

Промышленные объекты и транспорт как источники низкочастотного шума и инфразвука: контроль и профилактика вредного действия

В.Н. Зинкин, ведущий научный сотрудник, д-р мед. наук, профессор

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

e-mail: v.n.zinkin@yandex.ru

Ключевые слова:
инфразвук,
низкочастотный шум,
источники, вредный фактор,
условия труда,
заболевания,
риск, средства защиты

Показаны особенности оценки низкочастотного шума и инфразвука как вредных производственных факторов с учетом действующих нормативных документов; сформулированы рекомендации по выбору средств измерения, оценки рисков и способов защиты.

1. Введение

В соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ¹ от 12 апреля 2011 г. № 302н шум и инфразвук (ИЗ) относят к вредным и опасным производственным факторам, длительное воздействие которых может приводить к профессиональным заболеваниям. В настоящее время накоплено большое количество данных о неблагоприятном влиянии шума на человека. Характер действия шума зависит от уровня звука, длительности и спектрального состава. Критическим органом при воздействии шума является орган слуха. Принято считать, что наиболее вредное влияние на орган слуха оказывает шум, в спектре которого преобладают высокие частоты звукового диапазона (от 1 до 8 кГц). В клинической картине наряду с нарушением слуха часто встречается патология со стороны сердечно-сосудистой и нервной системы, что позволило в нашей стране сформировать понятие «шумовая болезнь» [1].

Физические характеристики ИЗ хорошо изучены акустиками. Однако гигиенисты и профпатологи длительное время были ограничены в своих исследо-

ваниях отсутствием надежной и доступной измерительной аппаратуры. Поэтому история изучения ИЗ как фактора окружающей и производственной среды относительно непродолжительная. Например, в нашей стране первые научные публикации на эту тему появились лишь в 1970-х годах [2]. В перечень вредных и опасных производственных факторов шум включен с 2004 г. приказом Минздравсоцразвития РФ от 16 августа 2004 г. № 16. К критическим органам при воздействии ИЗ относят не только орган слуха, но и вестибулярный анализатор, центральную и вегетативную нервную систему, органы кровообращения и дыхания [2–4]. Наличие в клинической картине нескольких органов и систем позволяет говорить о выделении инфразвуковой патологии в отдельную нозологическую форму [4–5].

Имеются сведения, что низкочастотный шум (НЧШ) способен оказывать вредное влияние не только на орган слуха, но и на другие органы и системы человека. Его биологическое действие имеет определенное сходство с действием на организм человека ИЗ. Анализ шумов от промышленных объектов

¹ В 2012 г. преобразовано в Министерство здравоохранения Российской Федерации.

и транспорта показывает, что при смещении максимума спектра в область менее 500 Гц в нем доминируют низкие частоты звукового и инфразвукового диапазонов. Близкие физические параметры и биологические эффекты позволили ряду авторов ввести термин «низкочастотные акустические колебания», «инфразвуковая болезнь» и «виброакустическая болезнь» [2, 4–6].

2. Физические характеристики

В зависимости от частоты акустические колебания подразделяют на инфразвуковые, звуковые и ультразвуковые. По своей физической природе акустические колебания указанных диапазонов одинаковы, а разделение их носит несколько условный характер и связано с физиологической особенностью слухового анализатора человека, который не воспринимает звуки с частотой менее 20 Гц и более 20 кГц.

Под ИЗ принято понимать акустические колебания с частотой ниже 16–20 Гц. Считают, что акустические колебания в этом частотном диапазоне человек не способен воспринимать (слышать) как звук. При высоких уровнях звукового давления (УЗД) ИЗ (свыше 100 дБ) у человека появляется чувство пульсации, давления и даже болевые ощущения в области барабанной перепонки. К физическим особенностям ИЗ относят большую длину волны и малое поглощение в атмосфере, а также обусловленную этим способность ИЗ распространяться на большие расстояния от источника без значительной потери энергии.

К звуковому диапазону частот относят акустические колебания от 20 Гц до 20 кГц, которые воспринимаются человеческим ухом. Под шумом понимают беспорядочное сочетание разных по силе и частоте звуков. По преимуществу преобладания акустической энергии в той или иной части спектра шум делят на низкочастотный (до 500 Гц), среднечастотный (от 500 до 1000 Гц) и высокочастотный (от 1000 до 8000 Гц).

3. Производственные источники

Шум, создаваемый при работе современного производственного оборудования, эксплуатации техники и транспортных средств, представляет собой акустические колебания в широком частотном спектре — от инфразвукового до ультразвукового диапазонов. Использование в производственной деятельности разнообразных механизмов и машин, увеличение их мощности и габаритов привело к ухудшению акустической обстановки на рабочих местах. Прослеживается четкая тенденция к увеличению вклада низкочастотных составляющих, в том числе ИЗ, в спектр

производственного шума. Производственный НЧШ и ИЗ генерируется при циклическом перемещении больших поверхностей, при ударном возбуждении конструкций, возвратно-поступательном и вращательном движении больших масс с повторением циклов не более 20 в секунду, при быстром перемещении больших объемов жидкости и воздуха. В «чистом» виде в производственной среде ИЗ не встречается, как правило, его «спутниками» являются высокоинтенсивный шум и общая вибрация.

Спектры большинства производственных и транспортных шумов содержат НЧШ и ИЗ высоких уровней. Результаты акустических измерений показывают, что если уровни воздушного шума составляют около 90–100 дБА, то можно ожидать присутствие ИЗ с УЗД 100–107 дБ [2–4, 7].

Акустические измерения на *предприятиях металлургической промышленности* вблизи доменных и сталеплавильных печей показали наличие УЗД 95–108 дБ на частотах 8–31,5 Гц.

В *газо- и нефтедобывающей промышленности* источниками НЧШ и ИЗ являются воздушные и поршневые компрессоры, вентиляционные установки, трубопроводы и т.д. На рабочих местах зарегистрированы УЗД от 92 до 123 дБ в октавных полосах 8–63 Гц. Максимальные УЗД в октавах 4–31,5 Гц при работе вентиляционных установок и систем кондиционирования воздуха составляют 98–100 дБ, при работе компрессорных установок — 92–123 дБ на частотах 8–16 Гц и дизельных агрегатов — 111–123 дБ на частотах 8–63 Гц [2].

Большое количество источников шума в *авиационной промышленности*, особенно на этапах испытания отдельных агрегатов, узлов и двигателей. На рабочих местах УЗД на частотах 10–150 Гц составляют 90–132 дБ. Наиболее высокие уровни шума отмечены на рабочих местах мотороиспытательных станций (УЗД 120–132 на частотах 50–150 Гц) [8].

Основными источниками шума в *горнодобывающей и строительной промышленности* являются компрессоры, дизельные и вентиляционные установки, виброплощадки и др. На рабочих местах УЗД на частотах 10–45 Гц составляют 98–123 дБ. В спектре шумов виброплощадок с высокой грузоподъемностью УЗД в октавных полосах 2–16 Гц составляют около 100 дБ, кранов — 8–16 Гц (79–94 дБ), молотов и прессов — 8–31,5 Гц (108–114 дБ) [1–4].

Мощными источниками НЧШ и ИЗ являются *реактивные двигатели ракет и самолетов*. При запуске ракет некоторых типов наибольшие УЗД (150 дБ и более) определяются на частотах 10–12,5 Гц. При взлете турбореактивных самолетов типа Ту-154 при

общем шуме в салонах около 100 дБА уровни ИЗ составляют 80 дБ на частоте 4 Гц и 90 дБ на частоте 20 Гц. В кабинах вертолетов наибольшие УЗД составляют 110–120 дБ на частоте 28 Гц, что соответствует частоте вращения лопастей винта. При обслуживании летательных аппаратов с работающими основными и вспомогательными двигателями и наземным оборудованием авиационные специалисты на рабочих местах подвергаются действию шума с УЗД 100–120 дБ в октавных полосах от 2 до 31,5 Гц [1, 9].

Наземные средства транспорта также являются значимыми источниками НЧШ и ИЗ. Так, акустические колебания с УЗД 93–120 дБ в диапазоне 8–31,5 Гц характерны для кабин большинства автомобилей, особенно тяжелых грузовых автомобилей и автобусов. При полностью открытых окнах отмечают повышение УЗД до 110–120 дБ на частотах 2–6 Гц. Большое влияние на акустические показатели оказывает скорость движения транспорта [1, 2, 10].

На *железнодорожном транспорте* источниками НЧШ и ИЗ являются силовые установки тепло- и электровозов, компрессорные и вентиляционные установки, аэродинамические потоки на высоких скоростях. Железнодорожные специалисты на рабочих местах подвергаются действию шума

с УЗД 92–127 дБ на частотах 8–50 Гц. В наиболее неблагоприятных условиях работают локомотивные бригады, на рабочих местах которых ИЗ достигает УЗД от 100 до 120 дБ. Открытые окна при движении подвижного состава приводят к увеличению УЗД и смещению спектра в область НЧШ и ИЗ, особенно при высоких скоростях движения [11–15].

Источниками НЧШ и ИЗ на *морских и речных судах* являются энергетические установки, дизель-генераторы, гребные винты, системы судовой вентиляции и кондиционирования воздуха и др. Металлические корпусные конструкции обладают большой звукопроводимостью, что обуславливает распространение шума по всем помещениям судна. На рабочих местах плавсостав подвергается действию шума с УЗД 100–130 дБ на частотах 8–45 Гц. Наиболее высокие уровни шума (до 100 дБА) в энергетических отделениях судов — на 30–40 дБ выше, чем в других обитаемых помещениях. На судах на подводных крыльях и воздушной подушке УЗД в области 6–10 Гц достигают 100–130 дБ [7].

Обобщенные данные о техногенных источниках низкочастотного шума и инфразвука, об уровнях и частотах, на которых, как правило, отмечают превышение нормативов, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Источники НЧШ и ИЗ в промышленности и на транспорте

Источник	Уровень звукового давления, дБ	Максимум энергетического спектра, Гц
Металлургическая промышленность	95–108	8–31,5
Газовая и нефтяная промышленность	92–123	8–63
Авиационная промышленность	90–132	10–150
Горнодобывающая и строительная промышленность	98–123	10–45
Космические летательные аппараты	150–160 и выше	10–12
Турбореактивные самолеты	105–135	16–125
Поршневые самолеты	95–110	50–250
Вертолеты	100–120	8–45
Автотранспорт	93–120	4–31,5
Железнодорожный транспорт	92–127	8–50
Грузовые речные и морские суда	110–130	8–45
Суда на подводных крыльях и воздушной подушке	100–130	6–10

4. Средства измерения и гигиеническое нормирование

Акустические измерения в основном проводят для исследовательских целей, для гигиенической оценки соответствия требованиям санитарных норм, а также для прогнозной оценки риска развития заболеваний, связанных с акустическим воздействием. В соответствии с нормативными документами в результате акустических измерений необходимо провести классификацию воздействующего шума: по характеру спектра шум подразделяют на широкополосный и тональный, а по времени — на постоянный и непостоянный. Непостоянный шум подразделяют на колеблющийся во времени, прерывистый и импульсный.

Постоянный шум нормируют по УЗД в стандартных октавных полосах, допускается использовать уровень звука L_A , дБА определяемый во всем частотном диапазоне. Нормируемым параметром непостоянного шума являются эквивалентные (по энергии) уровни звука $L_{A_{экв}}$, дБА, и максимальные уровни звука $L_{A_{макс}}$, дБА. Эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{A_{экв}}$, дБА, данного непостоянного шума — уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет то же самое среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум

в течение определенного интервала времени, его рассчитывают по формуле:

$$L_{Aeg,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right].$$

Максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА.

Другим параметром, часто используемым для целей гигиенического нормирования и оценки ущерба здоровью, является доза шума — суммарная энергия, накопленная за время экспозиции. Доза шума пропорциональна эквивалентному (по энергии) звуковому давлению, зарегистрированному по шкале частотной коррекции «А» и времени действия, измеряется в $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

По характеру спектра ИЗ подразделяют на широкополосный и гармонический, по временным характеристикам — на постоянный и непостоянный. Постоянный ИЗ нормируют по УЗД в октавных полосах частот 2, 4, 8 и 16 Гц. Нормируемыми характеристиками непостоянного инфразвука являются эквивалентные по энергии уровни звукового давления $L_{эkv}$ в дБ в октавных полосах частот и эквивалентный общий уровень звукового давления в дБ Лин. Для колеблющегося во времени и прерывистого инфразвука УЗД, измеренные по шкале «Лин», не должны превышать 120 дБ. Эквивалентные по энергии УЗД ИЗ в стандартных октавных полосах частот ($L_{эkv}$) и эквивалентный общий УЗД (в дБ Лин) определяют по формуле:

$$L_{эkv} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right),$$

где: T — период наблюдения, ч; t_i — продолжительность действия шума с уровнем L_i , ч; L_i — логарифмический уровень инфразвука в i -й промежуток времени, дБ; n — общее число промежутков действия ИЗ.

Для ориентировочной оценки выраженности ИЗ можно использовать общий уровень звука (УЗ), измеренный по шкале «Лин» ($L_{\text{Лин}}$), и экспресс-показатель (Δ) — разность уровней звука, измеренных по шкалам «Лин» и «А» (L_A), т.е. $\Delta = L_{\text{Лин}} - L_A$. Чем больше разность, тем весомее вклад низкочастотных и инфразвуковых составляющих в спектре исследуемого шума. При значениях показателя от 6 до 10 дБ считают, что имеются признаки наличия инфразвука, при 11–20 дБ — ИЗ умеренно выражен, 21–30 дБ — выражен, более 30 дБ — значительный ИЗ.

В настоящее время выпускаемая акустическая аппаратура, как правило, позволяет проводить измерения в области звуковых и инфразвуковых частот. Номенклатура выпускаемых изделий достаточно широка и разнообразна. С нашей точки зрения, лучшими свойствами обладает интегрирующий шумомер фирмы «Брюль и Кьер» типа 2250. Из импортных образцов, получивших распространение на отечественном рынке, также можно рекомендовать шумомер «Svantek» польского производства. Из отечественной шумоизмерительной техники можно рекомендовать комплект оборудования 1-го класса точности «Экофизика» (ПКФ «Цифровые приборы») и «Ассистент» (НТМ-Защита). Все они имеют частотный диапазон от 1 Гц и выше и включены в «Государственный реестр средств измерений, допущенных к использованию в Российской Федерации».

Под гигиеническим нормативом понимают установленные исследованиями количественные и качественные значения показателей, характеризующих факторы окружающей среды с позиций их безопасного влияния на здоровье человека. При регламентации шума и ИЗ использован многоуровневый подход в зависимости от характера деятельности человека. Существующими санитарными правилами установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) на рабочих местах, допустимые уровни в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки. Определение ПДУ на рабочих местах должно производиться с учетом напряженности и тяжести трудовой деятельности [16].

При регламентации нормативных значений для шума ориентируются на предотвращение необратимых нарушений со стороны органа слуха. При регламентации ИЗ использован подход общего воздействия этого фактора на человека с учетом реакции органа слуха. Это привело к тому, что в настоящее время имеются существенные различия величин нормативных УЗД в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 16 Гц (85 дБ) в инфразвуковом диапазоне и 31,5 Гц (107 дБ) и 63 Гц (95 дБ) в низкочастотном звуковом диапазоне. Установлено, что НЧШ способен оказывать вредное влияние не только на орган слуха, но и на другие органы и системы человека, а его биологическое действие имеет определенное сходство с действием ИЗ на организм человека. Поэтому необходимо провести исследования с целью уточнить характер частотной зависимости биологических эффектов на условной границе между инфразвуковым и звуковым диапазонами [4].

Необходимо проанализировать различие между отечественным нормативом ИЗ для зоны жилой за-

стройки и рекомендуемым европейскими исследователями (общий УЗД 90 и 114 дБ Лин соответственно) [6]. Объяснить это можно тем, что частотная коррекция G, введенная стандартом ISO 7196 для интегральной оценки ИЗ, учитывает в основном прямое (слышимое) восприятие ИЗ. Между тем, характер частотной зависимости (коррекции), используемой в отечественных санитарных нормах, учитывает и не прямое действие ИЗ, поэтому существенно отличается от характеристики G. Наклон кривой, характеризующей уменьшение весомости частот при сдвиге от 16 Гц до 2 Гц, в СН 2.2.4/2.1.8.583–96 составляет 5 дБ на октаву, а в международном стандарте — 12 дБ на октаву. Еще более крутой наклон кривой частотного взвешивания в низкочастотной области предложен немецким стандартом — более 20 дБ на октаву.

Приведенные примеры показывают необходимость проведения дальнейших исследований по обоснованию значений взвешивающих коэффициентов, позволяющих прогнозировать равный биологический эффект при воздействии НЧШ и ИЗ.

5. Условия труда

Условия труда — это совокупность факторов трудового процесса (тяжесть и напряженность труда) и рабочей среды (физические, химические и биологические факторы), в которой осуществляется деятельность человека. Классификация условий труда основана на принципе градации отклонения параметров этих факторов от действующих гигиенических нормативов [16].

При воздействии на работников постоянного ИЗ оценку условий труда проводят по результатам измерения уровней ИЗ по шкале шумомера «Лин» (в дБ Лин), при непостоянном ИЗ — эквивалентного (по энергии) общего УЗД (также в дБ Лин). При оценке условий труда с учетом комбинированного действия факторов дается общая гигиеническая оценка, в которых учитывают суммарный эффект в зависимости от количества факторов и степени их вредности.

Считаем целесообразным дополнить это положение следующим: при наличии на рабочих местах одновременно шума и ИЗ условия труда должны оцениваться на одну ступень выше. Правомерность такого подхода обусловлена тем, что эти два фактора способны оказывать вредное действие на одни и те же критические органы и системы, что приводит к суммированию и усилению их неблагоприятных эффектов.

6. Медицинские аспекты

Долгое время существовало мнение, что ИЗ лежит за пределами слухового восприятия. Тем не

менее установлено, что они воспринимаются не как чистые тоны, а как сочетание слуховых и тактильных ощущений, что проявляется чувством пульсации в области барабанной перепонки и среднего уха. Установлены пороги слышимости ИЗ: для 100 Гц они составляют около 40 дБ, а для 1 Гц — 140 дБ. Длительное действие НЧШ и ИЗ приводит к увеличению порога слышимости преимущественно в диапазонах низких и средних частот. Учитывая, что максимум речевых частот находится в этих областях, эти нарушения прогностически неблагоприятны в социальном плане.

Анкетный опрос работников, длительно подвергающихся воздействию НЧШ и ИЗ на производстве и транспорте, выявил у большинства комплекс неприятных субъективных ощущений. Жалобы в зависимости от их происхождения условно можно разделить на следующие группы:

- *кохлеарные* — чувство заложенности, давления, пульсации и боли в ушах, ухудшение слышимости;
- *вестибулярные* — головокружение, нарушение равновесия;
- *механические* — ощущение вибрации грудной и брюшной стенки, мягкого неба, внутренних органов, кашель, затруднение дыхания, нарушение зрения;
- *психологические* — тревога, необоснованное чувство страха, снижение настроения, апатия, проблемы с концентрацией внимания и памятью;
- *нервно-вегетативные* — усталость, общее недомогание, раздражительность, сонливость, нарушение сна, головная боль, головокружение, снижение аппетита, тахикардия, колебание артериального давления.

Наличие разнообразных по своему генезу жалоб указывает на участие многих органов и систем в формировании субъективного восприятия НЧШ и ИЗ [2–4].

Известно, что вредные факторы, оказывая неблагоприятное действие на организм работающих, приводят к увеличению уровня хронической и общей, производственно обусловленной и профессиональной заболеваемости. Воздействие шума с низкочастотной и инфразвуковой составляющей сопровождается увеличением уровня как общей заболеваемости, так и болезней, характерных для действия шума и ИЗ. Это указывает на суммирование неблагоприятных эффектов при сочетанном влиянии шума и ИЗ на работающих. В структуре заболеваемости преобладают следующие классы болезней: *органа слуха, органов дыхания, системы кровообращения*.

щения, органов пищеварения, кожи и подкожной клетчатки, нервной системы, а ведущее место среди болезней занимают *нейросенсорная тугоухость и артериальная гипертензия*. Выявленные у работников болезни имеют достаточную степень связи с условиями труда на основании оценки профессионального риска, что позволяет отнести болезни органа слуха к профессиональным заболеваниям, а болезни органов дыхания, глаз, пищеварения, нервной системы, органов кровообращения и кожи — к профессионально обусловленным заболеваниям [11].

К настоящему времени в нашей стране сформировалось четкое понимание, что воздействие вредных факторов может привести к развитию профессиональных заболеваний, в том числе это относится к шуму и ИЗ. Эта позиция нашла отражение в приказе Минздравсоцразвития РФ от 27.04.2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний». В п. 2.4.1 раздела II этого документа указаны заболевания, связанные с воздействием производственного шума: шумовые эффекты внутреннего уха и НСТ тугоухость двусторонняя. Профессиональные заболевания, связанные с воздействием ИЗ, указаны в п. 2.4.2 раздела II: НСТ двусторонняя, вестибулярный синдром, выраженные расстройства вегетативной нервной системы.

В РФ создана система медицинского обеспечения лиц, подвергающихся на рабочих местах воздействию вредных факторов. Основные положения ее регламентированы приказом Минздравсоцразвития РФ № 302н от 12.04.2011 г. Основой комплекса медицинских мероприятий являются проведение предварительных медицинских осмотров (обследований) при приеме на работу и периодических медицинских осмотров. Пунктом 3.7 раздела 3 Приложения № 1 вышеуказанного приказа предусмотрено прохождение лицами, подвергающимися воздействию шума и ИЗ на производстве, периодических медосмотров 1 раз в два года с обязательным участием врачей оториноларинголога и невролога, проведением лабораторных исследований слухового и вестибулярного анализаторов. В этом пункте приведены дополнительные медицинские противопоказания для работы в подобных условиях. По показаниям проводят обследование и экспертизу связи заболевания с профессией в условиях специализированной уполномоченной медицинской организации.

7. Способы и средства защиты

При рассмотрении вопроса о выборе средств и способов защиты от НЧШ и ИЗ необходимо иметь в виду, что:

- специализированных средств защиты от ИЗ нет;
- в большинстве случаев в производственных условиях ИЗ сочетается с интенсивным шумом;
- большинство средств индивидуальной защиты (СИЗ), предназначенных для защиты органа слуха, имеют малую эффективность на частотах ниже 500 Гц (ослабление звука не превышает 15 дБ).

При выборе СИЗ надо руководствоваться следующим.

1. При наличии шума, в спектре которого преобладают средние и высокие частоты, а УЗД НЧШ и ИЗ не превышают ПДУ, надо использовать противошумы (наушники, вкладыши и шлем), предназначенные для защиты органа слуха.

При выборе СИЗ необходимо учитывать уровень шума:

- при уровне до 100 дБА — наушники или вкладыши;
- 100—110 дБА — комбинацию наушников и вкладышей;
- 110—125 дБА — противошумные шлемы, жилеты, костюмы.

2. При воздействии ИЗ с уровнями, превышающими ПДУ, и интенсивного шума необходимо обеспечить защиту не только органа слуха, но и других критических органов и систем организма (центральная и вегетативная нервная, сердечно-сосудистая системы, органы дыхания). Этого можно достичь с помощью специальных средств защиты от шума. К последним нужно относить противошумные шлем, жилет и костюм [15]. *Специальные средства защиты от шума* — это новый класс технических средств индивидуальной защиты, предназначенных для защиты человека от экстракохлерного действия ИЗ и низких частот звукового диапазона. В настоящее время разработаны промышленные образцы наушников и экспериментальные образцы противошумных шлемов и жилетов, которые существенно снижают уровень акустической энергии в низкочастотном и инфразвуковом диапазонах [4].

Важная роль в обеспечении защиты от НЧШ и ИЗ на рабочих местах отводится организационно-техническим мероприятиям по оптимизации условий профессиональной деятельности (применение коллективных средств защиты, снижение продолжительности пребывания в зоне шума, чередование периодов работы и отдыха и др.). Необходимо использовать чередование периодов работы, связанных с обслуживанием производственного оборудования («активный период акустической нагрузки»), с пери-

одами, не связанными с обслуживанием источников шума («пассивный период акустической нагрузки»). В пассивный период акустической нагрузки важно создать комфортные акустические условия и можно проводить реабилитационные мероприятия.

Использование средств защиты будет способствовать профилактике профессиональной патологии, снижению хронических заболеваний и уровня общей заболеваемости с временной утратой работоспособности, а значит, и уменьшению экономических потерь на производстве.

8. Заключение

Проведенные исследования и анализ литературы показывают, что промышленные объекты и большинство видов транспорта являются источниками высокоинтенсивного шума, в спектре которого преобладают частоты низкочастотного и инфразвукового диапазонов. Близкая физическая природа этих диапазонов способствует распространению таких шумов с малым затуханием и они обладают хорошей проникающей способностью, поэтому большинство средств защиты от шума оказываются малоэффективными.

Наличие высоких уровней шума (более 100 дБА) на рабочих местах промышленных объектов и транспорте требует проведения измерений и в инфразвуковом диапазоне. Современная акустическая аппаратура, как

правило, позволяет проводить измерения в области звуковых и инфразвуковых частот. При общей гигиенической оценке условий труда при сочетании этих двух факторов классов 3.1–3.4, на наш взгляд, условия труда нужно квалифицировать на одну степень выше.

Процесс исследования низкочастотных акустических колебаний как производственного фактора к настоящему времени далек от завершения. Они обладают достаточно широким спектром неблагоприятного воздействия на организм человека. Их «мишенями» являются центральная нервная и вегетативная нервная система, слуховой и вестибулярный анализаторы, органы дыхания и др. При длительном воздействии они приводят к развитию ряда профессиональных заболеваний. Одновременное действие НЧШ и ИЗ (именно такая ситуация типична для производственных условий и транспортных средств) приводит к усугублению инфразвуковой патологии, что требует более тщательного наблюдения за лицами, работающими в таких условиях.

Защита работников от низкочастотных акустических колебаний является сложной проблемой. Перспективным направлением является совершенствование и создание новых образцов противошумных шлемов и жилетов, позволяющих обеспечить существенное снижение низкочастотного акустического воздействия на орган слуха и органы грудной и брюшной области.

Литература

1. Солдатов С.К. Человек и авиационный шум / С.К. Солдатов, В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 9. (приложение). 24 с.
2. Зинкин В.Н. Кумулятивные медико-экологические эффекты сочетанного действия шума и инфразвука / В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, С.П. Драган, И.М. Ахметзянов // Экология и промышленность России. 2012. № 3. С. 46–49.
3. Зинкин В.Н. Анализ рисков здоровью, обусловленных сочетанным действием шума и инфразвука / В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, С.П. Драган, И.М. Ахметзянов // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 4. С. 82–92.
4. Зинкин В.Н. Инфразвук как вредный производственный фактор / В.Н. Зинкин, И.М. Ахметзянов, М.М. Орихан // Безопасность жизнедеятельности. 2013. № 9. С. 2–9.
5. Branco N. Clinical stages of vibroacoustic disease for health professional continuous research / N. Branco // Mat. 12th int. sym. Lisbon, 2005. PP. 145–151.
6. Акустическая эффективность средств защиты от шума / С.П. Драган [и др.] // Медицинская техника. 2013. № 3. С. 34–36.
7. Зинкин В.Н. Медико-биологическая оценка эффективности средств индивидуальной защиты от шума / В.Н. Зинкин, И.М. Ахметзянов, С.К. Солдатов, А.В. Богомолов // Медицина труда и промышленная экология. 2011. № 4. С. 33–34.
8. Гигиеническая оценка условий труда работников «шумовых» профессий авиаремонтных заводов / В.Н. Зинкин [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. 2008. № 4. С. 40–42.
9. Результаты исследований акустической обстановки на рабочих местах инженерно-технического состава авиации / С.А. Щербаков [и др.] // Проблемы безопасности полетов. 2007. №3. С. 27–32.
10. Зинкин В.Н. Особенности сочетанного действия шума и инфразвука на организм / В.Н. Зинкин, И.М. Ахметзянов, С.П. Драган, А.В. Богомолов // Безопасность жизнедеятельности. 2011. № 9. С. 2–10.
11. Риски здоровью, обусловленные кумулятивным действием авиационного шума, и мероприятия по борьбе с ним / В.Н. Зинкин [и др.] // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2011. № 1. С. 80–88.
12. Методика оценивания умственной работоспособности и надежности профессиональной деятельности специалистов, подвергающихся воздействию авиационного шума / С.В. Кирий [и др.] // Биомедицинская радиоэлектроника. 2008. № 1–2. С. 50–56.
13. Медико-биологические эффекты импульсных шумов и особенности их гигиенического нормирования /

В.В. Симухин [и др.] // Безопасность в техносфере. 2012. № 6. С. 36–43.

14. Ушаков И.Б. Паттерны функциональных состояний оператора / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, Ю.А. Кукушкин. М.: Наука, 2010. 390 с.
15. *Авиационный шум как фактор эколого-социального неблагополучия* / В.Н. Зинкин [и др.] // Проблемы безопасности полетов. 2010. № 10. С. 3–13.
16. *Федеральный закон от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»*. 62 с.

References

1. Soldatov S.K. *Chelovek i aviatsionnyy шум* [Man and the aircraft noise]. *Bezopasnost' zhiznedeysel'nosti* [Life Safety]. 2012, I. 9. (prilozhenie). 24 p. (in Russian)
2. Zinkin V.N. Kumulyativnye mediko-ekologicheskie efekty sochetannogo deystviya shuma i infrazvuka [Cumulative health and environmental effects of combined action of noise and infrasound]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia]. 2012, I. 3, pp. 46–49. (in Russian)
3. Zinkin V.N. Analiz riskov zdorov'yu, obuslovlennykh sochetannym deystviem shuma i infrazvuka [Analysis of risks to health, due to the combined effect of noise and infrasound]. *Problemy analiza riska* [Problems of risk analysis]. 2011. V. 8, I. 4, pp. 82–92. (in Russian)
4. Zinkin V.N. Infrazvuk kak vrednyy proizvodstvennyy faktor [Infrasound as a harmful production factor]. *Bezopasnost' zhiznedeysel'nosti* [Life Safety]. 2013, I. 9, pp. 2–9.
5. Branco N. Clinical stages of vibroacoustic disease for health professional continuous research. Mat. 12th int. sym. Lisbon, 2005. PR. 145–151. (in Russian)
6. Dragan S.P. Akusticheskaya effektivnost' sredstv zashchity ot shuma [The acoustic efficiency of means of protection against noise]. *Meditsinskaya tekhnika* [Medical equipment]. 2013, I. 3, pp. 34–36. (in Russian)
7. Zinkin V.N. Mediko-biologicheskaya otsenka effektivnosti sredstv individual'noy zashchity ot shuma [Biomedical evaluation of the effectiveness of means of individual protection from noise]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 2011, I. 4, pp. 33–34. (in Russian)
8. Zinkin V.N. Gigienicheskaya otsenka usloviy truda rabotnikov "shumovykh" professiy aviaremontnykh zavodov [Hygienic assessment of working conditions of workers "noise" professions repair plants]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology]. 2008, I. 4, pp. 40–42. (in Russian)
9. Rezul'taty issledovaniy akusticheskoy obstanovki na rabochikh mestakh inzhenerno-tekhnicheskogo sostava aviat-sii [The research results of acoustic environment on work places technical staff aviation]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Problems of flight's safety]. 2007, I. 3, pp. 27–32. (in Russian)
10. Zinkin V.N. Osobennosti sochetannogo deystviya shuma i infrazvuka na organizm [Peculiarities of combined action of noise and infrasound on the organism]. *Bezopasnost' zhiznedeysel'nosti* [Life Safety]. 2011, I. 9, pp. 2–10. (in Russian)
11. Zinkin V.N. Riski zdorov'yu, obuslovlennyye kumulyativnym deystviem aviatsionnogo shuma, i meropriyatiya po bor'be s nim [Health risks due to cumulative effect of aircraft noise, and measures to combat]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy* [Problems of safety and emergencies]. 2011, I. 1, pp. 80–88. (in Russian)
12. Kiriy S.V. Metodika otsenivaniya umstvennoy rabotosposobnosti i nadezhnosti professional'noy deysel'nosti spetsialistov, podvergayushchikhsya vozdeystviyu aviatsionnogo shuma [Methods of assessment of mental capacity and reliability of professional activity of specialists exposed to aircraft noise]. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical electronics]. 2008, I. 1–2, pp. 50–56. (in Russian)
13. Simukhin V.V. Mediko-biologicheskie efekty impul'snykh шумов i osobennosti ikh gigienicheskogo normirovaniya [Biomedical effects of impulse noise and the characteristics of their hygienic standardization]. *Bezopasnost' v tekhnosfere* [Safety in Technosphere]. 2012, I. 6, pp. 36–43. (in Russian)
14. Ushakov I.B. *Patterny funktsional'nykh sostoyaniy operatora* [Patterns of functional States of the operator]. Moscow, Nauka Publ., 2010. 390 p. (in Russian)
15. Zinkin V.N. Aviatsonnyy шум как фактор эколого-социального неблагополучия [Aircraft noise as a factor of ecological and social distress]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Problems of flight's safety]. 2010, I. 10, pp. 3–13. (in Russian)
16. *Federal'nyy zakon ot 28.12.2013 № 426-FZ «O spetsial'noy otsenke usloviy truda»* [Federal law dated 28.12.2013 No. 426-FL "On special assessment of working conditions"].

Industrial Facilities and Transport as Sources of Low-Frequency Noise and Infrasound: Harmful Action Control and Prevention

V.N. Zinkin, Doctor of Medicine, Professor, Leading Researcher, Research and Testing Center of Aerospace Medicine and Military Ergonomics in Central Research Institute of the Air Force Russian Defense Ministry, Moscow

Peculiarities related to assessment of low-frequency noise and infrasound as harmful production factors have been demonstrated taking into account existing regulations; recommendations for choosing of measurement means, risk assessment methods and protection techniques have been formulated.

Keywords: infrasound, low frequency noise, sources, harmful factor, working conditions, diseases, risk, protective means.