

РАЗРАБОТКА НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ДОЗИМЕТРИИ ЗВУКА

© 2010 Е.Л. Овчинников, М.Ю. Александрова, Н.А. Ромашова, К.А. Адыширин-заде

Самарский государственный медицинский университет

Поступила в редакцию 30.09.2010

Проведенный анализ звукового воздействия на человека, стандартов безопасности его жизни и труда и способов измерения характеристик звуков и шумов вызывает необходимость разработки концепции научно-теоретических основ дозиметрии звука. Физиологический аспект концепции основан на том, что общее число Z слуховых рецепторов, способных на каждой частоте создавать ощущение тонов разной громкости, соответствующих звуковому давлению $p(L)$, устанавливается как $Z=N_n+N_v$, где $N_n=15$ наружных ВК и $N_v=1$ внутренняя ВК. Связь между уровнем звукового давления L и числом n функционирующих наружных ВК приводит к реперам в физиологии слуха для предельного звукового давления во внутреннем ухе $g(L_v, n_c)=2,156 \cdot 10^{-4}$ Па, для предельной дозы звукового воздействия $D(L_v)=0,147$ Па²ч. В акустической метрологии реперами становятся: предельно допустимое звуковое давление $p_{\text{дп}}=0,135$ Па, предельно допустимый уровень звукового давления $L_{\text{дп}}=7,7$ Б и предельно допустимая доза звукового воздействия $D_{\text{дп}}=0,147$ Па²ч. Реперами в психофизике слуха становятся: предельно допустимый уровень громкости $E_{\text{дп}}$ при предельно допустимой дозе $D_{\text{дп}}$ звукового воздействия и экспозиции T_p человека $E_{\text{дп}}=7,7$ дафон = 77 фон, и максимальная экспозиция человека $\tau_{\text{дп}}$ в звуковом поле с уровнем звукового давления $L_{\text{дп}}$, в звуковом поле $\tau_{\text{дп}}=8$ ч.

Ключевые слова: дозиметрия звука, предельно допустимые уровни звуковых давлений, предельно допустимая доза звукового воздействия

Дозиметрия звука относится ко многим областям науки, техники и производства: физиологии слуха и оториноларингологии, гигиене человека и экологии шумовых предприятий и метрологии. Самоочевидно, что комплекс исследования шумового загрязнения среды обитания человека должен включать 4 основополагающих группы документов, устанавливающих характеристики звукового воздействия, способы измерения параметров звукового воздействия и стандарты безопасности жизни и труда. Нормирование звукового давления и уровней звукового давления в производственных условиях осуществляется Системой стандартов безопасности труда, Санитарными нормами и Санитарными нормами и правилами. Действующий ГОСТ 12.1.003–83 [12] устанавливает предельно допустимые уровни (ПДУ) звукового давления на рабочих местах, а Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [13] и Санитарные нормы и правила СНиП 23-03-2003 [5], классифицируя

шумы; нормируют ПДУ в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Эта регламентация базируется на экспериментальной основе.

Разработка научно-теоретических принципов дозиметрии звука заключатся в физиологическом, био- и психофизическом обосновании, дефиниции и расчёте предельно допустимых доз звукового воздействия на человека, предельно допустимых величин звуковых давлений, предельно допустимых уровней звуковых давлений и санитарных норм пребывания (экспозиции) человека в звуковом поле. Этот комплекс исследований по проблеме предполагает выявление:

- 1) физиологических механизмов ощущения звукового давления от внешних раздражителей слуховыми рецепторами;
- 2) биофизических механизмов передачи звукового давления от внешних раздражителей к слуховым рецепторам;
- 3) психофизических механизмов восприятия слуховыми рецепторами звукового давления от внешних раздражителей;
- 4) предельно допустимых доз звукового воздействия, предельно допустимых звуковых давлений и санитарных норм экспозиции человека в звуковом поле.

Физиологическое обоснование дозиметрии звука. Физиологический подход к установлению механизмов ощущения звукового давления от внешних раздражителей слуховыми рецепторами основан на обосновании предназначения слуховых рецепторов: внутренних и наружных

Овчинников Евгений Леонтьевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской и биологической физики. E-mail: E.L.Ovchinnikov@ya.ru

Александрова Маргарита Юрьевна, старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики. E-mail: kris-maks@mail.ru

Ромашова Наталья Александровна, ассистент кафедры медицинской и биологической физики. E-mail: meritt@mail.ru

Адыширин-заде Каира Алимовна, старший преподаватель кафедры медицинской и биологической физики. E-mail: adyshirin_zade_ka_s@mail.ru

волосковых клеток (ВВК и НВК), функциональные свойства которых определяются их структурной организацией. Для ощущения высоты одного тона на любом уровне громкости необходимо только наличие смещений покровной мембраны относительно ВК (F. Ryan, P. Dallos, 1970). Такой одномодальной связью с покровной мембраной обладают внутренние волосковые клетки спирального органа, расположенные на базилярной пластинке в один ряд (рис. 1). Поэтому именно внутренние ВК можно считать структурами, ответственными за восприятие высоты тонов как психофизического коррелята частоты звуков. Такое предположение допустимо и по той причине, что число ВВК ($N_{ВВК} \sim 3250$) совпадает с количеством тонов, различаемых человеком на любом уровне громкости. Для сигналов одного тона, но разных уровней громкости требуется наличие более сложных, полимодальных по характеру, смещений покровной мембраны относительно ВК. Таким разнообразием отличаются связи и, соответственно, колебания покровной мембраны относительно наружных волосковых клеток, поскольку они расположены на базилярной пластинке в 3 ряда. Количество НВК превышает число ВВК примерно в 6 раз [3], а плотность их распределения вдвое большая, чем ВВК. Расположение НВК относительно ВВК таково [16], что одной внутренней сенсорной клетке может соответствовать не менее 13÷15 (до 20, [15]) клеток всех трёх наружных рядов улиткового протока, возбуждаемое число которых будет определять многовариантное восприятие по уровням громкости одного тона. Тогда допустимо считать структурами, ответственными за восприятие громкости тонов, именно НВК, а уровень громкости тона определять числом вовлеченных в процесс восприятия акустической энергии НВК, которые по координатам соотношены с ВВК, отвечающими за восприятие частоты звука как ощущения высоты тона (рис. 1). Такой подход также не является необоснованным. Заметная первичная потеря ощущения громкости наблюдается на уровне громкости 50 фонов (В.Ф. Ундриц и др., 1962), или, что то же самое, на уровне интенсивности звука 5 Б. Патология этих шести НВК первого ряда (НВК₁), возбуждаемых звуками малых интенсивностей, возможно, и вызывает наблюдаемое увеличение порога громкости. Косвенным подтверждением этого же феномена может служить нелинейность амплитудной характеристики вызванной отоакустической эмиссии, относящейся к характеристикам типа насыщения. Отмечается (С.М. Петров, 2000) насыщение раздражения рецепторов при 6 Б уровня интенсивности звука (звукового давления). Этот эффект зависимости амплитуды отоакустической эмиссии от интенсивности звука увязывается с участием структур внутреннего уха. Более того, дальнейшая потеря громкости становится ощутимой чаще всего (В.Ф. Ундриц и др., 1962) на уровне 100 фонов (на уровне интенсивности звука 10 Б). Это может быть объяснено наличием

патологии НВК первого и второго рядов спирального органа (НВК₁ и НВК₂), возбуждаемых звуками как малых, так и средних интенсивностей. Таким образом, представленные предположения являются феноменологически обоснованными, а физиологическая и психофизиологическая роль волосковых клеток, и внутренних, и наружных, становится более понятной.

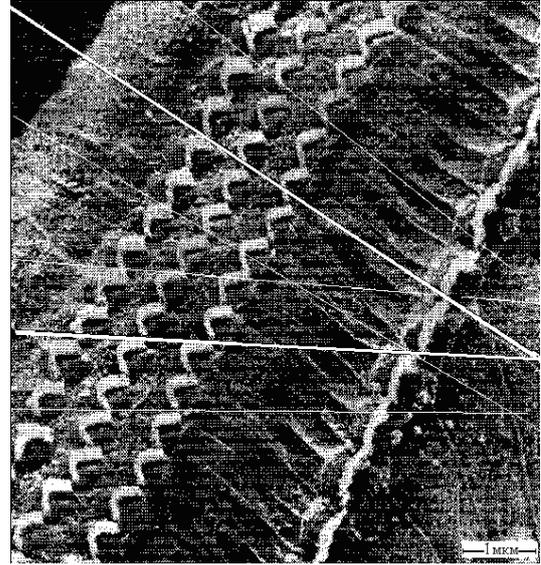


Рис. 1. Анализ микрофотографии [16]: соответствие одной внутренней волосковой клетки 15-ти наружным ВК трёх наружных рядов улиткового протока (по 6, 5 и 4 НВК).

Проведенный анализ предполагает, что
1) для нормальной работы слухового органа необходимо:

а) для ощущения высоты одного тона, в мелах [11], – возбуждение одной внутренней волосковой клетки (ВВК) по соответствующему распределению [9, 16] (рис. 1, сектор, выделенный жирными линиями);

б) для одного тона ощущение разных уровней громкости E , в декафонах [4, 15] (разных уровней интенсивности звука или звукового давления L , в белых [6]), – возбуждение нескольких наружных волосковых клеток (ВВК) количеством n , на единицу превышающим значение уровня громкости или уровня интенсивности звука или звукового давления ($n=L+1=E+1$, поскольку на уровне $E=L=0$ возбуждено $n=1$ НВК, на уровне $E=L=1$ возбуждено $n=2$ НВК и т.д.), по соответствующему распределению [10] (рис. 1, любой выделенный сектор);

2) для стационарной (безадапционной) работы слухового органа на любой частоте необходимо:

а) раздражение слуховых рецепторов с возможностью получения ответного сигнала на звуковой стимул [1, 3],

б) раздражение слуховых рецепторов, не приводящее к их адаптации;

3) для полнофункциональной работы слухового органа на любой частоте необходимо (рис. 1):

а) предписание постоянного использования звукозащитных средств при звуковых стимулах крайне высокого звукового давления (крайне высокой интенсивности) с $L \geq 13$ Б при возбуждении более $n > 13$ НВК и приводящих без защитных средств, даже при кратковременной экспозиции, к слуховой контузии (оглушению), частичной и полной глухоте [10],

б) предписание осторожности и использования звукозащитных средств при звуковых стимулах любой длительности и звукового давления (интенсивности), при уровнях $11 \leq L < 13$ Б и возбуждении $11 < n \leq 13$ НВК,

в) предписание осторожности и по возможности использование звукозащитных средств при звуковых стимулах более продолжительных по времени и по уровням $6 \leq L < 11$ Б и возбуждении $6 < n \leq 11$ НВК, которые угнетают человека и могут привести к частичной глухоте и снижению восприятия громкости звукового сигнала,

г) толерантное отношение к стимулам малого звукового давления (малой интенсивности) с уровнями $L < 6$ Б при возбуждении $n \leq 6$ НВК, не приводящим к адаптации слухового восприятия в течение длительного времени.

Таким образом, физиологический подход к проблеме являет собой тот факт, что для устойчивой работы рецепторов необходим такой уровень звукового давления, который вовлекал бы в ощущение звука до 6 рецепторов (НВК). Возбуждение большего числа НВК может вызвать проблемы в работе слухового органа.

Биофизическое обоснование дозиметрии звука. Для биофизического решения проблемы воспользуемся законом Вебера-Фехнера, обоснованным только для частоты $f_c = 1000$ Гц, называемой стандартной. По закону Вебера-Фехнера на этой частоте уровень звукового давления L , производимого на человека, ощущается как величина

$$L = 21 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ Б}, \quad (1)$$

где $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – минимальное звуковое давление (порог слышимости), воспринимаемое спиральным

ухом среднестатистического человека на стандартной частоте $f_c = 1$ кГц с вероятностью $\frac{1}{2}$. Тогда для уровня звукового давления L имеем давление

$$p(L) = p_0 \cdot 10^{\frac{L}{2}}. \quad (2)$$

Разделив эту величину $p(L)$ на функциональную мобильность [7] НВК $Z - (n - 1)$ на уровне L [10], где $Z = N_e + N_n$ – общее число всех клеток ($N_n = 15$ наружных ВК и $N_e = 1$ внутренней ВК, рис. 1), получим величину $\frac{p(L)}{Z - (n - 1)}$, приобретающую

смысл восприимчивости НВК на соответствующем уровне L звукового давления $p(L)$. Поделив далее восприимчивость НВК на общее число клеток Z и умножив на число n НВК, отзывающихся на приложенное давление, получим величину того давления $g(L, n)$ во внутреннем ухе, которое можно идентифицировать с уровнем L для n возбужденных НВК

$$g(L, n) = \frac{p(L)}{Z - (n - 1)} \cdot \frac{n}{Z}. \quad (3)$$

Графический анализ (3) и расчёт (рис. 2) давления $g(L, n)$ для $n_c = 6$ НВК, которым соответствует создаваемый ими уровень $L_c = 5$ Б (поскольку $n = L + 1$), получаем $g(L_c, n_c) = 2,156 \cdot 10^{-4}$ Па. Это значение можно считать репером давления в физиологии слуховых ощущений. Тета-плоскость $\Theta = g(5, 6) \approx 2,2 \cdot 10^{-4}$ Па (рис. 2, светло-серая полупрозрачная плоскость) выделяет ниже себя все значения $g(L, n) < g(L_c, n_c)$. Формула (3) может быть упрощена до одной переменной связью $n = L + 1$ так, что (рис. 3, штрихпунктирная линия)

$$g(L) = \frac{p(L)}{Z - L} \cdot \frac{L + 1}{Z}, \quad (4)$$

где для $L_c = 5$ Б имеем также $g(L_c) = 2,56 \cdot 10^{-4}$ Па. Это такое давление, которое, как отмечалось, не может вызвать деструктивных изменений самих рецепторов на протяжении длительного времени (возможно, всей жизни).

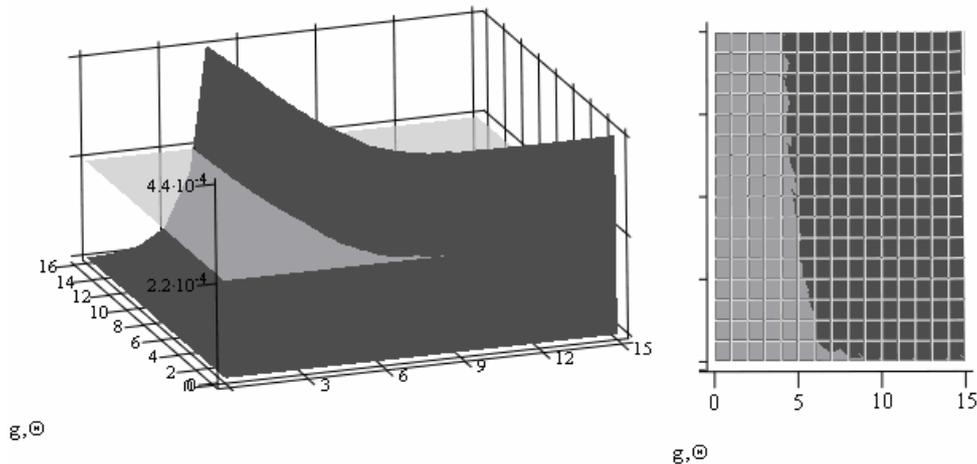


Рис. 2. Графический расчёт давления $g(L, n)$ для $n_c = 6$ НВК, которым соответствует создаваемый уровень $L_c = 5$ Б. Светло-серая тета-плоскость $\Theta = g(5, 6) \approx 2,2 \cdot 10^{-4}$ Па выделяет ниже себя все значения $g(L, n) < g(L_c, n_c)$. Слева представлен расчёт для малых значений функции $g(L, n)$, справа – вид сверху

Его можно считать базовым для установления предельно допустимой, действующей на слуховые рецепторы во внутреннем ухе без ущерба для их полноценного функционирования длительное время, дозы (репер дозы в акустической метрологии). Для любого уровня L , доза звукового воздействия может быть установлена формулой

$$D(L) = g(L)^2 T, \quad (5)$$

причём для $L_c=5$ Б и времени $T=360$ лет, на которое рассчитана работа уха [9], имеем $D(L_c)=0,147$ Па²·ч.

Доза звукового воздействия, по сути, является энергетической величиной [8] и по закону сохранения и превращения полной механической энергии [14] доза звукового воздействия во внутреннем ухе $D(L)$ за время T является дозой воздействия звукового давления $G(L)$, подвергающегося расчёту во внешнем звуковом поле за рабочую смену длительностью T_p , т.е. $D(L)=G(L)^2 T_p$, откуда

$$G(L) = \sqrt{\frac{D(L)}{T_p}}. \quad (6)$$

(рис. 3, штрихпунктирная линия).

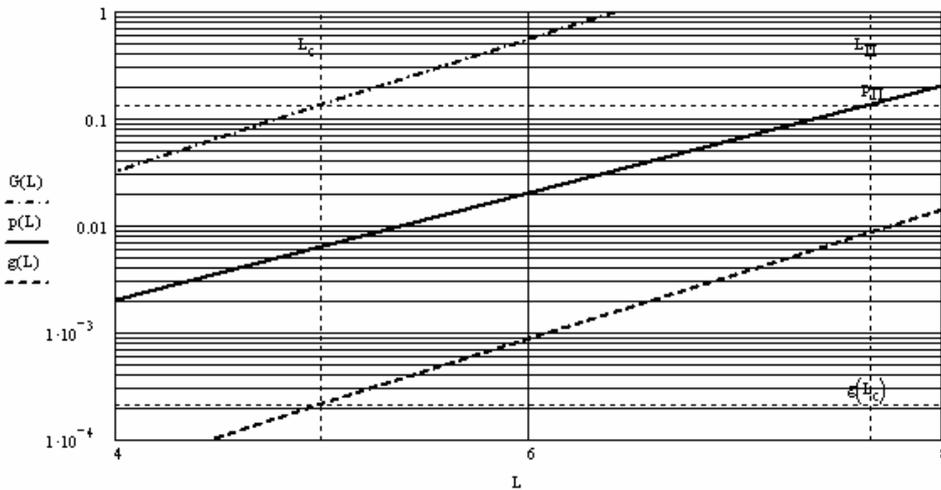


Рис. 3. Графики зависимостей внешнего звукового давления $p(L)$, звукового давления $g(L)$ и предельного звукового давления $G(L)$ во внутреннем ухе, идентифицированного с уровнем L для n возбуждённых НВК. Тонкими пунктирными линиями помечены: предельно допустимое давление $g(L_c) \approx 2 \cdot 10^{-4}$ Па (нижняя горизонтальная) для уровня звукового давления $L_c=5$ Б (левая вертикальная), для которого при расчёте за рабочую смену длительностью $T_p=8$ ч звуковое давление $G(L_c)$ является предельно допустимым $p_{II}=0,135$ Па (верхняя горизонтальная), позволяющее определить предельно допустимый уровень звукового давления $L_{II}=7,7$ Б (правая вертикальная)

Для $L_c=5$ Б давление $G(L_c)=0,135$ Па. Именно это давление, подвергается измерению в окружающем человека пространстве, и является пороговым, или предельно допустимым, при расчёте за рабочую смену длительностью $T_p=8$ ч:

$$p_{II} = G(L_c), \quad (7)$$

причём $p_{II}=0,135$ Па (репер давления в акустической метрологии).

Психофизическое обоснование дозиметрии звука. Психофизическая основа концепции заключается в том, чтобы оценить уровень громкости звукового сигнала, не вызывающего деструктивных изменений в слуховом органе. Для стандартной частоты $f_c=1000$ Гц это достигается с помощью закона Вебера-Фехнера [1], который для установленного $p_{II}=0,135$ Па даёт значение

$L_{II}=7,7$ Б (или в привычном виде $L_{II}=77$ дБ). Это значение уровня звукового давления (для стандартной частоты $f_c=1000$ Гц) является предельно допустимым (репер уровня звукового давления в биофизике слуха). Предлагаемая концепция позволяет, преобразовав (6), получить зависимость для определения экспозиции человека в звуковом поле с предельно допустимой дозой звукового воздействия $D_{II}=D(L_c)=0,147$ Па²·ч

$$\tau(L) = \frac{D_{II}}{p(L)^2}, \quad (8)$$

график которой представлен на рис. 4, а (заштрихованная область соответствует безопасным экспозициям человека в звуковом поле с заданным уровнем звукового давления L).

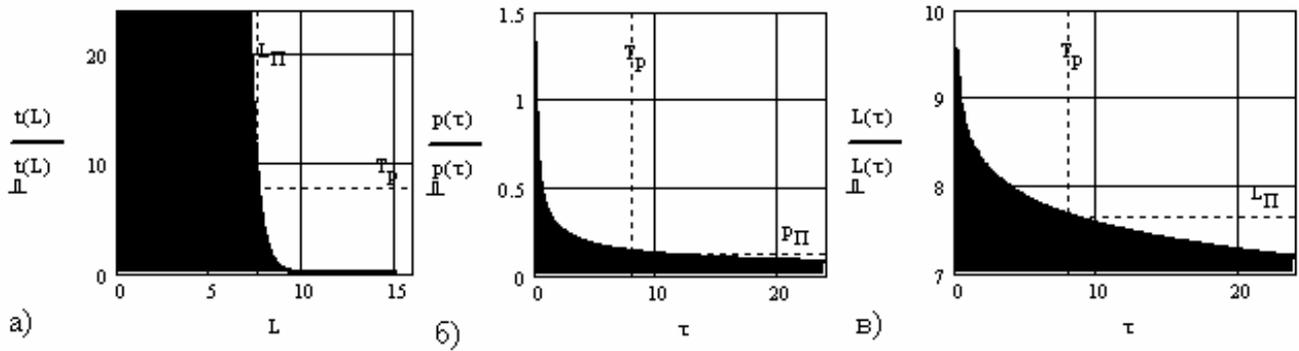


Рис. 4. Расчёт отдельных показателей звукового поля: а – экспозиции человека в поле с предельно допустимой дозой $D_{II}=0,147 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ (заштрихованная область соответствует безопасным экспозициям человека в звуковом поле с заданным уровнем звукового давления L); б – звуковых давлений $p(\tau)$, выдерживаемого человеком в поле с заданной предельно допустимой дозой D_{II} , в зависимости от экспозиции τ (заштрихованная область соответствует безопасным давлениям звукового поля с заданным уровнем звукового давления L); в – уровнях звукового давления $L(\tau)$ как функции экспозиции человека τ в поле с заданной предельно допустимой дозой звукового воздействия D_{II} (заштрихованная область соответствует безопасным уровням звуковых давлений)

С использованием этого же соотношения можно решить и обратную задачу определения звукового давления, выдерживаемого человеком в звуковом поле с заданной предельно допустимой дозой D_{II} в зависимости от длительности экспозиции τ (рис. 4,б, заштрихованная область соответствует безопасным давлениям звукового поля с заданным уровнем давления L)

$$p(\tau) = \sqrt{\frac{D_{II}}{\tau}}. \quad (9)$$

Применение закона Вебера-Фехнера и соотношения (8) даёт решение психофизической задачи определения уровня давления $L(\tau)$ как функции экспозиции человека τ в звуковом поле с заданной предельно допустимой дозой звукового воздействия D_{II}

$$L(\tau) = 2 \lg \frac{p(\tau)}{p_o}. \quad (10)$$

(рис. 4в, заштрихованные области соответствуют безопасным уровням давлений экспозиции человека в звуковом поле).

На рис. 5 соотношения (9) и (10) даны в 2D- (а, б) и 3D-представлении (в, г) как функции двух переменных – предельной дозы звукового воздействия D_{II} и экспозиции τ : в виде

$$p(\tau, D_{II}) = \sqrt{\frac{D_{II}}{\tau}}, \quad (11)$$

$$L(\tau, D_{II}) = 2 \lg \frac{p(\tau, D_{II})}{p_o}. \quad (12)$$

На рис. 5,в, кроме поверхности давлений $p(\tau, D_{II})$ представлена дополнительная омега-плоскость $\Omega=p_{II}$, которая отделяет толерантные давления ($p(\tau, D_{II}) \leq p_{II}$) от превышающих пороговые (с $p(\tau, D_{II}) > p_{II}$). На рис. 5,г, кроме поверхности уровней давлений $L(\tau, D_{II})$ представлена также дополнительная гамма-плоскость $\Gamma=L_{II}$, которая отделяет толерантные допустимые уровни давления (с $L(\tau, D_{II}) \leq L_{II}$) от превышающих пороговые (с $L(\tau, D_{II}) > L_{II}$). Кроме того, здесь представлена тау-плоскость $\tau=T_p$, ограничивающая снизу экспозицию $\tau \leq T_p$.

На рис. 6 дано 3D-представление зависимости (8) как функции двух переменных – предельной дозы звукового воздействия D_{II} и звукового давления $p(L)$

$$\tau(D_{II}, L) = \frac{D_{II}}{p(L)^2}, \quad (13)$$

Рис. 6 определяет также характер изменения предельно допустимых доз D_{II} как функцию двух переменных – L и τ в виде соотношения

$$D_{II}(\tau, L) = \left(p_o \cdot 10^{\frac{L}{2}} \right)^2 \cdot \tau. \quad (14)$$

Здесь также показана дополнительно кси-плоскость Ξ , ограничивающая снизу допустимые уровни звукового давления L и допустимые экспозиции τ .

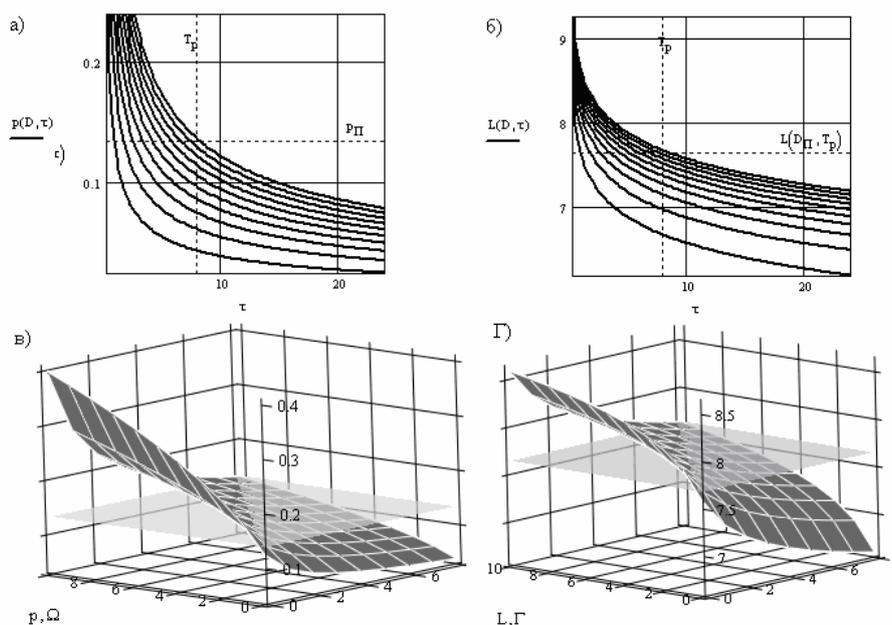


Рис. 5. Графики зависимостей звукового давления $p(\tau, D_{\Pi})$ и уровней звукового давления $L(\tau, D_{\Pi})$, выдерживаемого человеком в звуковом поле с заданной предельно допустимой дозой D_{Π} и экспозицией τ в 2 D - (а, б) и 3 D -представлении (в, г). Дополнительно представлена омега-плоскость $\Omega = p_{\Pi}$ (в), которая отделяет толерантные давления $p(\tau, D_{\Pi}) \leq p_{\Pi}$ от превышающих пороговые $p(\tau, D_{\Pi}) > p_{\Pi}$, и гамма-плоскость $\Gamma = L_{\Pi}$ (г), которая отделяет допустимые уровни давления $L(\tau, D_{\Pi}) \leq L_{\Pi}$ от превышающих пороговые $L(\tau, D_{\Pi}) > L_{\Pi}$.

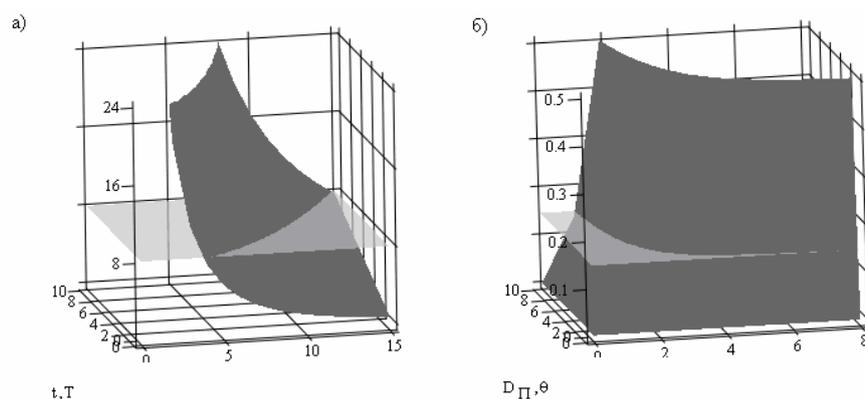


Рис. 6. 3D-представление зависимостей: а – экспозиций человека в звуковом поле $\tau(D_{\Pi}, L)$ вместе с тау-плоскостью $T = T_p$, ограничивающей снизу экспозицию $\tau \leq T_p$, как функцию двух переменных – предельной дозы звукового воздействия D_{Π} и звукового давления $p(L)$, б – предельно допустимых доз $D_{\Pi}(\tau, L)$ вместе с кси-плоскостью $\Xi = D_{\Pi}$, ограничивающей снизу дозы $D < D_{\Pi}$, как функцию двух переменных – уровней звукового давления L и экспозиций τ

Обсуждение результатов. В качестве итога приводим примеры некоторых конкретных числовых расчётов. Эти результаты при их сопоставлении с действующим ГОСТ показывают значительные расхождения в сторону завышения в ГОСТ всех величин, характеризующих воздействие звука на человека на стандартной частоте 1000 Гц: предельно допустимых доз (почти в 7 раз – $1 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ по ГОСТ против $0,147 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ по теории), предельно допустимых звуковых давлений (более чем в 2,5 раза – $0,356 \text{ Па}$ по ГОСТ против $0,135 \text{ Па}$ по теории), предельно допустимых уровней звуковых давлений звукового поля (почти на 10 дБ – 85 дБ по ГОСТ против 77 дБ по теории). Вместе с тем отметим, что сопоставление этих результатов с рекомендованными параметрами звукового воздействия на стандартной

частоте 1000 Гц по ВОЗ [2] отмечает незначительное увеличение ПДУ давления звукового поля всего на 1,7 дБ (по сравнению с рекомендованным ВОЗ 75 дБ).

Выводы: используя представленную концепцию, устанавливающую физиологический, био- и психофизический подходы к механизмам восприятия звуковой энергии (звукового давления, интенсивности звука), разработаны научные основы дозиметрии звука. Они дают теоретическое обоснование установлению на стандартной частоте 1000 Гц предельно допустимых доз звукового воздействия, предельно допустимых звуковых давлений, предельно допустимых уровней звуковых давлений и предельных экспозиций человека в звуковом поле.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Албертс, Б. Молекулярная биология клетки: в 5 т., т. 5 / Б. Албертс и др. // М.: Мир, 1987. 232 с.
2. Гигиенические критерии состояния окружающей среды. 12. Шум. Всемирная организация здравоохранения, Женева, 1983. М.: Медицина, 1984. 156 с.
3. Гистология / Ред.: В.Г. Елисеев, Ю.И. Афанасьев, Н.А. Юрина // М.: Медицина, 1983. 592 с.
4. Громкость звука / БСЭ, т. 7. М.: Сов. Энцикл., 1972. С. 348-349.
5. Защита от шума / СНиП 23-03-2003. М.: ГК РФ по строительству и жилищно-ком. комплексу, 2004. 12 с.
6. Звуковое давление / Физика. БЭС. М.: Бол. Рос. Энцикл., 1999. С. 198-199.
7. Макаров, В.А. Физиология. Основные законы, формулы, уравнения // М.: Изд. дом ГЕОТАР-МЕД, 2001. 112 с.
8. Международный электротехнический словарь. Гр. 65. Радиология и радиологическая физика. М.: Сов. Энцикл., 1966. 256 с.
9. Пат. № 2184485 РФ. МПК⁷ А61В5/12. Способ установления координатного распределения внутренних волосковых клеток на базилярной пластинке периферического отдела слухового анализатора человека / Е.Л. Овчинников, Н.В. Ерёмкина, Н.Ю. Хохлова, заявители и патентообладатели, заявл. – 05.01.2000, опубл. – 10.04.2002 // Бюлл. № 19, 2002. С. 149.
10. Пат. № 2248752 РФ. МПК⁷ А61В5/12. Способ определения громкости тонов для произвольной частоты звуков по Е.Л. Овчинникову с учетом закона Вебера-Фехнера / Е.Л. Овчинников, заявитель и патентообладатель, заявл. – 12.03.03, опубл. – 27.03.05. // Бюлл. № 9, 2005. 26 с.
11. Русаков, И.Г. Мел // БСЭ, т. 16. М.: Сов. Энцикл., 1974. С. 38-39.
12. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.1.003 – 83. М.: Изд. стандартов, 1983. 12 с.
13. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. М.: МЗ РФ, 1997. 14 с.
14. Яворский, Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Демлаф // М.: Наука, 1990. 624 с.
15. Fernandez, C. The innervation of the cochlea (guinea pig) // Laryngoscope. 1951. V. 61. P. 1152-1172.
16. Lim, D.J. Fine morphology of the tectorial membrans: Its relationship to the organ of Corti // Arch. Otol. 1972. V. 96. P. 199-215.

DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC-THEORETICAL BASES
OF A SOUND DOSIMETRY

© 2010 E.L. Ovchinnikov, M.Yu. Aleksandrova, N.A. Romashova, K.A. Adyshirin-zade

Samara State Medical University

The lead analysis of sound action on the person, standards of his life and work safety and methods of measuring the characteristics of sounds and noise causes the necessity of development of the concept of scientific-theoretical bases of a sound dosimetry. The physiological aspect of the concept is grounded that common number Z of the acoustical receptors capable on each frequency to create sensation of tones of different loudness, corresponding sound pressure p (L), is established as $Z=N_H+N_B$ where $N_H=15$ are outside hairpin cells HC and $N_B=1$ is interior HC. Connection between noise level L and number n of functioning outside HC leads to reference points in physiology of hearing for the limiting sound pressure in an interior ear $g(L_c, n_c) = 2,156 \cdot 10^{-4}$ Pa, for the limiting dose of sound action $D_{(Lc)} = 0,147$ Pa²/hour. In ultrasonic metrology reference points become: maximum permissible sound pressure $p = 0,135$ Pa, maximum permissible noise level $L_{II} = 7,7$ and maximum permissible dose of sound action $D_{II} = 0,147$ Pa²/hour. Reference points in psychophysis of hearing become: maximum permissible loudness level E_{II} at maximum permissible dose $D_{II, \text{звукОВОГО}}$ of action and exposure T_p of person $E_{II} = 7,7$ daphone = 77 phons, and the peak exposure of the person τ_{II} in a sound field with noise level L_{II} , in a sound field $\tau_{II} = 8$ ч.

Key words: *sound dosimetry, maximum permissible levels of sound pressures, maximum permissible dose of sound action*

Evgeniy Ovchinnikov, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department of Medical and Biological Physics. E-mail: E.L.Ovchinnikov@ya.ru

Margarita Aleksandrova, Senior Teacher at the Department of Medical and Biological Physics. E-mail: kris-maks@mail.ru

Nataliya Romashova, Assistant at the Department of Medical and Biological Physics. E-mail: merit@mail.ru

Kaira Adyshirin-zade, Senior Teacher at the Department of Medical and Biological Physics. E-mail: adyshirin_zade_ka@mail.ru