

Медико-биологические эффекты импульсных шумов и особенности их гигиенического нормирования (обзор)

В.В. Симухин, начальник лаборатории

А.А. Ворона, главный научный сотрудник, профессор, д-р мед. наук

А.В. Богомолов, старший научный сотрудник, профессор, д-р техн. наук

Ю.А. Кукушкин, ведущий научный сотрудник, профессор, д-р техн. наук

С.П. Рыженков, заместитель начальника центра, канд. мед. наук

Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической медицины и военной эргономики) 4 Центрального научно-исследовательского института Минобороны России, г. Москва

e-mail: simuxinvv@gmail.com, a.v.bogomolov@gmail.com, kukushkina@gmail.com

Ключевые слова:

импульсный шум,
гигиеническое нормирование,
медико-биологический эффект,
защита от шума,
медико-биологическая акустика.

Описаны особенности импульсных шумов как опасных техногенных факторов, обобщены представления о медико-биологических эффектах действия импульсных шумов и изложены современные подходы к их гигиеническому нормированию

1. Введение

Импульсный шум является техногенным фактором окружающей среды, характерным для работников ряда профессий, в том числе сотрудников, профессиональная деятельность которых связана с использованием огнестрельного оружия, авиационных специалистов, военнослужащих многих специальностей и др. [1—10]. Повышение мощности и энерговооруженности технических систем обуславливают увеличение интенсивности и времени экспозиции шумов, образующихся при их эксплуатации.

В последнее время актуальны исследования особенностей воздействия импульсного шума при применении так называемого оружия несмертельного действия, основанного на использовании высокоинтенсивного шума в качестве поражающего фактора (звукового оружия), ущерб здоровью и физическому состоянию людей при этом должен быть сведен к минимуму. В частности, в США создано дальнедействующее акустическое устройство LRAD для оснащения военных подразделений и полиции, которое впервые использовано в 2005 г. для отражения нападения пиратов у берегов Сомали, а позднее многократно применялось подразделениями полиции различных стран [11, 12]. Поэтому исследования медико-биологи-

ческих эффектов импульсных шумов и особенностей их гигиенического нормирования актуальны для обеспечения безопасности жизнедеятельности человека.

2. Импульсные шумы и особенности их нормирования

Под импульсным в нормативах понимается шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, длительностью каждого из которых не превышает 1 с. Воздействие постоянных и большинства непостоянных шумов детально исследовано и регламентировано государственными нормативными документами. Для импульсных шумов воздействие гигиенически ограничивается 125 дБА, более высокие уровни рассматриваются как факторы профессиональной вредности, а в отношении более интенсивных шумов действует ограничение: «Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе...» [13, 14].

Нормирование импульсного шума от гражданского оружия самообороны проводится согласно приложению № 1 «Нормы допустимого воздействия патронов светозвукового действия к огнестрельному бесствольному оружию отечественного производ-

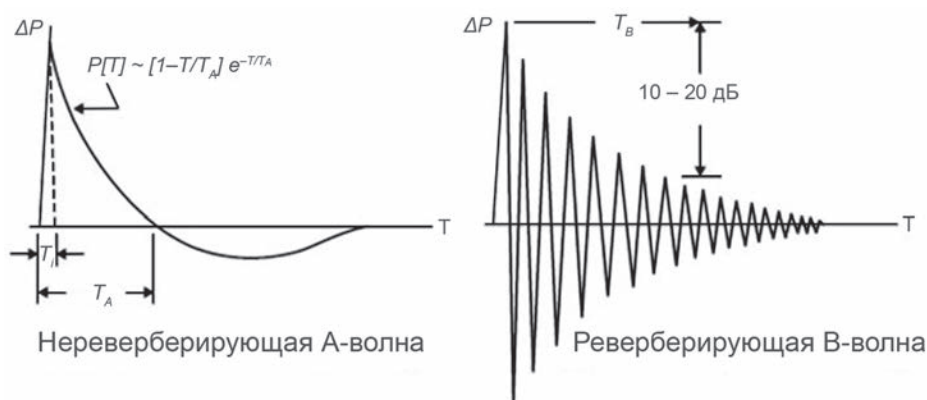


Рис. 1. Основные импульсные шумовые профили время–давление [8] (ΔP – избыточное давление звуковой волны, T – время, T_A – длительность импульса нереввербирующей А-волны, T_B – длительность импульса ревербирующей В-волны, T_i – время нарастания импульса)

ства» к [15]. Оно ограничивает допустимый пиковый уровень звукового давления (УЗД) одиночного акустического импульса в зависимости от его длительности: 145 дБ при 1,0–20,0 мс, 140 дБ при 20,0–100,0 мс, 135 дБ при 100,0–200,0 мс, также должны отсутствовать органические повреждения слухового анализатора. Область применения этого норматива ограничивается только гражданским оружием самообороны.

Предельно допустимая величина УЗД воздействующего импульса для условий гражданской жизнедеятельности в странах ЕС составляет 140 дБ, в Великобритании — 150 дБ. При нормировании импульсных шумов, возникающих при выстреле из огнестрельного оружия, руководствуются специальными нормативами: например, нормативом № 00-27/1 министерства обороны Великобритании для воздействия акустического импульса длительностью 1 мс предельно допустимое УЗД составляет 165 дБ, длительностью 20 мс — 155 дБ.

Выделение в шуме двух основных типов импульсов — нереввербирующей А-волны и ревербирующей В-волны (рис. 1) — характеризует импульс величинами пикового УЗД, продолжительности и числа импульсов [8], но пренебрегает другими потенциально важными факторами, например время нарастания, спектр [9] и временная диаграмма [16, 17].

3. Гипотеза равной энергии в исследовании воздействия импульсных шумов

Для исследования воздействия импульсного шума при различных его характеристиках многие авторы применяют гипотезу равной энергии. Указанная гипотеза представляет собой расширение принципа *постоянной энергии*, предложенного Элдредом с соавторами и используется как общая схема исследования большинства воздействий, в которых общая энергия шумового воздействия выступает критерием потери слуха [18].

Для уточнения области применения гипотезы равной энергии были проведены экспериментальные исследования. Эксперименты проводились на грызунах шиншиллах (Chinchilla). В первом эксперименте шиншиллы на протяжении 5 дней подвергались воздействию шума в одном из четырех вариантов условий: четыре импульса с УЗД 107 дБ в секунду, один импульс с УЗД 113 дБ в секунду, один импульс с УЗД 119 дБ каждые 4 секунды и один импульс с УЗД 125 дБ каждые 16 с (рис. 2) [19].

Во втором эксперименте (рис. 3) шиншиллы подвергались воздействию таких же типов импульсов, как и в первом эксперименте, но УЗД оставалось постоянным, а длительность воздействия изменялась [10]. Акустическая энергия всех этих воздействий была одинаковой, но, если бы потеря слуха зависела

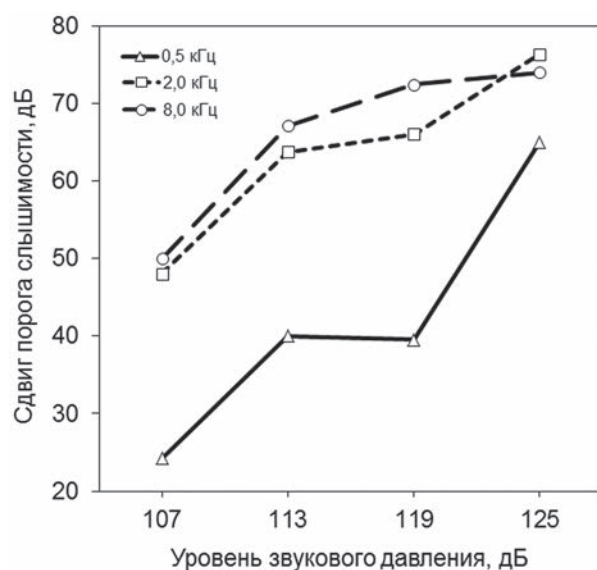


Рис. 2. Средний показатель асимптотических пороговых изменений (ATS) в группах при воздействии импульсного шума равной длительности (В-длительность 170 мс) с УЗД 107–125 дБ

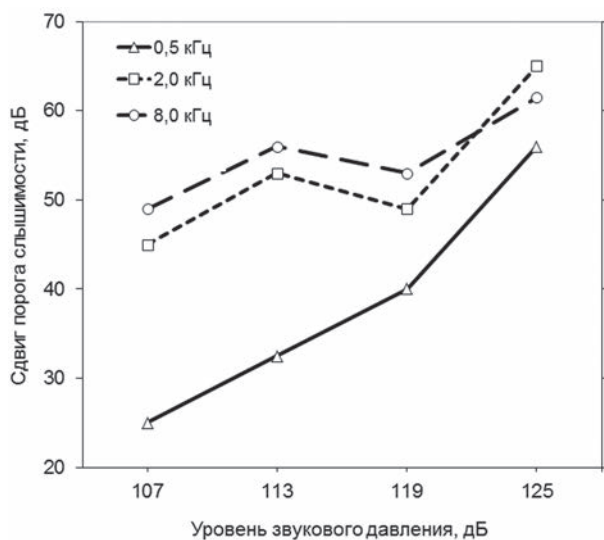


Рис. 3. Результаты изменения ATS при равной акустической энергии воздействия

от полной энергии, то у животных всех групп должны быть те же самые уровни асимптоматических пороговых изменений (ATS). Однако в обоих экспериментах отмечена значительная (на 30–40 дБ) потеря слуха при воздействии импульсного шума при увеличении УЗД с 119 до 125 дБ.

Таким образом, гипотезу равной энергии целесообразно использовать для исследования воздействия одиночных импульсных шумов с различными физическими характеристиками, но для исследования воздействия повторяющихся импульсных воздействий применять ее не следует.

4. Методы определения продолжительности действия импульсного шума

При едином подходе к определению амплитудных характеристик акустических импульсов в биоакустике используют различные методы расчета продолжительности их воздействия, в том числе метод, принятый в США и Англии, и метод, разработанный в Германии.

В США и Англии определение продолжительности воздействия импульса дифференцируется в зависимости от формы кривой давления на осциллограмме. Для импульсов, имеющих аperiodическую форму, время воздействия определяется на уровне нулевой линии от начала процесса до точки пересечения нисходящего отрезка кривой с нулевой линией (А-длительность). Для импульсов, характеризующихся несколькими постепенно затухающими колебаниями звукового давления, время воздействия измеряется на уровне условных линий, проведенных ниже пика максимальной амплитуды давления

на 20 Б, продолжительность отдельных флюктуаций звукового давления суммируется (В-длительность).

Исследователи в Германии и России определяют продолжительность действия импульсного шума интервалом (суммой интервалов) времени, в пределах которого положительные и отрицательные значения УЗД превышают по абсолютной величине значение, которое на 10 дБ меньше, чем уровень пикового давления (С-длительность, или эффективная длительность).

При гигиеническом нормировании импульсного шума большое значение имеют также период следования импульсов и общая (суммарная) продолжительность действия фактора.

Установлены следующие особенности действия импульсного шума [20]:

- импульсный шум может повредить улитку уха прямым механическим воздействием;
- к критериям риска повреждения от импульсного шума относятся УЗД, продолжительность импульса и их число. Но в действии импульсного шума важны и другие характеристики — временная структура, форма волны, время нарастания;
- эффекты импульсного шума часто не согласуются с принципом равной энергии;
- импульсный шум взаимодействует с фоновым шумом.

5. Медико-биологические эффекты действия импульсных шумов

Проблема воздействия импульсного шума на организм возникла в ходе исследований влияния стрельбы из огнестрельного оружия на здоровье человека. Установлено, что вследствие влияния импульсного шума, как и постоянного, развиваются неблагоприятные изменения со стороны слухового анализатора. При этом некоторые исследователи считают, что импульсный шум с УЗД от 80 до 100 дБ оказывает более выраженное влияние на орган слуха, чем высоко- и среднечастотный шум стабильного характера, вызывая более глубокую (в среднем на 10 дБ) потерю слуха. Объясняя это явление, отдельные ученые указывают, что длительность акустического рефлекса (100–300 мс) слишком велика для импульсного шума и не обеспечивает достаточную защиту от кратковременных звуков [2, 6, 21].

При экспериментальном исследовании воздействия импульсного шума на порог слуховой чувствительности испытуемых установлена зависимость биологических эффектов от длительности импульсов. Наиболее выраженные изменения отмечены при длительности импульса, равной 1000 мс, а с уменьшением длительности звуковых импульсов (при сохранении равной энергии) снижается и биологическая активность шума. Выявлено также, что с увеличением ча-

стоты следования импульсов до определенного предела (30 имп/с) снижение слуховой чувствительности становится менее выраженным. Нарушения слуховой чувствительности усугубляются с уменьшением времени нарастания звукового давления (более резком нарастании УЗД) и с увеличением неопределенности интервалов ожидания следующего импульса, а также при увеличении перепада между максимальными и фоновыми значениями уровней звука.

Ведущая роль в развитии патологических изменений со стороны слухового анализатора принадлежит амплитуде импульса. Установлено, что по достижении импульсным шумом УЗД 135-140 дБ в органе слуха экспериментальных животных (кроликов) наступают органические поражения, а действие шума с УЗД 150 дБ и выше сопровождается резко выраженными изменениями в улитке, вплоть до разрушения кортиева органа [2, 22].

Показано также, что импульсное звуковое воздействие вызывает более выраженное падение микрофонного и нервного компонентов ответа улитки, чем при действии постоянных звуков. В наружных волосковых клетках выявляются более глубокие дегенеративные изменения при действии импульсного шума, чем при действии постоянного [6]. В то же время показано, что импульсный шум оказывает большее влияние на наружные волосковые клетки, а постоянный — на внутренние [2, 6].

Воздействие импульсного шума вызывает изменения в центральной нервной системе, о чем свидетельствуют результаты экспериментального изучения импульсных и постоянных шумовых нагрузок на человека и лабораторных животных [2, 6, 22]. В частности, воздействие импульсного шума вызывает возбуждение и агрессивность у подопытных животных, яркое нарушение их условно-рефлекторной деятельности, а воздействие постоянного шума угнетает их реакции [2, 22].

Доказано, что центральная нервная система особенно чувствительна к динамическим параметрам шумового воздействия [21, 23, 24]. Исследования высшей нервной деятельности человека позволяют предположить, что неблагоприятные последствия импульсного воздействия возрастают при некоторых условиях. К ним относятся: увеличение длительности импульсов до 1 с, частота следования импульсов — менее 30 в 1 ч (максимум — 16,7 имп/с), превышение УЗД импульса над фоновыми значениями более чем на 10 дБ (максимальное влияние при разности 20 дБ), уменьшение времени нарастания положительной фазы импульса менее 100 мс, увеличение неопределенности последовательности импульсов.

При исследовании физиологических функций человека, подвергающегося воздействию импульсного шума, большое внимание обращают на состояние сер-

дечно-сосудистой системы. Еще в 1959 г. О.П. Шепелин обратил внимание на то, что действие этого фактора приводит обычно к повышению систолического и диастолического артериального давления, сужению кровеносных сосудов кисти руки [25]. Установлено, что при воздействии импульсного шума происходит развитие регионарной церебральной гипертензии, при этом существует возможность появления не только гипертонических, но и гипотонических состояний [2, 5, 7, 25]. Известно, что работники, подвергающиеся воздействию производственного импульсного шума, чаще жалуются на боли в области сердца и сердцебиение, чем работающие при постоянном шуме [6, 26]. Действие импульсного шума вызывает тахикардию, которую можно сравнить с реакцией организма на длительный изнуряющий труд [2, 5, 6]. Имеются сведения о неблагоприятном действии интенсивного импульсного шума на органы дыхания, что может служить предпосылкой развития таких структурных нарушений, как хронические неспецифические заболевания легких по типу обструктивного бронхита и очаговой эмфиземы [25].

Итак, можно говорить, что медико-биологические эффекты действия импульсного шума во многом сходны с эффектами действия постоянного шума. Импульсный шум, как и постоянный, оказывает специфическое воздействие на слуховую систему, однако при этом потеря слуха более глубокая и развивается быстрее. Значительные изменения появляются и со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, вестибулярного аппарата, нарушается обмен веществ и регуляции физиологических функций организма. При этом импульсное акустическое воздействие более агрессивно, к нему труднее адаптироваться.

6. Особенности экстраполяции результатов медико-биологических исследований действия импульсного шума

Исследования влияния импульсного шума высокой интенсивности, как правило, проводятся на животных с дальнейшей экстраполяцией полученных результатов на человека. Для допустимости переноса экспериментальных данных с животных на человека необходимо соблюдать условие моделирования, а именно принцип подобия экспериментальной модели процессу, который она должна воспроизвести, в том числе, возникающему при воздействии какого-либо фактора окружающей среды [27–29]. Принцип подобия должен реализоваться через критерии подобия: сходство морфо-физиологических характеристик у человека и выбранной модели; общность метаболизма веществ; единство критических органов и систем, реагирующих на то или иное воздействие, и, как следствие, воспроизводимость симптомов процесса [30].

Кроме того, необходимо учитывать временной фактор развития патологического процесса у человека и используемого животного. Поэтому при моделировании любых процессов, изменяющихся во времени, необходимо определить степень подобия модели и по временному критерию, что можно сделать путем расчета соответствующих коэффициентов.

Для корректной экстраполяции экспериментальных данных, полученных на животных, необходимо комплексно представлять существо процессов и вскрыть основные закономерности, которые подлежат переносу на человека. При экстраполяции необходимо учитывать, что между результатами наблюдения на людях и исследованиями на лабораторных животных имеются не только количественные, но и некоторые качественные различия [27, 31–33].

Сформулированы два направления экстраполяции экспериментальных данных медико-биологических исследований на человека [34]. Одно из них может быть обозначено как формальное и сводится к сопоставлению изменения отдельных показателей у животных и человека при воздействии одного и того же фактора. Второе направление основано на знании и понимании общих закономерностей видовых различий в реакции на воздействие какого-либо фактора различной силы. В этом случае в качестве основных критериев рассматриваются закономерности развития процессов повреждения и восстановления у разных видов животных и у человека.

Считается [27], что скрининговые исследования необходимо проводить преимущественно на мелких животных (мышьях, крысах, хомячках и др.), а углубленные — как на мелких (мышьях, крысах, хомячках, морских свинках, кроликах и др.), так и на крупных (собаках, миниатюрных свиньях, овцах, обезьянах и др.) животных. У крупных животных строение и функциональные особенности ряда органов и систем ближе к человеку, чем у грызунов.

7. Принципы гигиенического нормирования импульсных шумов

Под *гигиеническим нормативом* понимают количественные показатели факторов окружающей среды, характеризующие безопасный уровень их влияния на состояние здоровья. Гигиеническое нормирование шума, относящееся к наиболее сложным медико-биологическим проблемам, должно базироваться на основополагающих общетеоретических принципах. В их число входят [35]:

- гарантированность, т. е. гигиенический норматив должен обеспечивать сохранение здоровья и работоспособность людей;
- комплексность, предполагающая учет одновременного действия на организм всех основных

факторов среды при выделении ведущего или системообразующего;

- дифференцированность, т. е. гигиенические нормативы различаются для разных объектов, например, регламентация показателей предельно допустимого уровня шума и концентрации вредных веществ для цехов, лабораторных, судовых помещений различного назначения и т. д.;
- динамичность, т. е. периодический пересмотр нормативов в связи с углублением познания сущности фактора, расширением объема методических приемов, а также с изменением характеристик самого фактора;
- популяционность, основанная на индивидуальной вариабельности ответных реакций организма на один и тот же фактор окружающей среды, т. е. каждый гигиенический норматив адресуется определенной популяции;
- опережение, т. е. каждый гигиенический норматив должен быть научно обоснован до этапа производства и внедрения соответствующих объектов.

Гигиеническое нормирование импульсного шума следует проводить комплексно, на основе разнообразных гигиенических, физиологических, клинических и социальных показателей. На основе выбранных методов определяются ранние признаки развития нарушений в функционировании органов и систем, учитываются опосредованные реакции организма в целом. В результате устанавливается порог неблагоприятного действия шума (учитывающий порог действия на отдельные органы и системы), который выступает в качестве предельно допустимого (с учетом изложенных выше критериев определения нормативного уровня).

8. Регламентация уровня импульсного шума, воздействующего на человека

При регламентации шума наряду с оптимальными (гарантирующими сохранение здоровья и работоспособности при неограниченном времени воздействия) уровнями определяются также допустимые, предельно допустимые и предельно переносимые уровни. Допустимым считается такой уровень фактора, при котором воздействие не приведет к снижению работоспособности и изменению показателей здоровья. Предельно допустимый уровень (ПДУ) — величина акустических характеристик, при которых возможно ухудшение профессиональной деятельности или здоровья специалистов операторского профиля только за счет снижения сенсорной работоспособности без выхода личного состава из строя. К предельно переносимому уровню относятся значения характеристик шума, при которых возможно ухудшение профессиональной деятельности персонала

в результате снижения его умственной и физической работоспособности.

В нормативных документах, регламентирующих шум, существует следующий подход к трактовке уровней воздействия. В частности, *предельно допустимый уровень шума* трактуется как уровень производственного фактора, воздействие которого при работе установленной продолжительности в течение всего трудового стажа не приводит к травме, заболеванию или отклонению в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений. Такая формулировка подразумевает, что соблюдение гигиенических требований (непревышение ПДУ в процессе выполнения профессиональных обязанностей) должно способствовать сохранению здоровья в течение всего времени работы, а также в отдаленные периоды после прекращения действия неблагоприятного производственного фактора. ПДУ устанавливаются для рабочих мест, при этом оговаривается, что рабочее время не превышает 40 ч в неделю, имеются выходные дни и не гарантируется безопасность сверхчувствительных к шуму лиц.

При *допустимом уровне* акустических колебаний у человека не возникает значительного беспокойства и существенных изменений функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму. Такие нормативы разрабатываются, как правило, для зон жилой застройки.

Нормативные уровни шума, разрабатываемые на основе вышеуказанных принципов, должны исключать развитие неблагоприятных изменений (оговоренных заранее) в организме человека, которые можно выявить современными методами исследований. При этом невозможность в настоящее время реализовать на практике те или иные положения нормативного документа не может служить основанием для занижения требований к нормативам, рекомендуемым для конкретных условий жизни или профессиональной деятельности человека.

9. Способы защиты от шума

Защита от шума может осуществляться с использованием средств индивидуальной и коллективной защиты, а также за счет ограничения длительности рабочей смены, переноса рабочих мест операторов из зоны воздействия шума и др. [2, 36–41].

При распространении шума на открытой местности УЗД снижается по мере удаления от излучателя. При этом поле распространения звука можно условно разделить на зоны поражения, характеризующиеся возникновением повреждений организма различной степени тяжести: от наиболее удаленных зон, где воздействие шума не вызывает каких-либо последствий, до зон со смертельным уровнем воздействия.

Использование защитных экранов позволяет создавать рабочие места с относительно безопасными УЗД в опасных для здоровья зонах. Выбор способа защиты от шума либо их комбинации зависит от безопасного уровня звукового давления, воздействующего на оператора, от экономической целесообразности, технических характеристик образцов вооружения, тактики их применения и технических возможностей современных средств защиты.

Отдаление рабочего места оператора вооружения от источника шума, будучи наиболее эффективным способом защиты, связано со значительным увеличением стоимости комплекса технических средств, снижением надежности управления комплексом и усложнением его эксплуатации. Такой способ защиты может быть успешно реализован только для стационарных технических систем.

10. Заключение

Разработка и корректировка гигиенических требований к импульсному шуму, как вредному и опасному фактору техносферы, предполагают:

- обнаружение, измерение физических характеристик, установление закономерностей распространения шума во времени и пространстве;
- выявление характера и степени влияния шума на организм;
- обоснование гигиенически приемлемых уровней шума в окружающей среде;
- разработку и внедрение технических, технологических и других решений, обеспечивающих соблюдение нормативных уровней шума и, следовательно, ограничение его влияния на организм человека;
- прогнозирование гигиенической ситуации с учетом перспектив технического развития.

При разработке и обосновании гигиенически приемлемых уровней воздействия шума выполняются исследования по следующим направлениям: метрологические исследования, изучение влияния шума на организм человека, экспериментальные исследования биологического действия таких факторов на лабораторных животных, а также работы по практической проверке обоснованности внедряемых нормативов. По результатам исследований составляются предложения о проведении организационно-технических мероприятий по защите персонала, подвергающегося воздействию шума, а также обосновываются рекомендации по их моделированию в лабораторных условиях. При этом определяются основные виды акустических полей и показатели, наиболее полно описывающие физические процессы, изучается акустическая обстановка на рабочих местах, эффективность существующих и перспективных средств защиты.

На следующем этапе изучают влияние шума на здоровье. При этом с учетом результатов исследования, сопоставленных с метрологическими данными, обосновывают мероприятия по охране здоровья людей, подвергающихся воздействию шума, а также определяют основные направления экспериментальных медико-биологических исследований.

В ходе исследований особенностей острого, подострого и хронического действия шума выбирают наиболее информативные акустические показатели и наиболее значимые биологические отклики. Материалы экспериментальных исследований используются при определении пороговых уровней неблагоприятного действия шума, для расчета значений критерия эквивалентности уровня и времени воздействия,

коэффициентов экстраполяции, «надежности» (гигиенического запаса) и других не менее важных поправок и показателей, входящих в гигиенические нормативы акустических колебаний.

На заключительном этапе разработки гигиенических нормативов шума их внедряют и проверяют обоснованность нормативных уровней на практике, осуществляя прогностическую гигиеническую оценку влияния нормируемого фактора на здоровье. При этом обосновывают необходимость корректировки внедренных нормативов, изучают состояние здоровья (в том числе устанавливают и возможные отдаленные неблагоприятные эффекты) людей, подвергающихся воздействию шума нормативного уровня, исследуют тенденции в изменении акустической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Ахметзянов И.М. Шум и инфразвук. Гигиенические аспекты / И.М. Ахметзянов, С.В. Гребеньков, О.П. Ломов — СПб.: Бип, 2002. — 100 с.
3. Берский О.В. Условия труда инженеров испытателей артиллерийского и стрелкового вооружения: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — СПб., 2010. — 22 с.
4. Ахметзянов И.М. и др. Импульсный шум при стрельбе из стрелкового оружия и средств ближнего боя как фактор военного труда // *Военно-медицинский журнал*. — 2012. — Т. 333. — № 6. — С. 52–58.
5. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Драган С.П., Ахметзянов И.М. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука // *Экология и промышленность России*. — 2012. — № 3. — С. 46–49.
6. Суворов Г.А. Импульсный шум и его влияние на организм человека / Г.А. Суворов, А.М. Лихницкий. — Л.: Медицина, 1975. — 208 с.
7. Зинкин В.Н., Богомолов А.В., Ахметзянов И.М., Шешегов П.М. Экологические аспекты безопасности жизнедеятельности населения, подвергающегося воздействию авиационного шума // *Теоретическая и прикладная экология*. — 2011. — № 3. — С. 97–101.
8. Coles R.R. Hazardous exposure to impulse noise / R.R. Coles, G.R. Garinther, D.C. Hodge, C.G. Rice // *J. Acoust. Soc. Am.* Vol.43. 1968. PP. 336–343.
9. Price G.R. Relative hazard of weapon impulses / G.R. Price // *J. Acoust. Soc. Am.* 1983. Vol.73. PP. 556–566.
10. Roberto M. Impact noise and the equal energy hypothesis / M. Roberto, R.P. Hamernik, R.J. Salvi, D. Henderson, R. Milone // *J. Acoust. Soc. Am.* 1985. Vol.77. P. 1514–1520.
11. Vinokur R. Acoustic Noise as a Non-Lethal Weapon / R. Vinokur // *Sound And Vibration* — 2004, N. 10. PP. 19–23.
12. Jauchem J.R. High-Intensity Acoustics for Military Non-lethal Applications — A Lack of Useful Systems / J.R. Jauchem, M.C. Cook // *Military Medicine*. 2007. Vol. 172. N. 2. P. 182–189.
13. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. — Переизд.1991 с изм. — Введ. 01.01.84 до 01.07.94. — М.: Изд-во стандартов, 1991. — 14 с.
14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. — М.: Информ.-изд. центр Минздрава России, 1997. — 20 с.
15. Об утверждении норм допустимого воздействия на человека поражающих факторов гражданского оружия самообороны. Приказ Минздравсоцразвития России от 22 октября 2008 г. № 584н // *Российская газета*. — 2008. — № 240.
16. Hynson K. B-duration impulse definition: Some Interesting Results / K. Hynson, R.P. Hamernik, D. Henderson // *J. Acoust. Soc. Am.* 1976. Vol. Suppl. 1. PP. S30. 26.
17. Perkins C. The effect of interstimulus interval on the production of hearing loss from impulse noise / C. Perkins, R.P. Hamernik, D. Handerson // *J. Acoust. Soc. Am.* 1975. Vol. Suppl. 1. P. 21.
18. Eldred K.M. Criteria for short time exposure of personnel to high intensity jet aircraft noise / K.M. Eldred, W. Gannon, H.E. von Gierke // *WADCTN55-355*. 1955.
19. Henderson D. Is the equal energy rule applicable to impact noise? / D.Henderson, R.J. Salvi, R.P. Hamernik // *Scand. Audiol. Suppl.* 1982. Vol.16. PP. 71–82.
20. Henderson D. Hamernik auditory hazards of impulse and impact noise / D. Henderson, P. Roger // *Handbook of Noise and Vibration Control Crocker. Malcolm J.* 2007. PP. 326–336. 24.
21. Гершуни Г.В. Оценка функционального значения электрических ответов слуховой системы (ответы на экспоненциально возрастающие широкополосные шумы и тоны) / Г.В. Гершуни, Н.В. Забоева // *Физиол. журн. СССР им. И.М.Сеченова*. — 1962. — Т. 48. — № 10. — С. 1178—1186.
22. Симухин В.В. Исследование влияния импульсного шума в целях гигиенического нормирования / В.В. Симухин // *Военно-медицинский журнал* — 2011. — Т. 332. — №12. — С. 42, 43.
23. Гольдбург С.Н. Нейродинамика слуховой системы человека. — Л.: Издательство ЛГУ, 1964. — 212 с.
24. Чистович Л.А. Громкость // *Руководство по физиологии. Физиология сенсорных систем*. — Л., 1972. — Ч. 2. — С. 345—356.

25. *Шепелин О.П.* Влияние импульсного и стабильного шума на отдельные функции организма в производственных и экспериментальных условиях: Автореф. дис. ... канд. наук. — Л., 1959. — 24 с.
26. *Зинкин В.Н., Ахметзянов И.М., Драган С.П., Богомолов А.В.* Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2011. — № 9. — С. 2–10.
27. *Даренская Н.Г., Ушаков И.Б., Иванов И.В., Иванченко А.В., Насонова Т.А.* От эксперимента на животных — к человеку: поиски и решения. — Воронеж: Научная книга, 2010. — 237 с.
28. *Федоров М.В., Богомолов А.В., Цыганок Г.В., Айвазян С.А.* Технология планирования многофакторных экспериментальных исследований и построения эмпирических моделей комбинированных воздействий факторов на операторов эргатических систем // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. — 2010. — Т. 8. — № 5. — С. 44–49.
29. *Ушаков И.Б.* Физиология труда и надежность деятельности человека / И.Б. Ушаков, Ю.А. Кукушкин, А.В. Богомолов / Под ред. А.И. Григорьева. — М.: Наука, 2008. — 318 с.
30. *Красовский Г.Н.* Экспериментальные модели в гигиенических исследованиях / Г.Н. Красовский, Н.А. Егорова // *Гигиеническая наука и практика на рубеже XXI века: Материалы IX Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей*. — Т. I. — М, 2001. — С.476–479.
31. *Кейзер С.А.* Изменение митотической активности эпителиальных клеток роговицы у экспериментальных животных при хроническом γ -облучении в малых дозах / С.А. Кейзер, К.В. Иванов, О.А. Завалишина // *Радиобиология*. — 1967. — Т. 7. — Вып. 6. — С. 857–859.
32. *Кейзер С.А.* Количественная и качественная характеристика биологического эффекта при хроническом облучении животных ионизирующим излучением // *Труды 8-го Всесоюзного съезда рентгенологов и радиологов*. — М.: Медицина, 1966. — С. 373–376.
33. *Ковалевский К.Л.* Лабораторное животноводство / К.Л. Ковалевский. — М.: Медгиз, 1958. — 230 с.
34. *Кейзер С.А.* К методике обоснования выбора экспериментальных животных для проведения радиобиологических исследований // *Радиобиологический эксперимент и человек*. — М.: Атомиздат, 1970. — С. 31–37.
35. *Кошелев Н.Ф.* Теоретические и методологические проблемы гигиены и их исследования на кафедре общей и военной гигиены // *Труды Воен.-мед. акад.* — 1996. — Т. 244. Достижения и перспективы развития военной гигиены. — С. 5–20.
36. *Солдатов С.К. и др.* Средства и методы защиты от авиационного шума: состояние и перспективы развития // *Авиакосмическая и экологическая медицина*. — 2011. — Т. 45. — № 5. — С. 3–11.
37. *Солдатов С.К., Зинкин В.Н., Кукушкин Ю.А., Богомолов А.В.* Человек и авиационный шум. — М.: Новые технологии, 2012. — 36 с.
38. *Зинкин В.Н. и др.* Методология экспериментальных исследований акустической эффективности средств индивидуальной защиты от шума в области низких частот // *Информационно-измерительные и управляющие системы*. — 2011. — Т. 9. — № 5. — С. 62–68.
39. *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.
40. *Зинкин В.Н. и др.* Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ним // *Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций*. — 2011. — № 1. — С. 80–88.
41. *Зинкин В.Н. 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.

Medical and Biological Effects of Pulse Noises and Distinctions of Their Hygienic Rationing (Review)

V.V. Simukhin, Chief of Laboratory, Research test center (aerospace medicine and military ergonomics) FSGI «4 CRI» MD RF, Moscow

A.A. Vorona, Chief Research Associate, Professor, Doctor of Medical Sciences, Research test center (aerospace medicine and military ergonomics) FSGI «4 CRI» MD RF, Moscow

A.V. Bogomolov, Senior Research Associate, Professor, Doctor of Engineering, Research test center (aerospace medicine and military ergonomics) FSGI «4 CRI» MD RF, Moscow

Yu.A. Kukushkin, Leading Research Associate, professor, Professor, Doctor of Engineering, Research test center (aerospace medicine and military ergonomics) FSGI «4 CRI» MD RF, Moscow

S.P. Ryzhenkov, Deputy Chief of the Center, Ph.D. of Medical Science, Research test center (aerospace medicine and military ergonomics) FSGI «4 CRI» MD RF, Moscow

Distinctions of pulse noises as dangerous technogenetics factors are described, modern ideas of medical and biological effects of pulse noises action are generalized and modern approaches to their hygienic rationing are stated.

Keywords: pulse noise, hygienic rationing, medical and biological effect, protection against noise, medical and biological acoustics.