокринная система — 13 %, нервная система — 16,8 %, органы пищеварения — 9,3 % и мочеполовая система — 28,7 %. За десятилетний период увеличилось число детей, состоящих на диспансерном

учете с патологией мочеполовой системы — на 23,7 %, органов дыхания — 11,6 % и пищеварения — в 2,5 раза [3, 21].

При диспансерном обследовании детей дошкольного и школьного возраста обнаружены донозологические изменения со стороны сердечно-сосудистой и нервной систем, проявляющиеся в повышенной утомляемости, местных и общих вегетативно-сосудистых расстройствах. Наблюдается превышения артериального давления: уровень систолического артериального давления у детей в возрасте 3–7 лет составляет 110–120 мм рт. ст. (при норме 86–110 мм рт. ст.), диастолического — 63–72 мм рт. ст. (при норме 55–63 мм рт. ст.).

Отрицательное влияние акустической нагрузки на уровень здоровья детей подтверждается таким интегральным показателем, как индекс здоровья (число не болевших на 1000 детей). В «тихом районе» отмечен более высокий индекс здоровья, меньший уровень заболеваемости по обращаемости за медицинской помощью (как в целом, так и по отдельным классам болезней), уменьшение числа многократно болевших детей.

При изучении причинно-следственной связи между заболеваемостью и факторами среды обитания выявлена прямая сильная корреляционная зависимость между заболеваемостью населения и шумовым загрязнением окружающей среды ($r = 0,83–0,93$) [10].

В процессе определения риска для здоровья осуществлялась идентификация опасности факторов окружающей среды, устанавливалась зависимость «доза-ответ» и характеризовался риск.

При рассмотрении возможности развития специфической патологии (тугоухости) в результате авиационного шумового воздействия на население, установлено значение относительного риска 0,574, а неспецифической патологии — 4,2, что значительно выше приемлемого уровня (1,0).

В результате комплексного исследования определена ориентировочная граница неблагоприятного воздействия аэропортов на здоровье населения, составившая 2 км.

6. ПРОФЕССИОНАЛЬНО ОБУСЛОВЛЕННАЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ СПЕЦИАЛИСТОВ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Результаты клинических исследований работников, подвергающихся воздействию шума в производственных условиях, позволили отечественным ученым сформировать концепцию о шумовой патологии, клинические проявления которой подразделяются на специфические, возникающие в периферическом отделе органа слуха, и неспецифические. К последним относят изменения со стороны, в первую очередь, сердечно-сосудистой и нервной системы (артериальная гипертензия, энцефалопатия и др.) [18, 24].

В настоящее время для определения степени нарушения здоровья у работающих на различных видах производств все чаще стали использовать методы установления профессионального риска: априорный (по гигиеническим критериям) и апостериорный (по медико-биологическим критериям — показателям здоровья).

Поэтому были проведены исследования, направленные на установление взаимосвязи профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемостью специалистов ИТС, обслуживающего ЛА, с комплексом неблагоприятных факторов рабочей среды.

Оценка условий труда ИТС (авиационные техники и механики) получена согласно Р 2.2.2006-05. Проведено исследование акустической обстановки на рабочих мест ИТС при обслуживании ими различных типов ЛА (вертолеты, истребители, транспортные самолеты) на аэродроме при проведении полетов. Измерения шума и инфразвука выполняли в соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 и СН 2.2.4/2.1.8-95. Использовали интегрирующий шумомер — анализатор спектра SVAN-945A (1 класса точности), который позволяет выполнять акустические измерения в частотном диапазоне от 2 до 16000 Гц и динамическом — от 24 до 140 дБ. Гигиеническая характеристика акустической обстановки получена с учетом требований нормативных документов СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и СН 2.2.4/2.1.8.583-96.

Исследование микроклимата на рабочих местах проводилось на основе измерения его параметров (температура, относительная влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) в течение смены прибором «Тип-90». Контроль концентраций керосина в воздухе рабочей зоны осуществлялся с помощью универсального газоанализатора ГАНК-4 и на основании ГН 2.2.5.1313-03 давали гигиеническую характеристику.

Для анализа заболеваемости ИТС использовали эпидемиологические ретроспективные исследования по документации. В основную группу (I) был включен ИТС в количестве 1092 человека, подвергающиеся воздействию высокоинтенсивного шума при обслуживании ЛА. Контрольная группа (II) состояла из персонала аэродрома в количестве 353 человек, который при выполнении повседневной работы находится вне зоны действия интенсивного шума. В качестве показателей заболеваемости с временной утратой трудоспособности на 100 работающих использовали: число случаев первичной заболеваемости, число случаев и число дней нетрудоспособности, с последующей качественной ее оценкой по шкалам.

Расчет статистических показателей профессионального риска по данным заболеваемости проведен в соответствии с рекомендациями [25]. Для доказательности профессионального заболевания использовали ранее названные показатели K_p , OR , RR , EF , K_c . При этом степень связи с работой оценивали по шкале Э.И. Денисова на основании сравнения расчетных величин RR и EF с критериальными значениями [25].

В результате исследований установлено, что условия микроклимата на всех обследованных рабочих местах соответствуют гигиеническим требованиям, поэтому условия труда по показателям микроклимата характеризуются как допустимые (класс 2).

При исследовании тяжести трудового процесса в качестве основных показателей использовали физическую динамическую нагрузку, массу поднимаемого и перемещаемого груза вручную, стереотипные рабочие движения, статическую нагрузку, рабочую позу, наклоны туловища и перемещение в пространстве. На основании всех перечисленных показателей установлено, что тяжесть труда на всех рабочих местах этих «шумовых» профессий соответствуют классу условий труда «допустимый» (класс 2).

Оценка напряженности трудового процесса получена по результатам анализа трудовой деятельности и ее структуры,

которые изучали путем хронометражных наблюдений в динамике рабочего дня. Оценку показателей трудового процесса получали по следующим видам нагрузок: интеллектуальные, сенсорные, эмоциональные, монотонные и режимные. На основании всех перечисленных показателей установлено, что напряженность труда у механиков соответствует классу условий труда «допустимый» (класс 2), а у техников — «вредный» (класс 3.1).

Основным вредным веществом в воздухе рабочей зоны является керосин, который согласно ГН 2.2.5.1313-03 отнесен к вредным веществам 1–4 классов опасности. Установлено, что фактическая среднесменная концентрация керосина на рабочих местах ИТС составляла 50 мг/м^3 ($\text{ПДК}_{\text{ср}} = 300 \text{ мг/м}^3$), то есть соответствует классу условий труда «допустимый» (класс 2).

Одной из особенностей труда ИТС является цикличность. В течение летной смены период опробования двигателей перед каждым вылетом самолета на старте составляет продолжительностью 15–30 мин и более в зависимости от типа ЛА, чередуется с пребыванием ИТС в помещении, где уровень шума не превышает 80 дБА. На основании циклограмм работы и результатов акустических измерений были проведены расчеты эквивалентных уровней инфразвука и шума слышимого диапазона (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Класс условий труда в зависимости от уровня инфразвука и шума на рабочих местах ИТС при обеспечении полетов различных видов летательных аппаратов

Акустический диапазон	Показатель	Тип летательных аппаратов				
		Дальняя авиация	Бомбардировщики	Истребители	Транспортная авиация	Вертолеты
Инфразвук, дБ Лин	Эквивалентный общий УЗД	95	97	106	101	102
	Фактическое превышение ПДУ	—	—	6	1	2
	Класс условий труда	2	2	3.2	3.1	3.1
Шум, дБА	Эквивалентный уровень	129	110	123	120	117
	Фактическое превышение ПДУ	49	30	43	40	37
	Класс условий труда	4	3.4	4	4	4

Проведенные гигиенические исследования показали, что на рабочих местах ИТС при подготовке ЛА к полетам действует комплекс неблагоприятных факторов. Степень отклонения фактических значений факторов рабочей среды и трудового процесса от гигиенических нормативов условий труда (по степени вредности и опасности) находится в диапазоне от допустимой до опасной. Наиболее выраженное неблагоприятное влияние на условия труда на рабочих местах авиационных специалистов оказывает шум.

В таблице 6.2 представлены средние значения показателей заболеваемости ИТС. В I группе величина всех показателей общей заболеваемости была выше по сравнению с II. Так,

Таблица 6.2

**Заболеваемость ИТС, подвергающегося воздействию
авиационного шума ($M \pm m$, %)**

Класс болезней	Исследуемая группа	Первичная заболеваемость (число случаев)	Число случаев трудопотерь	Число дней трудопотерь	Средняя продолжительность 1 случая (дни)
Болезни нервной системы	контрольная	$0,9 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2$	$17,5 \pm 3,4$	12,7
	основная	$2,9 \pm 0,4^*$	$4,1 \pm 0,1^*$	$42,5 \pm 5,0^*$	10,4
Болезни глаз	контрольная	$0,9 \pm 0,1$	$0,9 \pm 0,2$	$2,9 \pm 0,5$	3,2
	основная	$1,4 \pm 0,3$	$1,4 \pm 0,3$	$8,8 \pm 1,7^*$	6,1
Болезни уха	контрольная	$0,9 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,2$	$9,9 \pm 0,3$	7,8
	основная	$3,6 \pm 0,1^*$	$8,0 \pm 0,2^*$	$53,6 \pm 1,7^*$	6,7
Болезни органов кровообращения	контрольная	$0,6 \pm 0,5$	$1,5 \pm 0,3$	$12,0 \pm 1,4$	8,3
	основная	$1,9 \pm 0,3^*$	$6,5 \pm 1,0^*$	$75,0 \pm 14,2^*$	11,5
Болезни органов дыхания	контрольная	$30,8 \pm 0,2$	$30,8 \pm 0,2$	$125,2 \pm 12,9$	4,1
	основная	$44,6 \pm 4,7$	$45,3 \pm 4,3$	$269,7 \pm 30,0^*$	5,9
Болезни органов пищеварения	контрольная	$1,3 \pm 0,9$	$3,0 \pm 0,5$	$30,6 \pm 0,7$	10,2
	основная	$3,2 \pm 0,4^*$	$4,7 \pm 0,3^*$	$68,9 \pm 7,3^*$	14,6
Болезни кожи	контрольная	$1,4 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,2$	$13,1 \pm 2,1$	8,9
	основная	$4,0 \pm 0,5^*$	$5,0 \pm 0,8^*$	$42,3 \pm 6,2^*$	8,5
Общий итог по всем классам	контрольная	$43,8 \pm 0,6$	$53,2 \pm 2,9$	$431,8 \pm 7,2$	8,1
	основная	$66,0 \pm 7,5^*$	$73,3 \pm 11,6$	$655,3 \pm 44,9^*$	8,9

Примечания: * — вероятность различия между группами $p < 0,05$ уровня как общей заболеваемости, так и заболевания ряда органов и систем.

число случаев первичной заболеваемости в I группе составило $66,1 \pm 7,5$ в контрольной группе — $43,8 \pm 0,6$ ($p < 0,05$), число случаев нетрудоспособности — $73,3 \pm 11,6$ и $53,2 \pm 2,9$ ($p > 0,05$), а число дней нетрудоспособности — $655,3 \pm 44,9$ и $431,8 \pm 7,2$ ($p < 0,05$) соответственно. Согласно методике анализа заболеваемости величина показателей число случаев и число дней нетрудоспособности на 100 работающих в II группе соответствуют уровню «низкий» и «очень низкий». В I группе эти показатели выше, поэтому он относится к более высокому уровню заболеваемости — «средний».

Среднее значение показателя число дней нетрудоспособности классов болезней, перечисленных в таблице 6.2, в I группе были достоверно ($p < 0,05$) выше чем во II группе: нервной системы в 2,4 раза, глаз в 3 раза, уха в 5,4 раза, органов кровообращения в 6,3 раза, органов дыхания в 2,2 раза, органов пищеварения в 2,3 раза, кожи в 3,2 раза.

В структуре заболеваемости преобладают следующие классы болезней: органов дыхания (41,1 % в I группе и 29,0 % во II группе), системы кровообращения (11,4 % и 2,8 %), органов пищеварения (10,5 % и 7,1 %), кожи и подкожной клетчатки (6,5 % и 3,0 %), нервной системы (6,5 % и 4,1 %) соответственно.

Таким образом, анализ заболеваемости ИТС, подвергающийся воздействию авиационного шума при обслуживании ЛА, позволил выявить увеличение как общей заболеваемости, так и заболеваемости по ряду классов болезней. Если заболевания органа слуха обусловлены специфическим действием интенсивного шума, то развитие болезней сердечно-сосудистой, нервной и пищеварительной систем — это неспецифическое проявление шумовой патологии.

Повышение заболеваемости по классам болезней органов дыхания, глаз и кожи, по-видимому, можно объяснить прямым воздействием инфразвука на органы и ткани человека. Определенным подтверждением этому являются работы отечественных и зарубежных ученых, в которых было показано, что низкочастотный шум приводит к развитию у человека как патологии органов дыхания, так и других органов и систем.

В таблице 6.3 представлены показатели, позволяющие дать количественную оценку степени связи заболеваний ИТС с их профессиональной деятельностью.

Таблица 6.3

**Оценки степени связи заболеваний ИТС, подвергавшихся воздействию высокоинтенсивного
авиационного шума**

Класс болезней	Группа	Больные	Здоровые	Всего	Показатели риска					Степень связи с работой
					OR	RR	95 % CI OR, P _{OR}	95 % CI RR, P _{RR}	EF, %	
Болезни нервной системы	Обследуемая Контрольная	41(a) 14(c)	323(b) 339(d)	361(e) 353(f)	3,1	2,9	1,66÷5,78 <0,01	1,61÷5,21 <0,01	65	Высокая
Болезни глаз	Обследуемая Контрольная	14(a) 9(c)	347(b) 344(d)	361(e) 353(f)	1,5	1,5	0,55÷4,08 >0,05	0,55÷4,08 >0,05	34	Средняя
Болезни уха	Обследуемая Контрольная	29(a) 5(c)	332(b) 348(d)	361(e) 353(f)	6,1	5,7	2,50÷14,88 <0,01	2,42÷13,45 <0,01	82	Почти полная
Болезни органов кровообращения	Обследуемая Контрольная	65(a) 15(c)	296(b) 338(d)	361(e) 353(f)	5,0	4,2	2,88÷8,69 <0,01	2,57÷6,87 <0,01	76	Очень высокая
Болезни органов дыхания	Обследуемая Контрольная	163(a) 108(c)	198(b) 245(d)	361(e) 353(f)	1,9	1,4	1,38÷2,62 <0,01	1,18÷1,66 <0,01	32	Малая
Болезни органов пищеварения	Обследуемая Контрольная	47(a) 30(c)	314(b) 323(d)	361(e) 353(f)	1,6	1,5	0,97÷2,65 >0,05	0,97÷2,32 >0,05	35	Средняя
Болезни кожи	Обследуемая Контрольная	50(a) 15(c)	311(b) 338(d)	361(e) 353(f)	3,6	3,3	2,02÷6,43 <0,01	1,92÷5,67 <0,01	69	Очень высокая

Среди заболеваний ИТС болезни органов дыхания имеют «малую» связь с работой, болезни глаз и органов пищеварения — «среднюю», болезни нервной системы — «высокую», болезни органов кровообращения и кожи — «очень высокую». Полученные статистические показатели позволяют утверждать, что перечисленные болезни, выявленные у авиационных специалистов, являются профессионально обусловленными.

Самую высокую степень связи с условиями работы ИТС имели болезни уха — «почти полная», что характерно для профессиональных заболеваний. Подтверждают это и результаты углубленного медицинского обследования данной категории авиационных специалистов. НСТ выявлена у 28 % обследуемых, что соответствует $K_p = 1$, а начальные явления НСТ — у 20 % ($K_p = 2$).

Таким образом, среди вредных производственных факторов на рабочих мест ИТС шум имеет наибольшую степень отклонения фактических уровней от нормативных величин, которая соответствует «вредному» (3.4) или «опасному» (4) классам, в зависимости от типа ЛА. Общая оценка класса условий труда определяется степенью вредности и опасности шума.

Повышенный уровень заболеваемости ИТС авиации является следствием совместного действия высокоинтенсивного шума и инфразвука. В структуре заболеваний преобладают болезни, характерные как для действия шума — болезни органов уха (почти полная связь), кровообращения (очень высокая связь), нервной системы (высокая связь), пищеварения (средняя связь), так и инфразвука — кожи (очень высокая связь), глаз (средняя связь), болезни органов дыхания (малая связь).

Длительное действие высокоинтенсивного широкополосного авиационного шума на рабочих местах ИТС создает высокий профессиональный риск. Выявленные у ИТС авиации болезни имеют достаточную степень связи с условиями труда на основании характеристики профессионального риска, что позволяет отнести болезни органа слуха к профессиональным заболеваниям, а болезни органов дыхания, глаз, пищеварения, нервной системы, органов кровообращения и кожи — к профессионально обусловленным заболеваниям.

Следует отметить, что к настоящему времени отсутствует единая система медицинских мероприятий, направленная на сохранение и восстановление здоровья специалистов, подвергающихся воздействию интенсивного шума. Отсутствуют целенаправленные мероприятия по реабилитации личного состава, имеющего отклонения в состоянии здоровья, этиологически связанные с действием интенсивных шумовых нагрузок.

Основные направления, в рамках которых должны проводиться профилактические мероприятия, следующие (рис. 6.1):

Профилактические мероприятия		
Профессиональный отбор	Диспансеризация	
Предварительное медицинское освидетельствование лиц, допускаемых к работе с источниками высокоинтенсивного авиационного шума: - осмотр специалистов: терапевта, ЛОР, невропатолога, офтальмолога; - лабораторные исследования (общий анализ крови и мочи); - специальные исследования: электрокардиография, флюорография органов грудной клетки, вестибулометрия (по показаниям), тахоэциллография, аудиометрия, реоэнцефалография, функция внешнего дыхания.	Углубленное медицинское обследование: - объем исследований тот же, что и при предварительном медицинском освидетельствовании; - сроки обследования в зависимости от стажа работы: - до 5 лет — 1 раз в 2 года; - свыше 5 лет — 1 раз в год; - свыше 10 лет — 1 раз в год и 1 раз в 2 года стационарно.	Динамическое диспансерное наблюдение в зависимости от имеющейся патологии

Рисунок 6.1. — Комплекс профилактических мероприятий по сохранению здоровья специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума.

1. профессиональный отбор, включающий предварительное медицинское освидетельствование лиц, допускаемых к работе с источниками высокоинтенсивного авиационного шума;
2. диспансеризация личного состава, состоящая из углубленного медицинского обследования и динамического диспансерного наблюдения.

7. МЕРОПРИЯТИЯ ПО БОРЬБЕ С АВИАЦИОННЫМ ШУМОМ

Борьба с шумом в авиации ведется давно, а наиболее эффективные способы и методы снижения его интенсивности связаны, как правило, с уменьшением тяги двигателей и с увеличением массы ВС, что ухудшает их тактико-технические характеристики. Тем не менее, последние достижения в авиационной акустике, материаловедении позволяют предложить инновационные решения по оптимизации акустической обстановки на аэродроме и на прилегающих к нему территориях с целью уменьшения негативного воздействия шума на здоровье ИТС и населения.

Снижение интенсивности авиационного шума осуществляется по следующим направлениям [3, 10, 27–31]:

- уменьшение параметров шумового фактора в источнике образования технологическими, конструктивными и эксплуатационными способами;
- снижение интенсивности шумов по пути их распространения средствами звукоизоляции или звукопоглощения;
- уменьшение вредного воздействия механоакустического фактора на организм за счет использования СИЗ и СКЗ персонала или изменения его режима труда, а также комплекса медико-организационных мер.

Анализ способов снижения интенсивности авиационного шума в источниках его образования

Наиболее мощным источником шума самолетов является газотурбинный двигатель (ГТД), а основными источниками шума современных ГТД являются; вентилятор, компрессор, камера сгорания, турбина и реактивная струя. Каждый источник шума характеризуется частотным составом различных уровней звукового давления (спектром) и направленностью излучения [10, 27]. На аэродроме к шумам взлета и посадки, перемещения по рулежным полосам присоединяются интенсивные шумы при подготовке ВС к вылету, а также шумы, возникающие на специальных площадках при испытании двигателей. Уменьшение интенсивности авиационного шума в источниках его образования технологическими и конструктивными мерами является наиболее эффективным способом борьбы с авиационными шумами.

К основным мерам, позволяющим создавать малозумные узлы, механизмы и агрегаты, следует отнести изыскание оптимальных конструктивных форм деталей и компоновочной схемы ВС для их безударного взаимодействия или плавного обтекания газовоздушными потоками.

Так, на основе исследований специалистов Центрального аэрогидродинамического института и Центрального института авиационного моторостроения им. П.И.Баранова удалось снизить уровень шума ГТД оптимальным подбором закрутки лопаток, их количества и расстояния между ними [27]. Снизить турбулентность, направление и, соответственно, шум струи ГТД позволяют chevrons волнообразной формы, устанавливаемые на срезе сопла ГТД, а также скошенные воздухозаборники.

Самостоятельную область авиационной акустики представляет разработка звукопоглощающих конструкций (ЗПК). Наиболее перспективным является создание многослойных ЗПК, ячейки которых заполнены мелкопористым материалом, а также адаптивных ЗПК, изменяющих свои свойства (пористость и плотность) в зависимости от параметров звукового поля [10, 27]. Отличительная черта этих материалов — высокая звукопоглощающая способность в очень широком частотном диапазоне. Благодаря установке ЗПК на новых отечественных авиадвигателях удалось снизить шум самолетов до нормативов, установленных ИКАО [32].

Большие надежды в борьбе с авиационным шумом возлагаются на переход в перспективе к новому типу ВС на основе концепции летающего крыла. У ВС, построенных по такой схеме, сверхширокий фюзеляж плавно переходит в крыло, воздухозаборники двигателей располагаются над верхней поверхностью корпуса, который превращается в эффективный звуковой экран. Названные обстоятельства способствуют уменьшению турбулентности и, соответственно, улучшению аэродинамических характеристик и снижению шумности ВС. Эти обстоятельства актуальны также при разработке беспилотных летательных аппаратов, к которым предъявляются жесткие требования по критериям акустической заметности.

Необходимость снижения эксплуатационных расходов и экологических рисков привели к формированию новых технологических решений, заключающихся во внедрении в конструкцию ВС вместо вспомогательной силовой установки (один из

наиболее интенсивных источников авиационного шума) топливных химических элементов. Существенно снизить шумность ВС позволяет также использование углепластика и других композитных материалов в конструкциях крыла и фюзеляжа.

Анализ состояния и перспектив снижения уровня авиационного шума с помощью звукоизолирующих устройств и звукопоглощающих конструкций

Для снижения уровня авиационного шума при его распространении в воздушной среде применяют звукоизолирующие устройства, полностью отделяющие источник шума от окружающей среды, или звукопоглощающие конструкции, снижающие интенсивность шума по пути его распространения за счет поглощения звуковой энергии [33–35]. Для звукоизоляции используются физические пространственные преграды, препятствующие распространению звука (экраны, боксы), а для звукопоглощения — покрытия, наносимые на отражающие поверхности (потолок, стены, пол) помещений для уменьшения отраженной звуковой энергии. В реальных процессах прохождения звука через преграду эти два понятия взаимосвязаны между собой.

На практике для поглощения шума наиболее широко применяются волокнисто-пористые материалы. Шумопоглощение таких материалов непосредственно связано с технологией их получения и формируемой при этом структурой (зависит от порядка следования слоев) и возрастает с увеличением толщины, плотности материалов. Для шумопоглощающего материала, состоящего из последовательности слоев капрона, вискозного волоса, вискозы, лавсана, восстановленной шерсти, нитрона, коэффициенты поглощения шума на частотах 250, 500, 1000 и 2000 Гц равны соответственно 0,30; 0,50; 0,65; 0,85 (при противоположном чередовании слоев эти величины на указанных выше частотах составляют 0,28; 0,39; 0,61; 0,69).

Наиболее широкое применение для снижения уровня шума в помещениях получили поверхностные структуры из шумопоглощающего материала, которые крепятся к его стенам. Для повышения шумопоглощающих характеристик такой материал устанавливают на некотором расстоянии от стенки. Эта простейшая поглощающая структура, то есть система «слой поглотителя — воздушный промежуток между поглотителем

и стенкой», поглощает больше акустической энергии, чем тот же поглотитель без воздушного промежутка. Увеличение поглощенной энергии происходит из-за увеличения скорости частиц воздуха в поглощающем слое вблизи частот поперечного резонанса воздушного промежутка. Простейшей конструкцией резонансного покрытия является классический резонатор Гельмгольца, выполненный в виде «объемов воздуха» с отверстиями в лицевых панелях.

Анализ состояния и перспектив развития средств коллективной защиты от авиационного шума

Важным направлением борьбы с шумами является применение устройств и сооружений, позволяющих снизить уровень уже имеющегося шума, с тем, чтобы на человека действовало меньшее количество звуковой энергии. Указанный способ включает использование отражателей акустической волны, применение звукопоглощающих конструкций внутри кабин и наземных средств управления, звукоизолирование служебных помещений и т.д. Весь этот комплекс мероприятий относится к коллективным средствам защиты [10, 18, 36, 37]. Сюда же можно включить и нормирование допустимых уровней шумов. Нормированием называется обязательное ограничение продолжительности работы в условиях шума, превышающего допустимый уровень. Надо учитывать, что на аэродроме можно подвергаться значительно шумовому воздействию даже не находясь непосредственно вблизи источника шума, вследствие попадания в шумовую зону соседних или взлетающих самолетов. Поэтому важной мерой по снижению вредного шумового действия является рассредоточение самолетов. Личному составу следует избегать нахождения в местах повышенной шумности без особой необходимости. Даже непродолжительное пребывание в тишине после шумового воздействия обеспечивает слуховым клеткам необходимый отдых и восстановление их чувствительности. Вот почему так важно иметь на аэродроме служебные постройки и помещения для отдыха, снабженные хорошей звукоизоляцией [3, 10]. Возможный вариант противозумного укрытия рекомендован для строевых частей ВВС в 1980-е годы, но не нашел реального применения.

Для борьбы с шумом могут использоваться глушители. Это инженерно-технические конструкции, применение которых

позволяет уменьшить шум у его источника. Они представляют собой специальные сопла, снижающие интенсивность шума от выхлопной струи двигателя. Наземные глушители предназначены для снижения шума при опробовании двигателей на земле. Это, как правило, сооружения весом 30...50 т и вследствие их громоздкости не находят широкого применения в авиации. Кроме того, использование СКЗ (домиков) дает возможность создать оптимальные микроклиматические условия (по температуре, влажности, освещенности). Налицо экономическая целесообразность СКЗ с позиции «затраты-выгода».

НТЦ «Качество» разработаны защитные аэродромные модули по типу контейнеров (сборно-разборные сооружения), обеспечивающие комфортные акустические и социально-бытовые условия для инженерно-технического состава в периодах между вылетами ЛА (рис. 7.1) [36].

Конструкция СКЗ дифференцируется в зависимости от характера работы авиационных специалистов, принимающих участие в обеспечении полетов. При этом предварительно разрабатывается конструкция звукопоглощающих панелей — внутренней обшивки СКЗ, т.е., добиваются максимальных значений эквивалентной площади звукопоглощения.



Рисунок 7.1 — Одномодульное средство коллективной защиты от авиационного шума.

Анализ состояния и перспектив развития средств индивидуальной защиты от авиационного шума

Средства индивидуальной защиты от шума — противошумы — используются главным образом в тех случаях, когда технические средства борьбы с шумом не обеспечивают снижения его до безопасных уровней. В зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи;
- противошумные вкладыши, которые носят во внутренней части слухового прохода или в ушной раковине;
- противошумные шлемы, закрывающие ушную раковину и часть головы

К настоящему времени разработано значительное количество модификаций СИЗ, отличающихся как внешним видом и качеством изготовления, так и эффективностью. Заглушающая способность СИЗ различных производителей неодинакова, разброс величин шумопоглощения составляет:

- в области низких (63...250 Гц) частот — 2...27 дБ для наушников и 1...22 дБ для шлемов,
- в области средних (500...1000 Гц) частот — 4...36 дБ для наушников и 14...39 дБ для шлемов,
- в области высоких (свыше 1000 Гц) частот — 23...42 дБ для наушников и 22...56 дБ для шлемов.

Установлено, что величина шумоглушения чашками наушников на низких частотах наиболее существенно зависит от характеристик уплотняющего слоя (амбушюров), на средних частотах — от характеристик наполнителя и особенностей и конструкции корпуса чашки, а на высоких частотах — от характеристик материала, из которого изготовлен корпус чашек наушников. В соответствии с этим проводятся работы по совершенствованию образцов СИЗ.

В ходе экспериментальных исследований, выполненных НПО «Динафорс» с участием специалистов НИИ прикладной акустики, удалось подобрать сочетание конструкции чашки наушника, характеристик ее наполнителя и амбушюра (амортизатора), обеспечивающих наиболее эффективную (по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами) защиту от авиационного шума (рис. 7.2) [10, 38].



Рисунок 7.2. — Шумозащитные наушники без (а) и с (б) комплектом ларингофонной связи.

В состав шумозащитного пакета наушников входят Пенотерм НПП ЛЭ и Виброфильтр ВФ-100. Пенотерм НПП ЛЭ — вибродемпфирующий материал с закрытопористой ячеистой структурой, изготовленный экструзионным методом из полипропилена с введением вспенивателя, антипиренов, стабилизирующих, пластифицирующих и других технологических добавок. Виброфильтр ВФ-100 — многослойная конструкция, состоящая из алюминиевой фольги и липкого полимерного слоя, защищённого антиадгезионной прокладкой [36].

Исследование эффективности СИЗ органа слуха от шума проводили в соответствии с требованиями ГОСТ Р 12.4.213-99 [38]. Видно (рис. 7.3), что на низких частотах большинство исследованных образцов наушников малоэффективны, но обеспечивают более значительное шумопоглощение на средних и особенно на высоких частотах.

В области частот 4...8 кГц существенной разницы в величинах шумопоглощения для исследуемых образцов СИЗ не выявлено. Расчеты показали, что образец №2 наушников обеспечивают эффективную защиту органа слуха от авиационного шума, то есть обеспечивают снижение уровня внешнего шума во всех частотных диапазонах на 28...30 дБ, при этом величина одиночного параметра поглощения звука SNR_{84} составила 30 дБ.

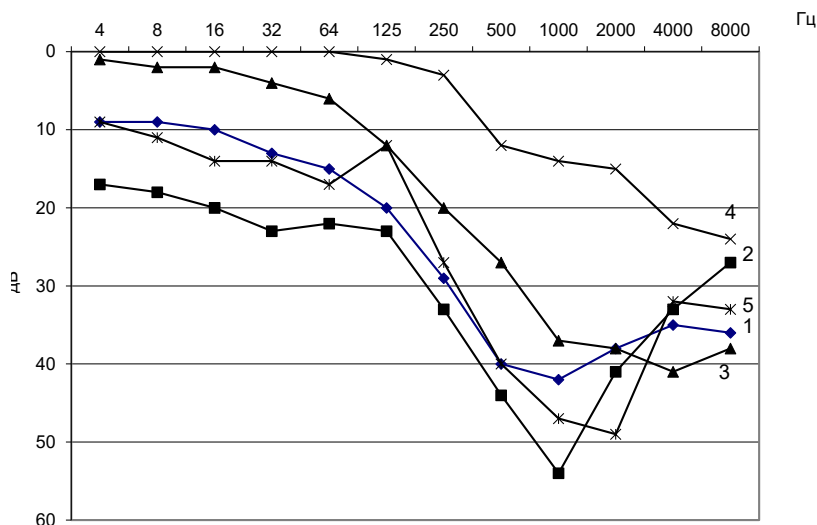


Рисунок 7.3 — Акустическая эффективность образцов наушников по упрощенному методу на среднегеометрических частотах октавных полос (1 — разработанная чашка, без дополнительного шумозащитного пакета); 2 — разработанная чашка, с дополнительным шумозащитным пакетом D07); 3 — Чашка наушника Dencom АН-301 (оригинальная); 4 — Чашка зимнего шлемофона танкового ТШ-4 (оригинальная); 5 — Чашка наушника Peltor Optime II (оригинальная)).

При использовании любого типа СИЗ человек защищен лишь от воздушного распространения шума через наружный слуховой проход — это так называемый теоретический предел ослабления шума с помощью СИЗ. Отсюда наиболее правильной и практически оправданной является характеристика эффективности СИЗ по различию в пороге слышимости защищенного и незащищенного уха, которое определяют непосредственно использующие их люди (ГОСТ Р 12.4.211-99). При субъективной характеристике шумопоглощения (рис. 7.4) установлены аналогичные закономерности по величине поглощения шума исследуемых образцов СИЗ. Наиболее приемлемым с точки зрения защиты органа слуха оказался образец ШЗО-2 с D07.

Эффективность такого образца СИЗ была оценена применительно к рабочему месту ИТС ВВС по снижению уровня звукового давления (УЗД), обеспечиваемого за счет использования СИЗ (табл. 7.1).

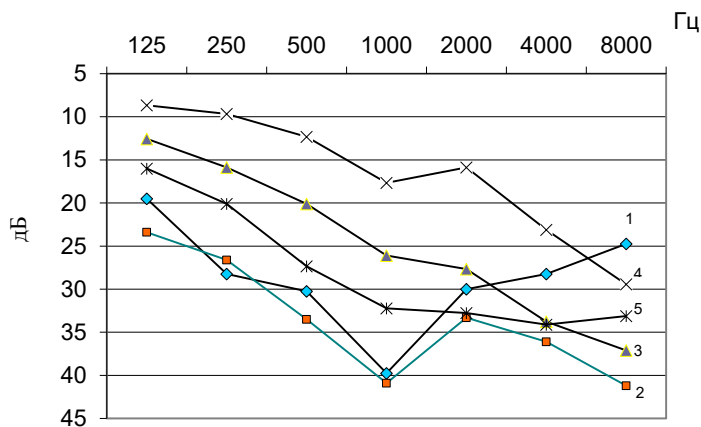


Рисунок 7.4 — Поглощение шума (дБ) образцами наушников по субъективному методу на среднегеометрических частотах октавных полос (Гц) (обозначения: см. рис. 7.3).

Таблица 7.1

Акустическая эффективность индивидуальных противошумов различных классов

Противошум	Акустическая эффективность, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц (не менее)						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Шлемы мягкие							
Каска противошумная ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	30	37	34
ШШЗ-Л86	10	14	18	25	33	40	38
ШШЗ-65	13	16	19	26	37	42	39
ШШЛ-78А	10	15	18	26	36	43	40
Танковый шлемофон ТШ-4	1	3	12	14	15	22	24
Упругие шлемы							
Шлем «Протетика» (Чехия)	15	15	17	19	29	39	40
ШШЗ-67	16	17	25	31	36	42	44
Упругие шлемы авиационные							
ЗШ-5	8	9	14	18	29	33	39
ЗШ-7А	9	8	21	21	26	34	24
HGU-25/P Flight Deck Helmet / S	16	22	28	39	32	33	34
Oregon Aero Zetaliner / Acousticom H-154-ENC earcups-Passive Only	9	5	11	25	33	50	56

Основываясь на результатах исследования акустической обстановки, можно утверждать, что наушники (чашка №2) могут быть использованы для защиты от авиационного шума:

- для ИТС технико-эксплуатационной части (ТЭЧ) аэродрома УЗД во всем частотном диапазоне не превышали предельно допустимые величины;
- для ИТС, обслуживающего вертолеты и самолеты транспортной авиации, обеспечивается нормализация УЗД в частотном диапазоне 31,5...2000 Гц, а УЗД на частотах 4000 Гц и 8000 Гц превышают предельно допустимые уровни на 4...17 дБ.
- для ИТС истребительно-бомбардировочной авиации обеспечивается достижение оптимальных условий труда: во всех частотных диапазонах авиационного шума УЗД не будет превышать 7 дБ, но в то же время останется высоким (на 10...24 дБ) превышение УЗД в области высоких частот;
- для ИТС дальней авиации оптимизация УЗД будет только на частотах 31,5 Гц и 1000 Гц, на других частотах превышение УЗД над предельно допустимыми значениями составит 2...17 дБ.

Следовательно, необходимо дальнейшее совершенствование СИЗ с целью «перекрытия» всего неблагоприятного спектра авиационного шума, сопровождающего профессиональную деятельность ИТС.

В перечне СИЗ предусмотрено такое средство защиты органа слуха, как шумозащитный шлем. Однако требований к подобным СИЗ в системе стандартов безопасности труда не предъявляется, и в сети Интернет какая-либо информация о подобных изделиях скупая и разрозненная. Очевидно, шумозащитные шлемы не нашли сколько-нибудь широкого применения на практике.

В зарубежных источниках рекомендуется, при необходимости, использовать в качестве шумозащитных авиационные (например, вертолетные) защитные шлемы (табл. 7.1).

Как видно, уровни поглощения шума авиационными защитными шлемами (мягкими и упругими) достаточны в области высоких частот (1000... 8000 Гц). Очевидно, что шумопоглощение авиационных шлемов достигается в основном за счет их значительной конструктивной массы, а также вследствие наличия в конструкции внутреннего шумозащитного пакета.



Рисунок 7.5. — Шумозащитный шлем упругий (а) и мягкий: без (б) и с (в) комплектом ларингофонной связи.

В результате исследований разработан образец мягкого авиационного защитного шлема, в котором использован пакет, состоящий из трёх слоев поролона (пенополиуретана) и натурального меха (в качестве внутренней выстилки) — рис. 7.5.

Заслуживают внимания разработки НПО «Динафорс» по использованию при изготовлении мягкого авиационного защитного шлема пакета, состоящего трёх слоев поролона (пенополиуретана) и натурального меха, в качестве внутренней выстилки в шлеме, который может рассматриваться как перспективное средство индивидуальной защиты ИТС авиации от шума [36].

Наличие частот инфра- и звукового диапазонов в спектре воздействующего шума в сочетании с высоким их уровнем должно быть учтено при выборе средств и способов защиты (рис. 7.6) [3, 10, 39]:

- при уровне шума до 100 дБА целесообразно использовать противошумные наушники для защиты органа слуха,
- свыше 100 дБА — комбинацию противошумов для защиты органа слуха,
- свыше 110 дБА — комбинацию СИЗ органа слуха и головы,
- свыше 125 дБА — комбинацию противошумов для защиты органа слуха, головы и тела.

На практике, как правило, отмечается сочетанное действие на ИТС авиационного шума в комбинации с другими неблагоприятными факторами условий профессиональной деятельности. Поэтому представляют интерес разработки по созданию средств комбинированной защиты ИТС. В частности, в комплект СИЗ от шума (шлем) необходимо включить очки для защиты глаз от избыточной инсоляции, пыли и металлической окалины (такая

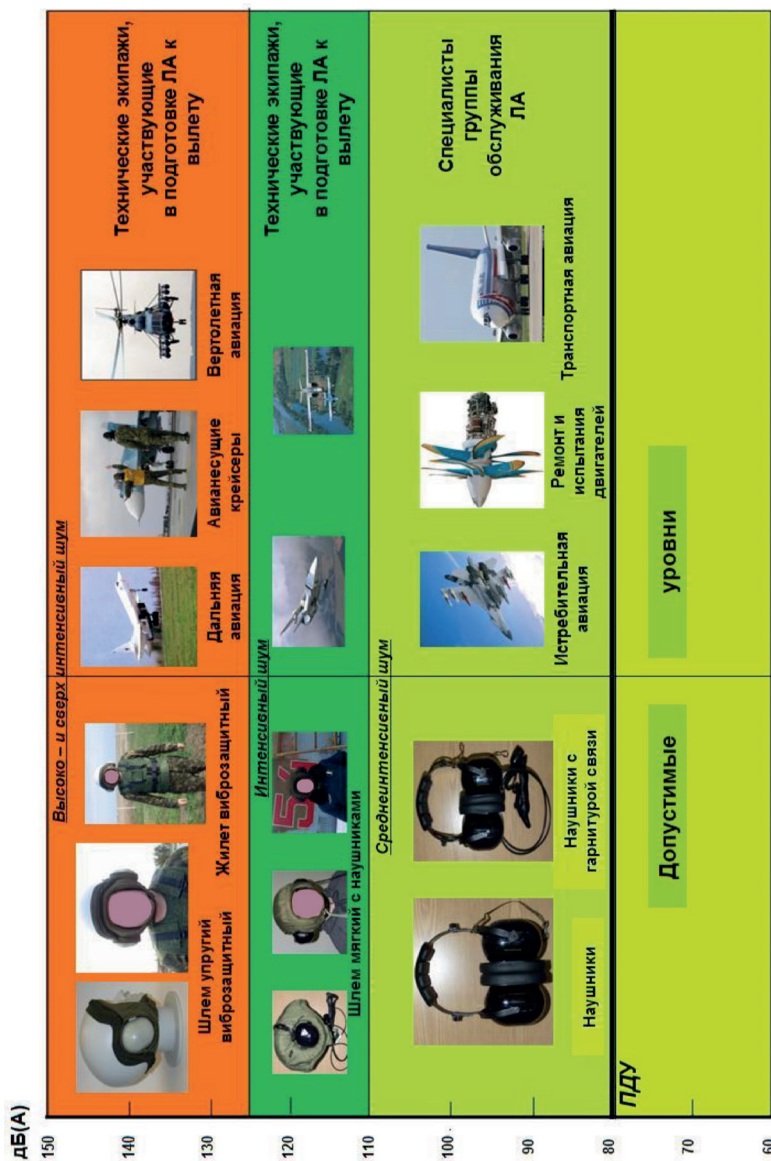


Рисунок 7.6. — Схема выбора средств и способов защиты от авиационного шума.

проблема, в частности, остро обозначилась при медицинском обеспечении полетов Морской авиации с тяжёлого авианесущего крейсера «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов»).

Анализ состояния и перспектив развития средств защиты от воздушной вибрации

Известно, что внутренние органы человека обладают собственными частотами колебаний, находящимися в диапазоне от 2 до 80 Гц [12, 16]. При совпадении частоты шума и частоты колебаний внутренних органов возникают резонансные явления, обуславливающие возникновение болевых ощущений. Поэтому для защиты от воздействия шумов с высокими (более 125 дБ) УЗД применяют шлемы и противошумные костюмы, закрывающие голову и тело человека.

В состав комплекта шумозащитного снаряжения входят шумозащитный шлем, противовибрационный шумозащитный пояс (жилет, комбинезон). Противовибрационный шумозащитный пояс (жилет, комбинезон) должен обеспечивать снижение общего уровня шума в пододежном пространстве в области груди и живота на 5...25 дБ (при частоте шумовых колебаний 125...8000 Гц).

Обеспечение защитных, эксплуатационных и гигиенических требований, предъявляемых к противошумным образцам СИЗ, возможно только при использовании специальных материалов, обеспечивающих поглощение энергии воздействующего шума. Ткани и материалы со сложным химическим составом волокон, специальными пропитками демонстрируют значительно лучшие шумозащитными свойствами. Добавочная обработка материала клеевыми прокладочными материалами с полиамидным точечным покрытием или с полимерными клеями, нанесенными тонким слоем на изнаночную сторону основной ткани, позволяют создать между слоями ткани дополнительное пространство и увеличить количество граничащих сред. Результаты теоретико-экспериментальных исследований позволяют использовать в составе шумозащитного пакета следующих материалов [41]:

— ткань верха Coverstat-RW (68,7 % хлопка, 6 % полиэтилена, 0,7 % специальной нити) или материал российского Грета-М (53 % хлопка, 47 % полиэтилена);

- утепляющий материал «Шерстон» (85 % шерсти, 15 % хлопка), обладающий приемлемыми акустическими, гигиеническими и антистатическими свойствами, или ватин (100 % шерсть);
- подкладка «Фланель» арт. 831223 (100 % хлопок).

Пакет материалов «Coverstat-RW+шерстон+фланель» обеспечивает шумопоглощение, составляющее: 1,7 дБ на частоте 500 Гц; 5,8 дБ на частоте 1000 Гц; 22,2 дБ на частоте 3000 Гц. Такие шумозащитные характеристики удовлетворяют требованиям к шумозащитному снаряжению, а пакет материалов отвечает всем гигиеническим требованиям.

Анализ состояния и перспектив развития средств активной защиты от авиационного шума

Все описанные выше средства и методы шумозащиты относятся к пассивным, обеспечивающим поглощение акустической энергии. Однако в ряде публикаций приводятся результаты эффективного использования активных средств защиты от шума, принцип действия которых основан на генерировании инвертированного (имеющего противоположные фазы) шумового сигнала, который, складываясь с исходным шумовым сигналом по принципу интерференции, обеспечивает снижение акустической энергии [70].

Не исключается возможность применения методов активного шумоподавления в существующих средствах пассивной индивидуальной шумозащиты (авиационных гарнитурах, защитных шлемах, оголовьях и шумозащитных шлемах) для повышения эффективности защиты органа слуха в области низких частот и улучшения эргономических характеристик.

Наибольший интерес СИЗ, использующие методы активного шумоподавления, вызывают у военных, охотников и стрелков. Считается, что шумозащитные наушники с реализацией активного шумоподавления позволяют обеспечить на низких частотах дополнительную эффективность подавления широкополосного шума не менее, чем на 10 дБ и тонального шума не менее 20 дБ, что весьма существенно для низкочастотного диапазона.

Существует несколько типов устройства активного шумоподавления: одни системы обеспечивают шумоподавление только при превышении порогового значения уровня звука, другие

«вырезают» из спектра шума определенные частоты, третьи «нивелируют», сглаживают пиковые значения шумов, усредняя звуки к некому индивидуально комфортному уровню.

Современные «интеллектуальные» активные шумозащитные наушники появились относительно недавно, они позволяют не только защитить органы слуха от оглушающего эффекта, но и с помощью инновационных систем в реальном времени, без запаздывания, плавно уменьшают УЗД на оглушающих частотах до безопасного уровня. Кроме того, современные образцы наушников с активным шумоподавлением, используя стереофонический усилитель слабых шумов, позволяют обеспечить различимость даже самых слабых и отдаленных звуков, сохраняя возможность определения направления на источник звука.

Следует отметить, что усиление слабых звуков имеет и негативные последствия. Поскольку система активного шумоподавления не распознает «полезность» звука, то и усиливает все тихие звуки в заданном (речевом) частотном диапазоне. При этом пользователь будет постоянно слышать шорохи одежды, звуки шагов и другие внешние звуки, обычно практически не слышимые. Микрофоны, встроенные в чашки наушника с активным шумоподавлением, не защищены от ветра, поэтому передаваемый при этом фоновый шум может вызывать серьезное раздражение, особенно при продолжительной работе в таких условиях. В условиях аэродромных шумов будут усиливаться и хорошо слышны звуки специальной аэродромной техники и авиационных двигателей, работающих даже на значительном удалении. Если при этом снизить громкость воспроизводимого сигнала, то, соответственно, снизится громкость и воспроизводимых «полезных» звуков.

Проведенный анализ показал (рис. 7.7), что особых преимуществ от использования наушников с активным шумоподавлением перед разработанными наушниками в области частот 125...8000 Гц нет.

Лимитирующим фактором является высокая стоимость наушников с активным шумоподавлением, в разы превосходящая стоимость пассивных наушников, и необходимость обеспечения таких наушников источником питания (батареей).

В настоящее время специалисты ОАО «Завод Луч» прорабатывают модель активных шумозащитных наушников (гарнитуры шумоглушения) ГСШ-01, аналогичных наушникам с

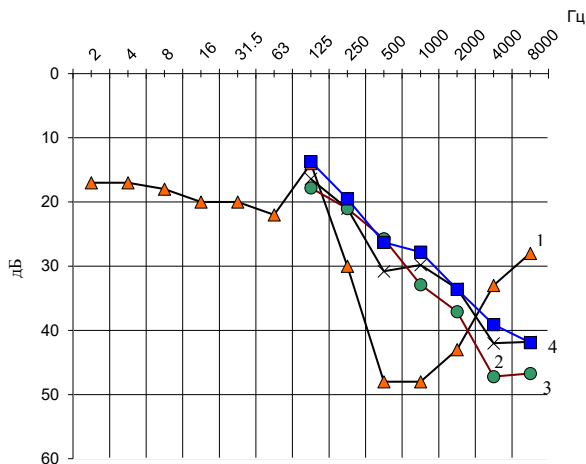


Рисунок 7.7. — Акустическая эффективность наушников с пассивным и активным шумоподавлением на среднегеометрических частотах октавных полос (1 — разработанные наушники с D07; 2 — активные шумозащитные наушники Peltor SportTac; 3 — активные шумозащитные наушники Peltor ComtTac; 4 — активные шумозащитные наушники Supreme Pro).

активным шумоподавлением Supreme Pro, и изготовило опытные образцы для натурных испытаний.

Для коллективной защиты традиционно применяемые для шумогашения и снижения вибраций пассивные средства — покрытия, перегородки, пассивные резонаторы — на низких частотах недостаточно эффективны или требуют нереально больших весогабаритов и затрат. В этих условиях не существует альтернативы применению новых инновационных технологий — методов и средств активного гашения, основанных на использовании деструктивной интерференции и активных резонаторов.

Для разработки этих методов, для снижения уровней внешних шумов и повышения акустической скрытности объектов, а также в интересах обеспечения экологической безопасности, за последние 10 лет в СКБ «Морские технологии» ИОФ РАН выполнена серия НИОКР и получены положительные экспериментальные результаты по подавлению внешних и внутренних шумов активными методами (рис. 7.8).



Рисунок 7.8. — Элементы системы активного гашения шума на фоне дизель-генератора

Перспективные направления совершенствования средств защиты от авиационного шума

Обобщая имеющийся опыт, следует подчеркнуть, что наибольшего эффекта защиты ИТС от интенсивных авиационных шумов можно достичь лишь при комплексном использовании инженерных (коллективных) и индивидуальных шумозащитных средств. Применение шумозащитных сооружений со средствами индивидуальной защиты обеспечивает комфортную акустическую обстановку в период проведения полетов и позволяет варьировать суммарным временем работы ИТС.

Исходя из вышеизложенного, перспективными являются следующие направления в области шумозащиты в авиации:

1. Разработка и внедрение в практику универсального шумозащитного изделия с использованием эффективных шумопоглощающих материалов и инновационных технологий, быстро адаптируемого под различные цели и задачи с учетом особенностей акустической обстановки и (или) изменяющегося свойства в зависимости от параметров акустической обстановки на рабочих местах специалистов.

2. Обоснование и внедрение в перспективные СИЗ беспроводных малогабаритных интеркомом (переговорных устройств), вмонтированных в наушники (шлем) для осуществления качественной коммуникации между обслуживающим персоналом и экипажами ВС.

3. Применение средств активного гашения звука в имеющихся пассивных СИЗ и СКЗ с целью повышения эффективности защиты в области низких частот.

4. Улучшение эргономических характеристик авиационных гарнитур, шлемофонов, наушников.

5. Разработка эффективных эргономически оптимизированных модульных средств коллективной защиты от авиационного шума, дифференцированных исходя из специфики задач, решаемых ИТС при обслуживании ВС различных типов.

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гигиена авиационного шума — это область знаний, занимающаяся изучением воздействия авиационного шума на здоровье человека и разработкой нормативов, включая допустимые уровни звука для жилых районов и рабочих мест.

В штатных и в чрезвычайных ситуациях гигиена авиационного шума предполагает оценивание рисков и применение мер защиты для снижения негативного воздействия на здоровье людей. Это включает использование средств и коллективной индивидуальной защиты, применение шумозащитных технологий в зданиях, сокращение времени воздействия и дистанцирование от источников шума.

Основными нормативными документами для гигиены авиационного шума являются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», ГОСТ 22283-2014 «Шум авиационный. Допустимые уровни шума на территории жилой застройки и методы его измерения». Также применяются другие документы, такие как СП 51.13330.2011 «Защита от шума» для рабочих мест и специальные санитарные правила для кабины самолётов и вертолётов гражданской авиации. При нормировании выделяют постоянный и непостоянный шум, для непостоянного шума используются эквивалентные и максимальные уровни звука по шкале А, предусмотрены поправки на импульсность и тональность шума. Уровни авиационного шума нормируются с учетом времени суток: например, на территориях, прилегающих к жилой застройке, дневные нормы (7:00–23:00) и ночные (23:00–7:00) отличаются. Для рабочих мест в кабинах самолётов установлены специальные санитарно-гигиенические требования.

Приоритеты гигиенического нормирования авиационного шума связываются с применением цифровых технологий для улучшения оценивания, мониторинга и снижения воздействия авиационного шума:

- использование компьютерных моделей для точного прогнозирования распространения шума и характеристики его воздействия на территории жилой застройки – моделирование позволяет учитывать различные факторы, такие как

конфигурация аэродрома, типы воздушных судов и метеорологические условия;

- автоматизированный сбор и анализ данных — применение цифровых датчиков и систем мониторинга для постоянного и автоматизированного сбора данных об уровнях шума, цифровая обработка этих данных позволяет быстрее и точнее выявлять проблемные зоны и анализировать хронограммы шума;
- цифровые карты и визуализация — создание интерактивных цифровых карт, наглядно отображающих уровни шумового загрязнения и зоны риска;
- управление рисками здоровью интеграция данных о шуме с другими цифровыми данными (например, демографическими) для более точных оценок влияния авиационного шума на здоровье представителей различных социо-профессиональных групп населения;
- гармонизация отечественных и международных подходов к нормированию авиационного шума за счет применения цифровых технологий.

Авиационный шум создает риски здоровью, включая, прежде всего, потерю слуха, сердечно-сосудистые заболевания, заболевания центральной нервной системой и когнитивные нарушения. Управление рисками здоровью включает комплекс мер, направленных на снижение шума в источнике, контроль его распространения и защиту населения, в том числе:

- снижение шума в источнике — разработка и внедрение менее шумных самолетов и двигателей, уменьшение уровня шума за счет использования методов пониженной тяги и других операционных процедур при взлете и посадке;
- меры оперативного контроля полетов — изменение схем и профилей полетов (например, использование больших абсолютных высот начала захода на посадку) для минимизации воздействия на жилые районы, ограничение или запрет ночных полетов для предотвращения нарушений сна и связанных с ними проблем со здоровьем, организация режима труда и отдыха для персонала, подвергающегося воздействию шума;
- планирование землепользования и градостроительные решения — зонирование территорий вокруг аэропортов

с установлением ограничений на жилищное строительство и размещение социальной инфраструктуры (например, определение седьмой подзоны приаэродромной территории), использование средних контуров шума (L_{eq}) для определения границ районов с недопустимым уровнем шума;

- защитные мероприятия и индивидуальная защита — звукоизоляция зданий и помещений, подверженных воздействию шума, применение средств индивидуальной защиты органов слуха, установка оградительных и звукопоглощающих устройств вблизи источников шума;
- мониторинг и оценивание — регулярный мониторинг и инструментальные измерения уровней авиационного шума, рискометрия здоровья на основе эпидемиологических данных и моделирования уровней шума с использованием официальных методических рекомендаций, сопоставление полученных значений с международными и национальными стандартами для принятия обоснованных санитарно-гигиенических решений.

Названные меры должны реализовываться в рамках комплексного сбалансированного подхода, учитывающего как экологические, так и экономические аспекты, с целью снижения числа людей, подвергающихся воздействию авиационного шума.

Изложенные в учебном пособии вопросы, касающиеся характеристики источников авиационного шума, физиологических особенностей действия авиационного шума на организм человека, критериев шумовой патологии, рисков здоровью, обусловленных действием авиационного шума, профессионально обусловленной заболеваемости специалистов, работающих в условиях повышенной акустической нагрузки, и мероприятий по борьбе с авиационным шумом — определяют минимум знаний, необходимых для эффективного решения задач обеспечения профессиональной работоспособности, функциональной надежности, сохранения здоровья и продления профессионального долголетия персонала, деятельность которого сопряжена с воздействием авиационного шума.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Сформулируйте предмет и объект изучения гигиены авиационного шума.
2. Назовите основные нормативно-правовые документы в сфере гигиены авиационного шума.
3. Какие профессиональные патологии обусловлены некомпенсированным действием авиационного шума?
4. Охарактеризуйте источники авиационного шума.
5. По каким основаниям классифицируют источники акустических колебаний?
6. Охарактеризуйте Временные и вероятностные характеристики авиационных шумов.
7. Каковы физиологические особенности действия авиационного шума?
8. В чем состоит профессиональная вредность авиационного шума?
9. Охарактеризуйте кохлеарные эффекты физиологического действия акустического шума на организм человека.
10. Охарактеризуйте экстракохлеарные эффекты физиологического действия акустического шума на организм человека.
11. Охарактеризуйте особенности физиологического действия акустического шума в зависимости от его спектра
12. В чем состоит специфическое действие акустического шума на организм человека?
13. Неспецифическое действие акустического шума на организм человека
14. Каковы особенности патологического действия авиационного шума?
15. Каковы критерии шумовой патологии?
16. Охарактеризуйте риски здоровью, обусловленные действием авиационного шума.
17. Дайте характеристику профессионально обусловленной заболеваемости специалистов, работающих в условиях повышенной акустической нагрузки.

18. Охарактеризуйте комплекс профилактических мероприятий по сохранению здоровья специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума.
19. Охарактеризуйте мероприятия по борьбе с авиационным шумом.
20. Назовите особенности способов снижения интенсивности авиационного шума в источниках его образования.
21. Назовите особенности снижения уровня авиационного шума с помощью звукоизолирующих устройств и звукопоглощающих конструкций.
22. Назовите особенности средств коллективной защиты от авиационного шума.
23. Назовите особенности средств индивидуальной защиты от авиационного шума
24. Опишите схему выбора средств и способов защиты от авиационного шума.
25. Охарактеризуйте номенклатуру средств защиты от воздушной вибрации.
26. В чем состоят потенциальные возможности средств активной защиты от авиационного шума.
27. Назовите ученых, внесших существенный вклад в гигиены авиационного шума.
28. Приведите пример чрезвычайных ситуаций, развитие которых сопровождается воздействием акустического фактора.
29. Каковы перспективные направления совершенствования средств защиты от авиационного шума?
30. Каковы приоритеты развития гигиены авиационного шума?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов В.С., Мунин А.Г., Самохин В.Н. «Зеленый» самолет // Наука и жизнь. 2009. №3. С. 22-26.
2. Бойкова М.В., Гаврилов С.Д., Гавриличева Н.А. Авиация будущего // Форум. 2009. № 1. С. 4-15.
3. Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. Человек и авиационный шум // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 9 (приложение). 24 с.
4. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Авиационный шум как фактор эколого-социального неблагополучия // Проблемы безопасности полетов. 2010. № 10. С. 3-13.
5. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П., Ахметзянов И.М. Кумулятивные медико-биологические эффекты сочетанного воздействия шума и инфразвука // Экология и промышленность России. 2012. №3. С.46-49.
6. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К. Медико-социальные аспекты экологической безопасности населения, подвергающегося кумулятивному действию авиационного шума // Экология промышленного производства. 2011. № 2. С. 9-14.
7. Зинкин В.Н., Богомолов А.В. Ахметзянов И.М. Шешегов П.М. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося действию авиационного шума // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 3. С. 97-101.
8. Воробьев О.А., Крылов Ю.В., Зарицкий В.В., Скребнев С.В. Авиационный шум как экологический фактор среды обитания // Медицина труда и промышленная экология, 1995. № 3. С. 11-14.
9. Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Драган С.П., Солдатов С.К. Антропоэкологические аспекты безопасной эксплуатации аэродромов, аэропортов и авиационных предприятий // Национальная безопасность. 2016. № 1. С. 56-62.
10. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П., Кукушкин Ю.А. Фундаментальные и прикладные аспекты авиационной медицинской акустики. М.: Физматлит, 2019. 216 с.
11. Андреева-Галанина Е.Ц., Алексеев С.В., Суворов Г.А., Кадышкин А.В. Шум и шумовая болезнь. Л.: Медицина. 1972. 303с.
12. Уйба В.В., Котенко К.В., Степанов В.С. Биологическое действие инфразвука. М., 2012. 384 с.
13. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Драган С.П., Богомолов А.В. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 9. С. 2-10.
14. Dragan S., Bogomolov A. Methodological aspects of industrial and transport noise monitoring // Management of Noise Pollution. Praga: Environmental Sciences, 2023. doi: 10.5772/intechopen.106098.
15. Ахметзянов И.М., Гребеньков С.В., Ломов О.П. Шум и инфразвук. Гигиенические аспекты. СПб: Бип, 2002. 100 с.
16. Панкова В.Б. Профессиональная тугоухость. М.: ГЭОТАР-медиа, 2025. 56 с.

17. Панкова В.Б., Осипенко Е.В., Федина И.Н. Профессиональные и производственно-зависимые дисфонии: руководство. М.: ГЭОТАР-медиа, 2025. 128 с.
18. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Человек и шум. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. 384 с.
19. Профессиональные заболевания ЛОР-органов: руководство / Под ред. И.В. Бухтиярова, Н.А. Дайхеса. М.: ГЭОТАР-медиа, 2023. 552 с.
20. Профессиональная патология: национальное руководство / Под ред. И.В. Бухтиярова. М.: ГЭОТАРмедиа, 2024. 904 с.
21. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ним // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2011. № 1. С. 80-88.
22. Солдатов С.К., Богомолов А.В., Зинкин В.Н., Драган С.П. Проблемы обеспечения акустической безопасности персонала авиационной промышленности // Безопасность труда в промышленности. 2014. № 10. С. 58-60.
23. Драган С.П., Богомолов А.В., Котляр-Шапилов А.Д., Кондратьева Е.А. Метод импедансометрического исследования акустического рефлекса // Медицинская техника. 2017. №1(301). С. 52-55.
24. Кузнецов В.С. Некоторые особенности реакции организма на воздействие звуковых импульсов давления // Проблемы космической медицины. М., 1966. С. 239-240.
25. Денисов Э.И., Чесалин П.В. Профессионально обусловленная заболеваемость: основы методологии // Медицина труда и промышленная экология. 2006. - № 8. С. 5-10.
26. Скребнев С.В., Крылов Ю.В., Воробьев О.А. Современные направления решения шумовой проблемы в авиации // Военно-медицинский журнал. № 5. 2003. С. 51-52.
27. Авиационная акустика / Под ред. А.Г.Мунина. М., 1990. 360 с.
28. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шведов А.П. Обоснование использования специалистами средств индивидуальной защиты при воздействии авиационного шума // Информатика и системы управления. 2009. № 4 (22). С. 139-141.
29. Драган С.П., Оленина И.В., Богомолов А.В. Критерии диагностики состояния органа слуха по результатам исследования акустического рефлекса // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102. № 3. С. 247-251.
30. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Драган С.П., Богомолов А.В. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 9 (129). С. 2-10.
31. Симухин В.В., Ворона А.А., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А., Рыженков С.П. Медико-биологические эффекты импульсных шумов и особенности их гигиенического нормирования // Безопасность в техносфере. 2012. Т. 1. № 6. С. 36-43.
32. Мельников Б.Н., Большунов Ю.А., Николайкин Н.И. Перспективы создания малозумных самолетов гражданской авиации // Безопасность в техносфере. 2010. № 2. С. 32-37.

33. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Под ред. Н.И. Иванова. М.: Логос, 2013. 412 с.
34. Комкин А.И. Шум. Измерение, нормирование, защита // Безопасность жизнедеятельности. 2004. №10. С. 2-24.
35. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ерёмин Г.И., Драган С.П. Технология исследования акустической эффективности защиты от низкочастотного шума и инфразвука // Мир измерений. 2011. № 10. С. 40-45.
36. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Аверьянов А.А., Россельс А.В., Пацкин Г.А., Соколов Б.А. Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2011. Т.45, № 5. С. 3-11.
37. Богомолов А.В., Драган С.П. Метод акустической квалитметрии средств коллективной защиты от шума // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 8. С. 755-759.
38. Драган С.П. Метод расчёта интегральной оценки акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 2. С. 10-17.
39. Драган С.П., Ковалёв Р.К., Богомолов А.В., Лизунов В.Ю. Критерии регистрации акустического рефлекса органа слуха // Научный вестник НИИГД Респиратор. 2024. № 3 (61). С. 69-81.
40. Звукоизоляция и звукопоглощение / Под ред. Л.Г.Осипова и В.Н.Бобылева. М.: Астрель, 2004. 450 с.
41. Богомолов А.В., Драган С.П. Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 4. С. 25-29.
42. Колебания и волны (гигиеническая оценка, нормирование, защита) / Под ред. Ю.В.Лизунова, О.П.Ломова. СПб: Диалект, 2006. 272 с.

Формат 60x90/16, объем 5,5 усл. печ. л.
Бумага 80 г/м². Офсетная. Гарнитура Times New Roman.
Тираж 1000 Заказ № 2026-457мбу
Отпечатано в типографии ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России
123098, Москва, ул. Живописная, 46
Тел. +7 (499) 190-93-90
rcdm@mail.ru, lochin59@mail.ru
www.fmbafmbc.ru

