

**МЕТОДИКА РАСЧЁТА БЕЗОПАСНОГО СТАЖА РАБОТЫ
ПРИ КОНТАКТЕ С ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ**

Кашинцева Л.О., Тимофеева В.Б., Хрупачев А.Г., Кашинцева Л.В.

Тульский государственный университет, г. Тула

Приведены методики расчета доз и максимального времени вредного воздействия виброакустических факторов производственной среды. Разработаны компьютерные программы с унифицированным интерфейсом, определяющие безопасный стаж работы, время работы и количество смен при контакте с виброакустическими факторами.

В современном мире практически не существует человека, который в той или иной степени не был бы озабочен экологическими проблемами и вопросами собственной экологической безопасности [1, 4]. Появились и получают широкое распространение такие понятия как «акустическая экология», «шумовое загрязнение окружающей среды» и др. Под шумовым загрязнением понимают раздражающие звуки антропогенного происхождения, которые нарушают жизнедеятельность живых организмов и человека. Негативное влияние сильных шумов на организм человека известно, но нет четкого понимания влияния акустических сигналов малой мощности на функциональные системы организма человека.

В настоящее время шум воспринимается как «неизбежное зло», как неотъемлемая часть процесса жизнедеятельности человека. Повышенный уровень шума на производстве не вызывает кровотечений, не ведет к переломам и повреждениям тканей, и, если рабочие перетерпят первые несколько дней или недель, у них очень часто возникает ощущение «привыкания» к шуму. Но в большинстве случаев у человека начинается временная потеря слуха, которая притупляет его способность слышать во время рабочего дня, хотя эти изменения частично восстанавливаются за ночь. Таким образом, человек теряет слух постепенно, зачастую – незаметно в течение месяцев и лет, пока ослабление слуха не достигнет критической отметки, когда звуковой анализатор перестает принимать адекватную информацию об окружающем мире. Отечественные и зарубежные исследования позволили установить взаимосвязь между интенсивностью и продолжительностью шумового воздействия. Так, риск потери слуха при десятилетней продолжительности воздействия шума составляет 10 % при уровне 90 дБ, 29 % при 100 дБ и 55 % при 110 дБ. По данным Роспотребнадзора России, в структуре профзаболеваний кохлеарные невриты составляют порядка 20 %. Кроме того, неспецифическое воздействие шума проявляется раньше, чем изменения в органе слуха: невротический и астенический синдромы в сочетании с вегетативной дисфункцией, нарушения

секреторной и моторной функции желудочно-кишечного тракта. В результате воздействия шума высокой интенсивности одновременно возникают изменения в сердечно-сосудистой, нейроэндокринной и иммунной системе. Возникающие дефекты иммунной системы касаются в основном трех основных биологических эффектов: снижения антиинфекционного иммунитета; создания благоприятных условий для развития аутоиммунных и аллергических процессов, снижения противоопухолевого иммунитета. Все это нашло подтверждение в новейших исследованиях тизмограмм биологических жидкостей (кровь, лимфа), в которых обнаружена существенная разница в структуре и самоорганизации их элементов у здоровых людей уже при 20 минутном воздействии низкочастотного широкополосного шума (до 25 Гц) интенсивностью более 110 дБ [5].

Сегодня локальная вибрация (ЛВ) – один из самых распространенных вредных производственных факторов. Ее источники – различные виброинструменты: рубильные, клепальные и отбойные молотки; перфораторы; шлифовальные машины; дрели; гайковерты; бензиномоторные пилы и др., широко используемые в машиностроении, строительстве, горнодобывающей и лесной промышленности. Как результат, вибрационная болезнь (ВБ) от ЛВ у нас в стране в 80-е годы прошлого столетия составляла 30–33 % структуре профзаболеваний, затем наблюдалось снижение и в настоящее время она находится на уровне 24 % [6].

В свою очередь, воздействию *общей вибрации* (ОВ) на рабочих мест подвергаются около 3 млн. человек в строительстве, сельском хозяйстве и на транспорте. К ним относятся операторы и машинисты самоходных и прицепных машин (тракторов, комбайнов, бульдозеров, скреперов, кранов и др.), водители автомобилей и городского транспорта, экипажи речных и морских судов, авиационного и железнодорожного транспорта. ОВ передается на рабочие места транспортно-технологических машин (буровых станков, экскаваторов и др.) и стационарного оборудования (грохотов, центрифуг и т.п.). Вибрационная болезнь (ВБ) от ОВ составляет около 15 % от всей вибрационной патологии [7].

В Российской Федерации методика расчета дозы шума изложена в ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие положения безопасности». Согласно ему, показателем потенциальной опасности здоровью работающих в условиях повышенного шума, является относительная доза шума (1), характеризующая величину в процентах, на которую фактическая доза шума D_f , полученная на рабочем месте, превышает допустимую дозу шума $D_{доп}$:

$$D_{отн.} = \frac{D_f}{D_{доп}} \cdot 100, \quad (1)$$

В тоже время, в действующих в России сегодня санитарных норм [10] нормируемым параметром является эквивалентный (по энергии) уро-

вень шума $L_{A_{экв}}$ (2), а не аккумулирующий показатель отдаленных эффектов – доза шумового воздействия.

$$L_{A_{экв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \quad (2)$$

Для устранения этого несоответствия в работе [11] предложены численные соотношения между эквивалентным уровнем звука на рабочем месте и относительной дозой шума в зависимости от времени действия шума в течение смены (табл. 1).

В основу расчета допустимой стажевой дозы при работе во вредных условиях труда заложено правило «равной энергии», которое применимо к любому физическому фактору. Учеными НИИ медицины труда, предлагается рассчитывать допустимый уровень шума в течение трудового стажа $L_{СТ}$, по зависимости [3]:

$$L_{СТ} = L_{A_{экв}} + 10 \lg(t/8) + 10 \lg(T/T_0) \quad (3)$$

где $L_{A_{экв}}$ – эквивалентный уровень шума за рабочую смену; t – время воздействия шума за 8-ми часовую смену; T – стаж работы в условиях повышенного шума; T_0 – 1 год.

Таблица 1. Соотношения между эквивалентным уровнем звука и относительной дозой шума в зависимости от времени действия шума

Относительная доза шума, %	Эквивалентный уровень звука $L_{A_{экв}}$, дБ А						
	за время действия шума						
	8 ч	4 ч	2 ч	1 ч	30 мин	15 мин	7 мин
3,2	65	68	71	74	77	80	83
6,3	68	71	74	77	80	83	86
12,5	71	74	77	80	83	86	89
25	74	77	80	83	86	89	92
50	77	80	83	86	89	92	95
100	80	83	86	89	92	95	98
200	83	86	89	92	95	98	101
400	86	89	92	95	98	101	104
800	89	92	95	98	101	104	107
1600	92	95	98	101	104	107	110
3200	95	98	101	104	107	110	113

Исходя из зависимости (3) нами предложено решение обратной задачи по определению допустимого стажа работы в условиях воздействия на рабочем месте шума с уровнем равным $L_{A_{экв}}$ (4).

$$T = T_0 \times 10^{0,1(L_{СТ} - L_{A_{экв}} - 10 \lg(t/8))} \quad (4)$$

В результате вычислений была получена таблица допустимого стажа и максимального времени вредного воздействия шума за 8-ми часовую смену при работе в различных классах условия труда (табл. 2).

Таблица 2. Таблица допустимого стажа и максимального времени вредного воздействия шума за 8-ми часовую смену при работе в различных классах условия труда

Класс условий труда	$L_{Aэкв}$, дБА	t, часов	T, лет
2	До 80	8	40
3.1	80 – 85	7,92 – 2,53	39,81–12,59
3.2	85 – 95	2,52 – 0,26	12,6 – 1,259
3.3	95 – 105	0,25 – 0,03	1,6 – 0,1259
3.4	105 – 115	0,029 – 0,009	0,126 – 0,01259

Для оперативного, экспертного определения допустимых условий труда в процессе проведения периодических медицинских осмотров (ПМО), разработана компьютерная программа, которая позволяет рассчитать для каждого работающего при конкретных значениях уровня ($L_{Aэкв}$) и времени действия шума (t) на рабочем месте: безопасный стаж и максимальное допустимое сменное время контакта с шумом в течение полных 40 лет работы [9]. Интерфейс программы представлен на рис. 1. Из приведенного примера видно, что при уровне шума 87 дБА и времени воздействия в течение смены 6 часов, допустимый стаж работы не может превышать 8 лет. А для того чтобы работник мог заниматься профессиональной деятельностью с уровнем шума 87 дБА все 40 лет трудового стажа, то время его действия в течение смены не должно превышать 1,61 часа.

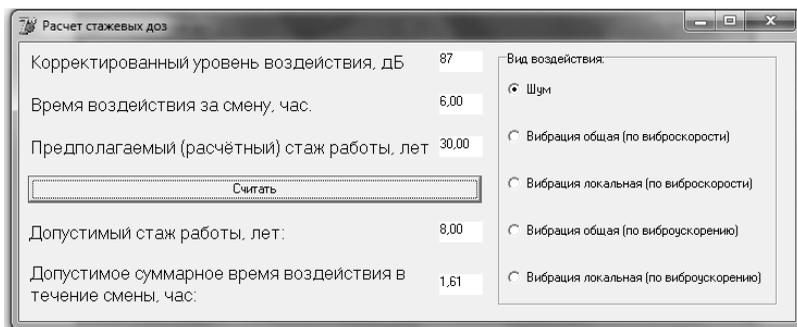


Рис. 1. Интерфейс программы расчета безопасного стажа и максимальное допустимое время работы в условиях повышенного шума.

Результаты многолетних исследований отечественных и зарубежных профпатологов показывают, что одним из важнейших элементов сохранения здоровья при воздействии повышенного производственного шума являются своевременные и научно обоснованные регламенты проведения профилактических мероприятий. При этом, наиболее эффективным способом является защита временем – принудительное ограничение воздействия производственного шума на работника. Дозовый принцип гигиенического нормирования позволяет оценить реальную нагрузку и необходимое число дней отдыха или работ со сниженным уровнем шума [8]. Для решения этой задачи в работе был разработан программный продукт, позволяющий рассчитывать количество дней отдыха (или работы с пониженной дозой шума) в течении года, в зависимости от величины эквивалентного уровня шума $L_{\text{Экв}}$ и продолжительности его воздействия в течении одной рабочей смены, а также количества таких смен в течении месяца. Интерфейс программы представлен на рис. 2.

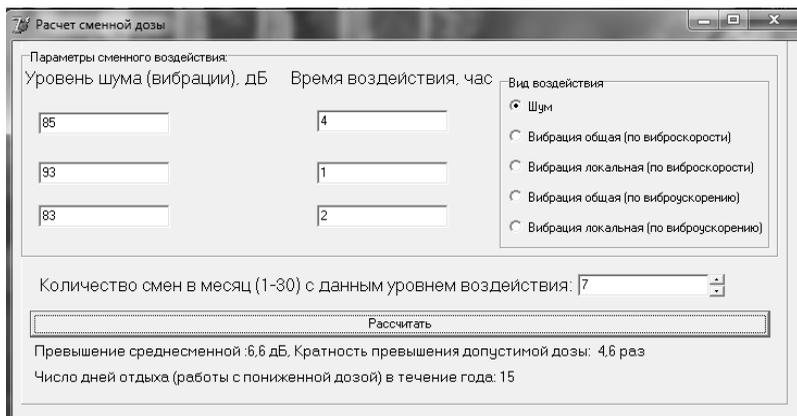


Рис. 2. Интерфейс программы расчета дней отдыха при работе условиях повышенного шума

Учитывая высокую опасность вибрационного фактора для здоровья, разработан целый ряд моделей (дозо-эффективных зависимостей) для расчета вероятности развития ВБ в зависимости от уровня фактора и продолжительности воздействия. Для локальной вибрации они основаны на разных клинических критериях: в зарубежной литературе это синдром «белых пальцев», а в отечественной – ВБ разной степени (табл. 3) [6].

Таблица 3 - Вероятности развития вибрационной болезни (ВБ) в зависимости от уровня фактора и продолжительности воздействия по трем различным моделям

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	ИСО 5349.2*		ВБ I степени		ВБ II степени	
	10 лет	20 лет	10 лет	20 лет	10 лет	20 лет
	Вероятность ВБ, %					
2	10	35	<10	<10	1	2,5
3.1	18	>50	<10	12	1,5	4
3.2	35	>50	<10	19	1,8	5
3.3	>50	>50	14	28	2,5	6
3.4	>50	>50	24	38	3,2	9
4	>50	>50	32	>50	4	12

При оценке вероятности развития ВБ при действии общей вибрации учитывается степень выраженности вибрационных нарушений, а именно синдром вегетативно-сенсорной полиневропатии (I степень) и синдром вегетативно-сенсорной полиневропатии в сочетании с вторичным пояснично-крестцовым корешковым синдромом (II степень) зависят от уровня ОВ и стажа работы (табл. 4) [7].

Таблица 4 - Вероятность развития различных синдромов ВБ

Класс условий труда по Р 2.2.2006-05	Эквивалентное корректированное ускорение, м/с ²	Вероятность синдромов (А/Б)** в % при стаже работы		
		5 лет	10 лет	20 лет
2*	0,28	–	*	*
3.1	0,56	0,4/0,4	0,8/0,5	1,6/0,7
3.2	1,12	1,6/1,5	3/2	6/3
3.3	2,2	6/5,5	13/8	25/11
3.4	4,5	25/22	50/32	>50/45
4	>4,5	>25/>22	>50/>32	>50/>45

Примечание: синдром А – жалобы на боли в нижней части спины, синдром Б – вегетативно-сенсорная полиневропатия

Так как правило «равной энергии» применимо и к вибрационным факторам (ОВ и ЛВ), то с учетом имеющихся результатов исследований в работе была разработана компьютерная программа по оценке их вредного воздействия [9]. Эта программа, как и в случае с производственным шумом позволяет определять безопасный стаж работы, допустимое сменное время контакта с источником вибрации (интерфейс программы расчета ЛВ

представлен на рис.3, а так же количества дней (смен) ограничения контакта с вибрационным фактором.

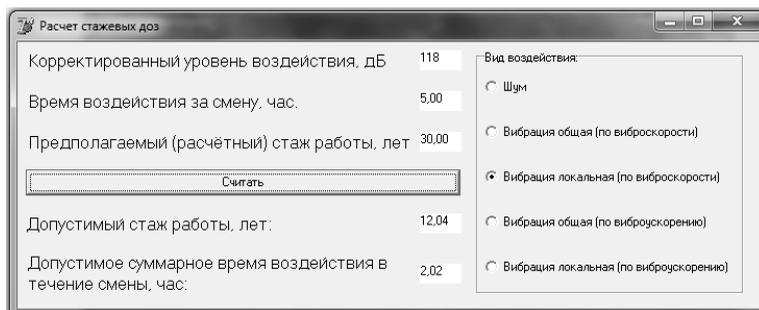


Рис. 3. Интерфейс программы расчета допустимого стажа и сменного времени работы при действии локальной вибрации с уровнем 118 дБ

Следует отметить, что полезным свойством разработанных компьютерных программ для виброакустических факторов является унифицированный интерфейс. Для работы пользователю достаточно в одном из окон интерфейса выбрать исследуемый вредный фактор (шум, вибрация общая или локальная), ввести исходные параметры производственной среды (количественное значение уровня вредного фактора, время его воздействия в течение смены и количество таких смен), нажать кнопку пуск в окне пользователя и получить искомый результат (рис. 1–3).

Разработанные таблицы допустимого стажа и максимального времени вредного воздействия шума получили реализацию в компьютерных программах, рассчитывающих индивидуальное время воздействия шума на рабочем месте, допустимое среднее время за смену, предельный стаж работы при определенном уровне шума.

Получены программные продукты, позволяющие рассчитывать количество необходимых дней отдыха в течение года, а также определять безопасный стаж работы и сменное время при контакте с вибрационным фактором на производстве.

Литература

1. Антонец В.А., Ковалева Э.П. Статистическое моделирование произвольных микроколебаний конечности // Биофизика. 1996. Т.41. С. 704–710.
2. Гавриленко Т.В., Поскина Т.Ю., Сидоренко Д.А., Васильева А.Ю., Ярмухаметова В.Н. Влияние раздражения слухового анализатора на параметры сердечно-сосудистой системы с позиций теории хаоса-самоорганизации // Вестник новых медицинских технологий (электронное издание). 2013. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4338.pdf>

3. Денисов Э.И. Дозовая оценка шумов и вибраций // Профессиональный риск для здоровья работников (руководство). Москва: НИИ медицины труда, 2003. С. 109–114.
4. Еськов В.М., Буров И.В., Филатова О.Е., Хадарцев А.А. Основы биоинформационного анализа динамики микрохаотического поведения биосистем // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т.19. №1. С.15–18.
5. Кидалов В.Н., Хадарцев А.А., Куликова Л.Н., Молочко Л.Н., Игнатъев В.В., Якушина Г.Н., Каретников А.В. Гармония ритмов, динамика и фрактальность крови, как проявления сааногенеза: Монография / Под ред. А.А. Хадарцева. Тула: ООО РИФ «ИНФРА» – Санкт-Петербург, 2006. 172 с.
6. Суворов Г.А., Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Ермоленко А.Е., Кравченко О.К. Локальная вибрация и риск вибрационной болезни // Профессиональный риск для здоровья работников (руководство). Москва: НИИ медицины труда, 2003. С. 125–134.
7. Суворов Г.А., Сторожук И.А., Лагутина Г.Н. Общая вибрация и риск вибрационных нарушений // Профессиональный риск для здоровья работников (руководство). Москва: НИИ медицины труда, 2003. С. 134–142.
8. Тимофеева В.Б. Оценка физического воздействия за смену и вахту // Тезисы докладов всероссийской научно-технической конференции «Решение экологических проблем промышленного региона». Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2012. С. 88–91.
9. Тимофеева В.Б. Стажевая доза и безопасный стаж // Тезисы докладов всероссийской научно-технической конференции «Решение экологических проблем промышленного региона». Тула: Издательство «Инновационные технологии», 2012. С. 111–113.
10. 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.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
11. Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Кашинцева Л.В. Несоответствие численных значений относительной дозы шума ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие положения безопасности», действующим гигиеническим нормативам // Стандарты и качество. 2010. № 12. С. 42–44.

УДК 502/504

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кофанов А.Е., Кофанова Е.В.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Уголь – один из древнейших источников энергии. Как топливо он обладает рядом существенных преимуществ: достаточно большие запасы, простота хранения, транспортировки и т.д. В то же время во многих странах сегодня проводится кардинальная реструктуризация угольной промышленности. В данной статье обсуждаются причины и сложности, которые возникают на пути реструктуризации предприятий угольной промышленности.

Реструктуризация предприятий угольной промышленности является характерной особенностью современной экономики угледобывающих