

УДК 331.45

Г. В. Федорович

Технический директор ООО «НТМ-Защита»,
 доктор физико-математических наук (Москва)
 E-mail: fedorgv@gmail.com

Введение

Акустический шум можно определить как всякий нежелательный для человека звук. Шум как гигиенический фактор — это звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью. С физической точки зрения шум — это совокупность звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. Развитие техники, интенсификация технологических процессов сопровождаются увеличением уровней шума на производстве, расширением их диапазона на рабочих местах. В последние годы наибольший удельный вес в стране в структуре хронических профессиональных заболеваний занимают те из них, что связаны с воздействием физических факторов производства, при этом ведущими нозологическими формами в этой группе заболеваний в настоящее время является нейросенсорная тугоухость — 52,25%, а в общей структуре профзаболеваний удельный вес этой патологии достигает 25,56%.

В нашей стране основой санитарно-гигиенического нормирования воздействия шума являются Санитарные нормы [1], разработанные около 20 лет назад. На их основе создано Руководство [2] по классификации условий труда и в дальнейшем — Методика специальной оценки условий труда [3]. За прошедшие два десятка лет развитие в этой области шло по линии совершенствования техники и методики акустических измерений (см., например, [4, 5]), но при этом ни концепция, ни содержание базового документа [1] не менялись. В отличие от этого в промышленно развитых странах Запады наиболее интенсивно проводятся именно исследования воздействия шума на человека. За последние 10–20 лет был выдвинут и проанализирован целый ряд гипотез о

КВАДРАТНЫЙ КОРЕНЬ

О ГИГИЕНИЧЕСКИХ ОСНОВАНИЯХ НОРМИРОВАНИЯ ШУМА

существовании «обменного курса» время—интенсивность воздействия, корреляции между временным и постоянным сдвигами слуховых порогов и пр. Регулярно печатаются обзоры — как отраслевых, так и национальных уровней — отдельных направлений исследований. Работа в этой области привела к принятию международных и американских стандартов*.

* ISO 1999 [6], ANSI S3.44 [7] и NIOSH [8].

Вызванная шумом потеря слуха ведет к человеческим и экономическим потерям. Чтобы сравнить стоимость технических средств защиты с прямыми денежными затратами, вызванными потерями слуха, необходимо иметь средство предсказания этих потерь.

Алгоритм для предсказания потерь слуха, опубликованный в стандарте ISO 1999 и адаптированный в американском аналоге ANSI S3.44–1996, предсказывает величину вызванного шумом смещения порогов слуха, что ожидается среди работников, подвергающихся воздействию производственного шума заданной интенсивности и продолжительности. Эти национальные и международные стандарты, основанные на крупномасштабных систематических исследованиях временных и постоянных эффектов воздействия шума на слух, представляют собой синтез имеющихся данных по вызванной промышленным шумом потере слуха. В различных странах могут быть различные юридические последствия относительно ответственности и компенсации. По этой причине стандарт ISO не включает полное руководство для оценки степени риска, и для практического применения он должен быть дополнен национальными стандартами или сводами правил.

Ключевые слова: шум, охрана труда, здоровье работающих, профессиональные заболевания, нормативно-правовые акты

.....

Стандарты периодически подлежат пересмотру по мере появления новых данных. Использование эффективных статистических методов обработки результатов (регрессионный анализ, анализ функции правдоподобия и пр.) позволило развить наиболее обоснованные на сегодня практические методы определения медианных значений и других статистических характеристик потери слуха, а также их зависимостей от длительности воздействия шумов различных типов и уровней.

Основываясь на современных данных, приведенных в западных стандартах, представляет несомненный интерес дать обзор состояния вопроса о вызванной шумом потере слуха среди промышленных рабочих. При этом применение стандартов ограничено стажем работы 10–40 лет при воздействии широкополосного постоянного шума с эквивалентным уровнем 75–100 дБ в течение восьмичасового рабочего дня (с пятидневной рабочей неделей). Для этих случаев стандарты позволяют рассчитывать как потерю слуха на выбранных аудиометрических частотах (0,5–6 кГц), так и среднее по речевым частотам (0,5, 1, 2 и 4 кГц) повышение порогов слуха (*далее отмечается угловыми скобками <>*).

1. Представление аудиометрических данных

По определению *аудиометрия* — это измерение остроты слуха, определение слуховой чувствительности к звукам различной частоты. В прошлом проверка проводилась с применением камертонов, сейчас на смену этому пришли точные исследования с помощью специальных приборов аудиометров. Такое исследование позволяет оценить порог слышимости (*в децибелах, дБ*) типовых частот в диапазоне 125–8000 Гц. Результатом аудиометрических тестов является аудиограмма, по которой отоларинголог сможет диагностировать потерю слуха и различные болезни уха. Регулярное исследование позволяет выявить начало потери слуха.

1.1. Статистическое описание результатов аудиометрических исследований

Существуют (*см., например, [9]*) вполне общие основания полагать, что неблагоприятное воздействие вредных производственных факторов выражается в накоплении функциональных изменений в состоянии работников. Степень выраженности таких изменений мож-

но описывать неким показателем физиологического состояния X . Как правило, о нем достаточно предполагать, что его рост со временем (стажем работы t) отражает ухудшение состояния здоровья.

Для статистически репрезентативных когорт распределение работников по уровням заболевания X описывается нормальной (гаусовой) плотностью распределения вероятности:

$$P(X, X_0) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \exp\left[-\frac{(X - X_0)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (1)$$

Величины X_0 и σ (математическое ожидание среднего значения X и среднее квадратическое отклонение соответственно) определяют параметры распределения.

В аудиометрии для оценки степени тугоухости используется повышение порогов слуха в области звуковых частот. Так, формула (1), записанная для соответствующих переменных, приведена в стандарте [7].

Скорость увеличения X растет с ростом основной нормируемой характеристики шумового воздействия — эквивалентного уровня звука за восьмичасовой рабочий день $L_{ex,8h}$. Определение этой величины и методы ее измерения описаны, например, в стандартах [4, 5].

Для представления результатов исследований заболеваемости в рабочих коллективах пользуются понятием *фрактилей*, т. е. граничными значениями, внутри которых исследуемая случайная величина X находится с фиксированной вероятностью. Для определения фрактилей следует перейти от плотности вероятности $P(X, X_0)$ к самой вероятности и обнаружить в рабочем коллективе работника с уровнем заболевания X :

$$F(X, X_0) = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \int_x^{\infty} \exp\left[-\frac{(X - X_0)^2}{2\sigma^2}\right] dx \quad (2)$$

Если эту формулу (2) рассматривать как уравнение для определения величины X_{Fr} , при которой вероятность $F(X, X_0)$ принимает заданное значение, решение этого уравнения и будет искомым фрактилем.

В аудиометрии наибольший интерес представляют 50%-ные фрактили, для которых $X_{50} = X_0$, а также 5%-ные фрактили, для которых $X_5 = X_0 + k\sigma$ ($k = 1,645$). И та и другая величины зависят от $L_{ex,8h}$.

Величины X_{50} и X_5 определяются непосредственно при эпидемиологических исследованиях. Приведенные выше соотношения позволяют пересчитать эти величины к параметрам распределения вероятности X_0 и σ . Для эпидемиологии соотношение (1) интересно тем, что оно непосредственно дает статистические характеристики индивидуального риска. Именно зависимость величины X_0 от стажа работы t определяет в динамике наиболее вероятный уровень заболеваемости работников, подвергающихся воздействию производственного шума. Величина σ позволяет оценить вероятные границы доверительного интервала для этого результата. Подробности этой интерпретации статистических характеристик индивидуального риска приведены в монографии [9], где описывается и переход от индивидуального описания динамики профзаболевания к биометрическим характеристикам заболеваемости в рабочем коллективе, таким как таблицы дорабатывания*.

* Аналоги таблиц смертности в демографии и социологии.

В свою очередь, таблицы дорабатывания позволяют определять такие важные в актуарной практике характеристики, как общий и постажевый коэффициенты профзаболеваемости, ожидаемую продолжительность работы для тех, кто доработал до заданного стажа t и др.

Например, чтобы определить общий коэффициент профзаболеваемости Q , т. е. долю больных работников, следует проинтегрировать распределение (2) по всем возможным уровням X от пограничного значения X_b (определяющего состояние, признаваемое болезнью) до ∞ . Опуская промежуточные выкладки, получим:

$$Q = 1/\sqrt{2\pi} \cdot \int_{x_b}^{\infty} e^{-\frac{u^2}{2}} [1 - t(u)/T_0] du. \quad (3)$$

Здесь через T_0 обозначен предельный стаж работы (далее принято $T_0 = 40$ лет), при котором работник уходит на пенсию, независимо от состояния здоровья. Функция $t(u)$ представляет собой решение уравнения

$$u = [X_b - X_{50}(t, I_{\text{вх}, 8h})] / \sigma(t, I_{\text{вх}, 8h}). \quad (4)$$

1.2. Аудиологические характеристики потерь слуха

Основным аспектом при решении клиничко-экспертных вопросов связи заболевания органа слуха с профессией при определении дальнейшей профессиональной пригодности и последующих возможных размеров материальной компенсации по профессиональному заболеванию является оценка степени снижения слуха. В документе [10] сформулированы методические рекомендации, которые позволяют использовать единые показатели степени снижения слуха от воздействия производственного шума для диагностической и экспертной работы, сопоставимые с международными подходами. Эти рекомендации направлены на гармонизацию методических подходов к оценке состояния слуха при профессиональной нейросенсорной тугоухости в соответствии с международной классификацией на основе унификации критериев количественной оценки потерь слуха у лиц, работающих в условиях воздействия интенсивного производственного шума.

Признаки воздействия шума на орган слуха отражают изменения в слуховом анализаторе, диагностировать которые возможно с помощью тональной пороговой аудиометрии. Так определяются, например, среднеарифметические показатели потери слуха на речевых частотах 0.5, 1, 2 и 4 кГц. В клинической практике изменения определяются по среднему значению $\langle \Delta N \rangle$ сдвигов слуховых порогов на указанных частотах. Гигиенические оценки результата приведены в Международной классификации уровней потери слуха.

В нашей стране эту классификацию используют для нормирования потери слуха согласно документу [10], а именно: все возможные значения $\langle \Delta N \rangle$ разбиваются на пять диапазонов, попадание в один из них характеризуется согласно табл. 1.

Легкая степень хронической профессиональной тугоухости*, объединенная в группе I, дифференцируется на две стадии:

— стадия А со среднеарифметическими показателями потери слуха на речевых частотах до 16–25 дБ, не ограничивающая профессиональную трудоспособность;

— стадия Б со среднеарифметическими показателями потери слуха на речевых частотах до 26–40 дБ. На этой стадии возможен вывод из шумного производства при наличии опасности для жизни застрахованного, либо при наличии соматических заболеваний, в генезе которых могут проявляться экстраауральные эффекты шума**.

Умеренная степень снижения слуха при профессиональной тугоухости (хроническая двухсторонняя нейросенсорная потеря слуха от воздействия производственного шума), определяющая группу II, устанавливается при среднеарифметических показателях сдвигов слуховых порогов на речевых частотах в диапазоне от 41 до 55 дБ. Значительная степень снижения слуха (хроническая двухсторонняя нейросенсорная потеря слуха от воздействия производственного шума), определяющая группы III и далее, устанавливается при среднеарифметических показателях слуховых порогов на речевых частотах более 55 дБ. Для этих групп работник признается в своей профессии нетрудоспособным по состоянию слуха.

Применительно к санитарно-гигиеническому нормированию из изложенного следует, что допустимым в нашей стране считается сдвиг среднеарифметического показателя потери слуха на речевых частотах не более, чем на $\Delta N_{\text{cr}} = 40$ дБ. Дальнейшее следует считать заболеванием, причем уже профессиональным, если оно обусловлено воздействием производственного шума.

Следует отметить, что положения документа [10] небесспорны, и критический их анализ можно найти в статье [11].

2. Возрастные нарушения слуха

Одним из основных опорных позиций метода количественных критериев оценки степени тяжести профессиональной нейросенсорной тугоухости является обязательный учет показателей *пресбиакузиса*, т. е. среднего показателя возрастных нарушений слуха для мужчин 40–49 лет. Шумовая тугоухость развивается наиболее часто у работающих указанного возраста. Показатели слуха, которые отражают пресбиакузис, дают возможность оценить состояние слуха в пределах возрастной нормы, без решения на данном этапе вопроса о возможном профессиональном генезе слуховых нарушений. Соответствующие показатели приведены в действующем документе [12].

* Хроническая двухсторонняя нейросенсорная потеря слуха от воздействия производственного шума.

** Гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, язвенная болезнь желудка и 12-перстной кишки.

Таблица 1

ГАРМОНИЗИРОВАННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ УРОВНЕЙ ПОТЕРИ СЛУХА

Группа	Диапазон $\langle \Delta N \rangle$, дБ	ХАРАКТЕРИСТИКА тугоухости	СТЕПЕНЬ трудоспособности
I	26–40	Легкое снижение слуха	Годеи к работе
II	41–55	Умеренное снижение	Нетрудоспособен в своей профессии
III	56–70	Значительное снижение	Нетрудоспособен в своей профессии
IV	71–90	Значительно выраженное снижение слуха	Нетрудоспособен в своей профессии
V	> 90	Глухота	Нетрудоспособен в своей профессии

Этот ГОСТ устанавливает статистические параметры сдвигов ΔN порога слышимости для людей различного возраста для диапазона аудиометрических частот от 125 до 8000 Гц и людей с нормальным слухом в возрасте от 18 до 70 лет включительно:

- медианное значение порогов слышимости относительно медианного значения порога слышимости для возраста 18 лет;
- статистическое распределение выше и ниже медианного значения.

Отметим, что для рассматриваемой области применения выборочные данные стандарта [12] соответствуют «базе данных А» стандарта [6]. Величины, устанавливаемые стандартом, могут также использоваться для оценки остроты слуха определенного человека по отношению к статистическому распределению порогов слышимости, которое является нормальным распределением для группы людей заданного возраста. Статистическое распределение отклонений ΔN порога слышимости для людей с нормальным слухом известного возраста Y и определенного пола задается посредством медианного значения ΔN_{md} и распределения относительно медианы σ .

Согласно [12], медианное значение следует рассчитывать по формуле (она применима для возраста Y в интервале от 18 до 70 лет включительно):

$$\Delta N_{md} = \alpha(Y - 18)^2. \quad (5)$$

Значение коэффициента α для различных аудиометрических частот (отдельно для мужчин и женщин) приведено в стандарте [12]. Для соотнесения с группами Международной классификации величины ΔN_{md} следует усреднить по частотам 0,5, 1, 2 и 4 кГц (см. выше). Фактически дело сводится к усреднению коэффициента α . Для мужчин получим $\langle \alpha \rangle = 0,007625$ и

$$\langle \Delta N_{md} \rangle = \langle \alpha \rangle (Y - 18)^2. \quad (6)$$

Распределение относительно медианы должно быть аппроксимировано верхней и нижней половинами двух нормальных распределений, а для дальнейшего представления интерес стандартное отклонение верхней половины σ_u , которое определяет границу фрактила 5%. Оно рассчитывается по формуле:

$$\sigma_u = b_u + 0,445 \cdot \Delta N_{md}. \quad (7)$$

Средняя по аудиометрическим частотам величина $\langle b_u \rangle$ равна для мужчин 6,95 дБ. Возрастной сдвиг порога слышимости ΔN_5 , который может быть превышен для доли 5% мужчин с нормальным слухом данного возраста Y , вычисляется по формуле:

$$\Delta N_5 = \langle \Delta N_{md} \rangle + 1,645 \langle \sigma_u \rangle. \quad (8)$$

Таблица 2

СВЯЗАННЫЕ С ВОЗРАСТОМ СДВИГИ СЛУХОВЫХ ПОРОГОВ

СТАЖ, лет	$\langle \Delta N_{md} \rangle$, дБ	ΔN_5
10	0,8	12,5
20	3,1	15,8
30	6,9	21,4
40	12,2	29,1
50	19,0	39,0

Значение множителя 1,64 соответствует нормальному распределению. Константы, входящие в формулы, являются результатом проведенного статистического анализа больших массивов данных, на которых основывается стандарт [12].

Для дальнейшего объединения данных по пресбиакузису и профессиональной нейросенсорной тугоухости результаты расчетов $\Delta N_{5\%}$ следует выразить как функцию стажа, при этом будем предполагать, что стаж начинается с возраста 18 лет. Результаты расчетов приведены ниже в табл. 2.

Видно, что для работников со стажем около 40 лет естественное (без влияния производственного шума) ухудшение слуха стремится к критическому значению 40 дБ для 5% численности всей когорты. При стаже 50 лет это ухудшение приближается к критическому значению практически вплотную — разница 1 дБ реально незначительна, она входит в неопределенность результатов аудиометрических обследований.

3. Профессиональная нейросенсорная тугоухость

Клиническая картина профессиональной нейросенсорной тугоухости приведена в [10]. Это хроническое заболевание органа слуха, характеризующееся двусторонним нейросенсорным нарушением слуховой функции, развивающимся при длительном — более 10 лет — воздействии интенсивного производственного шума*.

Используемые ниже соотношения (в статистических терминах) между экспозициями шума и вызванного шумом постоянного сдвига порога слуха N (дБ) у работников с разным стажем взяты из международного стандарта [6]**. Он обеспечивает процедуры оценки потери слуха работников, подверженных воздействию производственного шума. Стандарт [6] дает возможность рассчитывать как потерю слуха на выбранных аудиометрических частотах (0,5 — 6 кГц), так и средний по частотам сдвиг слухового порога.

Статистические параметры, такие как средний сдвиг (медиана) порога слышимости и стандартные отклонения, могут быть использованы для описания различий в уровнях слуха между двумя когортами, идентичными во всех отношениях, за исключением хорошо определенного шумового воздействия (как правило, профессионального) на одну из них. Соответствующую величину определяют как эквивалентный уровень звука*** $L_{ex,8h}$. Ее нормируют на восьмичасовой рабочий день, предполагая пятидневную рабочую неделю (см. выше). Предполагается, что уровень воздействия $L_{ex,8h}$ сохраняется в течение заданного числа лет.

Так же как и возрастное ухудшение слуха (см. выше), результат воздействия шума принято характеризовать медианой (т. е. уровнем, соответствующим половинному значению распределения вероятности его ухудшения) потенциально возможного сдвига порога слышимости. В стандарте [6] эта величина обозначена как N_{50} . Она различна для различных аудиометрических частот F , времени t воздействия шума, а также его интенсивности $L_{ex,8h}$.

* Классифицируется по МКБ X — H83.3.

** В последней редакции 2013 года.

*** Daily noise exposure level.

Для стажа работы между 10 и 40 годами медианный сдвиг определяется по формуле

$$N_{50}(t) = [u + v \cdot \text{Log}_{10}(t/t_0)] \cdot (L_{\text{ex,8h}} - L_0)^2. \quad (9)$$

Здесь $\text{Log}_{10}()$ — десятичный логарифм, t_0 — это масштаб времени (1 год), u , v и L_0 — постоянные, различные для различных аудиометрических частот, задаваемые таблично.

Таблица 3

**ВЕЛИЧИНЫ u , v и L_0 ,
используемые для определения N_{50}**

f , кГц	u	v	L_0 , дБ
0,5	-0,033	0,110	93
1,0	-0,020	0,070	89
2,0	-0,045	0,066	80
3,0	0,012	0,037	77
4,0	0,025	0,025	75
6,0	0,019	0,024	77

Формула (15) применима, только если $L_{\text{ex,8h}} > L_0$, в обратном случае величина N_{50} должна быть принята равной нулю.

Так же как и для возрастного ухудшения слуха (см. выше), распределение относительно медианы аппроксимируется верхней и нижней половинами двух нормальных распределений. Стандартное отклонение верхней половины d_u , которое определяет границу фрактиля 5%, рассчитывается по формуле, аналогичной (9):

$$d_u = [x_u + y_u \cdot \text{Log}_{10}(t/t_0)] \cdot (L_{\text{ex,8h}} - L_0)^2. \quad (10)$$

Так как в формулах (9) и (10) при изменении частоты меняются коэффициенты и экспозиционный множитель $(L_{\text{ex,8h}} - L_0)^2$, усреднение по аудиометрическим частотам будет различным для различных $L_{\text{ex,8h}}$. В результате имеем

$$\langle N_{50}(t) \rangle = U + V \cdot \text{Log}_{10}(t/t_0), \quad (11)$$

$$\langle D(t) \rangle = X + Y \cdot \text{Log}_{10}(t/t_0). \quad (12)$$

Здесь коэффициенты U , V , X и Y различны для различных экспозиций. Результаты расчетов этих коэффициентов сведены в таблицу. Для нормального (по Гауссу) распределения 5%-ный фрактиль отстоит от медианного значения на величину $1,645 \cdot \langle D \rangle$.

Таблица 4

**КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ РАСЧЕТА
средних значений порогов слышимости**

$L_{\text{ex,8h}}$, дБ	80	85	90	95
U	0,16	0,34	0,20	-0,24
V	0,16	1,04	3,32	6,95
X	0,03	0,32	1,16	2,49
Y	0,03	0,11	0,27	0,55

Изменения со стажем работы медианных значений $\langle N_{50} \rangle$ для различных уровней шумовой экспозиции приведены в табл. 5. Заметим: величиной $\langle N_{50} \rangle$ можно характеризовать индивидуальный риск профессиональной нейросенсорной тугоухости работника.

Таблица 5

**АУДИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ
порогов слышимости, соответствующие
фрактилю 50%**

СТАЖ, лет	$L_{\text{ex,8h}}$, дБ			
	80	85	90	95
10	0,31	1,4	3,5	6,7
20	0,36	1,7	4,5	8,8
30	0,39	1,9	5,1	10,0
40	0,41	2,0	5,5	10,9
50	0,42	2,1	5,8	11,6

Следует отметить, что сами по себе средние сдвиги слухового порога относительно невелики даже для достаточно интенсивной шумовой экспозиции — они сопоставимы с возрастными сдвигами порогов. Аналогичное утверждение можно сделать и для сдвигов слухового порога, соответствующего фрактилю 5%. Эти данные приведены в табл. 6.

Таблица 6

**АУДИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ
порогов слышимости, соответствующие фрактилю 5%**

СТАЖ, лет	$L_{\text{ex,8h}}$, дБ			
	80	85	90	95
10	0,42	2,09	5,88	11,70
20	0,48	2,46	7,01	14,06
30	0,51	2,67	7,68	15,44
40	0,54	2,83	8,15	16,43
50	0,56	2,95	8,51	17,19

В пределах стажа 40 лет и те и другие сдвиги порогов слышимости не выходят за пределы допустимых значений 40 дБ. Серьезные проблемы со слухом обусловлены наложением сдвигов за счет производственного шума на возрастные сдвиги порогов слуха.

4. Суммарная потеря слуха

Для оценки совокупного (возраст и производственный шум) эффекта в стандарте [6] рекомендуется соотношение (все величины в дБ):

$$\Delta N' = \Delta N + \Delta N - \Delta N \cdot \Delta N / 120. \quad (13)$$

Последний член в этой формуле описывает ослабление суммарного влияния возраста и производственного шума при их одновременном воздействии на работника. Конкретные оценки показывают, что его вклад существенно меняет результат, если сумма $N + N$ превосходит ≈ 40 дБ.

Результаты, представленные в табл. 7, определяют минимальные уровни потерь слуха у 5% работающих*. Видно, что при стаже работы не более 40 лет в условиях шумового воздействия с интенсивностью не более 90 дБ

* Реально в это число могут входить и те, у кого слуховые пороги восприятия увеличились на еще большую величину.

Таблица 7

**СОВОКУПНЫЕ СДВИГИ ПОРОГОВ
слышимости $\Delta N'$, соответствующие фрактилю 5%**

СТАЖ, лет	$L_{ex,8h}$, дБ			
	80	85	90	95
10	12,9	14,4	17,8	23,0
20	16,3	18,0	21,9	28,0
30	21,8	23,6	27,7	34,0
40	29,5	31,2	35,2	41,5
50	39,4	41,0	44,7	50,6

сдвиги порогов слуха у большей части (95%) работников не превосходят допустимого значения 40 дБ и должна оцениваться как «легкое снижение» (группа I) согласно [10]. Опасные воздействия, приводящие к профессиональной непригодности работника за счет «умеренного снижения слуха» (группа II), начинаются при уровнях воздействия более 90 дБ и при стаже более 40 лет.

5. Групповой риск профессионального нарушения слуха

В предыдущих статьях автора (см., например, [13]) отмечалось, что охрана труда на предприятии, несомненно, является важной составной частью организации производства, поскольку определяет работоспособность его важнейшего компонента — трудового коллектива. Для интегрирования деятельности по охране труда в финансово-экономическую структуру производства необходимо развитие комплексной оценки финансово-хозяйственной деятельности предприятия. В частности, необходимы количественные оценки «группового риска», дающие представление о биометрических характеристиках заболеваемости, таких, например, как доля Q нетрудоспособных в зависимости от уровня воздействия вредного производственного фактора. Эти вопросы подробно обсуждаются в монографии [9]; ниже ограничимся изложением количественных результатов. Применительно к случаю профессионально обусловленной нейросенсорной тугоухости, величина $Q(\Delta N_{cr})$ определяется формулой (3).

Если будем считать допустимым сдвиг среднеарифметического показателя потери слуха на речевых частотах $\Delta N_{cr} = 40$ дБ, то в формуле (3) следует положить $X_b = \Delta N_{cr}$. Интеграл в (3) берется численно, а результат для $N_{cr} = 40$ дБ и различных $L_{ex,8h}$ приведен в табл. 8.

Таблица 8

**ДОЛЯ БОЛЬНЫХ СРЕДИ РАБОТНИКОВ,
подвергающихся воздействию шума с интенсивностью $L_{ex,8h}$**

$L_{ex,8h}$, дБ	80	85	90	95
$Q(L_{ex,8h})$	0,00033	0,00093	0,0055	0,029

Эти результаты говорят, что даже при $L_{ex,8h} = 95$ дБ только примерно 3% всех работников в коллективе будет серьезно больны ($X_0 > 40$ дБ). При $L_{ex,8h} = 85$ дБ их будет еще меньше — около 0,1%. Такие уровни заболеваемости обычно не принимаются во внимание, так как они существенно меньше статистических погрешностей при выборках (численности обследованных когорт) реального размера.

Заключение

Предложение использовать стандарт [6] в качестве основы гигиенического нормирования шума представляется вполне разумным, т. к. на сегодня это самый проработанный документ, содержащий современные результаты исследований влияния производственного шума на работника. Эти результаты не должны оспариваться, поскольку для обоснованных сомнений в их адекватности необходимы не менее репрезентативные, столь же тщательно проанализированные данные. Пока этого не сделано, выводы стандарта [6] следует принимать как единственно возможное основание для вынесения суждений об эффектах воздействия производственного акустического шума на здоровье работников.

И тем не менее, важно иметь в виду, что [6] не норматив в том смысле, что не содержит никаких требований к уровням шума. Чтобы «вписать» его в принятую в нашей стране систему охраны труда, эти требования следует внести извне. Нормирование критических сдвигов порогов слышимости зависит от юридических определений и интерпретаций, основанных на социальных и экономических соображениях. Потеря слуха, вызванная воздействием шума, может иметь правовые последствия в отношении ответственности и компенсации. Эти последствия могут быть разными в разных странах. Например, определение критической потери слуха зависит от качества распознавания речи и в этом отношении может быть различной для различных языков.

В настоящей работе использовались дополняющие стандарт [6] критерии, разграничивающие действие вредных производственных факторов на основе международной классификации профессиональной нейросенсорной тугоухости [10]. Как отмечалось, эти критерии неоспорны — их можно заменить и другими, что приведет к другим нормам на уровне воздействия шума, однако для этого необходим критический анализ гораздо более серьезный, чем приведен в статье [11].

Выбор максимально переносимых или предельно допустимых экспозиций шума и требования защиты от них, а также выбор конкретных формул для оценки риска или же в целях их компенсации, требуют рассмотрения этических, социальных, экономических и даже политических факторов, не поддающихся международной стандартизации. Отдельные страны различаются по своей интерпретации этих факторов, и поэтому выходят за рамки стандарта ISO.

**Выбор МАКСИМАЛЬНО переносимых или ПРЕДЕЛЬНО допустимых
экспозиций шума требует рассмотрения этических,
социальных, экономических и даже политических факторов**



1. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Госкомсанэпиднадзор России. М., 1996.
2. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. — М.: Минздрав России, 2005. — 142 с.
3. Министерство труда и соцзащиты РФ. Приказ от 24.01. 2014 № 33н «Об утверждении методики проведения СОУТ, классификатора вредных и/или опасных производственных факторов, формы отчета о проведении СОУТ и инструкции по ее заполнению» // БиОТ — 2014 — № 1. — С. 21–52.
4. ГОСТ Р ИСО 9612–2013 Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. — М., Стандартинформ, 2014.
5. ГОСТ 23337–2014 (ISO 1996) Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. — М., Стандартинформ, 2015.
6. ISO, 1999. Acoustics—Estimation of noise induced hearing loss. International Organization for Standardization, Third edition, 2013-10–01.
7. ANSI S3.44–1996. American National Standard: Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment. New York, 1996.
8. Occupational noise exposure. Standard 29 CFR, 1910.95. Washington, DC: US Department of labor; 2008.
9. Федорович Г. В. Рациональная эпидемиология профессиональных заболеваний. — Saarbrücken, Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2014. — 343 p.
Интернет-ресурсы: <http://elibrary.ru/item.asp?id=23256439>
<http://www.twirpx.com/file/1673605/>
10. Письмо Министерства здравоохранения РФ от 06.07.2012 № 14-1/10/2-3508. О направлении Методических рекомендаций «Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости». — М., 2012.
11. Измеров Н. Ф., Денисов Э. И., Аденинская Е. Е., Горблянский Ю. Ю. Критерии оценки профессиональной потери слуха от шума: международные и национальные стандарты // Вестник оториноларингологии. — 2014. — № 3. — С. 66–71.
12. ГОСТ Р ИСО 7029–2011 «Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека». — М.: Стандартинформ, 2012.
13. Федорович Г. В. Начала интегрирования охраны труда в финансово-экономическую структуру производства // БиОТ. — 2014. — № 3. — С. 50–54.

G. V. Fedorovitch

Dr. Sci. (phys.-math.), technical director, Ltd “NTM-Zashita”, Moscow

THE HYGIENIC BASES OF NOISE RESTRICTION

Noise-induced hearing loss is costly in both human and economic terms. To trade off the cost of engineering controls against the total direct monetary costs incurred by hearing loss, a means of predicting the amount of loss is necessary.

An algorithm for the prediction of hearing loss is published in International Standard ISO 1999 and adapted in ANSI S3.44-1996. This algorithm predicts the amount of noise-induced permanent threshold shift to be expected in a population exposed to broadband occupational noise of specified intensity and duration. These national and international standards based on large-scale, systematic investigations of the temporary and permanent effects of noise on hearing represent the synthesis of the best available data on industrial noise-induced hearing loss.

In various countries there can be various legal consequences concerning responsibility and compensation. For this reason, standard ISO, by itself, does not comprise a complete guide for risk assessment, and for practical use, it has to be complemented by national standards or codes.

Keywords: *noise, occupational safety, workers' health, occupational diseases, regulations*