

УДК: 57.043

OECD: 3.03

Механизмы действия авиационного шума на профессиональную работоспособность и надежность

Зинкин В.Н.^{1*}, Шешегов П.М.²¹ Д.мед.н., профессор, старший научный сотрудник центра² Д.мед.н., старший научный сотрудник центра^{1,2} Центральный научно-исследовательский институт ВВС Минобороны России,
г. Москва, РФ

Аннотация

Одним из приоритетных направлений в авиации является прогнозирование профессиональной работоспособности и надежности авиационных специалистов. Авиационные специалисты в процессе профессиональной деятельности подвергаются воздействию комплекс вредных и опасных производственных факторов, в том числе высокоинтенсивному шуму (свыше 100 дБА). Показано, что авиационный шум это собирательный термин. На рабочих местах инженерно-технического состава класс условий труда для шума соответствует вредному и опасному классу (класс 3.1-4), а для ЛПС - вредному класса 3.2-3.4. Механизмы вредного действия шума на человека реализуются через воздействие на орган слуха, орган зрения, а также центральную и вегетативную нервную систему. В результате происходит снижение физиологических резервов и развитие патологических аурикулярных и экстрааурикулярных эффектов, что способствуют снижению профессиональной работоспособности и надежности деятельности авиационных специалистов, общего уровня удовлетворенности трудом и мотивации. Для прогноза работоспособности в качестве меры степени влияния шума предложено использовать критерий - потенциальную ненадежность действий. Ведущее место в мероприятиях по борьбе с шумом должно отводиться обеспечению персонала эффективными средствами индивидуальной защиты от шума.

Ключевые слова: авиационный шум, авиационные специалисты, работоспособность, надежность, механизмы, средства защиты от шума.

Mechanisms of action of aircraft noise on professional performance and reliability

Zinkin V. N.^{1}, Sheshegov P. M.²*¹ *DSc, professor, senior researcher of the Center*² *DSc, senior researcher of the Center*^{1,2} *Central Research Institute of the Air Force of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Moscow, Russia*

Abstract

One of the priority areas in aviation is forecasting the professional performance and reliability of aviation specialists. Aviation specialists in the course of their professional activities are exposed to a complex of harmful and dangerous production factors, including high-intensity noise (over 100 dba). It is shown that aircraft noise is a collective term. At the workplaces of engineering personnel, the class of working conditions for noise corresponds to the harmful and dangerous class (class 3.1-4), and for LPS – to the harmful class

3.2–3.4. The mechanisms of harmful effects of noise on humans are realized through the impact on the hearing organ, the visual organ, as well as the central and autonomic nervous system. As a result, there is a decrease in physiological reserves and the development of pathological auricular and extraauricular effects, which contribute to a decrease in professional performance and reliability of aviation specialists, the overall level of job satisfaction and motivation. To predict performance, it is proposed to use the criterion of potential unreliability of actions as a measure of the degree of noise influence. The leading role in noise control measures should be given to providing personnel with effective personal protective equipment against noise.

Keywords: aircraft noise, aircraft specialists, efficiency, reliability, mechanisms, means of protection against noise.

Введение

Авиационные специалисты (АС) в процессе профессиональной деятельности при обеспечении полетов подвергаются воздействию комплекса вредных и опасных производственных факторов (шум, вибрация, электромагнитное излучение, перегрузки, эмоциональное напряжение и др.), способных оказать неблагоприятное влияние на функциональное состояние различных систем организма и на здоровье [1, 2].

Профессиональная деятельность АС характеризуется широким отклонением фактических значений факторов рабочей среды и соответствует классу условий труда от допустимого до опасного. Существенный вклад в общую оценку условий труда в авиации вносит шум. Наибольшей акустической нагрузке подвергается инженерно-технический состав (ИТС) и летно-подъемный состав (ЛПС). В соответствии с руководством Р 2.2.2006–05 на рабочих местах у ИТС класс условий труда для шума соответствует вредному и опасному (класс 3.1 – 4), а у ЛПС – вредному класса (3.2–3.4) [3–5]. Труд АС протекает в условиях повышенной тяжести и напряженности труда, что приводит к повышенной нагрузке на многие органы и системы. Профессиональная деятельность ЛПС соответствует классу напряженного труда 3-го класса [6].

АС в процессе подготовке воздушного судна (ВС) к полету, во время производства полета и при проведении ремонтно-регламентных работ на авиационной технике приходится иметь контакт с большим количеством источников шума. В наземных условиях это силовые установки ВС и вспомогательное оборудование, которое используется при подготовке ВС к вылету. Во время полета источником шума является силовая установка ВС, работа кондиционеров и специального бортового оборудования, аэродинамические потоки, образуемые вокруг планера. Поэтому термин авиационный шум (АШ) является собирательным. АШ можно характеризовать как непостоянный, широкополосный с инфразвуковой составляющей, высокоинтенсивный (100 – 125 дБА). Надо учитывать, что его негативное действие может усугубиться за счет присутствия других вредных производственных факторов таких как, общая вибрация, эмоциональное напряжение, дефицит времени и др. [1, 7, 8].

Одним из приоритетных направлений в авиации является прогнозирование профессиональной работоспособности (РС) и надежности АС. Учитывая, что шум обладает широким спектром неблагоприятного действия на организм человека и снижает РС, необходимо проведение научных исследований по выявлению условий и механизмов действия шума, способствующих ухудшению профессиональных качеств АС. Нарушение РС является фактором риска, приводящего к снижению надежности действий, поэтому борьба с АШ входит в комплекс задач при обеспечении безопасности полетов, в том числе в профилактике авиационных инцидентов, обусловленных человеческим фактором [9–11].

Цель работы: обосновать основные механизмы негативного действия шума на профессиональную работоспособность и надежность авиационных специалистов и дать прогнозные оценки в зависимости от интенсивности шума.

1. Механизмы ухудшения восприятия звуковой информации

1.1. Помеховое действие шума на речь и слух

В качестве основного показателя помехового действия шума рекомендовано использовать уровень помехи речи. Степень разборчивости речи является одним из важнейших показателей помехового действия шума.

В таблице 1 представлены уровни звука, оказывающие помехи речи и принятия сообщений по радиосвязи.

Таблица 1

Уровни звука, оказывающие помехи речи и принятия сообщений по радиосвязи

№ п/п	Уровни звука (дБА)	Расстояние, на котором сохраняется и воспринимается речь	Максимальное расстояние, на котором с затруднением можно использовать речь (м)
1	55-65	до 0,9 м	до 3,7 м
2	65-75	до 0,6 м	до 2,4 м
3	75-110	-	до 0,3 м
4	свыше 110	-	-

Из табл. 1 следует, что помехи речи начинаются при не высоких уровнях (55 – 65 дБА) и эффективная речевая связь при нормальном голосе заканчивается при величине уровня свыше 75 дБА. При этом оптимальное расстояние, на котором сохраняется и воспринимается речь, относительно небольшое от 0,6 до 0,9 м. Увеличение максимального расстояния речевой связи достигается только за счет повышения голоса, но уже появляются затруднения в речевой связи и ограничивается словесный запас слов. Пользование телефоном затруднено. При уровнях шума на рабочих местах свыше 110 дБА возможность приема речевой информации практически невозможна, что существенно затрудняет контакт и передачу речевой информации без использования специальных средств [11, 12].

Для качественного выполнения полетного задания и безопасности важное место занимает радиосвязь. Наличие в кабине нескольких речевых информаторов позволяет одновременно воспринимать различные речевые сообщения. У ЛПС возникают ограничения в приеме и переработки звуковой информации за счет выполнения и других действий (моторных, зрительных и др.) при производстве полета. Распределение внимание по нескольким каналам операторской деятельности является механизмом, который может привести к ухудшению восприятия речевой информации. Здесь важное место отводится правильности организации подачи речевого сообщения. Так, при подаче предупреждающих (аварийных) команд эффективность их достигается за счет интенсивности, увеличения в спектре речевого сигнала высоких частот и тренировок на тренажорах, а также одновременным использованием зрительных сигналов оповещения [7, 10, 12].

Нарушение восприятия речевой информации АС может быть обусловлено таким феноменом как маскировки звука. Маскировка звука – это физиологическое явление, обусловленное затруднением восприятия одного звука под влиянием другого.

Установлено, что в механизм маскировки зависит от частоты маскируемого тона, соотношению по спектру маскируемого и маскирующего сигнала, уровню маскируемого тона. Высокочастотные тоны маскируются эффективнее, чем тона более низкой частоты. Для достижения наибольшего эффекта маскировки необходимо, чтобы маскирующая и маскируемая частоты были близки. Чем выше уровень маскирующего шума и чем больше в его спектре речевых частотах (500 – 2000 Гц), тем больше будет доля (в процентах) звуков речи, которые не могут быть услышаны. Феномен маскировки имеет место при работе авиационных двигателей, так как в их спектре шума имеются акустические колебания инфразвукового и звукового диапазонов, а максимум акустического спектра реактивного шума большинства ВС приходится на область речевых частот [7, 12].

Исследование спектра АШ показало, что доля акустической энергии в низкочастотном диапазоне составляет 14 – 36 % с учетом инфразвука (ИЗ) и в инфразвуковом диапазоне 10 – 27 %. Эффект маскировки звука присущ ИЗ при уровнях звукового давления (УЗД) свыше 100 – 115 дБ. Воздействие низкочастотных акустических колебаний (20 – 160 Гц с УЗД 110 дБ) в течение нескольких часов приводило к снижению разборчивости речи на 18 % и временной потере слуха на 3 дБ. ИЗ частотой 5 – 15 Гц при УЗД 110 – 130 дБ уменьшал разборчивость речи на 20 – 50 % и маскирующий эффект распространялся до 4000 Гц [2, 11, 12].

Таким образом, АШ способен ухудшать восприятие речевой связи за счет присущих ему помехового и маскирующего действия. Это обусловлено тем, что он высокоинтенсивный, широкополосный и имеет инфразвуковую составляющую. Нарушение речевой связи и восприятия звукового сигнала являются риском, что может стать причиной несчастных случаев во время выполнения профессиональной деятельности (из-за неспособности работников услышать сигналы или крики, предупреждающие об опасности) и возникновения ошибочных действий из-за пропуска нужной речевой информации.

1.2. Временное снижение порогов слышимости

Временное смещение порогов (ВСП) слышимости уменьшает восприятия внешнего звукового сигнала, если он достаточно «сильный». Установлено, что чем больше уровень звука и время его действия, тем выше вероятность развития ВСП слышимости. ВСП слышимости указывает на высокую акустическую нагрузку и происходит адаптация к внешнему сильному воздействию, а может свидетельствовать о развитии утомления слухового анализатора при многочасовом действии шума. У здоровых людей после акустической нагрузки слух возвращается к исходному уровню в течение 24 ч. Продолжительность восстановления порогов слуха, отражает степень утомление слухового анализатора и его адаптационные возможности. ВСП слышимости необходимо использовать как критерий при профессиональном отборе АС для выявления лиц с повышенной чувствительностью к шуму.

Лабораторные исследования показали, что при действии шума при УЗД 100 дБ в течение 1 – 6 ч величина ВСП слышимости повышалась на 7 – 17 дБ, а время восстановления составило 10 – 30 мин. Повышение УЗД до 110 дБ приводило к повышению ВСП слышимости до 20 дБ, и времени восстановления до 2 – 3 ч, а при УЗД 115 дБ – до 30 дБ и до 24 ч соответственно. Увеличение времени действия шума до 48 ч (УЗД 80 – 90 дБ с максимум спектра 250 – 1500 Гц) приводило к повышению порогов слуха на 15 – 26 дБ и восстановлением слышимости в течение 2 – 3 суток [6].

АС в течение рабочего дня подвергаются многочасовому воздействию шума выше предельно допустимого уровня (ПДУ). В наихудших акустических условиях находится ИТС. Систематическое воздействие высокоинтенсивного шума вызывает

у них ВСП слышимости. Поэтому для снижения некомпенсированной акустической нагрузки на орган слуха необходимо использовать профилактические мероприятия. Организационные мероприятия должны включать уменьшение времени пребывания АС в зоне действия высокоинтенсивного шума и контроль за применением средств защиты от шума. Технические – это пребывание АС, не участвующих в подготовке ВС к вылету, в коллективных средствах защиты и применение средств индивидуальной защиты (СИЗ) от шума. Медицинские – диспансеризация, стационарное обследование и лечение, мониторинг акустической обстановки и контроль использования средств защиты от шума [13–15].

Воздействие шумов очень высокой интенсивности может сопровождаться развитием боли в области уха, что указывает на достижение порога прочности барабанной перепонки. Болевой порог шума у здоровых людей зависит от интенсивности и индивидуальных особенностей. Нижняя граница его соответствует УЗД свыше 110 – 120 дБ. Механизм появления боли обусловлен механическим смещением анатомических структур в системе внешнего/среднего уха [7].

Таким образом, повышение ВСП слышимости является эволюционным защитным механизмом на чрезмерное действие звука. Повышение ВСП слышимости создает трудности восприятия речевой информации, что вызывает неудобство выполнения операторской деятельности, в которой задействован слуховой анализатор. Появление боли в ухе указывает на необходимость принятия быстрых мер для нормализации обстановки и прекращения выполнения профессиональной деятельности. ВСП слышимости является фактором риска, который может привести к появлению ошибочных действий и снижения надежности АС.

1.3. Постоянное снижение порогов слышимости

Длительное воздействие шума на человека, особенно свыше ПДУ, в большинстве случаев приводит к постоянному смещению порогов (ПСП) слышимости и развитию нейросенсорной тугоухости (НСТ), то есть необратимой потери слуха.

Поведенные исследования показали, что первые признаки нарушения слуха в виде ПСП слышимости выявляются у АС через 2 – 5 лет авиационного стажа. Метод тональной аудиометрии в расширенном диапазоне позволяет выявить у них снижение порогов слуха на частотах 16 – 18 кГц еще в более раннем периоде, что можно использовать для диагностики начальных признаков нарушения слуха. В дальнейшем снижение слуха появляются в диапазоне частот около 4000 Гц, а через несколько лет эта граница расширяется в сторону разговорных частот (500 – 2000 Гц) [14].

Обследование АС показало, что у 84 % ИТС и у 74 % ЛПС выявлены изменения на аудиограммах в виде повышения порогов восприятия звуков, причем у многих только на одной или двух частотах в диапазоне 3 – 8 кГц. Наиболее выраженные отклонения в органе слуха наблюдались у ИТС при обслуживании ВС истребительной и дальней авиации [13, 14].

Подтверждением того, что АШ является причиной развития тугоухости, получены при клинико-аудиологическом исследовании органа слуха АС гражданской авиации. Диагноз НСТ установлен у 33 % обследованных, из них 47 % составили ИТС и 28 % – летный состав [16].

НСТ в структуре ЛОР-заболеваемости и дисквалификации занимает одно из ведущих мест в государственной и гражданской авиации [17, 18]. Обследование летного состава показало, что наличие НСТ может стать причиной изменения церебральной гемодинамики, биоэлектрической активности головного мозга, межполушарного

взаимодействия, состояния центральных и периферических проводящих структур, психического статуса, функционирования когнитивной сферы. Установлена зависимость указанных изменений от степени выраженности НСТ [19].

В механизме формирования НСТ авиационного генеза участвуют и низкочастотные акустические колебания. Исследование лиц, подвергавшихся действию производственного ИЗ (УЗД 100 – 130 дБ), позволило при отоскопии выявить патологию барабанной перепонки в виде рубцовой ткани и ее тугоподвижность, а при аудиометрии повышение ПСП слышимости преимущественно в диапазоне низких и средних частот. ПСП слышимости способствуют ухудшению восприятию звуков, передачи речевых сигнал и затруднению понимания речи при действии шума. Повышение порогов слышимости в области низких и средних частот создает затруднения восприятия речевой информации [20, 21].

Таким образом, наличие у человека НСТ приводит к напряжению голосового аппарата при общении, ухудшению восприятия звуков и разборчивости речи. Это заболевание у АС является профессиональным. Особенности НСТ авиационного генеза являются высокая частота встречаемости, ПСП слышимости во всем диапазоне воспринимаемых частот. Наличие НСТ надо рассматривать как критерий снижения функциональных возможностей слухового анализатора и как риск ухудшения операторских качеств АС.

2. Механизмы снижения функциональных возможностей ЦНС

2.1. Психологические эффекты

В классификации медико-биологического эффектов влияния шума на человека выделяют «беспокоящие шумы», то есть шумы, действие которых реализуется на психологическом и физиологическом уровнях и не вызывает значимого напряжения адаптационных механизмов. В первую очередь, это проявляется большим количеством жалоб на действие шума, которые были выявлены при проведении опроса населения и лиц «шумовых» профессий, в том числе и АС [1, 7]. В табл. 2 представлена частота наиболее часто встречаемых жалоб у ИТС.

Анализ структуры субъективных ощущений при действии АШ показывает их многообразие. По механизму происхождения жалобы можно разделить на группы:

- сосудистого генеза – головные боли, головокружение, неприятные ощущения сдавливания и тяжести в области головы, в области сердца;
- вегетативного генеза – тошнота, потоотделение, нарушение режима сна;
- кохлеарного генеза – шум в ушах, ухудшение слуха и восприятия речи;
- механического генеза – вибрация головы, гортани, внутренних органов;
- психоэмоционального генеза – дискомфорт, снижение внимание, нервозность, утомление, испуг, страх, гнев.

Из этого следует, что реакция человека на шум как внешний раздражающий фактор сопровождается многообразием жалоб, которые трудно спрогнозировать, так как характер и степень реакций человека зависит как от физических параметров шума, так и сопутствующих личностных факторов (настроение, общее самочувствие и др.).

Среди физических параметров шума надо выделить уровень шума, длительность шумового воздействия и характер спектра. Параметр уровень звука (шума) является количественной характеристикой воздействия шума на человека. Ее широко используют при гигиеническом нормировании, оценке условий труда и др. Существует прямая зависимость субъективного восприятия шума от уровня шума, то есть чем громче звук, тем он становится более неприятным вплоть до появления болевых ощущений

Таблица 2

Жалобы ИТС при действии шума при обеспечении полетов и поведения регламентно-ремонтных работ на авиационной технике

Жалобы	Выраженность симптомов (%)				Всего
	сильная	средняя	слабая	нет	
Ощущение вибрации в области головы	27	9	32	32	100
Неприятные ощущения сдавливания, тяжести в области головы	9	5	36	50	100
Головокружение	0	0	0	100	100
Головная боль	0	0	14	86	100
Повышенная раздражительность	0	9	18	73	100
Быстрая утомляемость	0	14	23	63	100
Снижение трудоспособности	5	0	14	81	100
Снижение внимания	0	5	14	81	100
Нарушение режима сна (сонливость днем, тревожный сон ночью)	5	5	23	67	100

Таблица 2 (Продолжение)

Жалобы	Выраженность симптомов (%)				Всего
	сильная	средняя	слабая	нет	
Неприятные ощущения в области сердца (покалывание, сердцебиение)	0	0	5	95	100

в области уха. Для нормирования уровня шума используется многоуровневый подход (оптимальный, допустимый, предельно переносимый, экстремальный уровень), которые устанавливаются для разных категорий населения и профессий. Особенностью АШ является высокий уровень шума (свыше 100 дБ А).

Субъективная реакция человека зависит от длительности действия шума. Кратковременным его действие считается продолжительность от нескольких секунд минут до нескольких часов. В начале действие шума появляются неприятные ощущения, на затем в большинстве случаев наступает привыкание к шуму, то есть происходит частичная адаптация. Особенность АШ является его многочасовое воздействие в течение летной смены, продолжительность которой колеблется от 8 до 12 часов. Действие шума носит прерывистый характер в зависимости от времени между вылетами ВС, то есть «активный период» акустической нагрузки чередуется с «пассивным периодом».

Спектр шума воспринимается органом слуха человека и субъективно оценивается как низкочастотный, среднечастотный и высокочастотный в зависимости от доминирования энергетической мощности шума в октавных полосах. Наиболее неприятные ощущения вызывает у человека действие высокочастотного шума (максимум спектра 6 – 8 кГц), особенно при высоких уровнях звука (свыше 100 дБА). У человека появляется беспокойство, испуг, немотивированное поведение вплоть до паники. Среднечастотный шум (максимум спектра 0,5 – 1 кГц) в большинстве случаев вызывает меньше неприятных ощущений у человека по сравнению с высокочастотным. Низкочастотный шум (максимум спектр ниже 0,5 кГц) оказывает наименьшую нагрузку

на орган слуха, но при высоких УЗД (свыше 100 дБ) у человека появляется ощущение вибрации внутренних органов, затруднение речи за счет вибрации мягких тканей гортани и глотки, что вызывает у человека дискомфорт, чувство страха. Особенностью АШ является широкополосность, то есть в его спектре присутствуют акустические колебания всех октавных полос как звукового диапазона, так и инфразвукового диапазонов. Такое сочетание объясняет механизм неприятного психологического эффекта, оказываемого АШ на человека. Поэтому при одинаковых уровнях АШ вызывает чувство раздражения у гораздо большего числа обследуемых по сравнению с шумом автомобильным и железнодорожным шумом [22].

Важное место в психологическом восприятии шума как неблагоприятного фактора отводится личностным факторам. В основе устойчивости к шуму лежит сила нервной системы. Человек с высокой подвижностью нервных процессов более устойчив к действию шума, чем человек с более низким уровнем. Реакция на шум зависит от индивидуальных особенностей личности. Экстраверты оказались менее чувствительными к воздействию АШ, чем интроверты. Реакция на действие шума зависит и от уровня гармоничности личностных черт. При одинаковых параметрах шума выявляются существенные различия в индивидуальных реакциях [23, 24]. Надо учитывать, что есть люди с врожденной повышенной чувствительностью к шуму, и это необходимо выявлять при медицинском обследовании и отборе АС [24, 25].

У ИТС после летной смены по результатам опроса по методике «САН» наблюдалось уменьшение показателя «самочувствие», «активность» и «настроение», что указывало на ухудшение функционального состояния ЦНС и психологического статуса как результат многочасового воздействия АШ. Раздражение от шума усиливается при выполнении полезной деятельности и во время отдыха [25].

Часто шум является причиной ухудшения сна, что проявляется в организации сна в виде сокращения продолжительности фаз глубокого сна в первой части ночи и сокращается продолжительность фазы «парадоксального» сна. Эти изменения сопровождаются вегетативными проявлениями со стороны сердечного ритма, артериального давления, дыхания, потоотделения. Поэтому у не выспавшегося человека в рабочее время появляется чувство дискомфорта и ухудшается РС [7].

Шум может стать причиной испуга у человека. Чаще всего это происходит при неожиданном действии высокоинтенсивного шума, особенно импульсного происхождения. Это реакция не зависит от вида раздражителя и характеризуется однотипной неспецифической реакцией со стороны вегетативной нервной системы и немотивированной моторной деятельностью (прыжок, приседание и др.). Она кратковременная, но может сопровождаться временным нарушением РС. Этот феномен надо учитывать и быть готовым к нему, особенно АС, работающим и принимающим решение в условиях дефицита времени и в ограниченном пространстве.

Наличие в спектре АШ низкочастотных акустических колебаний усугубляет негативное влияние шума на психику человека. ИЗ является причиной специфических жалоб (слабость, чувство страха, вибрация внутренних органов, модуляция звуков и речи и др.). Механизм их появления объясняется одновременным воздействием ИЗ на огромное количество проприо- и механорецепторов в теле и органах человека. Изменения в ЦНС под влиянием ИЗ напоминают признаки утомления [21, 26].

Таким образом, АШ способен вызывать у человека достаточно разнообразные психологические эффекты, которые могут стать причиной снижения РС. Шум с уровнем более 55 дБА начинает вызывать психологическое раздражение. Этот уровень можно считать нижней границей «беспокоящих шумов». Дальнейшее увеличение уровня шума, также как и увеличение возраста и стажа работы в условиях действия шума будут

способствовать усилению негативных психологических эффектов (рост тревожности, ухудшение самочувствия и настроения, нарушения внимания и восприятия). В первую очередь, эти нарушения выявляются при сложных заданиях, связанных с координацией рук, оценкой времени, одновременным решением нескольких задач, что приводит к увеличению ошибочных действий. Многолетняя работа в условиях действия АШ на фоне некомпенсированного «эмоционального раздражения» приводит к развитию астенического синдрома, нарушается протекание психических процессов, особенно в эмоционально-волевой сфере, появляется склонность к личностным конфликтам. АШ, оказывая повышенную психологическую нагрузку на человека, надо рассматривать как механизм, приводящий к снижению РС и мотивации надежного исполнения профессиональных обязанностей. Верхняя граница «беспокоящего шума», как правило, не превышает уровни 80 – 90 дБА.

2.2. Влияние на центральную и вегетативную нервную систему

ЦНС выполняет доминирующую роль в большинстве видов деятельности человека и является наиболее критичной системой при действии шума. Моделирование шумовой нагрузки (УЗД 100 – 120 дБ в течение 0,5 – 6 ч) в лабораторных условиях сопровождалось увеличением времени выполнения заданий и количества ошибок, снижением пропускной способности и подвижности нервных процессов зрительного анализатора, уменьшением скорости обработки информации. Степень отклонений этих показателей не превышала 20 % от исходных значений. В эксперименте многочасовое действие шума приводило к дисрегуляции на информационные сигналы (звук и свет). В первые часы время реакций на звук и свет увеличивалось, а в дальнейшем – время ответной двигательной реакции на звук увеличивалось, а на свет – уменьшалось, что указывало на перераспределение функциональных резервов ЦНС [6, 11].

Действие шума на человека сопровождается реакцией вегетативной нервной системы как составной части ЦНС. В большинстве случаев, это проявляется повышением активности ее симпатического отдела в виде повышения частоты сердечных сокращений, артериального давления, потоотделения и др. [24].

Обследование персонала, подвергавшегося воздействию ИЗ на производстве, показало наличие у него изменений в ЦНС и вегетативной нервной системе в виде снижения скорости переработки информации и времени простой сенсомоторной реакции на свет и звук. При неврологическом осмотре у 73,3 % выявлен тремор век, языка, пальцев и повышение сухожильных рефлексов, а у 70 % – изменение вегетативной нервной системы в виде стойкого красного дермографизма, гипергидроза, снижения кожной температуры, похолодания кистей и стоп. Как видно, действие ИЗ вызывает активацию обоих отделов вегетативной нервной системы [21, 24].

Таким образом, действие АШ приводит к изменению функционального состояния ЦНС и повышению уровня напряжения вегетативных функций. Выявленные изменения в ЦНС указывают на снижение РС и появление признаков утомления у АС. Наличие ИЗ в спектре усугубляет вредное действие АШ.

2.3. Влияние на профессиональную работоспособность и надежность

Для изучения влияния шума на РС летчика в лабораторных условиях используются тренажеры (пилотажный тренажер, полунатурный моделирующий комплекс), на которых производится оценка качества пилотирования без шума (фон) и в условиях действия шума, параметры которого имели сходство с шумом в кабине ВС во время полета. Проверка РС ЛПС проводилась на различных этапах летной

деятельности. На этапе посадки, являющейся наиболее сложным этапом деятельности летчика, увеличивались угловые ошибки, отклонение по крену и тангажу, отмечалось запаздывание в отклонении руля высоты и элеронов. Ошибочность действия варьировала в широких пределах. Следовательно, шум вызывает ухудшение выполнения сложной сенсомоторной деятельности и качества пилотирования. На этом фоне отмечается тенденция к увеличению напряжения основных физиологических функций организма (ССС и дыхания), то есть возрастают «энерготраты» для обеспечения РС оператора. Таким образом, с помощью моделирования летной деятельности показано отрицательное влияние шума, в первую очередь, на снижение РС операторского профиля, которое составляло от 5% до 20% [6–8].

Работа в условиях действия вредных и опасных факторов приводит не только к снижению РС, но и надёжности профессиональной деятельности, которое проявляется развитием неблагоприятных эффектов (срыв деятельности, ошибочные действия). В качестве меры ее оценки предложено использовать потенциальную ненадежность действий (ПНД) и оценивать ее как вероятность развития события [1, 9].

Была установлена зависимость ПНД от уровня АШ на рабочих местах АС в виде кривой. Она при увеличении уровня шума до 110 дБА носит полого-восходящий характер, а при более высоких уровнях она приобретает экспоненциальный вид. Полученные результаты позволяют использовать данную модель ПНД для оценки функционального состояния АС при воздействии шума [27].

В табл. 3 представлены значения ПНД у ИТС при подготовке различных типов ВС к полетам [27, 28].

Таблица 3
ПНД у ИТС при подготовке различных типов ВС к полетам

№ п/п	Тип активации	Эквивалентный уровень звука (дБА)		ПНД (усл.ед.)	
		мин	макс	мин	макс
1	Оперативно-тактическая (фронтальная)	97 – 114	109 – 118	0,19 – 0,31	0,27– 0,59
4	Дальняя	112	120	0,30	0,67
5	Военно-транспортная	111	116	0,29	0,50
6	Армейская	109	115	0,27	0,49
7	Учебно-тренировочная	98	100	0,20	0,21
8	Гражданская	83	104	0,08	0,24

Как следует из табл. 3, у ИТС величина ПНД находится в достаточно широком диапазоне и колеблется от 0,19 до 0,67 усл. ед. Она имеет прямую зависимость от уровня звука. Поэтому ее величина наибольших значений достигает у ИТС в дальней (уровень звука 112 – 120 дБА) и оперативно-тактической (фронтальной) авиации (ОТА) (уровень звука 97– 118 дБА).

В табл. 4 даны значения ПНД у ЛПС в зависимости от уровня шума в кабине экипажей различных типов ВС [28].

Из табл. 4 следует, что величина ПНД пилотов гражданской авиации колебалась от 0,09 до 0,24 отн.ед. Она имеет прямую зависимость от уровня звука. В кабинах ЛПС вертолетов и ВС с поршневыми двигателями она была максимальной (0,24 отн.ед.), так как у этих типов ВС были самые высокие уровни звука (104 дБА).

Таблица 4

ПНД у ЛПС в зависимости от уровня шума в кабине экипажей различных типов ВС

Наименование ВС	Уровни звука, дБА	ПНД, отн.ед.
Гражданская авиация		
ВС с турбореактивными двигателями	77 – 93	0,09 – 0,17
ВС с турбовинтовыми двигателями	84 – 98	0,11 – 0,20
ВС с поршневыми двигателями	84 – 104	0,11 – 0,24
Вертолеты	84 – 103	0,11 – 0,24
Государственной авиация		
Оперативно-тактическая (фронтовая) авиация	99 – 107	0,20 – 0,26
Военно-транспортная авиация	89 – 104	0,14 – 0,24
Дальняя авиация	97 – 103	0,19 – 0,24
Армейская авиация	89 – 129	0,14 – 0,93

В государственной авиации величина ПНД у ЛПС колебалась от 0,14 до 0,93 отн.ед. Она также имеет прямую зависимость от уровня звука. Величина ПНД была максимальной (0,93 отн.ед.) в кабине экипажа вертолета Ми-35М, где уровень звука составил 129 дБА. В большинстве случаев в кабинах экипажей ВС уровень звука не превышал 110 дБА, а величина ПНД – 0,24 отн. ед. [31, 32]. Из представленных данных видно, что величина ПНД у ЛПС государственной авиации была выше, чем у пилотов гражданской авиации, что обусловлено более высокими уровнями звука в кабинах ВС государственной авиации.

Таким образом, ПНД при действии шума можно использовать как прогностический критерий оценки профессиональной надежности АС.

Для сохранения высокого уровня работоспособности АС рекомендовано использовать СИЗ от шума. Метод определения ПНД был применен в качестве критерия оценки акустической эффективности выбранного противошума в зависимости от уровня шума на рабочем месте ИТС (табл. 5).

Таблица 5

ПНД у ЛПС в зависимости от уровня шума в кабине экипажей различных типов ВС

Расстояние измерения от ВС	Без использования СИЗ от шума		С использованием СИЗ от шума	
	Общий УЗД, дБ	ПНД, усл.ед.	Общий УЗД, дБ	ПНД, усл.ед.
15 метров	130	0,92	96	0,18
30 метров	110	0,28	76	0,09
45 метров	100	0,21	66	0,05

В качестве СИЗ от шума использовали противошумные наушники с эффективностью снижения шума на 34 дБ (показатель SNR). Как следует из табл. 5, при УЗД 130 дБ шума величина ПНД уменьшилась до 0,18 ед. (в пять раз), а при УЗД 110 – 100 дБ – до 0,05 – 0,09 (на 17 %) [30].

Использование СИЗ от шума для профилактики снижения РС и надежности действий АС является одним из эффективных путей по снижению негативного действия АШ. Хорошим подтверждением вышеизложенного явились результаты исследования функционального состояния ИТС, которые подвергались воздействию

шума с уровнем 100–110 дБА без СИЗ от шума и с их использованием. Методики оценки психофизиологического состояния (САН, корректурная проба, проба сложения с переключением) показали, что в группе ИТС, работавших в противοшумах, к окончанию летной смены величина снижения показателей «самочувствия» и «активности» была меньшей по сравнению с группой без СИЗ. Показатель «настроение» в группе без СИЗ уменьшался на 0,73 балла, а в группе с противοшумами, наоборот, улучшалось на 0,09 балла. Достоверно увеличивался интегральный показатель внимания, выработка и перестройка умственных навыков, оперативная память, переключаемость внимания [24].

Из этого следует, что использование СИЗ от шума способствуют улучшению качества внимания и РС. Снижение величины ПНД в группе ИТС при использовании противοшумов указывало на повышение надежности АС.

Негативную роль на РС человека оказывают низкочастотные акустические колебания. Испытания на добровольцах показало, что они вызывают снижение РС, утомление, нарушена концентрация, затруднено переключение внимания. Испытуемые при выполнении заданий операторского профиля предъявляли жалобы на сонливость, ощущение внутреннего беспокойства, напряжения, страха. Принято считать, что действия ИЗ на ЦНС приводит к появлению признаков, характерных для утомления. Отмечено сходство негативных эффектов ИЗ и алкоголя на РС за счет нарушения регуляторных взаимодействий различных структурах головного мозга [21, 26].

Таким образом, АШ является фактором риска, способствующему снижению профессиональной РС и надежности АС. Это надо учитывать при организации рабочих мест АС, у которых преобладает умственную деятельность в условиях повышенного внимания, ограничения времени для принятия решения и др. ПНД можно использовать в качестве критерия для оценки функционального состояния АС при действии шума. Ведущее место в мероприятиях по борьбе с АШ занимают СИЗ от шума, которые существенно уменьшают акустическую нагрузку на орган слуха и головной мозг.

3. Механизмы снижения функциональных возможностей органа зрения

По результатам лабораторных исследований на животных (кролики), подвергавшихся действию ИЗ, и обследование рабочих «шумовых» профессий выявлено, что воздействие акустических колебаний приводит к развитию микрососудистых изменений в органе зрения, нарушению обменных процессов в средах и тканях глаза, ухудшению функциональных характеристик зрительного анализатора и снижению зрительной РС. У данных лиц развивалось повышение порогов яркостной чувствительности, появлялась извитость и сужение капилляров конъюнктивы. При повышенной нагрузке на орган зрения они предъявляли жалобы на быстрое утомление. При осмотре глазного дна у таких лиц выявлено сосудистые нарушения сетчатки на глазном дне (в виде повышенной проницаемости), в тканях глаза изменения обменных процессов (в виде дистрофии и склероза). В патогенезе нарушений органа зрения ведущую роль отводят микрососудистым аномалиям. Механизм этого эффекта обусловлен прямым воздействием ИЗ на микроциркуляцию органа зрения и трофическим изменениям тканей зрительного анализатора [31, 32].

Действие АШ на орган зрения ЛПС происходит, не только за счет сложного спектра акустического воздействия, а также наличия других факторов (снижение освещенности в кабине ВС, длительное напряжение при многочасовых полетах, вибрация приборной панели), оказывающих негативное действие на зрительный анализатор. Установлена высокая степень связи («почти полная») болезней органа зрения у ЛПС с условиями работы, в первую очередь, влиянием АШ, что позволяет считать их

считать профессиональными заболеваниями [33, 34]. Патологии органа зрения у ЛПС приведет к ухудшению его функционального состояния, особенно в условиях повышенной нагрузки во время полетов, и стать причиной негативное влияние на РС и надежность действия [34, 35].

Заключение

В XXI веке воздушный транспорт будет продолжать занимать ведущие позиции при организации пассажиропотоков и грузопотоков по разным направлениям, особенно на дальние расстояния. Это обусловлено высокой динамичностью перемещением, отработанной системой организационно-управленческих и производственно-технологических процессов по эффективному обеспечению различных систем товарно-материальными ресурсами. Важное место отводится государственной авиации в поддержании на высоком уровне обороноспособности РФ.

Однако масштабное применение авиации имеет и отрицательные последствия (социальные, экологические, гигиенические), в том числе и обусловленные влиянием шума. Некомпенсированная акустическая нагрузка будет способствовать развитию негативных последствий в организме человека, что может привести к снижению профессиональной РС и надежности действий АС. Важность этой проблемы особенно значима при подготовке и выполнении полетов, где к человеку-оператору предъявляется требование максимальной концентрации внимания в условиях дефицита времени и высокого нервно-психического напряжения. Установленные зависимости РС от уровня шума необходимо использовать для прогноза надежности АС при обеспечении летной деятельности, особенно в экстремальных условиях.

Широкое общебиологическое действие шума на человека, приводящее к снижению функциональных возможностей ЦНС, слухового и зрительного анализаторов, требует рассматривать АШ в качестве источника потенциальной опасности за счет повышения риска ошибочных действий и снижения РС. Кроме того, работа АС во вредных условиях труда (в том числе обусловленной высокой акустической нагрузкой) создают риски развития у них профессиональной патологии, в первую очередь органа слуха, и роста уровня общей заболеваемости, что также является причиной ухудшения РС и надежности действия АС [36].

Выше перечисленные негативные эффекты обусловлены различными механизмами действия шума на человека. Сочетание в спектре шума и ИЗ надо рассматривать как важное звено в механизме действия АШ. Это обусловлено их схожим биологическим действием на человека и возможностью потенцирования неблагоприятных эффектов. Знание механизмов вредного действия шума необходимо использовать уже с этапа проектирования ВС и на всех этапах летной деятельности при организации мероприятий по борьбе с АШ.

Борьба с шумом в авиации является одной из приоритетных задач для обеспечения безопасности полетов. Многолетний опыт в этом направлении показал, что для достижения этой цели необходим системный подход, включающий организационные, технические, медицинские мероприятия. Среди них ведущее место отводится СИЗ от шума. Механизм их эффективности состоит в способности снизить акустическую нагрузку на человека путем перекрытия основных путей негативного действия АШ. Применение средств защиты от шума будет положительно влиять на РС, психическое состояние, общий уровень удовлетворенности трудом, что позволит обеспечить высокий уровень надежности действий, сохранение здоровья и профессиональное долголетие АС.

Список литературы

1. Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Богомолов А.В. и др. Фундаментальные и прикладные аспекты авиационной медицинской акустики. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2019. – 216 с.
2. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Современные проблемы шума в авиации // Проблемы безопасности полетов. – 2014. – № 5. – С. 3-25.
3. Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Сливина Л.П. Авиационный шум как ведущий фактор, влияющий на заболеваемость и профессиональные риски у инженерно-авиационного состава // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2018. – Т.52, № 3. – С. 62-68.
4. Зинкин В.Н., Свидовый В.И., Солдатов С.К. и др. Гигиеническая оценка акустической обстановки на рабочих местах инженерно-технического состава авиации // Безопасность жизнедеятельности. – 2006. – № 12. – С. 6-9.
5. Люцкий К.М., Зинкин В.Н., Афанасьев Р.В., Деллалов Н.Н. Влияние профессиональных факторов на заболеваемость летного и инженерно-технического состава военно-транспортной авиации // Военно-медицинский журнал. – 2008. – Т. 329, № 9. – С. 50-52.
6. Крылов Ю.В., Фролов Н.И., Кузнецов В.С. и др. Воздействия авиационного шума на организм // Военно-медицинский журнал. – 1977. – № 2. – С. 57-59.
7. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Шешегов П.М. и др. Шум как фактор риска снижения работоспособности и профессиональной надежности авиационных специалистов // Проблемы безопасности полетов. – 2014. – № 8. – С. 3-28.
8. Чистов С.Д., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К. и др. Влияние интенсивного шума на функциональное состояние летного состава // Проблемы безопасности полетов. – 2019. – № 9. – С. 3-13.
9. Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Гридин Л.А. и др. Методологические подходы к диагностике и оптимизации функционального состояния специалистов операторского профиля. – М.: Медицина, 2004. – 144 с.
10. Козлов В.В. Системный анализ причин ошибочного действия пилота при расследовании авиационного события (методическое пособие). – М., 2007. – 66 с.
11. Тарасенко, Г.И., Щербаченко Г.Е., Петленко И.А. О возможности восприятия и переработки сложной речевой информации // Военно-медицинский журнал. – 1987. – № 10. – С. 48-49.
12. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Негативное влияние авиационного шума на речевую и звуковую информацию // Проблемы безопасности полетов. – 2020. – № 9. – С. 16-28.
13. Ушаков И.Б., Ромасюк С.И., Шешегов П.М. и др. Действие авиационного шума на орган слуха специалистов инженерно-технического состава ВВС // Военно-медицинский журнал. – 2006. – № 7. – С. 59-62.
14. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Шешегов П.М. Особенности патологического действия авиационного шума на орган слуха инженерно-технического состава авиации // Вестник оториноларингологии. – 2007. – № 6. – С. 25-29.
15. Лапаев Э.В., Крылов Ю.В., Кузнецов В.С. Функция слухового и вестибулярного анализаторов при действии факторов авиакосмического полета. – М.: Наука, 1983. – 241 с.
16. Клинические рекомендации МЗ РФ «Потеря слуха от воздействия шума» № 609. – М., 2018. – 39 с.
17. Шешегов П.М., Зинкин В.Н., Сливина Л.П. Авиационный шум: особенности формирования и профилактики нейросенсорной тугоухости у авиационных специалистов Военно-воздушных сил // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2019. – Т. 53,

№ 3. – С. 49-56.

18. Панкова В.Б. Профессиональная тугоухость у работников транспорта // Вестник оториноларингологии. – 2008. – № 3. – С. 19-23.

19. Шевченко О.И., Лахман О.Л., Русакова Д.В., Тихонова И.В. Функциональная активность головного мозга в зависимости от степени выраженности профессиональной нейросенсорной тугоухости // Вестник оториноларингологии. – 2020. – № 5. – С. 33-39.

20. Иванов Н.И., Зинкин В.Н., Сливина Л.П. Биомеханические механизмы действия низкочастотных акустических колебаний // Российский журнал биомеханики. – 2020. – № 2. – С. 216-231.

21. Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Орихан М.М. Инфразвук как вредный производственный фактор // Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – № 9. – С. 2-9.

22. Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Драган С.П. и др. Авиационный шум и проблемы безопасности полетов // Проблемы безопасности полетов. – 2013. – № 5. – С. 3-12.

23. Благинин А.А., Калтыгин М.В., Синельников С.Н., Дергачев В.Б. Влияние индивидуальных психологических операторов на изменение функционального состояния при действии авиационного шума // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2011. – № 4 (36). – С. 97-100.

24. Чубаров И.В., Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М. и др. Психологический статус рабочих, подвергающихся воздействию шума // Гигиена и санитария. – 1999. – № 2. – С. 16-19.

25. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Проблемы экспертизы воздействия высокоинтенсивного шума на специалистов Военно-воздушных сил // Военно-медицинский журнал. – 2012. – Т. 333, № 1. – С. 45-50.

26. Broner N. The effects of low frequency noise on people: a review // J.sound vibr. – 1978. – Vol. 58, N 4. – P. 483-500.

27. Ушаков И.Б., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Карпов В.Н. Потенциальная ненадежность действий оператора как характеристика степени влияния физико-химических факторов условий деятельности // Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – № 1. – С. 24-29.

28. Зинкин В.Н., Харитонов В.В., Шешегов П.М. Потенциальная ненадежность действий – критерий оценки работоспособности авиационных специалистов и эффективности средств защиты // Проблемы безопасности полетов. – 2017. – № 7. – С. 3-16.

29. Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В. и др. Анализ эффективности средств защиты от шума во взаимосвязи с профессиональной надежностью специалистов «шумовых» профессий // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2011. – № 3. – С. 70-76.

30. Зинкин В.Н., Шешегов П.М., Сливина Л.П. Обоснование выбора средств индивидуальной защиты от шума для инженерно-авиационных специалистов государственной авиации // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 7. – С. 54-59.

31. Алексеев, В.Н. Глаз и инфразвук / В.Н. Алексеев, В.И. Свидовый, Т.И. Косачева. – СПб.: Кормчий, 2004. – 112 с.

32. Ахметзянов И.М., Петреев И.В., Гусаров Д.В., Газизова И.Р. О роли офтальмологических исследований в ранней диагностике шумовой патологии // Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2011. – № 3. – С. 188-191.

33. Шешегов П.М., Сливина Л.П., Зинкин В.Н. Значение авиационного шума в риске развития профессиональной патологии у летно-подъемного состава маневренной авиации Военно-воздушных сил // Медицина труда и промышленная экология. – 2020. –

Т. 60, № 4. – С. 268-274.

34. Шешегов П.М. Профессиональные риски у авиационных специалистов Военно-воздушных сил // Проблема безопасности полетов. – 2016. – № 2. – С. 3-25.

35. Сливина Л.П., Куклин Д.А., Матвеев П.В. и др. Инфразвук и низкочастотный шум как вредные производственные факторы // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 2. – С. 24-30.

36. Зинкин В.Н., Шешегов П.М. Авиационный шум: риск нарушения здоровья человека и меры профилактики // Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – СПб., 2017. – С. 493-522.

References

1. Soldatov S.K., Zinkin V.N., Bogomolov A.V. i dr. Fundamental'nye i prikladnye aspekty aviacionnoj medicinskoj akustiki. – M.: FIZMATLIT, 2019. – 216 s.

2. Zinkin V.N., SHeshegov P.M. Sovremennye problemy shuma v aviacii // Problemy bezopasnosti poletov. – 2014. – № 5. – S. 3-25.

3. SHeshegov P.M., Zinkin V.N., Slivina L.P. Aviacionnyj shum kak vedushchij faktor, vliyayushchij na zaboлеваemost' i professional'nye riski u inzhenerno-aviacionnogo sostava // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina. – 2018. – Т. 52, № 3. – S. 62–68.

4. Zinkin V.N., Svidovyy V.I., Soldatov S.K. i dr. Gigienicheskaya ocenka akusticheskoy obstanovki na rabochih mestah inzhenerno-tehnicheskogo sostava aviacii // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2006. – № 12. – S. 6-9.

5. Lyuckij K.M., Zinkin V.N., Afanas'ev R.V., Dellalov N.N. Vliyanie professional'nyh faktorov na zaboлеваemost' letnogo i inzhenerno-tehnicheskogo sostava voenno-transportnoj aviacii // Voенно-medicinskij zhurnal. – 2008. – Т. 329, № 9. – S. 50-52.

6. Krylov YU.V., Frolov N.I., Kuznecov V.S. i dr. Vozdejstviya aviacionnogo shuma na organizm // Voенно-medicinskij zhurnal. – 1977. – № 2. – S. 57-59.

7. Zinkin V.N., Soldatov S.K., SHeshegov P.M. i dr. SHum kak faktor riska snizheniya rabotosposobnosti i professional'noj nadezhnosti aviacionnyh specialistov // Problemy bezopasnosti poletov. – 2014. – № 8. – S. 3-28.

8. CHistov S.D., Kukushkin YU.A., Soldatov S.K. i dr. Vliyanie intensivnogo shuma na funkcional'noe sostoyanie letnogo sostava // Problemy bezopasnosti poletov. – 2019. – № 9. – S. 3-13.

9. Ushakov I.B., Bogomolov A.V., Gridin L.A. i dr. Metodologicheskie podhody k diagnostike i optimizacii funkcional'nogo sostoyaniya specialistov operatorskogo profilya. – M.: Medicina, 2004. – 144 s.

10. Kozlov V.V. Sistemnyj analiz prichin oshibochnogo dejstviya pilota pri rassledovanii aviacionnogo sobytiya (metodicheskoe posobie). – M., 2007. – 66 s.

11. Tarasenko, G.I., SHCHerbachenko G.E., Petlenko I.A. O vozmozhnosti vospriyatiya i pererabotki slozhnoj rechevoj informacii // Voенно-medicinskij zhurnal. – 1987. – № 10. – S. 48-49.

12. Zinkin V.N., SHeshegov P.M. Negativnoe vliyanie aviacionnogo shuma na rechevuyu i zvukovuyu informaciyu // Problemy bezopasnosti poletov. – 2020. – № 9. – S. 16-28.

13. Ushakov I.B., Romasyuk S.I., SHeshegov P.M. i dr. Dejstvie aviacionnogo shuma na organ sluha specialistov inzhenerno-tehnicheskogo sostava VVS // Voенно-medicinskij zhurnal. – 2006. – № 7. – S. 59-62.

14. Zinkin V.N., Soldatov S.K., SHeshegov P.M. Osobennosti patologicheskogo

deystviya aviacionnogo shuma na organ sluha inzhenerno-tehnicheskogo sostava aviatsii // Vestnik otorinolaringologii. – 2007. – № 6. – S. 25-29.

15. Lapaev E.V., Krylov YU.V., Kuznecov V.S. Funkciya sluhovogo i vestibulyarnogo analizatorov pri deystvii faktorov aviakosmicheskogo poleta. – M.: Nauka, 1983. – 241 s.

16. Klinicheskie rekomendacii MZ RF «Poterya sluha ot vozdeystviya shuma» № 609. – M., 2018. – 39 s.

17. SHeshegov P.M., Zinkin V.N., Slivina L.P. Aviacionnyj shum: osobennosti formirovaniya i profilaktiki nejrosensornoj tugouhosti u aviacionnyh specialistov Voenno-vozdushnyh sil // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina. – 2019. – T. 53, № 3. – S. 49-56.

18. Pankova V.B. Professional'naya tugouhost' u rabotnikov transporta // Vestnik otorinolaringologii. – 2008. – № 3. – S. 19-23.

19. SHEvchenko O.I., Lahman O.L., Rusakova D.V., Tihonova I.V. Funkcional'naya aktivnost' golovnogogo mozga v zavisimosti ot stepeni vyrazhennosti professional'noj nejrosensornoj tugouhosti // Vestnik otorinolaringologii. – 2020. – № 5. – S. 33-39.

20. Ivanov N.I., Zinkin V.N., Slivina L.P. Biomekhanicheskie mekhanizmy deystviya nizkochastotnyh akusticheskikh kolebanij // Rossijskij zhurnal biomekhaniki. – 2020. – № 2. – S. 216-231.

21. Zinkin V.N., Ahmetzyanov I.M., Orihan M.M. Infrazvuk kak vrednyj proizvodstvennyj faktor // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2013. – № 9. – S. 2-9.

22. Zinkin V.N., Soldatov S.K., Dragan S.P. i dr. Aviacionnyj shum i problemy bezopasnosti poletov // Problemy bezopasnosti poletov. – 2013. – № 5. – S. 3-12.

23. Blagin A.A., Kaltygin M.V., Sinel'nikov S.N., Dergachev V.B. Vliyanie individual'nyh psihologicheskikh operatorov na izmenenie funkcional'nogo sostoyaniya pri deystvii aviacionnogo shuma // Vestnik Rossijskoj voenno-meditsinskoj akademii. – 2011. – № 4 (36). – S. 97-100.

24. CHubarov I.V., Zinkin V.N., Ahmetzyanov I.M. i dr. Psihologicheskij status rabochih, podvergayushchihsvya vozdeystviyu shuma // Gigiena i sanitariya. – 1999. – № 2. – S. 16-19.

25. Zinkin V.N., SHeshegov P.M. Problemy ekspertizy vozdeystviya vysokointensivnogo shuma na specialistov Voenno-vozdushnyh sil // Voenno-meditsinskij zhurnal. – 2012. – T.333, № 1. – S. 45-50.

26. Broner N. The effects of low frequency noise on people: a review // J.sound vibr. – 1978. – Vol. 58, N 4. – P. 483-500.

27. Ushakov I.B., Kukushkin YU.A., Bogomolov A.V., Karpov V.N. Potencial'naya nenadezhnost' deystvij operatora kak harakteristika stepeni vliyaniya fiziko-himicheskikh faktorov uslovij deyatel'nosti // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2001. – № 1. – S. 24-29.

28. Zinkin V.N., Haritonov V.V., SHeshegov P.M. Potencial'naya nenadezhnost' deystvij – kriterij ocenki rabotosposobnosti aviacionnyh specialistov i effektivnosti sredstv zashchity // Problemy bezopasnosti poletov. – 2017. – № 7. – S. 3-16.

29. Zinkin V.N., Kukushkin YU.A., Bogomolov A.V. i dr. Analiz effektivnosti sredstv zashchity ot shuma vo vzaimosvyazi s professional'noj nadezhnost'yu specialistov «shumovyh» professij // Mediko-biologicheskije i social'no-psihologicheskije problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah. – 2011. – № 3. – S. 70-76.

30. Zinkin V.N., SHeshegov P.M., Slivina L.P. Obosnovanie vybora sredstv individual'noj zashchity ot shuma dlya inzhenerno-aviacionnyh specialistov gosudarstvennoj aviatsii // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2020. – № 7. – C. 54-59.

31. Alekseev, V.N. Glaz i infrazvuk / V.N. Alekseev, V.I. Svidovyy, T.I. Kosacheva. – SPb.: Kormchij, 2004. – 112 s.

32. Ahmetzyanov I.M., Petreev I.V., Gusarov D.V., Gazizova I.R. O roli oftal'mologicheskikh issledovanij v rannej diagnostike shumovoj patologii // Vestnik Rossijskoj voenno-medicinskoj akademii. – 2011. – № 3. – S. 188-191.

33. SHeshegov P.M., Slivina L.P., Zinkin V.N. Znachenie aviacionnogo shuma v riske razvitiya professional'noj patologii u letno-pod"emnogo sostava manevrennoj aviacii Voennovozdushnyh sil // Medicina truda i promyshlennaya ekologiya. – 2020. – Т. 60, № 4. – S. 268-274.

34. SHeshegov P.M. Professional'nye riski u aviacionnyh specialistov Voennovozdushnyh sil // Problema bezopasnosti poletov. – 2016. – № 2. – S. 3-25.

35. Slivina L.P., Kuklin D.A., Matveev P.V. i dr. Infrazvuk i nizkochastotnyj shum kak vrednye proizvodstvennye faktory // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. – 2020. – № 2. – S. 24-30.

36. Zinkin V.N., SHeshegov P.M. Aviacionnyj shum: risk narusheniya zdorov'ya cheloveka i mery profilaktiki // Zashchita ot povyshennogo shuma i vibracii: Sbornik dokladov VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – SPb., 2017. – S. 493-522.