

# Методика оценивания акустической безопасности экипажа воздушного судна государственной авиации

В. Н. Зинкин

Центральный научно-исследовательский институт  
Военно-воздушных сил Минобороны России  
zinkin-vn@yandex.ru

С. П. Драган<sup>1</sup>, А. В. Богомолов<sup>2</sup>

Государственный научный РФ – Федеральный  
медицинский биофизический центр им. А.И.Бурназяна  
<sup>1</sup>s.p.dragan@mail.ru, <sup>2</sup>a.v.bogomolov@gmail.com

Г. А. Свиридюк<sup>3</sup>, С. А. Загребина<sup>4</sup>

Южно-Уральский государственный университет  
<sup>3</sup>sviridyuk@susu.ac.ru, <sup>4</sup>zagrebina\_sophiya@mail.ru

Е. В. Ларкин

Тульский государственный университет  
elarkin@mail.ru

**Аннотация.** Представлена методика оценивания акустической безопасности экипажа воздушного судна государственной авиации, разработанная для решения задач прикладных авиационной медицины, требующих информации о функциональной надежности профессиональной деятельности авиационных специалистов в условиях воздействия авиационного шума.

**Ключевые слова:** акустическая безопасность авиационных специалистов; надежность деятельности авиационных специалистов; авиационная акустика; авиационная медицина; автоматизированный экологический мониторинг

## I. ВВЕДЕНИЕ

Научно-технический прогресс способствует повышению мощности промышленного оборудования, сопровождающемуся увеличением неблагоприятных факторов условий деятельности персонала. Ведущее место среди таких факторов занимает шум: более двух миллионов россиян работают в условиях повышенного воздействия акустических колебаний (шума, инфразвука и ультразвука), около 25% рабочих мест персонала промышленности не соответствуют нормативам по шуму [1, 2].

В большинстве случаев обеспечить акустическую безопасность персонала снижением уровня шума в источнике образования невозможно, так как снижение мощности оборудования снижает его производительность. В этом случае наиболее приемлемым способом повышения акустической безопасности персонала являются технологии, обеспечивающие его индивидуальную и коллективную защиту от шума [3].

Наиболее остро проблема обеспечения акустической безопасности персонала стоит в авиации, прогресс которой

приводит к росту интенсивности и времени экспозиции авиационного шума, имеющего характерные особенности [4–6]:

- широкополосный спектр с наличием нескольких максимумов спектральной плотности мощности в низко-, средне- и высокочастотных звуковых диапазонах с выраженной инфразвуковой составляющей;
- уровни звукового давления практически во всех октавных частотах превышают 100 дБ, что позволяет классифицировать шум как высокоинтенсивный;
- шумовое воздействие носит циклический характер – периоды активной нагрузки длятся от нескольких десятков минут до нескольких часов и чередуются с паузами, длительность которых изменяется в тех же пределах.

Технический прогресс в двигателестроении, обусловивший существенное повышение энерговооруженности воздушных судов, привел к существенному повышению мощности неблагоприятного (для человека) акустического воздействия в инфразвуковом и звуковом диапазонах частот. Имеющиеся данные позволяют рассматривать авиационный шум как неблагоприятный производственный фактор, который может стать причиной авиационных инцидентов вследствие ошибочных действий летно-подъемного состава, обусловленных снижением их работоспособности вследствие некомпенсированного шумового влияния [1–6].

Известно, что вследствие воздействия шума снижается не только работоспособность, но и функциональная надежность профессиональной деятельности [7–10]. Количественной основой этой меры влияния внешних производственных факторов на надежность деятельности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-08-00244

работающих является риск возникновения неблагоприятного эффекта (срыв деятельности, ошибочные действия и т.п.) – потенциальная ненадежность деятельности (PND) [11–17].

Цель работы: оценить возможность использования показателя – потенциальная ненадежность действия – в качестве критерия оценки работоспособности авиационных специалистов при воздействии высокоинтенсивного шума.

## II. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мониторинг акустической безопасности предполагает оценивание шума окружающей среды, включающего специфичный (связанный с исследуемыми источниками шума) и остаточный (шум окружающей среды без наличия специфичного шума) [4]. Обязательной частью любой программы обеспечения акустической безопасности является проведение объективных акустических измерений. Правила и стандарты определяют показатели, которые подлежат измерению, и, в большинстве случаев, устанавливают рекомендации по настройке измерительного оборудования в зависимости от различных факторов (метеорологических, климатических).

Типовыми являются акустические измерения, которые выполняют: на большом расстоянии от фасадов зданий и препятствий, с подветренной стороны, в сухую погоду при скорости ветра менее 5 м/с, с размещением микрофона на высоте 1,2–1,5 м над уровнем земли.

В качестве показателя промышленного шума Международным стандартом ISO 1996-2 определена величина шумового воздействия, откорректированная с учётом ряда факторов, увеличивающих степень раздражения (импульсный характер шума, время суток и др.) и установлено, что граничные оценки следует определять в зависимости от интервалов времени, связанных с характеристиками источника/источников и приёмника/приёмников шума. Расчёт уровней шума из-за большого объема данных, характерных для акустических измерений в реальном масштабе времени, выполняют автоматизировано.

При акустическом мониторинге часто применяют компьютерные модели окружающей среды с указанием идентифицированных шумовых источников, топографических параметров и особенностей местности, влияющих на распространение шума до исследуемых точек (приёмника).

Современное автоматизированное оборудование для акустических измерений может функционировать в полевых условиях при отсутствии обслуживающего персонала, регистрировать уровни шума окружающей среды, отправляя отчёты по беспроводному протоколу. Участие оператора в процедуре акустических измерений необходимо при мониторинге акустической безопасности в сложных условиях: ограничено время, затруднён доступ к измерительной площадке, невозможно подключить оборудование к сети или сетевое питание подается в импульсном режиме, имеет место неожиданное событие

или измерение прервано, и оператор не сможет выполнить повторные измерения.

В большинстве случаев мониторинга акустической безопасности персонала рациональным является сочетание измерений при участии оператора с измерениями в автоматическом режиме. В этом случае присутствие оператора при проведении измерений в рамках экспериментальных исследований и при мгновенных проверках на измерительной площадке обязательно, а режим автоматизированных измерений применяют при долгосрочном или непрерывном мониторинге акустической безопасности.

В качестве критерия работоспособности был использован показатель *PND*. В работах [11–17] было показано, что *PND* отражает степень влияния шума на надежность деятельности. Для расчета этого показателя были разработаны математические модели, устанавливающая зависимость его от уровня авиационного шума на рабочем месте:

$$PND = \begin{cases} 0,5 - \Phi[(L - 134,02)/42], & (L - 111,33) \leq 0, \\ 0,5 - \Phi[(L - 116,03)/8,67], & (L - 111,33) > 0, \end{cases}$$

где  $\Phi$  – функция Лапласа,  $L$  – уровень шума, дБА.

Кривая модели вероятности события при увеличении уровня шума до 110 дБА носит полого-восходящий характер, а при более высоких уровнях она приобретает экспоненциальный вид.

Эту модель использовали для расчета оценки *PND* для летно-подъемного состава, подвергающемуся воздействию шума во время полетов, и для инженерно-технического состава, обслуживающего воздушные суда в наземных условиях в процессе предполетной подготовки.

## III. ВЛИЯНИЕ ШУМА НА НАДЕЖНОСТЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Для расчета *PND* использовали результаты акустических измерений на рабочих местах летно-подъемного состава во время полета ВС: уровень звука находится в диапазоне 84–104 дБА, а уровень звукового давления – от 59 до 112 дБ. В большинстве случаев величины этих параметров превышали предельно допустимые уровни. Для воздушных судов военно-транспортной авиации (Ан–12, Ан–24, Ан–22, Ил–76), вертолетов (Ми–4, Ми–8) и истребителей использовали предельно допустимые уровни звука (85 дБА), установленные для рабочей смены от 4 до 8 ч. Превышение предельно допустимых уровней звука для этих типов воздушных судов составило соответственно от 7 до 19 дБА, от 4 до 18 дБА и 18 дБА. При этом величина *PND* колебалась от 0,12 до 0,24 ед.

Для воздушных судов дальней авиации величины предельно допустимых уровней для уровня звукового давления и уровня звука были выбрана для продолжительности воздействия шума более 12 ч, что соответствует времени решения боевых задач,

поставленных перед этим видом авиации. УЗД практически во всех октавных полосах превышали предельно допустимые уровни от 2 до 18 дБ. Превышение уровня звука составило 22 дБА по сравнению с предельно допустимым (75 дБА). Вероятность возникновения ошибок (показатель *PND*) у экипажей дальней авиации не превышала 0,23 ед.

Проведенные измерения авиационного шума в кабине одного из воздушных судов дальней авиации после модификации двигателей показали, что уровни авиационного шума в кабине во время полета находились в диапазоне от 111 до 120 дБА, что превышает предельно допустимый уровень для звука при продолжительности воздействия от 12 часов и более. Расчет показателя *PND* показал, что величина его находится в диапазоне от 0,28 до 0,62, то есть возникает высокая вероятность опасность ошибочных действий со стороны членов экипажа и может привести к негативным последствиям в полете.

#### IV. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, воздействует на все органы и системы организма. Это положение в полном объеме относится и к авиационному шуму в силу его специфических особенностей [4, 5, 18, 19]. В проведенном исследовании были использованы математические модели расчета оценки *PND* у авиационных специалистов, подвергающихся воздействию высокоинтенсивного шума во время летной смены. Проведенные измерения авиационного шума в кабинах воздушных судов показали, что уровни шума на рабочих местах летно-подъемного состава во время полета находились в диапазоне от 84 до 120 дБА, что в большинстве случаев выше предельно допустимых уровней. Расчет показателя *PND* показал, что он находится в диапазоне от 0,28 до 0,62, то есть возникает высокая вероятность опасность ошибочных действий летным экипажами и может привести к негативным последствиям в полете, особенно у экипажей дальней авиации при выполнении многочасовых полетов.

Близкая ситуация наблюдается и у инженерно-технического состава, на рабочих местах которых уровень звука достигает 120 дБА, а величины *PND* колеблются от 0,27 до 0,67 ед. Наибольших значений величина *PND* достигает у инженерно-технического состава дальней, истребительной и штурмовой авиации.

Воздействие акустических факторов оказывает неблагоприятное влияние не только на работоспособность и надежность действий авиационных специалистов, но и способствует развитию профессиональной патологии, которая, в свою очередь, может усугублять неблагоприятные шумовые эффекты [4–7]. Исследование состояния здоровья авиационных специалистов показало, что у них повышена заболеваемость органа слуха, органа зрения, сердечно-сосудистой системы, органов дыхания и др. Основной причиной развития указанной патологии являются наличием вредных факторов условий труда, среди которых шум и инфразвук занимают ведущее место.

#### V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование свидетельствует о том, что авиационный шум является источником потенциальной опасности, обуславливающим повышенный риск ошибочных действий авиационных специалистов. Развитие профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний как следствие воздействия авиационного шума приводит не только к ранней профессиональной дисквалификации, но и является одной из причин снижения работоспособности и надежности действия.

Результаты исследования позволяют сделать заключение о прикладной значимости математической модели расчета оценки потенциальной ненадежности деятельности. Этот показатель можно использовать для прогнозирования работоспособности и надежности действий летно-подъемного и инженерно-технического состава при работе в шумовых условиях, а также и в качестве критерия для оценки акустической эффективности средств коллективной и индивидуальной защиты от шума, предназначенных для поддержания профессиональной работоспособности и профилактике вредного действия шума на здоровье персонала.

Высокие уровни авиационного шума на рабочих местах специалистов свидетельствуют о необходимости разработки и реализации специальных средств и методов обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности персонала как неотъемлемой части системы обеспечения безопасной эксплуатации воздушного транспорта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Денисов Э.И., Аденинская Е.Е., Еремин А.Л., Курьеров Н.Н. Профессиональная потеря слуха – проблема здоровья и безопасности // Медицина труда и промышленная экология. 2014. № 7. С. 45-47.
- [2] Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Прокопенко Л.В. Человек и шум. М.: ГЕОТАР-МЕД, 2001. 384 с.
- [3] 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.
- [4] Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Авиационный шум: специфические особенности биологического действия и защиты // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2012. Т.46, № 2. С. 9-16.
- [5] Жданько И.М., Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шешегов П.М. Фундаментальные и прикладные аспекты профилактики неблагоприятного действия авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2014. № 4. С.5-16.
- [6] Зинкин В.Н. Актуальные вопросы обеспечения работоспособности и сохранения здоровья инженерно-технического состава авиатранспортных предприятий // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2014. № 2 (36). С.28-45.
- [7] Пономаренко В.А., Солдатов С.К., Филатов В.Н., Богомолов А.В. Обеспечение персонализированной акустической защиты авиационных специалистов (практические аспекты) // Военно-медицинский журнал. 2017. Т. 338. № 4. С. 44-50.
- [8] Драган С.П., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Дроздов С.В., Поляков Н.М. Оценка акустической эффективности средств индивидуальной защиты от экстрааурального воздействия

- авиационного шума // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2013. Т. 47. № 5. С. 21-26.
- [9] Вильк М.Ф., Глуховский В.Д., Курьеров Н.Н., Панкова В.Б., Прокопенко Л.В. Современный методический подход к оценке акустической нагрузки на членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации // Медицина труда и промышленная экология. 2017. № 3. С. 27-32.
- [10] Измеров Н.Ф., Денисов Э.И., Аденинская Е.Е., Горблянский Ю.Ю. Критерии оценки профессиональной потери слуха от шума: международные и национальные стандарты // Вестник оториноларингологии. 2014. № 3. С. 66-71.
- [11] 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.
- [12] Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Кирий С.В., Шешегов П.М., Шишкин О.Ю., Казачков В.В. Методическое обеспечение оценивания и прогнозирования работоспособности операторов, подвергающихся воздействию авиационного шума // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 4. С. 11-20.
- [13] Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Шешегов П.М. 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.
- [14] Никифоров Д.А., Ворона А.А., Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Методика оценивания потенциальной ненадежности действий летчика // Безопасность жизнедеятельности. 2015. № 7 (175). С. 7-16.
- [15] Кирий С.В., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В., Солдатов С.К., Щербаков С.А., Зинкин В.Н., Шишов А.А. Методика оценивания умственной работоспособности и надёжности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума // Биомедицинская радиоэлектроника. № 1. 2008. С.50-56.
- [16] Харитонов В.В., Кленков Р.Р., Пенчученко В.В., Абашев В.Ю., Шешегов П.М., Зинкин В.Н. Авиационный шум и риск снижения надежности действий летного состава // Безопасность жизнедеятельности. 2018. № 1 (205). С. 32-38.
- [17] Зинкин В.Н., Сомов М.В., Пенчученко В.В., Харитонов В.В., Шешегов П.М. Критериальная значимость потенциальной ненадежности действий в исследованиях профессиональной работоспособности авиационных специалистов // Транспортный вестник. 2017. № 2. С. 14-31.
- [18] Прокопенко Л.В., Кравченко О.К., Курьеров Н.Н. О проблемах оценки шумовых экспозиций, действующих на членов экипажей воздушных судов гражданской авиации // Медицина труда и промышленная экология. 2016. № 11. С. 45-48.
- [19] Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Солдатов С.К., Богомолов А.В. Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 4. С. 33-34.