

Определение и оценка группового избыточного (атрибутивного) риска потерь слуха от шума

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275

Введение. Профилактика сенсоневральной тугоухости должна базироваться на математических моделях и расчетных методах для прогнозирования изменения порогов слуха в зависимости от возраста и при действии шума на орган слуха. Существует острая необходимость в количественных методах определения риска здоровью при действии шума выше 80 дБА.

Цель исследования — определение группового избыточного риска потерь слуха при действии шума с использованием модели третьей редакции стандарта ISO 1999.3:2013.

Материалы и методы. Разработана технология определения порогов слуха по модели третьей редакции стандарта ISO 1999 в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума на основе связанных расчетных таблиц MSExcel для процентилей популяции 1–99% с шагом в 1%.

Результаты. С применением разработанной технологии определены исходные данные и рассчитаны основные показатели группового риска потерь слуха на уровнях критериев диагностики сенсоневральной тугоухости. Рассчитаны их зависимости от возраста, стажа и уровня шума.

Выводы: Разработанная технология позволяет рассчитать вероятностные пороги слуха для квантилей популяции подверженных и неподверженных действию шума и величину группового избыточного риска потери слуха.

Ключевые слова: профессиональный риск; избыточный риск потери слуха; показатель потерь слуха; критерий диагностики; сенсоневральная тугоухость

Для цитирования: Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Почтарева Е.С. Определение и оценка группового избыточного (атрибутивного) риска потерь слуха от шума. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (4): 212–218. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-212-218>

Для корреспонденции: Курьеров Николай Николаевич, вед. науч. сотр. лаб. физических факторов ФГБНУ «НИИ МТ». E-mail: courierov@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Lyudmila V. Prokopenko, Nikolaj N. Courieriov, Alla V. Lagutina, Elena S. Pochtariova

Calculatun and assessment noise induced hearing loss excess risk in group of population

Izmerov Research Institute of Occupation Health, 31, Budionnogo Ave., Moscow, Russia, 105275

Introduction. Prevention of occupation hearing loss should be based on mathematical models and computational methods to predict changes in hearing thresholds (HT) with age and under the action of noise on the hearing organ. There is an urgent need for quantitative methods to determine the health risk of exposure to noise above 80 dBA.

The aim of the study was to determine the group excessive risk of hearing loss (ERHL) under the action of noise using the model of the third edition of ISO 1999.

Materials and methods. Developed technology for the determination of the HT model, the third edition of ISO 1999, depending on the gender, age, length of service and experienced noise exposure on the basis of the related settlement tables MSExcel for population percentiles 1 to 99% in 1% step.

Results. With the use of the developed technology, the initial data were determined and the main indicators of the group risk of hearing loss at the levels of criteria for the diagnosis of sensorineural hearing loss (SNT) were calculated. Their dependences on age, length of service and noise level are calculated.

Conclusions: The developed technology allows us to calculate the probable hearing thresholds of the quantile of the population exposed to and unaffected by noise and the magnitude of the group excess risk.

Key words: professional risk; the excess risk of hearing loss; the rate of hearing loss; the criterion for the diagnosis; occupation hearing loss

For citation: Prokopenko L.V., Courieriov N.N., Lagutina A.V., Pochtareva E.S. Identification and assessment of the group redundant (attributive) risk of hearing loss from noise. *Med. truda i prom ekol.* 2019; 59(4): 212–218. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-212-218>

For correspondence: Nikolai N. Courieriov, leading researcher of physical factors laboratory of Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: courierov@mail.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Введение. Более 50 лет учеными разных стран предпринимались попытки разработать математические модели и расчетные методы для прогнозирования изменения порогов слуха (ПС) с возрастом и при действии шума на

орган слуха [1–10]. Результатом этих работ явилась разработка серий международных стандартов ISO 7029 и ISO 1999, выпускаемых в разные годы, последние редакции этих стандартов изданы в 2017 и 2013 гг. соответственно. Положения этих стандартов действуют в нашей стране с принятием ГОСТ Р ИСО 7029–2011 «Акустика. Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека» и ГОСТ Р ИСО 1999–2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума» [11,12].

Принципиальные положения этих стандартов:

- Не представляется возможным однозначно определить, какая часть наблюдаемой потери слуха (HL) конкретного человека обусловлена возрастом, а какая часть может быть вызвана другими факторами, например, шумом.

- Определяемые величины могут использоваться для оценки ПС определенного человека по отношению к их статистическому распределению для группы людей с одинаковым полом, возрастом, стажем работы и стажевой экспозицией шума.

В нашей стране также проводились исследования в этом направлении, в результате чего были разработаны и приняты методические рекомендации, в которых приведены общие принципы сбора информации, некоторые показатели эпидемиологической статистики и формулы для их расчета, применяемые для определения категорий профессионального риска (ПР) по классам условий труда и индексу профзаболеваний, расчету статистических показателей по данным периодических медицинских осмотров [13,14]. Но ни один документ не приводит четкий алгоритм расчета величины ПР для шумового фактора [15].

В методических рекомендациях [16] описан метод расчета «вероятности» ПС на речевых частотах (использовано среднее арифметическое значение для частот 0,5, 1 и 2 кГц), связанных с возрастом и шумом, для популяции, подверженной шуму, по модели второй редакции стандарта ISO 1999.2:1990 [17], и порядок оценки HL по результатам аудиометрического исследования по критериям ГОСТ 12.4.062–78 (стандарт в 1985 г. был отменен, однако гофрированные критерии потерь слуха в сравнительном аспекте используются в научно-исследовательских разработках) [18]. Фактически, в этом руководстве термин «вероятность» соответствует понятию «абсолютный риск», принятому в эпидемиологии. Существенным недостатком руководства является отсутствие в модели ISO 1999.2:1990 зависимости порогов слуха от половой принадлежности человека.

Модель стандарта ISO 1999.3:2013 [19] позволяет определить вероятностные ПС для определенных квантилей популяции в зависимости от пола, возраста, стажа работы и стажевой экспозиции шума. Но возможно решение и обратной задачи: определение порогов слуха для различных квантилей (процентилей) популяции в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума, которое рассматривается в разделе 7.3 ISO 1999.3:2013 [19]. Пример такого расчета ПС для комбинации аудиометрических частот 1, 2 и 4 кГц и построения зависимостей общих и возрастных порогов слуха по трем процентиям для группы пятидесятилетних мужчин при стаже работы 30 лет со стажевой экспозицией шума 90 дБА приведен в приложении «С» этого стандарта. В этом примере величина риска потери слуха в 11,5% определена как разность процентилей экспонированной и неэкспонированной групп популяции на условном критериальном уровне потери слуха 27 дБ.

В эпидемиологической статистике [20] этот показатель называется «добавочным» или «атрибутивным» риском,

который определяется разностью величин заболеваемости в группах подверженных и неподверженных действию фактора, в данном случае — шума. В англоязычной литературе используется термин «Excess risk» [21–24] — избыточный риск (ER) [25].

Избыточный риск потерь слуха (ER_{HL}), рассчитанный по приложению С третьей редакции стандарта ISO 1999, можно считать популяционным избыточным риском, так как исходные данные для разработки модели этого стандарта получены на основе анализе больших массивов данных нарушений слуха, выявленных по результатам исследований, проведенных в соответствии с методами, описанными в соответствующих международных стандартах.

Для разных аудиометрических частот и их комбинаций (интегральных показателей ПС) и соответствующих критериев диагностики потерь слуха, расчетные значения ER_{HL} могут быть различны. В качестве интегрального показателя можно принять средний бинауральный ПС на частотах 0,5; 1,0 и 2,0 кГц [26] и соответствующие критерии диагностики сенсоневральной тугоухости (СНТ) для этой комбинации частот. Возможно использование другой комбинации аудиометрических частот, например, 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кГц [27] или отдельных аудиометрических частот с применением соответствующих критериев СНТ.

Определяемая величина группового ER_{HL} будет справедлива для части популяции с одинаковыми полом, возрастом, стажем работы и стажевой экспозиции шума.

Цель исследования — определение группового избыточного риска потерь слуха (ER_{HL}) при действии шума с использованием модели третьей редакции стандарта ISO 1999.

Задачи исследования:

- разработка технологии расчета порогов слуха по модели третьей редакции стандарта ISO 1999 для мужчин и женщин для различных квантилей (процентилей), подверженных и неподверженных действию шума групп популяции различного возраста, стажа работы;

- определение процентилей групп, подверженных и неподверженных действию шума, на уровнях критериев СНТ;

- расчет группового избыточного риска на критериальных уровнях ПС для части популяции с одинаковым полом, возрастом, стажем работы и стажевой экспозиции шума.

Материалы и методы. Технология реализации расчетного метода определения ПС по модели третьей редакции стандарта ISO 1999 в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума основана на разработке связанных расчетных таблиц MSeXcell, включающих разделы, содержащие расчетные коэффициенты, формулы расчета возрастных изменений ПС и их изменений при действии шума для различных процентилей популяции мужчин и женщин, критериальные величины и результаты расчетов в численном и графическом виде.

Расчетная модель третьей редакции стандарта ISO 1999 [19] позволяет определить ПС для процентилей от 5 до 95% популяции мужчин и женщин для аудиометрического ряда частот 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 6 кГц. Используемые в расчетах величины множителя k , соответствующие нормальному распределению для процентилей 5–95% популяции с шагом 1%, приведены в таблице А. 1 ГОСТ Р ИСО 7029–2011 [11]. В данной работе был расширен диапазон величин этого множителя для процентилей 1–99% с шагом в 1% и определены зависимости изменения величин порогов слуха, связанных с возрастом (HTLA), для процентилей популяции этого диапазона для мужчин и женщин разного возраста (рис. 1).

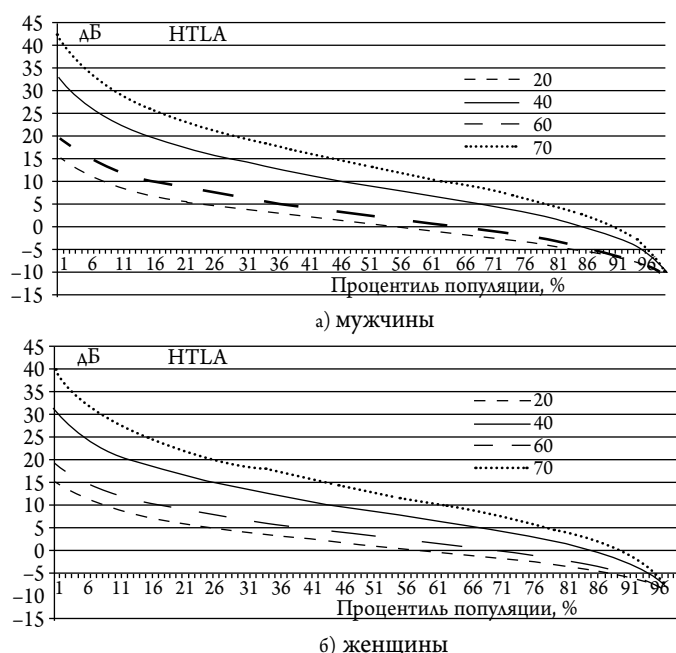


Рис. 1. Возрастные изменения порогов слуха (HTLA) у мужчин (а) и женщин (б) в возрасте 20, 40, 60 и 70 лет для процентилей популяции 1–99%

Fig. 1. Age-related changes in PS (HTLA) in the percentiles of the population 1–99%: а) for men and б) for women aged 20, 40, 60 and 70 years

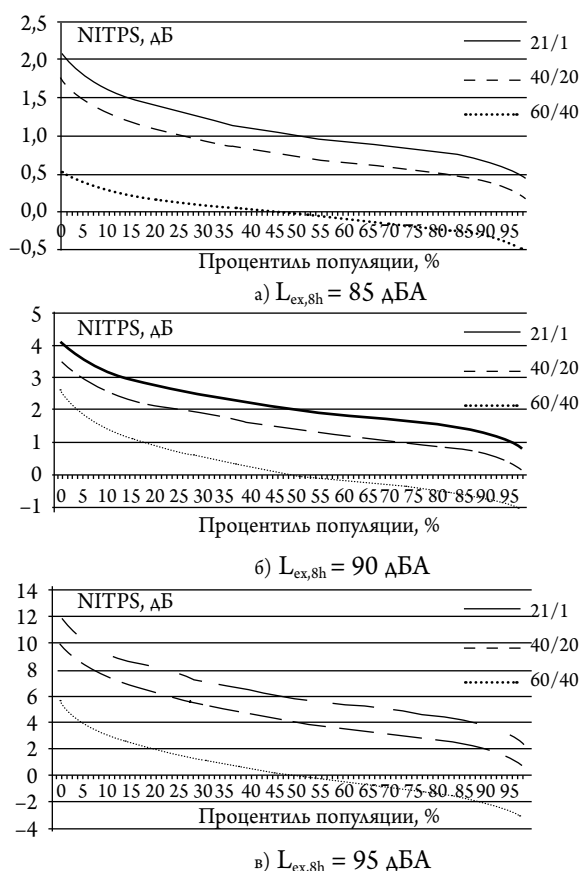


Рис. 2. Пороги слуха, вызванные шумом разных уровней (NITPS), а) 85 дБА, б) 90 дБА, в) 95 дБА, у мужчин в возрасте/стаже 21/1, 40/20 и 60/40 лет для процентилей популяции 1–99%

Fig. 2. Thresholds of hearing caused by noise at different levels (NITPS), а) 85 dBA, б) 90 dBA in 95 dBA for men in the age/seniority 21/1, 40/20 and 60/40 years for percentiles of the population 1–99%

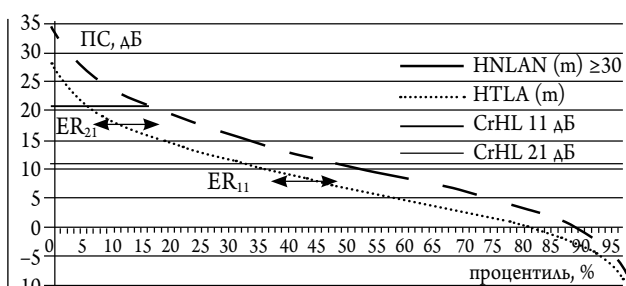


Рис. 3. Определение группового избыточного риска потерь слуха (ER_{HL}) для мужчин 54 лет со стажем работы 34 года и стажевой экспозицией шума — 93,4 дБА.

Fig. 3. Determination of group ER_{HL} for men 54 years with 34 years of experience and experience exposure noise — 93.4 dBA

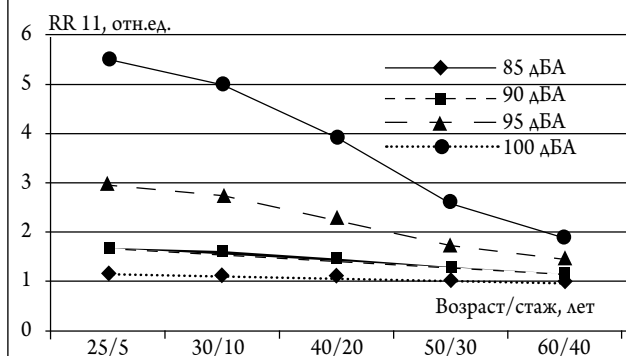


Рис. 4. Изменение величины относительного риска потерь слуха с возрастом/стажем при действии шума различных уровней

Fig. 4. The change in the value of RR HL with age under the action of noise of different levels

Следующим этапом был расчет зависимостей изменения порогов слуха от действия шума различных уровней (NITPS) для процентилей популяции 1–99% (рис. 2).

Для решения второй поставленной задачи произведен расчет общих изменений ПС от шума и возраста (HNLAN) при различных возрасте/стаже и уровнях шума в диапазоне процентилей 1–99% популяции с шагом в 1%. Далее определялись величины группового избыточного риска ER_{11} и ER_{21} на критериальных уровнях диагностики потерь слуха 1-й степени ($CrHL=11$ дБ) и 2-й степени ($CrHL=21$ дБ) по ГОСТ 12.4.062–78 [18]. Пример определения избыточного риска потери слуха для мужчины 54 лет, со стажем работы 34 года и стажевой экспозицией шума — 93,4 дБА приведен на рис. 3.

Расчеты ER_{HL} для среднего порога слуха на частотах 0,5; 1,0 и 2,0 кГц показали следующие результаты:

$$ER_{11}=15\%, ER_{21}=11\%.$$

Величины ER_{HL} на частоте 4 кГц для выраженных признаков воздействия шума ($CrHL=21$ дБ) и потерь слуха 1-й степени ($CrHL=41$ дБ) и 2-й степени ($CrHL=66$ дБ) по модифицированным критериям на основе ГОСТ 12.4.062–78 [26] составляют:

$$ER_{21}=32\%, ER_{41}=33\%, ER_{66}\approx 8\%.$$

Величина ER_{66} не может быть корректно определена, так как процентиль популяции с возрастными изменениями слуха на критериальном уровне $CrHL=66$ дБ будет менее 1%. При определении величин множителя k соответствующих нормальному распределению для процентилей популяции менее 1% эта величина может быть рассчитана.

Таблица 1 / Table 1

Групповой избыточный риск потерь слуха при действии шума на аудиометрических частотах 0,5–2,0 кГц и критерияльных уровнях потерь слуха по ГОСТ 12.4.062–78 [18]

Group excessive risk of hearing loss under the action of noise at audiometric frequencies 0.5–2.0 kHz and criteria levels of hearing loss according to GOST 12.4.062–78 [18]

Возраст / стаж, лет	Критерии потерь слуха											
	Признаки воздействия шума (5 дБ)				Потери слуха 1-й степени (11 дБ)				Потери слуха 2-й степени (21 дБ)			
	Стажевая экспозиция, дБА											
	85	90	95	100	85	90	95	100	85	90	95	100
Групповой избыточный риск потерь слуха, %												
25/5	1	5	12	23	1	4	12	26	0	0	1	9
30/10	1	5	14	31	1	5	14	31	0	0	2	14
40/20	2	7	21	40	2	7	20	44	1	2	7	27
50/30	2	8	21	35	2	8	21	47	1	3	13	37
60/40	2	7	15	24	2	7	22	41	1	5	17	42

Таблица 2 / Table 2

Групповой избыточный риск потерь слуха при действии шума на частоте 4,0 кГц по модифицированным критерияльным уровням потерь слуха на основе ГОСТ 12.4.062–78 [26]

Group excessive risk of hearing loss under the action of noise at a frequency of 4.0 kHz by modified criteria levels of hearing loss based on GOST 12.4.062–78 [26]

Возраст / стаж, лет	Критерии потерь слуха											
	Признаки воздействия шума (21 дБ)				Потери слуха 1-й степени (41 дБ)				Потери слуха 2-й степени (66 дБ)			
	Стажевая экспозиция, дБА											
	85	90	95	100	85	90	95	100	85	90	95	100
Групповой избыточный риск потерь слуха, %												
25/5	4	15	34	55	0	0	1	10	0	0	0	0
30/10	10	29	57	79	0	0	9	34	0	0	0	1
40/20	15	36	60	74	2	8	27	56	0	0	0	8
50/30	15	31	44	51	7	19	40	67	0	1	6	22
60/40	9	16	22	26	2	7	22	41	1	5	17	42

Таблица 3 / Table 3

Групповой избыточный риск потерь слуха при действии шума на аудиометрических частотах 0,5–4,0 кГц и критерияльных уровнях потерь слуха по Федеральным клиническим рекомендациям [27]

Group excessive risk of hearing loss under the action of noise at audiometric frequencies of 0.5–4.0 kHz and criteria levels of hearing loss according to Federal clinical recommendations [27]

Возраст / стаж, лет	Критерии потерь слуха											
	Признаки воздействия шума (11 дБ)				СНТ 1-й степени (26 дБ)				СНТ 2-й степени (41 дБ)			
	Стажевая экспозиция, дБА											
	85	90	95	100	85	90	95	100	85	90	95	100
	Групповой избыточный риск потерь слуха, %											
25/5	4	11	22	38	0	0	1	10	0	0	0	0
30/10	6	15	30	52	0	0	4	19	0	0	0	1
40/20	8	19	37	58	1	4	13	36	0	0	0	7
50/30	7	18	34	48	3	9	23	48	0	0	3	17
60/40	6	14	23	31	5	12	27	52	1	3	11	30

При использовании комбинации аудиометрических частот 0,5; 1; 2 и 4 кГц и критериев потерь слуха по Федеральным клиническим рекомендациям [27] для признаков потерь слуха (11 дБ) и потерь слуха 1-й степени (С_тНЛ= 26 дБ) и 2-й степени (С_тНЛ= 41 дБ) и 35 дБ по зарубежным данным [28] величины ER_{НЛ} в этой группе составляют:

$$ER_{11}=26\%, ER_{26}=20\%, ER_{41}\approx 4\%, ER_{35}=9\%.$$

Величина ER₄₁ точно не определяется, так как на этом критерияльном уровне диагностики потерь слуха процентиль популяции будет менее 1%.

Использование для технологии расчетов связанных таблиц и графиков в процессоре MS Excel при внесении в соответствующие поля исходных данных о возрасте, стаже работы, стажевой экспозиции и величин ПС на стандартных аудиометрических частотах человека (мужчины или женщины) позволяет получить в реальном времени

Сравнение данных группового избыточного риска по разным источникам для 60-летних мужчин, работавших в шуме 40 лет**Comparison of estimates of group excess risk from different sources for 60-year-old men who worked in noise for 40 years**

Уровень стажевой экспозиции, $L_{A,EX,8,стаж}$ дБА	Избыточный риск, %, определенный для среднего бинаурального порога слуха на частотах 0,5; 1; 2 кГц по критерию потерь слуха 25дБ				
	NIOSH (1972) [22]	ISO 1999 (1971) [22]	NIOSH (1978) [2]*	ISO 1999 (2013)	ISO 1999 (2013)**
80	3	0	1	0	1
85	15	10	8	1	5
90	29	21	25	4	12
95	43	29		14	27
100				37	52

Примечание: * — в исследовании [2] применялся набор аудиометрических частот 1, 2, 3 и 4 кГц; ** — в исследовании применялся набор аудиометрических частот 0,5, 1, 2, и 4 кГц

Note: * — the study [2] used a set of audiometric frequencies of 1, 2, 3 and 4 kHz; ** — the study used a set of audiometric frequencies of 0.5, 1, 2, and 4 kHz

необходимые результаты в числовом и графическом виде. Разработанная технология позволяет рассчитать величины группового ER_{HL} : для частоты 4 кГц на критериальных уровнях диагностики потерь слуха 21, 41 и 66 дБ; для комбинации частот 0,5; 1,0 и 2,0 кГц на критериальных уровнях диагностики потерь слуха 11, 21 и 31 дБ; для комбинации частот 0,5; 1,0; 2,0 и 4,0 кГц на критериальных уровнях диагностики потерь слуха 11, 26, 35 и 41 дБ.

При необходимости таблицы могут быть дополнены расчетом ER_{HL} на каждой аудиометрической частоте в диапазоне 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 и 6,0 кГц, (т. е. в пределах, ограниченных моделью стандарта ISO 1999.3) и для любых комбинаций этих частот. Некоторые особенности таблиц MSeXcell, а также различия в величинах расчетных коэффициентов для мужчин и женщин и алгоритме расчетов для лиц в возрасте менее 30 лет требуют использования отдельных полей ввода исходных данных и вывода результатов.

Результаты. Результаты расчетов величин группового ER_{HL} при действии шума различных уровней для нескольких критериев сенсоневральной тугоухости в различных возрастных группах представлены в табл. 1–3.

По результатам расчетов выявлена корреляционная связь ($r=0,78-0,99$) зависимости избыточного риска потерь слуха для всех комбинаций частот и критериальных уровней потерь слуха в диапазоне уровней шумовой экспозиции от 85 до 100 дБА. Изменение направленности зависимостей избыточного риска от возраста и стажа, определенных на критериальных уровнях потерь слуха по ГОСТ 12.4.062–78 [18], свидетельствует, что со снижением риска признаков воздействия шума и потерь слуха 1-й степени возрастает риск потерь слуха для 2-й степени потерь слуха.

Избыточный риск (ER), в качестве наиболее адекватного показателя для оценки риска потери слуха от шума, имеет определенные преимущества перед другими показателями риска, такими как абсолютный риск, относительный риск (RR) и этиологическая доля. Абсолютный риск, равный процентилу популяции с определенными порогами слуха, характеризует общие потери слуха, не выделяя вклад действия шума.

С возрастом, несмотря на растущие потери слуха, относительный риск снижается, так как доля возрастных потерь слуха возрастает (рис. 4).

Избыточный риск для оценки потерь слуха при действии шума в настоящее время считается более приемле-

мым [21,24,29]. Величина ER зависит от результатов измерений шумовой экспозиции, выполненных с применением различных методов измерения. В настоящее время устоялось мнение, что наиболее адекватной величиной для оценки риска потерь слуха является эквивалентный уровень звука А за восьмичасовую рабочую смену. Существенную роль играет расчетная модель для определения возрастных изменений слуха и потерь слуха при действии шума. Кроме того, на величину ER влияет принятый набор аудиометрических частот для определения ПС и величина критериев для диагностики тугоухости [21,22,24,29]. Применение в показателе частоты 4 кГц исключает нулевой избыточный риск при уровне экспозиции 80 дБ.

Некоторые результаты определения ER по зарубежным источникам приведены в таблице 4.

Добавление в набор частоты 6 кГц даст возможность оценки риска ранних изменений ПС [21]. Возможно, что для различных целей прогнозирования HL необходимо выбрать свой набор аудиометрических частот [23,24], например, 3–6 кГц для прогнозирования ранних признаков, а 0,5–2,0; 0,5–3,0; или 0,5–4,0 кГц — для прогнозирования потерь слуха соответствующей степени, в зависимости от выбранного Cr_{HL} . Для оценки риска снижения восприятия речи возможно использовать параметр среднего порога слуха с использованием индексов артикуляции [29,30]. Для каждой цели прогнозирования как профессионального, так и непрофессионального воздействия шума на слух необходима разработка соответствующей шкалы оценки избыточного риска [23].

Выводы:

1. Разработана технология расчета вероятностных порогов слуха для различных квантилей (процентилей) популяции по модели третьей редакции стандарта ISO 1999 на аудиометрических частотах 0,5–6 кГц и их комбинациях в зависимости от пола, возраста, стажа и стажевой экспозиции шума. Технология также позволяет по известным полу, возрасту, стажу и стажевой экспозиции шума и заданным критериям потерь слуха возможно определить квантили (процентили) популяции подверженных и неподверженных действию шума с аналогичными возрастными и экспозиционными показателями и величину группового избыточного риска потери слуха.

2. Величина группового избыточного риска потери слуха зависит от принятого интегрального показателя потерь

слуха, заданного критерия степени потери слуха, принятой для расчетов математической модели и отражает вероятность дополнительных случаев потери слуха, обусловленных воздействием шума.

3. Требуется дополнительные исследования для определения оптимального набора аудиометрических частот для расчета группового избыточного риска потери слуха и шкалы его оценки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Burns, W., Robinson, D.W. Hearing and Noise in Industry. London: Her Majesty's Stationery Office; 1970.
2. Robinson DW, Shipton MS. Tables for the estimation of noise-induced hearing loss, NPL Acoustics Rep Ac 61 (2nd ed.) British A.R.C.; 1977.
3. Robinson D.W., Sutton G.J. Age effects in hearing — a comparative analysis of published threshold data. *Audiol.* 1979; 18: 320–34.
4. Robinson DW. (1988). Threshold of hearing as a function of age and sex for the typical unscreened population. *Audiol.* 22: 5–20.
5. Robinson DW. Estimating the risk of hearing loss due to continuous noise. In: Robinson DW (ed). Occupational hearing loss. Academic Press, London; 1971.
6. Robinson D.W. The relationship between hearing loss and noise exposure, NPL Aero Rep Ac 32, British A.R.C.; 1968.
7. Robinson D.W. Noise exposure and hearing: A new look at the experimental data. Health and Safety Executive Contract Research Report No. 1.; 1987.
8. Rosen S, Bergman M, Plester D, El-mofty A. and Satti M.H. Presbycusis study of a relatively noise-free population In the Sudan. *Ann. Otol. Rhin. Laryngoscope.* 1962; 71: 727–43.
9. Starck J, Pyykkö I, Toppila E, Pekkarinen J. (1996). Do the models assess noise-induced hearing loss correctly? *ACES.* 1996. 7 (3–4): 21–6.
10. Toppila E, Pyykkö I, Starck J. Age and noise-induced hearing loss. *Scand Audiol.* 2001; 30 (4): 236–44.
11. ГОСТ Р ИСО 7029–2011 «Акустика. Статистическое распределение порогов слышимости в зависимости от возраста человека».
12. ГОСТ Р ИСО 1999–2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума».
13. Методические рекомендации по оценке профессионального риска по данным периодических медицинских осмотров». МинСоцЗдрав РФ, РАМН. Утверждены НС «Медико-экологические проблемы здоровья работающих» РАМН. М.: 2006
14. Методические рекомендации. «Прогнозирование воздействия вредных факторов условий труда и оценка профессионального риска для здоровья работников» МинСоцЗдрав РФ, НИИ МТ РАМН. Утверждены НС №45 РАМН; М.: 2010.
15. Руководство Р 2.2.1766–03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». Минздрав РФ, М.; 2004.
16. Прокопенко Л.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Почтарева Е.С. Актуальные проблемы совершенствования критериев экспертизы связи сенсоневральной тугоухости с профессией членов летных экипажей воздушных судов гражданской авиации. Сборник трудов института под ред. член-корр. И.В. Бухтиярова «Актуальные проблемы медицины труда»; 2018.
17. ISO 1999 (1990). «Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment,» International Organization for Standardization.
18. ГОСТ 12.4.062–78 «ССБТ. Шум. Методы определения потерь слуха человека», отменен в 1985 г.

19. ISO 1999:2013 «Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing loss». International Organization for Standardization.

20. Шкарин В.В., Благонравова А.С. Термины и определения в эпидемиологии. Словарь. Изд. НГМА; 2010.

21. Johnson P.T. Noise exposure: Explanation of OSHA and NIOSH safe exposure limits and the importance of noise dosimetry (https://www.etymotic.com/downloads/dl/file/id/47/product/73/noise_exposure_explanation_of_osh_a_and_niosh_safe_exposure_limits_and_the_importance_of_noise_dosimetry.pdf)

22. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure. Revised criteria 1998. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.

23. R. Neitzel, B. Fligor, Determination of risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: review. WHO–2017. https://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf

24. Suter, Alice H. Standards and Regulations. In 47. Noise, Suter, Alice H., Editor, Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Jeanne Mager Stellman, Editor-in-Chief. International Labor Organization, Geneva; 2011.

25. Здолик Т.Д. Экологическая эпидемиология: учебное пособие: в 2 ч. Т.Д. Здолик, В.Ф. Горбич; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань; 2008.

26. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Курьеров Н.Н., Прокопенко Л.В., Булгакова М.В., Хахилева О.О., Совершенствование критериев потери слуха от шума и оценка профессионального риска. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 4: 1–9.

27. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике потери слуха, вызванной шумом, разработанные в 2015 г. Национальной медицинской ассоциацией оториноларингологов и Ассоциацией специалистов по медицине труда.

28. Régime général tableau 42. Atteinte auditive provoquée par les bruits léSIONNELS (www.inrs.fr/mp09/2017).

29. Mary M. Prince, Leslie T. Stayner, Randall J. Smith, and Stephen J. Gilbert. A re-examination of risk estimates from the NIOSH Occupational Noise and Hearing Survey. Occupational Noise Exposure, Revised Criteria. NIOSH; 1998.

30. ASHA (1981). American Speech-Language-Hearing Association. Task Force on the Definition of Hearing Handicap, «On the definition of hearing handicap». *Asha.* 1981; 23: 293–7.

REFERENCES

1. Burns, W., Robinson, D.W. Hearing and Noise in Industry. London: Her Majesty's Stationery Office; 1970.
2. Robinson DW, Shipton MS. Tables for the estimation of noise-induced hearing loss, NPL Acoustics Rep Ac 61 (2nd ed.) British A.R.C.; 1977.
3. Robinson D.W., Sutton G.J. Age effects in hearing — a comparative analysis of published threshold data. *Audiol.* 1979; 18: 320–34.
4. Robinson DW. (1988). Threshold of hearing as a function of age and sex for the typical unscreened population. *Audiol.* 22: 5–20.
5. Robinson DW. Estimating the risk of hearing loss due to continuous noise. In: Robinson DW (ed). Occupational hearing loss. Academic Press, London; 1971.
6. Robinson DW. The relationship between hearing loss and noise exposure, NPL Aero Rep Ac 32, British A.R.C.; 1968.
7. Robinson DW. Noise exposure and hearing: A new look at the experimental data. Health and Safety Executive Contract Research Report No. 1.; 1987.

8. Rosen S., Bergman M., Plester D., El-mofty A. and Satti M.H. Presbycusis study of a relatively noise-free population In the Sudan. *Ann. Otol. Rhin. Laryngoscope*. 1962; 71: 727–43.
9. Starck J, Pyykkö I, Toppila E, Pekkarinen J. (1996). Do the models assess noise-induced hearing loss correctly? *ACES*. 1996. 7 (3–4): 21–6.
10. Toppila E, Pyykkö I, Starck J. Age and noise-induced hearing loss. *Scand Audiol*. 2001; 30 (4): 236–44.
11. State Standard /SS/ R ISO 7029–2011 «Acoustics. The statistical distribution of the threshold of audibility depending on the age of the person».
12. State Standard /SS/ R ISO 1999–2017 «Acoustics. Assessment of hearing loss due to noise exposure.»
13. Methodical recommendation for the assessment of occupational risk according to periodic medical examinations.» Ministry of health and social development of the Russian Academy of Medical Sciences /RAMS/. Approved by the National Assembly/NA/ «Medical-ecological problems of worker's health « RAMS. 2006
14. Methodical recommendation. «Forecasting the impact of harmful factors of working conditions and assessment of occupational health risk for workers» Ministry of health and social development, Research Institute of Occupational Health RAMS. Approved by NA №45; 2010.
15. Manual P 2.2.1766–03 «Guidelines for the assessment of occupational health risks for workers. Organizational and methodological basiss, principles and criteria of evaluation». Ministry of health, Moscow; 2004.
16. Prokopenko L. V., Courierov N. N., Lagutina A.V., Pochtarova E. S. «Actual problems of improvement of criteria of examination of communication of sensorineural hearing loss with a profession of members of flight crews of aircrafts of civil aviation». Proceedings of the Institute under the editorship of corresponding member I. V. Bukhtiyarov «Actual problems of occupational health». 2018.
17. ISO 1999 (1990). «Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment» International Organization for Standardization.
18. State Standard /SS/ 12.4.062–78 «SSBT. Noise. Methods of definition of losses of human hearing», repealed in 1985.
19. ISO 1999:2013 «Acoustics — Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing loss». International Organization for Standardization.
20. Shkarin V.V., Blagonravova A. S. Terms and definitions in epidemiology. Dictionary. Ed. NGMA; 2010.
21. Johnson P.T. Noise exposure: Explanation of OSHA and NIOSH safe exposure limits and the importance of noise dosimetry (https://www.etymotic.com/downloads/dl/file/id/47/product/73/noise_exposure_explanation_of_osh_osh_safe_exposure_limits_and_the_importance_of_noise_dosimetry.pdf)
22. National Institute for Occupational Safety and Health. Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure. Revised criteria 1998. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.
23. R. Neitzel, B. Fligor, Determination of risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: review. WHO–2017. https://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf.
24. Suter, Alice H. Standards and Regulations. In 47. Noise, Suter, Alice H., Editor, Encyclopedia of Occupational Health and Safety, Jeanne Mager Stellman, Editor-in-Chief. International Labor Organization, Geneva; 2011.
25. Zdolnik T.D., «Environmental epidemiology: textbook: in 2 parts. Zdolnik T.D., Gorbich V.F. ; S. A. Yesenin State University, Ryazan; 2008.
26. Bukhtiyarov I. V., Denisov E. I., Courierov N. N., Prokopenko L. V., Bulgakova M.V., Hahileva O.O., Improvement of criteria of hearing loss from noise and occupational risk assessment. Occupational Health and industrial ecology 2018; 4: 1–9.
27. Federal clinical guidelines for the diagnosis, treatment and prevention of hearing loss caused by noise, developed in 2015 by the National medical Association of otorhinolaryngologists and the Association of specialists in occupational health.
28. Régime général tableau 42. Atteinte auditive provoquée par les bruits lésonnels (www.inrs.fr/mp/09/2017).
29. Mary M. Prince, Leslie T. Stayner, Randall J. Smith, and Stephen J. Gilbert. A re-examination of risk estimates from the NIOSH Occupational Noise and Hearing Survey. Occupational Noise Exposure, Revised Criteria. NIOSH; 1998.
30. ASHA (1981). American Speech-Language-Hearing Association. Task Force on the Definition of Hearing Handicap, «On the definition of hearing handicap». *Asha*. 1981; 23: 293–7.

Дата поступления / Received: 28.03.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 10.04.2019

Дата публикации / Published: 18.04.2019