

# ПРИОРИТЕТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ<sup>55</sup>

Драган С.П.<sup>1</sup>, Богомолов А.В.<sup>1,2</sup>, Солдатов С.К.<sup>2</sup>, Зинкин В.Н.<sup>2</sup>, Кукушкин Ю.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ГНЦ РФ – Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.Бурназяна ФМБА России, ул. Маршала Новикова, д. 23, Москва, Россия,

<sup>2</sup>Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил Минобороны России, Петровско-Разумовская аллея, д. 12А, Москва, Россия

s.p.dragan@rambler.ru, a.v.bogomolov@gmail.com, soldatov2304@yandex.ru, zinkin-vn@yandex.ru, prof.kukushkin@yandex.ru

*Аннотация:* Представлены результаты комплексных междисциплинарных исследований по обоснованию приоритетов обеспечения акустической безопасности личного состава государственной авиации, включающих вопросы определения границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия, звукоизоляции кабин воздушных судов и обеспечения персонифицированного акустического мониторинга.

Ключевые слова: акустическая безопасность, личный состав государственной авиации, авиационный шум, защита от шума, санитарно-защитная зона, звукоизоляция кабин воздушных судов, персонифицированный акустический мониторинг.

## Введение

Авиационный шум на рабочих местах личного состава государственной авиации является одним из ведущих вредных факторов, обуславливающих снижение надежности деятельности и высокие риски развития профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [1]. Это приводит к необходимости реализации мероприятий по обеспечению акустической безопасности личного состава государственной авиации. Реализация таких мероприятий требует рассмотрения системы обеспечения акустической безопасности личного состава государственной авиации как крупномасштабной системы – сложной (большой) системы, характеризующейся комплексным (межотраслевым, межрегиональным) взаимодействием элементов, распределенных на значительной территории, требующих для развития существенных затрат ресурсов и времени. Среди комплекса мероприятий по обеспечению акустической безопасности личного состава государственной авиации существенное значение имеют определение границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия, анализ звукоизоляции кабин воздушных судов и обеспечение персонифицированного акустического мониторинга.

## 1 Определение границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия

В соответствии с требованиями федерального законодательства на приаэродромных территориях всех аэродромов должны быть выделены семь подзон, в которых устанавливаются ограничения использования объектов недвижимости и осуществления деятельности. Существенную сложность представляет определение границ седьмой подзоны, в которой запрещается размещать объекты в соответствии с законодательством в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения [2, 3].

Выделение седьмой подзоны по шумовому фактору для гражданской авиации осуществляется по границам, установленным согласно расчетам, учитывающим типы используемых воздушных судов, базу данных по шуму и летно-техническим характеристикам [2, 4], траектории взлета, посадки и маневрирования воздушных судов в районе аэродрома, расписание полетов воздушных судов (в дневное и ночное время), рельеф местности и климатологическое описание аэродрома. В настоящее время соответствующей доступной информации для воздушных судов государственной авиации не существует, что не позволяет использовать существующие программы при определении санитарно-защитных зон аэродромов государственной авиации.

В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685-21 и ГОСТ 22283-2014 измерялись следующие нормируемые параметры авиационного шума на территории жилой застройки: эквивалентный уровень звука (LAэкв, дБА) и максимальный уровень звука (LA, дБА). Натурные измерения

<sup>55</sup> Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке ведущих научных школ Российской Федерации (НШ-2553.2020.8)

проводили с помощью измерительных трактов, включающих четыре интегрирующих усредняющих шумомеров – анализаторов класса 1 производства фирмы Briel&Kjaer (Дания) тип 2250.

Расчет эквивалентного уровня  $L_{A_{\text{ЭКВВС}}}$  для каждого единичного этапа полета определенного типа воздушного судна (взлет, пролет, посадка) за установленный интервал времени осуществляли по формуле:

$$L_{A_{\text{ЭКВВС}}} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{AEi}} \right],$$

где  $T$  – временной интервал определяли для каждого типа воздушного судна индивидуально, по критерию превышения уровня звука над уровнем фона на 10 дБА.

Учитывая большую номенклатуру используемых воздушных судов, включая вертолеты, средства транспортной авиации и другие особенности аэродромов государственной авиации, временной интервал единичного измерения эквивалентного уровня звука принят равным 8 с. Общее время регистрации процесса – это время, в течение которого протекает любое единичное авиационное событие и регистрируется максимально полное звуковое воздействие, необходимое для корректного определения границы седьмой подзоны.

Измерения авиационного шума осуществляли на разных рубежах вдоль траектории глиссады. Уровни авиационного шума при пролете воздушных судов определяли на рубежах 2,4 км, 3,2 км, 8 км и 10 км от торца взлетно-посадочной полосы [5, 6]. На каждом рубеже производили измерения в двух точках перпендикулярно траектории глиссады, на расстоянии 10-20 м и 400-700 м. Для измерений при взлете воздушных судов были выбраны точки, где регистрируется минимальный фоновый шум аэродрома, перпендикулярно к середине взлетно-посадочной полосы и удаленные от траектории взлета на расстояния до 700 м. В контрольных точках при измерениях на взлете, при пролете и посадке воздушных судов регистрировали уровень фонового шума.

Все измерения осуществляли в автономном и автоматическом режиме на открытых площадках (вне звуковой тени), в условиях отсутствия между точкой измерения и воздушным судном препятствий, искажающих звуковое поле. Места для измерения размещали на ровной поверхности с соблюдением условий отсутствия чрезмерного избыточного затухания звука (высокая трава, кустарник или лесные участки).

Измерения проводили для определения уровней звукового давления в спектральных полосах октавных частот с центральными частотами 2, 4, 8, 16, 31.5, 64, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц и выполняли методом синхронного преобразования звукового давления в электрические сигналы, с последующей регистрацией и обработкой в два этапа:

- на первом этапе (в натуральных условиях) обеспечивали регистрацию сигналов звукового давления в измерительных контрольных точках;
- на втором этапе осуществляли обработку зарегистрированной информации, определяя среднеквадратичные значения звукового давления в октавных полосах, максимальные уровни звука и расчетные значения эквивалентного уровня звука в дневное и ночное время. Анализ результатов измерений производили при помощи специализированного программного обеспечения для шумомеров 2250 фирмы Briel & Kjaer (BZ-5503).

В связи с тем, что при регистрации авиационного шума на местности нет возможности обеспечить одинаковые условия по скорости, расстоянию и типу воздушных судов государственной авиации, то все первичные результаты измерения были приведены к одному расстоянию от контрольной точки измерения до воздушного судна, равному 1000 м, в соответствии с выражением:

$$L_{Apr} = L_A + 20 \times \lg(R/Ron),$$

где  $L_{Apr}$  – приведенный уровень звука, дБА (максимальный или эквивалентный) для расстояния 1000 м,  $L_A$  – измеренный уровень звука, дБА (максимальный или эквивалентный),  $Ron = 1000$  м,  $R$  – расстояние до источника шума (воздушного судна). Для расчета минимального расстояния от точки измерения до воздушного судна использовали данные штурманской службы о типе воздушного судна, высоте полета и расстоянии от траектории глиссады до измерительного микрофона.

Эквивалентные уровни звука рассчитывали, используя график полетов на аэродроме.

Для расчета эквивалентного уровня звука в дневное время просуммированы все шумовые события от пролета 9 воздушных судов по всем четырем группам с учетом длительности каждого шумового события (пролет), которое в среднем составило 50 с (стандартное отклонение 19,4 с).

Пересчет эквивалентного уровня звука за шумовое событие или пролет на все дневное время, составляющее 16 ч ( $T_0 = 57600$  с), осуществлен в соответствии с выражением:

$LA_{\text{экв, день}} = LA_{\text{экв, T}} + 10 \lg(T/T_0)$ , где  $T$  – суммарное время всех пролетов за день.

Для каждого типа воздушного судна и для каждого этапа полета получены приведенные значения параметров эквивалентного и максимального уровня звука для расстояния 1000 м на рубеже 3,2 км от окончания взлетно-посадочной полосы. Всего проведено более 150 измерений, эквивалентные уровни звука рассчитаны для единичного этапа полета (взлет, пролет, посадка) за время  $T$ .

Усредненные значения этих показателей для разных типов воздушных судов на этапах взлета, пролета и посадки явились основной для расчета границ седьмой подзоны санитарно-защитной зоны.

Для детального анализа была определена средняя дневная и ночная акустическая нагрузка. В связи с тем, что за период измерения не все типы воздушных судов осуществляли полеты на аэродроме, недостающая информация была получена экспертным путем (обработаны результаты опроса 70 специалистов из числа инженерно-технического состава государственной авиации).

На основании полученных результатов были построены и нанесены на карту приаэродромной территории линии равных максимальных и эквивалентных уровней звука, на внешней границе которых и за ее пределами уровни шума не превышают допустимые. Таким образом были фактически определены санитарно-защитные зоны (границы зон ограничения перспективной жилой застройки) для аэродрома по шумовому фактору.

Проверка границ контуров уровней звука проведена с помощью натуральных измерений. Три контрольные точки расположены вблизи границы территории, обращенной в сторону города, причем выбор точек осуществлен так, чтобы отсутствовали препятствия, которые могут нарушить прохождение акустических волн. В каждой контрольной точке произведено измерение трех значений максимального уровня звука за пятиминутный интервал времени. Проведенные измерения не выявили превышения санитарных норм по уровням максимального шума для населения.

Предложенный методический подход расчета границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия обеспечивает адекватный учет нормируемых показателей шумового воздействия и позволяет построить линии равных максимальных и эквивалентных уровней звука, на внешней границе которых и за ее пределами уровни шума не превышают допустимые, а также обосновать мероприятия по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия на приаэродромных территориях по акустическому фактору.

Для обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в санитарно-защитной зоне приаэродромной территории по уровню шумового воздействия на население, в частности, предложено:

- исключить полеты ночью (с 23.00 до 7.00 ч) ВС, создающих повышенные максимальные уровни звука (МиГ-31, Су-24);
- обеспечить проведение специальных шумозащитных мероприятий (установка шумозащитных экранов, оконных стеклопакетов в жилых помещениях и т.д.);
- разработать методику определения границ санитарно-защитной зоны приаэродромной территории по уровню шумового воздействия на население;
- внедрить систему непрерывного мониторинга шума на аэродромах государственной авиации.

## **2 Звукоизолирующие характеристики кабин воздушных судов государственной авиации**

Один из ключевых аспектов обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности летного состава государственной авиации – звукоизоляция кабин воздушных судов.

Исследование звукоизоляции кабин воздушных судов маневренной авиации в аспекте обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности летного состава проведено для двух типов воздушных судов маневренной авиации: самолетов Су-24 и Су-34 [7]. Звукоизоляцию кабины воздушного судна оценивали с помощью двух шумомеров. Один шумомер располагали в кресле закрытой кабины воздушного судна, а другой – снаружи, около внешнего источника шума возле самолета. ВС находилось на стоянке на открытом воздухе с использованием системы опоры и с герметически закрытой кабиной при убранном шасси. В качестве внешнего источника шума применяли средства наземного обеспечения полетов (аэродромный кондиционер, установка проверки гидросистем и др.), которые располагали напротив кабины воздушного судна на удалении 10-15 м. Запись сигналов на шумомерах синхронизировалась по времени. Звукоизоляцию кабины воздушного судна оценивали по разнице результатов измерений.

Измерение показателей акустической обстановки проводили с помощью цифрового шумомера SVAN-945A (анализатор спектра 1-го класса), который предназначен для акустических измерений, мониторинга шума окружающей среды и оценки уровней шума на рабочих местах в соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 и ГОСТ 22283-88.

При исследовании звукоизоляции кабины воздушного судна по эквивалентному уровню звука, являющемуся интегральным показателем в области инфразвукового и звукового диапазонов, установлено, что этот показатель колеблется от 25 до 31 дБА (у Су-24 этот показатель больше на 3 дБА). Изучение спектрального состава показало, что в низкочастотном, инфразвуковом и высокочастотном диапазонах звукоизоляция достигала максимальных значений (32-45 дБ). В среднечастотном диапазоне значение звукоизоляции не превышало 30 дБ.

Изучение звукоизоляции воздушного судна Су-24 при убранных шасси, т.е. в условиях наиболее близкого моделирования геометрии планера во время полета, показало снижение диапазона колебания звукоизоляции, что может указывать на повышение звукоизоляции кабины воздушного судна, особенно в области инфразвука.

Анализ показателей акустической обстановки за весь период полета (прогрев двигателей, рулежка, взлет, полет на высоте, посадка) показал, что в кабине воздушного судна имеется широкополосный шум с инфразвуковой составляющей, и летный состав в течение полета подвергается одновременно воздействию шума и инфразвука. Уровни звукового давления в звуковом диапазоне во всех октавах колеблются от 80 до 96 дБ, в инфразвуковом диапазоне – от 58 до 86 дБ (это указывает на то, что шум интенсивный). Летный состав подвергается многочасовому действию шума на протяжении летной смены, которая, как правило, длится от 6 до 8 ч, и полеты (активный период акустической нагрузки) чередуются с периодами «отдыха» (пассивный период акустической нагрузки).

Анализ диапазона колебаний эквивалентного общего уровня звукового давления и максимального общего уровня звукового давления, а также эквивалентного и максимального уровней звука в кабине воздушного судна на различных этапах выполнения полетного задания показал, что эквивалентный общий уровень звукового давления колебался от 89 до 109 дБ Лин, достигая максимальных значений при взлете воздушного судна. Максимальный общий уровень звукового давления находился в диапазоне 101–119 дБ Лин, он был наибольшим при взлете. Эквивалентный уровень звука колебался от 82 до 106 дБА, достигая максимума при взлете. Максимальный уровень звука находился в диапазоне 85–113 дБА, был наибольшим при взлете воздушного судна. Сравнение показало, что в звуковом диапазоне в кабине Су-34 показатели были несколько выше, чем в кабине Су-24.

В кабине воздушного судна акустические параметры достигают максимальных значений (112-113 дБА) при взлете, что обусловлено работой двигателей, соответствующей максимально допустимому числу оборотов и наибольшей тяге двигателя с использованием форсажа: взлетному режиму соответствует взлетная мощность, которая составляет 110-120 % номинальной мощности двигателя. Поскольку режим является напряженным, то время работы в нем ограничивается несколькими минутами. В этот период значения показателей акустической обстановки существенно превышают предельно допустимые. В процессе выполнения горизонтального полета на заданной высоте двигатели работают в режиме номинал (85-90 % максимума оборотов) или крейсерский (65-80 % максимума оборотов), что ведет к снижению в кабине воздушного судна шума (до 100 дБА) и инфразвука (до 101 дБ Лин). Эти показатели превалируют в интегральной структуре шума и инфразвука, так как от общего времени выполнения полетного задания на горизонтальный полет приходится до 90 %. На этапе «рулежка после посадки» акустические показатели еще больше снижаются из-за перехода работы двигателя в режим малого газа (ниже 65 % максимума оборотов). Таким образом, режим работы авиационных двигателей определяет уровень шума в кабине воздушного судна, а силовую установку воздушного судна необходимо рассматривать в качестве основного источника шума на рабочем месте летного состава.

На основании профессиональной циклограммы установлено, что на рабочих местах летного состава эквивалентный уровень звука равен 97 дБА (Су-24) и 99 дБА (Су-34), т.е. значительно превышает предельно допустимое значение (80 дБА): на 17 и 19 дБА соответственно.

Субъективное сравнение характеристик шума двух типов воздушных судов показывает, что шум, образующийся при работе двигателей Су-34, - более интенсивный и воспринимается летным составом как высокочастотный, так как максимум энергетического спектра приходится на область высоких звуковых частот. Шум при работе двигателей Су-24 - незначительно меньше и воспринимается более низкочастотным, так как УЗД в области инфразвуковых, низких и средних звуковых частот выше, чем у Су-34. Летный состав оценивает акустическую обстановку в кабине Су-34 во время полета как более комфортную.

Наличие в комплекте защитного снаряжения летного состава защитного шлема не требует использования дополнительных средств индивидуальной защиты от шума. Согласно ОТТ ВВС-2015 он обеспечивает ослабление звука не менее 15-35 дБ в полосе частот от 125 Гц до 8 кГц, что превышает реальную разницу между УЗД в кабине и предельно допустимыми уровнями, которая в указанной полосе частот составляет не более 15 дБ.

Анализ акустических параметров шума, образующегося в кабине во время полета, показывает, что по своим характеристикам (широкополосный с инфразвуковой составляющей) он соответствует характеристикам шума при работе двигателей в наземных условиях. Поэтому можно утверждать, что источником шума в кабине воздушного судна во время полета являются силовые установки. При этом акустические колебания имеют не только аэродинамическое происхождение, но и обусловлены появлением структурного шума, образующегося при работе двигателей, жестко связанных с корпусом планера (т.е. за счет образования единой вибрирующей конструкции). Как правило, такой шум имеет спектральную характеристику источника [7].

Обращает на себя внимание, что спектр шума в кабине смещен влево и его максимум приходится на область 250-1000 Гц у Су-24, что соответствует спектру низко- и среднечастотного шума, а у Су-34 он находится в диапазоне 1-2 кГц, являясь высокочастотным. Это совпадает с субъективной оценкой летным составом шума на рабочих местах.

Анализ разницы между УЗД по октавным полосам снаружи при работе двигателей и внутри кабины во время полета Су-24 показал, что наименьших значений она достигала в области инфразвука (10-15 дБ), в области низких и высоких частот звукового диапазона она была наиболее выраженной – 23-24 дБ и 23-28 дБ соответственно. У Су-34 разница между показателями была минимальной в области инфразвукового и низкочастотного звукового диапазонов 16-19 дБ и 13-19 дБ соответственно, а в области высоких частот — наибольшей (16-27 дБ). Это указывает на то, что в кабине воздушного судна звукоизоляция в области инфразвуковых и низких частот снижается по сравнению со средними и высокими частотами. То есть в полете увеличивается внешняя акустическая мощность в области низких частот и инфразвука. Это обусловлено преодолением воздушного сопротивления и формированием пограничного слоя воздуха вокруг планера, что приводит к образованию аэродинамического низкочастотного шума [1]. Такой механизм может оказывать влияние и на смещение акустических спектров в кабине влево.

В области инфразвука разница между уровнем звукового давления снаружи и внутри кабин обоих типов воздушных судов (10-36 дБ) практически соотносится со значениями звукоизоляции (16-36 дБ). В низкочастотном звуковом диапазоне (31,5-125 Гц) значение звукоизоляции (26-45 дБ) начинает превышать разницу между уровнями звукового давления снаружи и внутри кабины, особенно у Су-34 (13-24 дБ). В среднечастотном диапазоне (250-500 Гц) разница между указанными значениями достигает больших значений — соответственно 23-30 и 10-16 дБ. В высокочастотном диапазоне она становится несколько меньшей (13-28 дБ). Максимальных значений разница достигает при сравнении величин по эквивалентному уровню звука. Моделирование формы и геометрии Су-24, близкое к условиям полета путем уборки шасси, способствовало небольшому увеличению звукоизоляции кабины, особенно в области инфразвука.

Таким образом, подтверждается, что звукоизоляция кабины маневренных воздушных судов государственной авиации во время полета в области инфразвуковых и низких частот ухудшается, а в области средних и высоких частот она сохраняется на прежнем уровне. В кабине Су-34 звукоизоляция в области высоких частот хуже по сравнению с Су-24, что можно объяснить более высокой мощностью силовой установки. В целом кабины маневренных воздушных судов государственной авиации хорошо защищены от внешних акустических колебаний. Этому способствует ряд их конструктивных особенностей (герметичность кабины, металлический корпус и дополнительная защита капсулы создают большую массу, высокая звукоотражающая способность металлического корпуса, цилиндрическая форма капсулы и воздушного судна) [7, 8]. Перечисленные факторы соответствуют основным требованиям обеспечения эффективной звукоизоляции, особенно в области инфразвука.

### 3 Персоналифицированный мониторинг акустической безопасности

Наиболее приемлемым способом обеспечения акустической безопасности личного состава государственной авиации являются технологии индивидуальной и коллективной защиты от шума [1, 9-11].

Проблема акустической безопасности профессиональной деятельности личного состава государственной авиации усугубляется отсутствием или нехваткой табельных средств индивидуальной и коллективной защиты от шума, обеспечивающих эффективную защиту персонала. Применяемые средства защиты от шума, как правило, снижают функциональный комфорт профессиональной деятельности, что приводит к неправильному использованию или к неиспользованию средств защиты и существенно повышает риски здоровью и работоспособности [1, 12]. Кроме того, паспортные характеристики акустической эффективности средств защиты от шума, полученные в специальных условиях, оказываются существенно завышенными по сравнению с реальной эффективностью в связи с неправильным их использованием, а также снижением упруго-пластичных характеристик амбушуров в процессе эксплуатации. Также следует отметить, что защитные свойства существующих средств индивидуальной защиты от шума в области низких и инфразвуковых частот практически отсутствуют.

Одним из перспективных направлений обеспечения акустической безопасности личного состава государственной авиации является реализация технологий персоналифицированного акустического мониторинга, основанных на применении индикаторов опасности акустической обстановки, функционирующих в режиме реального времени [13-16].

Персоналифицированный индикатор опасности акустической обстановки – это персональный информационно-измерительный прибор, обеспечивающий мониторинг акустической обстановки во всем нормируемом частотном диапазоне в реальном времени с информированием о ее опасности. В рассчитываемой оценке опасности, определяемой величиной риска здоровью и работоспособности, можно учесть индивидуальные особенности здоровья, характеристики применяемых средств защиты и особенности профессиональной деятельности (продолжительность выполнения работы, двигательную активность и т.п.). Методики таких расчетов для различных социо-профессиональных групп работников широко представлены в литературе [1, 17].

Информирование об опасности осуществляется с использованием световых, звуковых или вибрационных сигналов (например, зелёный непрерывный сигнал – низкий риск; жёлтый непрерывный сигнал – выраженный риск; красный непрерывный сигнал – высокий риск; красный пульсирующий сигнал – очень высокий риск). Кроме того, используя миниатюрное табло, можно отображать оценку резервного времени сохранения работоспособности в конкретных условиях акустической обстановки.

Информация, получаемая с помощью индикаторов опасности акустической обстановки, может накапливаться в медико-дозиметрическом регистре и периодически (в зависимости от особенностей профессиональной деятельности) обрабатываться в интересах формирования персоналифицированных рекомендаций по сохранению здоровья [1, 18].

Такая информация может в реальном времени передаваться для централизованного мониторинга условий труда персонала коллектива, позволяя принимать превентивные меры, направленные на сохранение здоровья и поддержание работоспособности.

Типовой индикатор опасности акустической обстановки включает измеритель, сигнально-информационное табло, вычислитель, блок питания, блок усилителей, блок фильтров, блок детектирования, микропроцессор, блок управления; блок ввода информации, оперативное запоминающее устройство, постоянное запоминающее устройство, коммутатор [12, 15].

Кумулятивные эффекты акустических факторов профессиональной деятельности учитываются с использованием процедуры «скользящего окна», длительность которой определяют исходя из особенностей профессиональной деятельности и особенностей, сопровождающих её выполнение акустических факторов (интенсивность, время экспозиции, спектральный состав акустических колебаний).

Индикатор опасности акустической обстановки размещают в зоне рабочих мест личного состава государственной авиации или закрепляют на одежде (обмундировании, снаряжении), не создавая помех профессиональной деятельности. При этом измеритель, входящий в состав индикатора опасности акустической обстановки, ориентируют так, чтобы беспрепятственно регистрировать уровень шума, а сигнально-информационное табло должно находиться в зоне видимости работника. С учетом достижений микроэлектроники и информационно-телекоммуникационных технологий индикатор может быть реализован в миниатюрном исполнении.

При начале выполнения профессиональной деятельности индикатор включают (активируют). С этого момента он начинает регистрацию показателей акустической обстановки: на основе текущего уровня звукового давления и характеристик накопленной дозы шума определяется акустическая опасность окружающей обстановки. Если сигнально-информационное табло светится зеленым – средства защиты от шума можно не применять. При свечении табло желтым или красным следует применять средства индивидуальной и коллективной защиты от шума (в соответствии с особенностями профессиональной деятельности) до тех пор, пока свечение табло снова не станет зеленым.

С учетом наличия в составе индикатора опасности акустической обстановки постоянного запоминающего устройства он может выступать как персонифицированный акустический дозиметр, сохраняя накопленную пользователем стажевую дозу шума и другие показатели, характеризующие кумулятивные эффекты опасной акустической обстановки.

При необходимости определения опасности акустической обстановки с учетом характеристик средств индивидуальной защиты от шума измеритель следует разместить на внутренней поверхности средства, обеспечив, при возможности, его нахождение на расстоянии от тела (одежды под средством). В этом случае связь измерителя с остальными компонентами индикатора опасности акустической обстановки следует обеспечивать по беспроводному протоколу, обеспечивая заметность индикатора опасности акустической обстановки при выполнении работником задач профессиональной деятельности.

Для централизованного мониторинга работоспособности многих работников в реальном времени коммутатор индикатора опасности акустической обстановки должен быть выполнен с возможностью реализации передачи информации по беспроводному протоколу в пункт мониторинга.

Если профессиональная деятельность работников осуществляется в большом помещении (например, сборочный цех), акустическую обстановку в котором можно считать однородной (например, она определяется внешним источником шума и шумом системы вентиляции), используют один индикатор, размеры сигнально-информационного табло выбирают с учетом обеспечения его заметности всеми работниками. В этом случае показатели неблагоприятных кумулятивных эффектов воздействия шума для конкретного работника следует определять с учетом его рабочего графика (нахождения в помещении в конкретные моменты времени).

Этот же подход применим при использовании средств коллективной защиты от шума. Например, индикатор оборудуют двумя сигнально-информационными табло: одно размещают снаружи средства коллективной защиты (для сигнала работникам зайти в средство коллективной защиты), а другое – внутри средства (для сигнала о возможности покинуть средство коллективной защиты при нормализации акустической обстановки). В этом случае допустимо применение в составе индикатора опасности акустической обстановки нескольких пространственно разнесенных измерителей с определением показателей текущей акустической обстановке по «наиболее опасным» показаниям одного из измерителей.

Применение персонифицированных индикаторов опасности акустической обстановки обеспечивает объективный мониторинг акустической обстановки в месте нахождения работника, позволяя оценить в реальном времени и выявить изменения рисков здоровью и работоспособности, обусловленные воздействием акустических факторов, с информированием работников и, при необходимости, руководителей. Внедрение системы медицинского контроля с использованием медико-дозиметрического регистра позволит объективно оценить весь комплекс организационных и медико-технических мероприятий по сохранению здоровья работников, профессиональная деятельность которых сопряжена с воздействием потенциально опасного промышленного и производственного шума.

## **Заключение**

Обеспечение акустической безопасности личного состава государственной авиации является неотъемлемым условием эффективной эксплуатации воздушного транспорта. Изложенные результаты в части определения границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия, анализа звукоизоляции кабин воздушных судов и обеспечения персонифицированного акустического мониторинга открывают новые возможности для проверки, корректировки и обоснования управленческих решений, направленных на обеспечение работоспособности, функциональной надежности, сохранения здоровья и продления профессионального долголетия личного состава государственной авиации.

## Литература

1. *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.
2. *Картышев О.А.* Построение зон воздействия авиационного шума вблизи аэропортов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2010. № 160. – С. 148-158.
3. *Солдатов С.К., Зеленин А.Н., Филатов В.Н., Богомолов А.В.* Анализ гигиенической оценки электромагнитной обстановки на селитебной территории вблизи военных аэродромов // Медицина труда и промышленная экология. 2020. Т. 60. № 9. – С. 627-629.
4. *Картышев О.А.* Разработка методики и программы проведения измерений авиационного шума на аэродроме "Остафьево" // Экология и промышленность России. 2010. № 3. – С. 24-26.
5. *Дроздов С.В., Драган С.П., Богомолов А.В., Сулейманов А.Э.* Метод определения скорости воздушных судов по акустическим измерениям на местности // Вестник Московского университета. Серия 3: Физика. Астрономия. 2020. № 5. – С. 70-74.
6. *Драган С.П., Богомолов А.В., Дроздов С.В., Котляр-Шапиров А.Д.* Исследование погрешности акустических измерений при различных углах падения акустических волн на измерительный микрофон // Датчики и системы. 2020. № 3 (245). – С. 32-38.
7. *Драган С.П., Зинкин В.Н., Солдатов С.К., Харитонов В.В., Сомов М.В., Мищенко А.А.* Звукоизолирующие характеристики кабин маневренных воздушных судов государственной авиации // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 9. – С. 71-76.
8. *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.
9. *Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В.* Избыточный риск потерь слуха от шума: проблема выбора показателей и критериев // Вестник оториноларингологии. 2020. Т. 85. № 6. – С. 27-33.
10. *Картышев О.А., Кирюшина Н.К., Пинигин М.А.* Предложения по оценке ущерба здоровью человека от воздействия авиационного шума // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2020. № 31. – С. 54-65.
11. *Денисов Э.И.* Шум на рабочем месте: ПДУ, оценка риска и прогнозирование потери слуха // Анализ риска здоровью. 2018. № 3. – С. 13-23.
12. *Богомолов А.В., Драган С.П.* Автоматизированный мониторинг и технологии обеспечения акустической безопасности персонала // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 4. – С. 25-30.
13. *Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К.* Технология прогностического мониторинга работоспособности операторов, работающих в условиях воздействия авиационного шума, на основе персонифицированных индикаторов опасности акустической обстановки // Математические методы в технике и технологиях. 2020. Т. 5. – С. 77-80.
14. *Богомолов А.В., Драган С.П.* Метод акустической квалитметрии средств коллективной защиты от шума // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 8. – С. 755-759.
15. *Ушаков И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К.* Методологические основы персонифицированного акустического мониторинга // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. – С. 33-39.
17. *Драган С.П., Богомолов А.В.* Метод оценивания акустической безопасности человека // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2021. Т. 13. № 1. – С. 259-278.
18. *Пономаренко В.А., Солдатов С.К., Филатов В.Н., Богомолов А.В.* Обеспечение персонифицированной акустической защиты авиационных специалистов (практические аспекты) // Военно-медицинский журнал. 2017. Т. 338. № 4. – С. 44-50.