

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский горный университет»

*На правах рукописи*

Должиков Илья Сергеевич



**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ  
ШУМА С ФУНКЦИЯМИ МОНИТОРИНГА И СИГНАЛИЗАЦИИ ДЛЯ  
ПОДЗЕМНОГО ПЕРСОНАЛА УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

Специальность 05.26.01 – Охрана труда (в горной промышленности)

Диссертация на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
кандидат технических наук, доцент  
Никулин А.Н.

Санкт-Петербург – 2021

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>ГЛАВА 1 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ШУМОВОМУ ФАКТОРУ .....</b>	<b>12</b>
1.1 Анализ результатов проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах и документов служб производственного контроля.....	12
1.2 Анализ методик и способов измерения нормируемых факторов шумового воздействия .....	16
1.3 Анализ средств коллективной защиты работников угольных шахт от воздействия шума.....	19
1.4 Анализ применяемых средств индивидуальной защиты органа слуха и методик подбора.....	21
1.5 Выводы по 1 главе.....	24
<b>ГЛАВА 2 ОЦЕНКА ПОСТОЯННОГО СМЕЩЕНИЯ ПОРОГА СЛЫШИМОСТИ У РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С УЧЕТОМ СЛЕДОВАНИЯ ДО РАБОЧИХ МЕСТ И ОБРАТНО .....</b>	<b>26</b>
2.1 Измерение уровня шумового воздействия на горнорабочих шахты «Садкинская» (ООО «Шахтоуправление «Садкинское») на рабочих местах, по пути следования до рабочего места и обратно .....	26
2.2 Анализ результатов измерений уровня шумового воздействия персональными шумомерами (дозиметрами шума).....	36
2.3 Определение постоянного смещения порога слышимости для основных профессий работников угольных шахт в условиях шумового воздействия на рабочих местах .....	39
2.4 Определение NIPTS для основных профессий работников угольных шахт с учетом шумового воздействия по пути следования на рабочее место и обратно .....	41
2.5 Выводы по главе 2.....	43

<b>ГЛАВА 3 ВЫБОР СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА ДЛЯ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА ОСНОВЕ ДОЗНОЙ ОЦЕНКИ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....</b>	<b>45</b>
3.1 Анализ шумовой картины рабочего дня с использованием программного обеспечения Svantek Supervisor .....	45
3.2 Определение дозы шума, получаемого работниками при выполнении основных шумных операций, от различных типов оборудования .....	48
3.3 Оценка снижения дозы шума, получаемой работниками при применении СИЗ органа слуха .....	51
3.4 Выводы по главе 3.....	53
<b>ГЛАВА 4 КОНСТРУИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА С ФУНКЦИЯМИ МОНИТОРИНГА И СИГНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ДОЗНОЙ ОЦЕНКИ.....</b>	<b>54</b>
4.1 Оценка организационных мероприятий по обеспечению работников ООО «Шахтоуправление «Садкинское» СИЗОС .....	54
4.2 Обеспечение безопасности подземного персонала угольных шахт на основе применения дополнительного функционала СИЗ .....	58
4.2.1 Анкетирование подземного персонала ООО «Шахтоуправление «Садкинское» на предмет оценки дополнительного функционала СИЗ .....	58
4.2.2 Контроль применения СИЗ головы – защитной каски.....	62
4.2.3 Реализация функций мониторинга и сигнализации в совмещенном СИЗ головы и органа слуха.....	73
4.2.4 Обоснование устройства контроля применения для средства индивидуальной защиты органа слуха .....	76
4.2.5 Апробация средства индивидуальной защиты органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации .....	77
4.3 Определение постоянного смещения порога слышимости от стажа работы с учетом применения средств индивидуальной защиты с функциями мониторинга и сигнализации. ....	78

4.4 Рекомендации по изменению корпоративных стандартов по охране труда угольных шахт в части обеспечения работников СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации. ....	81
4.5 Выводы по главе 4.....	82
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>83</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>85</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А Результаты расчета <i>NIPTS</i> для рабочих профессий.</b>	<b>97</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акт об использовании результатов исследований....</b>	<b>98</b>

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследований и степень ее разработанности.**

Повышенный уровень шума является наиболее распространенным вредным производственным фактором, воздействующим на работников при подземной добыче угля. Проходческие и добычные комбайны, вентиляторы местного проветривания, механизированные комплексы, конвейеры, ручные перфораторы и другие механизмы генерируют прерывистый шум, уровни которого превышают предельно допустимые значения. Анализ результатов проведения специальной оценки условий труда (СОУТ) при подземной добыче угля показывает, что основные рабочие профессии – проходчик, горнорабочий очистного забоя, машинист горно-выемочных машин, горнорабочий подземный, машинист подземных установок и другие, – имеют вредные условия труда по шумовому фактору: подкласс 3.1, 3.2, 3.3.

При длительном воздействии (более 10 лет) производственного шума, превышающего предельно-допустимый уровень (80 дБА) у подземного персонала угольных шахт возможно развитие хронического заболевания органа слуха – профессиональная сенсоневральная тугоухость (ПСНТ). Так, например, на более чем 5000 рабочих местах угольных шахт АО «СУЭК-Кузбасс» установлено превышение предельно допустимого эквивалентного уровня звукового давления. При этом за период с 2013 по 2020 годы на данных предприятиях 23% из вновь установленных профессиональных заболеваний персонала составляет ПСНТ.

Основными средствами индивидуальной защиты органа слуха (СИЗОС) являются противοшумные вкладыши и наушники, которые подбирают по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ). Однако, при оценке условий труда по шумовому фактору не учитывается шумовое воздействие на работника во время следования к рабочему месту и обратно. Более того, необходимую акустическую эффективность СИЗОС определяют на основе измерения эквивалентного уровня звукового давления без учета влияния непостоянных шумов, воздействующих на подземный

персонал угольных шахт.

Обширные исследования по оценке вероятности развития ПСНТ при комбинированном воздействии физических факторов производственной среды на подземный персонал угольных шахт и снижения порога слышимости в зависимости от стажа работы в условиях повышенного уровня шума проведены Преображенской Е.А., Головковой Н.П., Чеботарёвым А.Г., Фоминым А.И., Пановой В.Б. и др.

Значительный вклад в разработку и совершенствование СИЗОС внесли Дьяконова С.Н., Зыков А.М., Полторыхин С.Н., Фаустов С.А., Чашин В.П., Добровольский Г.Д., Шувалов Ю.В., Алимов Н.П., Фомин А.И., Шерстов В.А. и другие ученые.

Существенный вклад в снижение вероятности развития профессиональных заболеваний органа слуха и разработку СИЗОС внесли зарубежные учёные *P. Cordier, A. Erbertseder, T. La Porte, P. Simon, D. Hillson, D. Cliff, T. Horberry, A. Donoghue, D. Komljenovic, V. Kecojevic, G. Simpson, J. Turner, H. Van der Molen, D. Griffiths, T. O'Beirne, D. Tripathy.*

Тем не менее, до настоящего времени практически не были исследованы СИЗОС с дополнительными функциями, в частности с функциями мониторинга уровня звука в рабочей зоне и сигнализации превышения уровня звука в 80 дБ, которые могли бы обеспечить защиту органа слуха у подземного персонала угольных шахт. О необходимости разработки подобных СИЗОС свидетельствуют внесенные Минтрудом России изменения в 2021 году в ТК РФ, требующие обеспечить работников средствами индивидуальной защиты с учетом фактических условий труда не только по результатам СОУТ, но и на основе оценки профессиональных рисков на рабочем месте.

Следовательно, разработка и обоснование применения СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации для подземного персонала угольных шахт является актуальной задачей.

**Цель работы.** Обеспечение безопасных условий труда подземного персонала угольных шахт по шумовому фактору за счет применения средств индивидуальной защиты органа слуха.

**Идея работы.** Снижение постоянного смещения порога слышимости у работников угольных шахт, как во время выполнения работ, так и при следовании до рабочего места и обратно, достигается за счет применения средств индивидуальной защиты органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации, сконструированных на основе дозной оценки уровня шума.

#### **Основные задачи исследований.**

1. Измерение эквивалентных уровней звукового давления на рабочих местах подземного персонала угольных шахт с учетом времени следования до рабочего места и обратно.

2. Определение прогнозных значений постоянного смещения порога слышимости у подземного персонала угольных шахт с учетом времени следования до рабочего места и обратно.

3. Определение поглощенной дозы шума во время выполнения определенных производственных операций от различных типов оборудования подземным персоналом угольных шахт при повышенных уровнях шума для определения требуемого значения снижения дозы шума.

4. Конструирование и апробация СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, предотвращающих смещение порога слышимости у подземного персонала угольных шахт.

#### **Научная новизна.**

1. Установлена зависимость постоянного смещения порога слышимости у подземного персонала угольных шахт от стажа их работы в условиях воздействия повышенного уровня шума во время следования до места работы и обратно.

2. Установлена зависимость поглощенной дозы шума, получаемой подземным персоналом угольных шахт, от акустической эффективности СИЗОС.

**Основные защищаемые положения.**

1. Оценку шумового воздействия на подземный персонал угольных шахт следует проводить по постоянному смещению порога слышимости с учетом времени следования до места работы и обратно.

2. Выбор средств индивидуальной защиты органа слуха для подземного персонала угольных шахт с непостоянным уровнем шума на рабочих местах следует производить на основе дозной оценки шумового воздействия.

3. Снижение постоянного смещения порога слышимости у подземного персонала угольных шахт с неравномерной шумовой нагрузкой до 40% обеспечивается применением средства индивидуальной защиты органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации с акустической эффективностью, подобранной на основе дозной оценки.

**Теоретическая и практическая значимость.**

1. Установлено, что оценку шумового воздействия на подземный персонал угольных шахт следует проводить по постоянному смещению порога слышимости с учетом времени следования до рабочего места и обратно.

2. Определено значение дозы шума, получаемой подземным персоналом угольных шахт при выполнении отдельных операций, связанных с повышенным уровнем шума.

3. Разработаны предложения по совершенствованию локальных нормативных актов по охране труда при обеспечении подземного персонала угольной шахты «Садкинская» (ООО «Шахтоуправление «Садкинское») СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации.

**Методология и методы исследований.** Работа выполнена с использованием различных методов проведения исследований, включающих: подбор информации, анализ и обобщение данных о существующих средствах индивидуальной и коллективной защиты органа слуха; натурные исследования уровня шума на рабочих местах подземных работников



основных рабочих профессий угольных шахт с использованием индивидуальных шумомеров; оценка эффективности прототипа СИЗОС с использованием двухканального шумомера; обработка экспериментальных данных в программном обеспечении *Svantek Supervisor*.

**Достоверность полученных результатов работы.** Автором применено поверенное оборудование при проведении измерений в условиях производственной среды; применено сертифицированное программное обеспечение для обработки результатов измерений; использованы методики, закрепленные в государственных нормативно-технических документах.

**Апробация результатов.** Основные положения и результаты работы над диссертацией представлялись и обсуждались на следующих конкурсах и конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы охраны труда» (г. Санкт-Петербург, 2018 - 2019 гг.); IV Международная научно-практическая конференция «Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке» (г. Санкт-Петербург, 2018 г.); Международный форум-конкурс студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2020 – 2021 гг.); X Всероссийская научно-техническая конференция «Инновационные направления проектирования горно-добывающих предприятий» (г. Санкт-Петербург, 2020 г.); XXIII Московский международный салон изобретений и инновационных технологий «Архимед 2020» (г. Москва, 2020 г.); VIII Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.); XXVII Международная выставка инноваций «Hi-Tech» и Петербургская техническая ярмарка (г. Санкт-Петербург, 2021 г.).

**Реализация результатов работы.** Разработанные мероприятия и рекомендации по оценке уровня шумового воздействия на подземный персонал угольных шахт по прогнозированию постоянного смещения порога слышимости и обеспечения работников СИЗОС с функциями мониторинга и

сигнализации выполнены на ООО «Шахтоуправление «Садкинское» (акт №01/4 от 29.11.2020 г.). Прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации защищен патентом на полезную модель (№183600 от 26.09.2018). Результаты научных исследований, полученные в ходе работы, могут использоваться в учебном процессе в Горном университете при изучении дисциплины «Промышленная санитария и гигиена труда».

**Личный вклад автора.** Автором выполнен анализ зарубежных и российских литературных источников по теме исследования; сформулированы цель и задачи научных исследований; выполнена оценка шумового воздействия на работников угольных шахт; произведен анализ средств индивидуальной и коллективной защиты органа слуха, применяемых на угольных шахтах; выполнены натурные измерения персональными шумомерами эквивалентных уровней звукового давления в течение рабочей смены, воздействующего на подземный персонал угольной шахты с учетом времени следования до рабочего места и обратно; определены дозы шума при выполнении отдельных производственных операций в условиях повышенного уровня шума от различных типов оборудования; установлен необходимый уровень снижения дозы шума при применении работником СИЗОС; разработан прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации; экспериментально определена эффективность использования СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации непосредственно в подземных условиях угольной шахты «Садкинская»; принято участие в подготовке статей по теме исследований к публикации.

**Публикации.** Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 11 печатных трудах, в том числе в 5 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования *Scopus*. Получен 1

патент на изобретение.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из оглавления, введения, четырех глав с выводами по каждой из них, заключения, библиографического списка, включающего 94 наименования и 2 приложения. Изложена на 98 страницах машинописного текста и содержит 23 рисунка и 9 таблиц.

## **ГЛАВА 1 ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ПО ШУМОВОМУ ФАКТОРУ**

### **1.1 Анализ результатов проведения специальной оценки условий труда на рабочих местах и документов служб производственного контроля**

Горнодобывающая промышленность остается важным промышленным сектором во многих частях мира [25] и, несмотря на значительный прогресс, вопросы обеспечения безопасности и гигиены труда остаются актуальными [23, 66, 76].

Угольная промышленность относится к отраслям с наиболее высокими уровнями профессиональных рисков [10, 58, 62]. Развитие предприятий угольной отрасли сопряжено с увеличением количества рабочих мест со вредными условиями труда [26] и соответственно возрастает вероятность возникновения впервые установленных профессиональных заболеваний у работников [57, 70].

Комплексная механизация горных предприятий, способствующая увеличению производительности труда, приводит к тому, что человек в течение рабочего дня постоянно подвергается вредному воздействию шума высокого уровня [73, 21].

По данным протоколов специальной оценки условий труда (СОУТ), которая проводилась на рабочих местах в горных выработках ООО «Шахтоуправление «Садкинское», шахта «Садкинская», оценка условий труда производилась в октавных полосах со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц [51].

Указанные в протоколах измерений значения уровней звукового давления на рабочих местах машинистов горно-выемочных машин (МГВМ), горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ), горнорабочего, горного мастера и машиниста подземных установок (МПУ) приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты проведения СОУТ на рабочих местах

Рабочее место	Уровень звука, дБА	Эквивалентный уровень звука, дБА	Величина допустимого значения, дБА
МГВМ	88	85	80
ГРОЗ	87	84	80
МПУ	84	81	80
Горный мастер	83	80	80
МПУ	87	84	80
Проходчик	89	86	80

Согласно протоколам измерений и оценки физических факторов, при осуществлении производственного контроля в горных выработках шахты «Садкинская» (ООО «Шахтоуправление «Садкинское») проводились измерения шума с погрешностью  $\pm 0,7$  дБ, результаты которых представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Результаты оценки шума при проведении производственного контроля

Рабочее место	Эквивалентный уровень звука за операцию, дБА	Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день, дБА	Величина допустимого значения, дБА
МГВМ	87,4	87,0	80,0
ГРОЗ	87,4	87,0	80,0
МПУ	82,7	83,3	80,0
Горный мастер	84,1	83,7	80,0
МПУ	89,2	85,0	80,0
Проходчик	89,4	89,0	80,0

По результатам СОУТ на рабочих местах машинистов горных выемочных и проходческих машин, ГРОЗ и МПУ установлен класс условий труда по шуму 3.1. С учетом воздействия факторов АПФД (3.2) и микроклимата (3.1) установлен итоговый класс условий труда 3.2.

В рамках производственных стажировок на ООО «Шахтоуправление «Садкинское» (угольная шахта «Садкинская») проводились измерения эквивалентного уровня звука за рабочую смену на рабочих местах подземных горнорабочих персональными шумомерами-дозиметрами *SV 104*. Установлено, что по эквивалентному уровню звука А за рабочую смену

превышение ПДУ составляет от 10 до 23 дБА. Согласно измерениям, средний эквивалентный уровень (СЭУ) шума на данных рабочих местах может достигать  $102 \pm 4,1$  и  $99 \pm 4,9$  дБА.

Исследования, проведенные на угольных шахтах АО «СУЭК-Кузбасс», показали, что наиболее подвержены риску развития профессиональных заболеваний работники рабочих профессий [71, 20, 93]. Согласно статистическим данным за 2017 год, по АО «СУЭК-Кузбасс» хроническая нейросенсорная тугоухость наиболее часто встречается у проходчиков, машинистов горных выемочных машин (МГВМ) и машинистов электровозов [1]. Результаты анализа профессий, для которых характерно развитие нейросенсорной тугоухости, представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Примеры профессий работников с установленным диагнозом «хроническая нейросенсорная тугоухость»

Профессия работника	Возраст работника	Общий стаж	Стаж работы по профессии	Итоговый класс условий труда/ класс условий труда по шуму	Год установления диагноза
Проходчик	64	34,0	32,0	3.3 / 3.2	2008
Проходчик	63	33,4	31,0	3.3 / 3.2	2009
МГВМ	58	29,8	29,3	3.3 / 3.2	2016
Проходчик	67	39,5	37,0	3.3 / 3.2	2004
МГВМ	60	36,2	6,5	3.1 / 3.1	2013
Машинист электровоза	56	41,8	38,3	3.1 / 3.1	2013
ГРОЗ	58	29,0	11,0	3.3 / 3.2	2004
Машинист электровоза	64	36,1	10,5	3.1 / 3.1	2007
МГВМ	51	24,5	18,6	3.3 / 3.2	2016
Электрослесарь	61	36,1	6,5	3.1 / 3.1	2013

Следует отметить следующее:

1. Во всех случаях класс условий труда по шуму составлял 3.1, 3.2;
2. Возрастная группа заболевших работников составляет от 51 до 67 лет, и имеет корреляцию с продолжительностью общего трудового стажа;
3. Корреляцию между стажем работы по профессии, который

изменяется от 6,5 лет до 38 лет, и заболеваемостью установить не удалось.

Согласно статистике, почти четверть профессиональных заболеваний, зарегистрированных по АО «СУЭК-Кузбасс», приходится на нейросенсорную тугоухость (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Профессиональная заболеваемость на шахтах АО «СУЭК-Кузбасс» за 2013 - 2020 гг.

Формы заболеваний	Количество выявленных профессиональных заболеваний	% от всех случаев
Нейросенсорная тугоухость	81	23,6
Вибрационная болезнь	93	27,2
Пояснично-крестцовая радикулопатия	92	26,8
Пылевой необструктивный бронхит	64	18,6
Вегетосенсорная полинейропатия	13	3,8
Всего за 7 лет	343	100

Длительное воздействие шума на организм человека приводит к развитию утомления, нередко переходящего в переутомление, к снижению производительности и качества труда [9, 46, 72]. Следует отметить, что такое заболевание как нейросенсорная тугоухость, как правило, сопровождается вибрационной болезнью и заболеваниями опорно-двигательного аппарата [3, 47, 53]. По результатам исследований шум и вибрация занимают одно из ведущих мест среди неблагоприятных производственных факторов, действующих на рабочих горнодобывающей отрасли [59, 63, 93].

Анализ динамики профессиональных заболеваний органа слуха в структурных подразделениях позволил отметить, что несмотря на проводимое техническое перевооружение и обеспечение работников современными средствами индивидуальной защиты, данных заболеваний не становится меньше. Для некоторых шахт наблюдается рост их количества представлена на рисунке 1.1.

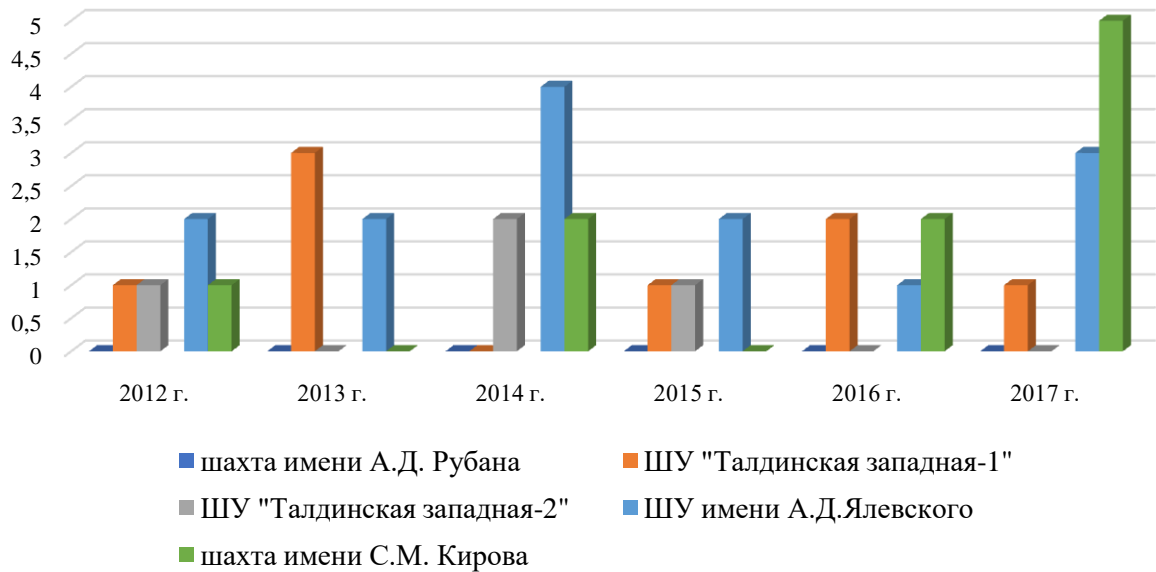


Рисунок 1.1 – Количество профессиональных заболеваний нейросенсорной тугоухостью

В результате выполненного анализа установлено, что методы и средства проведения СОУТ недостаточно оценивают реальную ситуацию на рабочих местах в связи с особенностями и стратегией измерений [55]. Длительное воздействие шума приводит к утомлению слухового аппарата, что сопровождается повышением порога восприятия, частичной потерей слышимости звуков определенных частот и может вызвать поражение органа слуха вплоть до слуховых нервов [22]. Также воздействие сверхинтенсивных шумов с кратковременным действием может приводить к баротравмам различной степени и полной потери слуха [87].

## 1.2 Анализ методик и способов измерения нормируемых факторов шумового воздействия

Приказом Минтруда РФ №33н от 24.01.2014 утверждена методика проведения специальной оценки условий труда, в том числе включающая определение уровня шумового воздействия на работников [30, 48, 52].

Количественная оценка шумового воздействия осуществляется в случае идентификации шума как вредного или опасного фактора, присущего конкретному рабочему месту, согласно п.12 гл. III Методики. Исследования и измерения значений шума должны проводиться специализированной



испытательной лабораторией или центром, экспертами или иными работниками организации в ходе штатных технологических процессов и работ. При этом предусматривается применение только утвержденных и аттестованных методик, а также соответствующих поверенных приборов.

Оценка вредности рабочего места по шумовому фактору осуществляется по превышению фактических значений шума предельно допустимых уровней, установленных гигиеническими нормативами и санитарными нормами [51]. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96, нормируемыми параметрами при определении класса вредности по шумовому фактору являются уровень звукового давления, определяемый для постоянного шума по октавным полосам установленной среднегеометрической частоты, а для непостоянного шума по эквивалентным и максимальным уровням звука [54].

Приложение 11 к Методике устанавливает ПДУ звука и эквивалентного уровня звука на рабочих местах, а также приводит ранжирование условий труда в зависимости от уровня шумовой нагрузки.

При определении эквивалентного уровня шума учитывается лишь факт вредного воздействия на организм работника в течение определенного промежутка времени в случае непостоянства этого воздействия – экспозиция. Однако Методика не учитывает усугубляющий эффект кумуляции шумового воздействия в случае большого стажа работы в условиях шумовой нагрузки, приводящий к смещению порога слышимости и нарушению функционирования органа слуха.

Отдельного внимания заслуживает стандарт ГОСТ Р ИСО 1999-2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума» [12], который учитывает смещение порога слышимости, а именно описывает метод оценки степени потенциальных потери или нарушения слуха, а также вероятности нарушения функционирования органа слуха по рассчитываемой величине постоянного смещения порога слышимости.

Особенность метода заключается в учете многих факторов, способных оказывать негативное воздействие на состояние органа слуха, таких как

возраст, критическая частота, определяющая порог негативного воздействия на слух, воздействие производственного шума на рабочем месте или общей шумовой нагрузки, источником которой является окружающая среда. В результате статистических расчетов по предлагаемому методу получается величина постоянного смещения порога слышимости, характеризующая вероятность или степень нарушения слуха у работника в результате воздействия тех или иных факторов. При этом метод позволяет выделять важные и определяющие факторы из ряда параметров, что дает возможность ранжировать случаи утраты или нарушения слуха по причинам нарушений или их степени.

Недостатком метода и методики в целом является применение вероятностного аппарата, что предполагает заранее заложенную в результат расчета ошибку неизвестной величины. Кроме того, расчеты могут быть произведены лишь со значительной статистической базой, что требует времени для отладки метода и уточнения параметров оценки.

Кроме того, стоит упомянуть развивающуюся концепцию дозной оценки шума, подробно описанную В.О. Красовским [27].

Согласно данной концепции, обусловленной необходимостью учета биологического эффекта воздействия непостоянного шума, звуковая энергия, принимаемая и поглощаемая человеческим органом слуха, оказывает негативное влияние и вызывает накапливающиеся (кумулятивные) со временем изменения слухового аппарата. При этом по достижении определенного критического уровня проявляются изменения состояния слуха и нарушение здоровья человека. Очевидно преимущество дозного подхода в оценке шумовой нагрузки: появляется возможность соотносить биологический эффект от воздействия шума с суммарным временем его воздействия, например, стажем работы.

Кроме того, согласно выведенному арифметическому соотношению [27], поглощенная звуковая энергия пропорциональна квадрату звукового давления шума и времени его воздействия в первой степени. Это говорит о

повышенной чувствительности результата дозной оценки шума от изменения звукового давления.

Несмотря на то, что мощность дозы поглощенной звуковой энергии по сути является уровнем звука, а эквивалентный уровень звука и доза шума математически связаны, выделяют некоторые различия. Так, эквивалентный уровень звука определяет меру воздействия непостоянного шума, «равную» по энергии тому же воздействию постоянного шума, тогда как доза шума также характеризует время его воздействия на организм и эффект кумуляции развивающихся функциональных изменений. Более того, эквивалентный уровень измеряется по логарифмической шкале в соответствии с законом Вебера-Фехнера, а дозу шума предлагается измерять по линейной шкале в долях от допустимой дозы.

Таким образом, дозный подход к определению меры воздействия шума на работника, заключающийся в учете времени воздействия на него вредного фактора и перехода от чисто энергетической оценки к дозно-энергетической, является перспективным направлением совершенствования настоящей системы оценки степени вредности рабочих мест по фактору шума [88].

### **1.3 Анализ средств коллективной защиты работников угольных шахт от воздействия шума**

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация» [13], на предприятиях может применяться ряд методов коллективной защиты:

- рациональная планировка;
- уменьшение шума в источнике;
- изменение направления излучения;
- уменьшение шума на пути распространения;
- акустическая обработка помещений.

Рациональную планировку рассматривают при расположении объектов, требующих защиты от шума цехов и производств. При планировании предусматривается удаление машин, механизмов или цехов с

интенсивными источниками шума от остальных помещений с расположением между ними коридоров и холлов, предпочтительно с хорошей изоляцией и дополнительным озеленением.

Данный метод неприменим в шахтных условиях, так как работники находятся в непосредственной близости от основного источника шума – технологического оборудования [84].

К основным источникам шума в шахте можно отнести очистные и проходческие комбайны, конвейера, вентиляционные установки, дизелевозы и другое оборудование. Для снижения шума в его источниках предусматривается конструктивное изменение на этапе проектирования, приводящее к уменьшению скорости соударения элементов и увеличению продолжительности соударения.

Для проходческого комбайна обеспечить плавное соударение рабочего органа с массивом не представляется возможным в связи с постоянным изменением горнотехнических и горно-геологических условий залегания и свойств пород. Кроме того, изменение конструктивных элементов на стадии эксплуатации оборудования в условиях шахты неосуществимо.

При учете направленности воздействия шума установки с направленным излучением ориентируют в зависимости от расположения рабочих мест. При осуществлении выемочных, проходческих и погрузочно-доставочных работ расположение оборудования предусматривается проектом и технологическим процессом. Также необходимо учитывать, что работники не имеют фиксированного места работы в забое или при проходке и постоянно перемещаются по длине лавы, вдоль выработок или рядом с технологическим оборудованием.

Таким образом применение данного метода изменения направленности шума для снижения воздействия на работников и предупреждения развития профессиональных заболеваний неприменим.

Уменьшение шума на пути его следования оказывается наиболее эффективным при установке стен, перегородок, звукоизолирующих кожухов,

кабин, звукопоглощающих экранов. Принцип данных мероприятий заключается в монтаже данных конструкций между источником шума и рабочим местом, на котором требуется снизить уровень шума. При этом возможно экранирование рабочего места, на котором необходимо снизить шум, или источника шума. Поскольку установка защитных заграждений между шахтером и рабочим оборудованием невозможна, так как он осуществляет непосредственное управление машиной, данный метод не может применяться для снижения шума в шахтных условиях.

Горные выработки шахты представляют собой замкнутое пространство, в котором звук может многократно отражаться от стен, почвы и кровли выработок. При этом чаще всего горный массив, в зависимости от типа окружающих пород, характеризуется незначительными звукопоглощающими свойствами, что приводит к многократному отражению звуковых волн. Для улучшения звукопоглощающих свойств применяется метод акустической обработки, при которой все стены и некоторые наружные поверхности оборудования покрываются звукопоглощающими материалами или конструкциями.

При ведении горных работ происходит постоянное перемещение места их производства, в результате чего акустическая обработка помещений также должна постоянно производиться по ходу движения фронта работ. Подобного рода процесс будет приводить к дополнительным экономическим издержкам, значительным временным и трудовым затратам на обработку помещений и выработок.

Исходя из проведенного анализа, можно сделать вывод, что применение средств коллективной защиты в горных выработках шахт является нецелесообразным, а в большинстве случаев – невозможным.

#### **1.4 Анализ применяемых средств индивидуальной защиты органа слуха и методик подбора**

Применение средств индивидуальной защиты органа слуха (СИЗОС) остается наиболее эффективным методом снижения уровня воздействия

шума на работников на предприятиях, на которых невозможно снижение шума средствами коллективной защиты.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [14], работники, чьи рабочие места расположены в зонах с эквивалентным уровнем звука, превышающим 80 дБА, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты органа слуха. К СИЗОС, установленным ГОСТ 12.4.275-2014 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования. Методы испытаний» [15], относятся:

- противошумные вкладыши;
- наушники;
- шлемы.

По ГОСТ 12.4.275-2014 средства защиты слуха должны соответствовать техническим требованиям для обеспечения необходимой защиты от воздействия повышенных шумов.

Проанализирован ряд запатентованных изобретений и полезных моделей устройств для сравнительной оценки применяемых СИЗОС.

Известна конструкция защитной каски, имеющей регулируемую внутреннюю оснастку. Конструкция изобретения также имеет защитную маску для лица пользователя и переговорную систему типа гарнитура [39].

Основным недостатком данного устройства является использование гарнитуры в качестве средства контроля, что ведет к невозможности непрерывного контроля использования защитной каски и возможность формирования ложной информации о соблюдении правил ношения защитной каски.

Известна совмещенная система защитной каски и системы коммуникации. Данная система состоит из самой защитной каски и крепящейся в её конструктиве системы коммуникации с гарнитурой, которая позволяет объединить в коммуникационную сеть несколько пользователей.

Система позволяет обмениваться информацией пользователям, находящимся на значительном удалении друг от друга и в условиях, затрудняющих осуществления коммуникации [40].

Недостатком данного устройства является использование гарнитуры в качестве средства контроля, что ведет к невозможности непрерывного контроля использования защитной каски и возможность формирования ложной информации о соблюдении правил ношения защитной каски.

Известен шлем с электронной защитой, особенности строения которого заключаются в расположении в полости между жесткой наружной и внутренней оболочками интегрированной электронной системы, которая оснащена микрофоном и громкоговорителем, а также расположенными в указанной полости подсистемы: цифровых изображений; мобильной связи; глобального позиционирования; головного фонаря; аккумулятора для энергоснабжения [41].

Недостатками данного устройства является размещение электронной системы в пространстве между головой пользователя и защитным шлемом, что уменьшает защитные свойства данной конструкции за счёт сокращения пространства, необходимого для свободного хода внутренней оснастки шлема при амортизации столкновения шлема с внешним предметом, а также отсутствие конструктивных элементов, обеспечивающих контроль применения по назначению индивидуального защитного средства головы – шлема.

Известна полезная модель, которая позволяет идентифицировать опасности с целью минимизации риска и угроз здоровью работника, что достигается путем контроля температуры, загазованности, напряженности ЭМП [42].

К недостаткам можно отнести отсутствие мониторинга состояния окружающей среды на предмет наличия в ней опасных газов, отсутствие средств контроля шума на рабочих местах, отсутствие световой сигнализации (актуально при работе в условиях недостаточной видимости

(сумерки, туман, снегопад)).

Таким образом, прослеживается тенденция совершенствования защитных касок и шлемов в широком профиле изменений: организация связи с оператором или с другими работниками, улучшение конструкции самих касок/шлемов, мониторинг параметров окружающей среды, позиционирование и другое. Однако проблема воздействия повышенного уровня шума и контроля применения СИЗ во вредных условиях труда остаётся нетронутой.

Согласно методике подбора СИЗОС, приведенной в ГОСТ Р 12.4.212-99 (ИСО 4869-2-94) [16] подбор средств защиты осуществляется различными методами:

- метод октавной полосы частот (в данном методе для расчетов используются уровни звукового давления и значения допускаемой защиты  $APV_{fx}$ , по которым рассчитывается скорректированный уровень звукового давления, действующий при ношении СИЗ);

- *HML*-метод (учитывает С- и А-скорректированные уровни звукового давления шума, а также значения *H*, *M* и *L*, в результате чего по методике рассчитывается ожидаемое поглощение шума);

- *SNR*-метод (при вычислении учитываются С-скорректированный уровень звукового давления шума и величина *SNR*).

При этом следует отметить, что проблемы недостаточности в обеспечении СИЗ, отвечающим условиям труда работающих [7], обеспечение несоответствующими СИЗ или неправильное их применение остаются актуальными [11, 67].

### 1.5 Выводы по 1 главе

1. Установлено, что методы и средства проведения СОУТ недостаточно эффективно оценивают значения вредных производственных факторов, в частности эквивалентный уровень звука на рабочих местах, в связи с особенностями и стратегией измерений. В результате вырабатываются мероприятия по охране труда, не отвечающие уровню воздействия на



работника вредного фактора. Следствием такой ситуации является установление новых профессиональных заболеваний (нейросенсорная тугоухость) у работников, даже несмотря на реализуемые меры защиты.

2. Определено, что дозный подход к определению меры воздействия шума на работника является перспективным направлением совершенствования в альтернативу или дополнению к оценке эквивалентного уровня за 8-часовую рабочую смену.

3. Определено, что на сегодняшний момент применение СКЗ на рабочих местах подземного персонала угольных шахт является невозможным по причине сложного характера ведения горных работ. Единственным эффективным средством защиты работника от повышенного шума являются СИЗОС.

4. Анализ современных и перспективных СИЗОС и СИЗГ показал тенденцию к совершенствованию защитных касок и шлемов в широком профиле изменений, направленных на оснащение их дополнительными функциями: связь, мониторинг параметров окружающей среды, позиционирование и другое. Однако проблема повышенного воздействия шума и контроля применения СИЗ в условиях повышенной нагрузки вредного фактора раскрыта недостаточно.

5. Подбора СИЗОС осуществляется на основе метода октавной полосы частот, *HML*-метода и *SNR*-метода. Однако, данные методы имеют недостатки, которые имеется возможность минимизировать применением дозной оценки на основе измерений уровня шума персональными дозиметрами-шумомерами.

## ГЛАВА 2 ОЦЕНКА ПОСТОЯННОГО СМЕЩЕНИЯ ПОРОГА СЛЫШИМОСТИ У РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ С УЧЕТОМ СЛЕДОВАНИЯ ДО РАБОЧИХ МЕСТ И ОБРАТНО

### 2.1 Измерение уровня шумового воздействия на горнорабочих шахты «Садкинская» (ООО «Шахтоуправление «Садкинское») на рабочих местах, по пути следования до рабочего места и обратно

В настоящий момент оценка шумового воздействия на работников угольных шахт осуществляется на основе результатов СОУТ, согласно которой класс (подкласс) условий труда устанавливается на основе значения эквивалентного уровня звука только на рабочем месте [48, 56]. При этом не учитываются следующие этапы рабочей смены: спуск и подъем в шахтной клетки, доставка к рабочему месту в начале смены и по окончании смены в вагонах шахтного транспорта, движение пешком к рабочему месту в начале смены и обратно в конце смены [75]. Время, затраченное на путь к рабочему месту и обратно, может составлять более двух часов, при этом на работников воздействуют различные опасные вредные факторы, в том числе и повышенный уровень шума [24].

Измерение уровня звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день ( $L_{EX,8h}$ ) эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время спуска в шахту и следования до рабочего места ( $L_{EX,1}$ ) и эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время следования от рабочего места и подъема на поверхность ( $L_{EX,2}$ ) проводилась согласно ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах» [17]. Указанный стандарт идентичен международному стандарту ISO 9612:2009 «Акустика. Оценка воздействия производственного шума. Технический метод» («Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Engineering method», IDT) [18]. При этом оценка непостоянных шумов, характерных для подземной добычи угля, производилась пересчётом

усреднённого энергетического воздействия по времени и интенсивности к постоянному воздействию.

Для проведения измерений шума в соответствии со стандартом [17] необходимо использовать индивидуальные шумомеры с микрофоном и соединительными кабелями [61], которые удовлетворяют требованиям к средствам измерений 1 класса по ГОСТ Р 53188.1-2019 [19]. В связи с этим для проведения измерений шумового воздействия были выбраны индивидуальные шумомеры типа *SV 104* (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Персональный шумомер-дозиметр типа *SV 104*

Измерение уровня шумового воздействия на горнорабочих проводилось в несколько этапов.

#### Этап 1. Анализ рабочей обстановки.

В ходе проведения анализа рабочей обстановки было выявлено:

- существенную долю шумового воздействия на горнорабочих вносят следующие источники: вентиляторы главного и частичного проветривания, при работе которых уровень звука на отдельных рабочих местах может достигать 100–110 дБА;

- добычные и проходческие комбайны (95–100 дБА), механизированные комплексы (95–100 дБА), струговые и скреперные установки, лебёдки, подъёмные машины, буровые станки (95–105 дБА), электровозы и дизелевозы (95–110 дБА);

- ручные перфораторы (115 дБА и выше) и другие механизмы генерируют непостоянный прерывистый шум (при ПДУ 80 дБА) [83];

- наличие групп работников, подвергающихся приблизительно одинаковому воздействию шума на основании таких признаков, как профессия работников и место выполнения работ.

Для анализа рабочей обстановки и выбора стратегии измерения было проведено анкетирование работников в соответствии с опросным листом (рисунок 2.2).

	Да	Нет
Имеют ли место в условиях работы:		
- применение струй сжатого воздуха	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- выпуск сжатого воздуха (пара)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- удары молота или другого инструмента	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- резкие ударные импульсы	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- кратковременное (нерегулярное) применение сильно шумящих машин или инструмента	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- прохождение шумных транспортных средств	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Бывают ли особо шумные работы (события) в отдельные моменты рабочего дня		
- в начале смены	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- в конце смены	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- в процессе регулировок оборудования, подачи питания	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- во время пуска или остановки технологического процесса	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- в процессе уборки	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- в другие моменты	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Имеют ли место работы, связанные с производством шума поблизости от обследуемого рабочего места (на других рабочих местах):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- тип работ _____		
- рабочие места, подвергающиеся воздействию шума _____		

Рисунок 2.2 – Опросный лист, позволяющий выявить события, влияющие на шумовую обстановку на рабочем месте

Всего в анкетировании принимали участие более 30 работников угольной шахты, занятые на добыче угля подземным способом. Анкетирование проводилось анонимно. В процессе анкетирования, помимо вопросов, приведенных в опросном листе, фиксировались профессии работников, участок выполнения работ, виды основных операций, которые выполняет работник в течение смены, а также их средняя продолжительность. У каждого из опрашиваемых работников была возможность добавить к опросному листу свои критерии, которые, по его мнению, могут влиять на шумовое воздействие на его рабочем месте.

### Этап 2. Выбор стратегии измерения

Выбор стратегии измерения производился на основе анализа трех параметров: рабочая операция (проведенный анализ работ, выполненных в

течение дня работником, позволяет разбить их на ряд отдельных рабочих операций, для каждой из которых потом выполняют измерения); трудовая функция; рабочий день. Так же был рассмотрен вариант совмещения двух или трех стратегий измерения для различных профессий работников, с учетом участка выполнения работ. Выбор стратегии измерений в зависимости от профессии работников и участка выполнения работ проводился на основе сопоставления данных, полученных при анализе рабочей обстановки в соответствии с руководством по выбору подходящей стратегии измерения.

Для профессий работников проходчик и ГРОЗ характерно нестационарное рабочее место с неизвестной структурой дня. Для МПУ, МГВМ (УПР) и МГВМ (УДУ) характер выполняемой работы соответствует нестационарному рабочему месту с известной структурой дня, большим числом операций. Таким образом, для всех профессий работников выбрана третья стратегия измерений – на основе рабочего дня.

### Этап 3. Проведение измерений

Измерения на основе рабочего дня позволяют учесть неравномерное шумовое воздействие на горнорабочего за всю смену, а также шумовое воздействие по пути на рабочее место и обратно.

Для того, чтобы избежать возможных ошибок при измерениях для каждой профессии измерения проводились для трех работников в разные смены. Для расчетов использовалось среднее значение из полученных результатов.

### **Методика проведения измерений.**

Измерения проводят в соответствии с требованиями государственного стандарта [17]. Перед тем, как начать измерения, для подтверждения достоверности результатов, проводилась проверка работоспособности индивидуальных шумомеров на месте их применения. Проверка работоспособности индивидуального шумомера отличается от его калибровки в лаборатории тем, что на месте измерений присутствуют

различные факторы производственной среды, которые могут оказать воздействие на итоговый результат измерений.

Проверка работоспособности индивидуального шумомера осуществлялась с применением акустического калибратора [19] в ламповой в условиях малошумного помещения в начале и в конце смены. В случае, если уровень звукового давления в конце смены отличался от значения в начале смены более чем на 0,5 дБ, то результаты измерений считались недействительными.

После проверки работоспособности персонального шумомера очищали записанные результаты его измерений, только после этого приступали к выполнению непосредственных измерений.

В рамках текущего исследования каждому работнику перед началом рабочей смены на шахтерский костюм в области плеча крепился калиброванный индивидуальный шумомер типа *SV 104* на расстоянии не менее 0,1 м от входного отверстия наружного слухового прохода. В связи с тем, что невозможно было определить сторону наибольшего шумового воздействия с учетом специфики выполняемой работы, индивидуальный шумомер закреплялся на левом плече работника (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Крепление индивидуального шумомера типа *SV 104* на плече у работника

Микрофон индивидуального шумомера фиксировался таким образом, чтобы движения работника, шахтерский костюм, инструмент и оборудование не влияли на результаты измерений [64]. При этом проверялось, чтобы закрепленный индивидуальный шумомер не мешал работнику выполнять его трудовые функции и не создавал дополнительные производственные риски [65].

После закрепления индивидуальных шумомеров с работниками проводился инструктаж о проводимых измерениях, о том, что им необходимо выполнять работу как обычно, о том, что не допускаются посторонние воздействия на микрофон, такие как прикосновения, разговоры, не связанные с производственной необходимостью, о недопустимости снимать индивидуальный шумомер, перемещать или выключать его.

После всех подготовительных операций, начиналась запись шумового воздействия на работника и фиксировалось время начала рабочей смены. После спуска в шахту работника и прибытия его на рабочее место также фиксировалось время. По окончании работы каждого работника фиксировалось время выхода с рабочего места и по выходу из шахты фиксировалось время окончания измерений и запись индивидуального шумомера останавливалась. По завершении измерения персональный шумомер снимали с работника и проверяли его работоспособность, как описано выше.

Во время технологических и других перерывов персональные шумомеры оставались во включенном режиме, т.к. в это время на работников воздействовал общий шахтный шум в т.ч. от вентиляционных установок и шум от работающего на других участках оборудования [68].

Поскольку установка и снятие персонального шумомера на работника в начале и в конце смены, а также проведение инструктажа работника требовали определенного времени, время, отведенное на измерения, было несколько меньшим, чем эффективная длительность рабочего дня. Тем не менее, длительность измерений была в среднем равна 9-10 часам, что вполне

достаточно, чтобы охватить все события, значимые с точки зрения шумового воздействия на работника.

#### Этап 4. Проверка на ошибки и анализ источников неопределенности измерения

Чтобы оценить возможные ошибки и погрешности при проведении измерений индивидуальными шумомерами, которые могут повлиять на итоговые результаты измерений, проводилось периодическое наблюдение за действиями каждого работника. В конце рабочей смены проводился опрос работника с целью установить, в какой степени рабочий день можно было считать «обычным», и выявить, выполнялись ли горнорабочим в течение рабочего смены какие-либо нетипичные задания и не случилось ли каких-либо происшествий, нестандартных ситуаций, которые могли бы повлиять на полученный результат измерений. При этом происходит идентификация и анализ источников, создающих погрешность измерений с целью разработки мер по снижению их воздействия.

Неопределенности могут быть связаны как с возможными разного рода отклонениями в процессе измерения, так и с изменчивостью шумовой обстановки на месте измерения [92].

При проведении измерений в угольной шахте учитывались следующие источники неопределенности [94]:

- 1) изменение операций, выполняемых работниками в зависимости от смены и конкретных поставленных задач перед бригадами в разные дни;
- 2) выбор оборудования для проведения измерений, поверка и калибровка выбранного оборудования;
- 3) размещение индивидуального шумомера на спецодежде работника;
- 4) ложные источники шумового воздействия, такие как касание микрофона работником, трение микрофона об спецодежду работника, воздействие вибрации и угольной пыли на микрофон во время измерений;
- 5) неверное определение номинального рабочего дня в связи с затратой существенного времени работником на путь до рабочего места и обратно (до



2 часов и более);

б) необычные источники шумового воздействия на рабочем месте, такие как громкая речь, предупреждающие звуковые сигналы конвейеров, дизелевозов и другого оборудования, нештатные ситуации при проведении измерений, такие как поломка оборудования, обрушения и др.

Помимо вышеперечисленных источников неопределенности учитывалось, что шум при подземной добыче угля в большей степени является непостоянным.

Большая часть источников неопределенности исключалась путем наблюдения во время проведения измерений и фиксации всех возможных источников.

При выполнении измерений фиксировались и исключались из дальнейшей обработки результаты измерений, связанные с механическими ударами по микрофону, трением о микрофон и иные виды контакта с другими объектами, способные вызвать всплески регистрируемого уровня звукового давления.

При обнаружении в результатах измерений пиковых значений звукового давления, вызванных неизвестными причинами, оценивался их вклад в общее шумовое воздействие на работника и при необходимости измерения повторялись.

На следующем этапе определялось влияние источников неопределенности, не зависящее от вышеуказанных ошибок, на результаты измерений. Основными источниками неопределенности, учитываемыми при расчете параметров эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день, характерными для стратегии измерения на основе рабочего дня, являются:

- 1) средства измерения;
- 2) положение микрофона.

Вклады в суммарную стандартную неопределенность и эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день, зависят от стандартных неопределенностей входных величин и их коэффициентов чувствительности.

Суммарную стандартную неопределенность  $u(L_{EX,8h})$  рассчитывают в соответствии с *ISO/IEC Guide 98-3* [18] на основе коэффициентов чувствительности и стандартных неопределенностей входных величин по формуле 2.1.

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2), \quad (2.1)$$

где  $c_1$  – стандартный коэффициент чувствительности, дБ;

$u_1$  – стандартная неопределенность измерений, дБ;

$c_2$  – коэффициент чувствительности средства измерения, дБ;

$u_2$  – стандартная неопределенность средства измерения, дБ;

$u_3$  – стандартная неопределенность выбора места установки микрофона, дБ.

Стандартная неопределенность измерений  $u_1$  рассчитывалась по формуле 2.2.

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right], \quad (2.2)$$

где  $\bar{L}_{p,A,eqT,n}$  – эквивалентный уровень звукового давления для  $n$ -го выборочного измерения при выполнении заданной трудовой функции;

$L_{p,A,eqT}$  – среднее арифметическое по результатам  $N$  измерений эквивалентного уровня звука, т.е.  $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$ ;

$n$  – номер выборочного измерения при выполнении заданной трудовой функции;

$N$  – число выборочных измерений при выполнении заданной трудовой функции.

Персональный шумомер-дозиметр типа *SV 104* относится к 1 классу по *IEC 61672*, соответственно стандартная неопределенность средства измерения будет составлять 0,7 дБ. Стандартная неопределенность  $u_3$ , связанная с выбором положения микрофона, в соответствии с [18] была принята равной 1 дБ. Коэффициент чувствительности средства измерения,  $c_2$  выбирался исходя из значений отклонения результата измерений,

обусловленного применяемым средством измерений, и был принят равным 1 дБ.

#### Этап 5. Вычисления и представление результатов измерений

Для получения итоговых результатов проводилось не менее трех измерений для каждой группы работников. В случае если итоговые значения измерений отличались менее чем на 3 дБ, то по формуле 2.3 определялся эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день  $L_{EX,8h}$ .

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left( \frac{T_e}{T_0} \right), \quad (2.3)$$

где  $L_{p,A,eqT_e}$  – эквивалентный уровень звука  $L_{p,A,eqT_e}$ , дБ, для эффективной длительности рабочего дня;

$T_e$  – эффективная длительность рабочего дня, ч;

$T_0$  – базовая длительность рабочего дня, равная 8 ч.

При совпадении эффективной и базовой длительности рабочего дня эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день ( $L_{EX,8h}$ ) равен эквивалентному уровню звука, полученному по результатам измерений индивидуальным шумомером ( $L_{p,A,eqT_e}$ ).

Определение эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время спуска в шахту и следования до рабочего места ( $L_{EX,1}$ ), и эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время следования от рабочего места и подъема на поверхность ( $L_{EX,2}$ ), проводилось аналогично по формуле 2.1, с учетом разделения записи шумомера на три участка: время следования до рабочего места, время выполнения работ и время следования обратно с рабочего места.

В зависимости от выбранной стратегии измерения рассчитано значение  $L_{EX,8h}$  и соответствующая ему неопределенность измерения, которые в совокупности составляют результат измерения.

## 2.2 Анализ результатов измерений уровня шумового воздействия персональными шумомерами (дозиметрами шума).

Измерения шумового воздействия проводились индивидуальными шумомерами *SV 104* на основе выбранной стратегии. Обработка результатов измерений проводилась при помощи программного обеспечения *Svantek Supervisor*.

*Svantek Supervisor* - программный пакет для ПК, предназначенный для оперативной и точной обработки данных с различных типов шумомеров. Программное обеспечение *Svantek Supervisor* позволяет воспроизводить записанные сигналы в виде звуковых аудиосигналов, просматривать результаты измерений в графическом представлении формы волны, вычислять текущие эквивалентные значения как на отдельных участках, так и на всем периоде измерения, а также экспортировать результаты измерений в пакеты *MS Excel* и *MS Word* и др. Пример обработки данных приведен на рисунке 2.4.

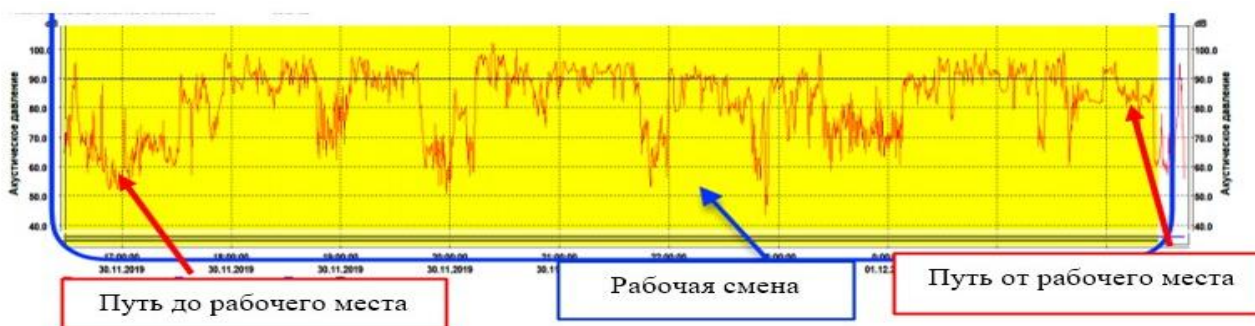


Рисунок 2.4 – Пример обработки результатов измерений в программе *Svantek Supervisor*

Результаты измерения эквивалентного уровня шума на рабочих местах работников угольных шахт за 8-часовую рабочую смену для выбранных профессий работников представлены на рисунке 2.5.

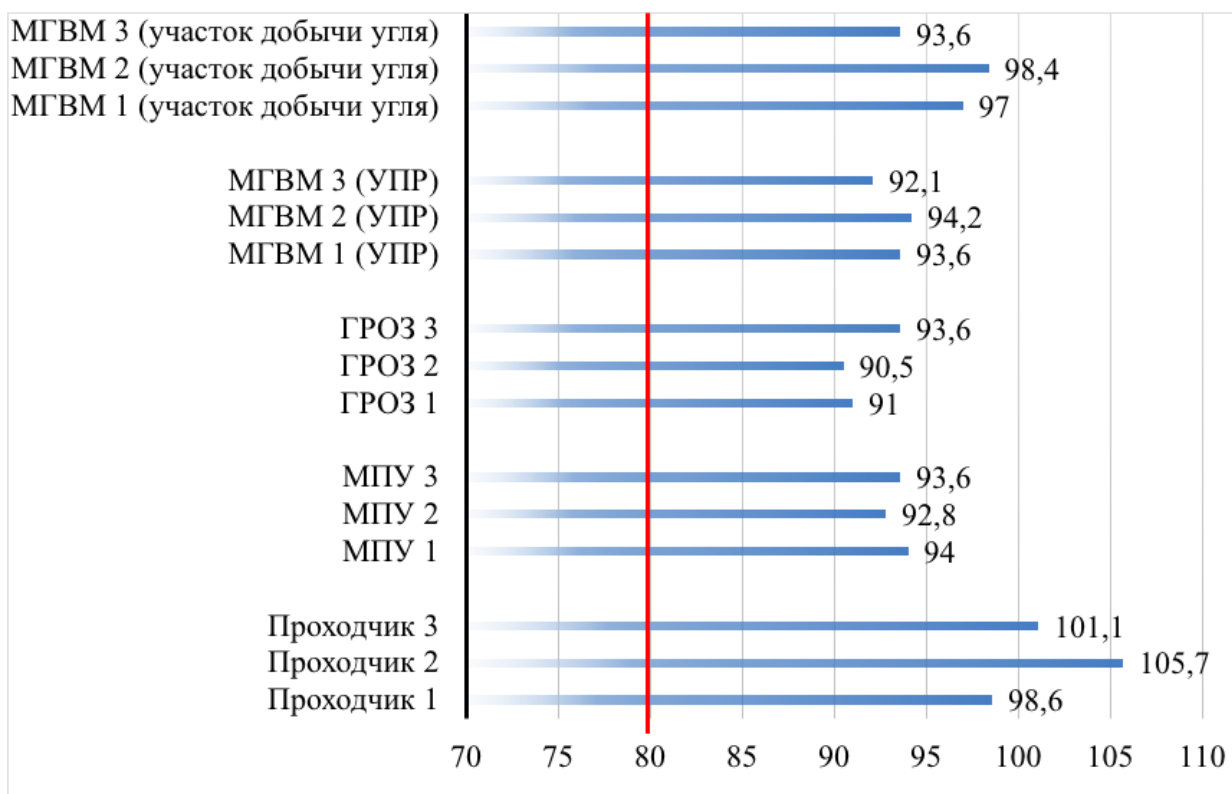


Рисунок 2.5 – Результаты измерения эквивалентного уровня шума за 8-часовой рабочий день, дБА

На рисунке 2.5 используются следующие аббревиатуры: машинист подземных установок (МПУ), горнорабочий очистного забоя (ГРОЗ), машинист горно-выемочных машин (МГВМ) на участке добыче угля (УДУ) и участке проходческих работ (УПР).

Результаты измерения эквивалентного уровня шума индивидуальными шумомерами, закрепленными на работниках угольных шахт, за 8-часовой рабочий день в целом совпадают с результатами, полученными при проведении специальной оценки условий труда на рабочих местах (отклонение полученных эквивалентных уровней шума составляет не более 10%) и соответствуют вредным условиям труда классов 3.1, 3.2 и 3.3.

Результаты измерения эквивалентного уровня шума на рабочих местах работников угольных шахт за 8-часовую рабочую смену, а также при следовании на рабочее место и обратно, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты измерения эквивалентного уровня шумового воздействия на работников угольных шахт при следовании на рабочее место и обратно.

Профессия	Время, затраченное на путь до рабочего места, ч:мин	Время, затраченное на выход с рабочего места, ч:мин	Добавка к эквивалентному уровню шума по пути на рабочее место, $L_{EX,1}$ , дБА	Добавка к эквивалентному уровню шума по пути с рабочего места, $L_{EX,2}$ , дБА
Проходчик 1	0:51	0:55	1,95	2,325
Проходчик 2	1:06	1:00	2,8375	3,2125
Проходчик 3	1:00	0:53	2,2625	2,6375
МПУ 1	0:43	0:45	1,375	1,75
МПУ 2	0:53	0:48	1,225	1,6
МПУ 3	0:44	0:45	1,325	1,7
ГРОЗ 1	1:06	1:02	1	1,375
ГРОЗ 2	1:14	0:54	0,9375	1,3125
ГРОЗ 3	1:13	0:59	1,325	1,7
МГВМ 1 (УПР)	0:54	0:54	1,325	1,7
МГВМ 2 (УПР)	0:57	0:50	1,4	1,775
МГВМ 3 (УПР)	0:53	0:46	1,1375	1,5125
МГВМ 1 (участок добычи угля)	1:07	1:08	1,75	2,125
МГВМ 2 (участок добычи угля)	1:04	1:06	1,925	2,3
МГВМ 3 (участок добычи угля)	1:03	0:54	1,8	1,7

Из полученных результатов видно, что горнорабочие тратят на спуск и подъем из шахты, движение к рабочему месту в начале смены и по окончании смены в вагонах шахтного транспорта, движение пешком к рабочему месту в начале смены и обратно в конце смены около 2 часов. Этот временной промежуток существенно не зависит от участка выполнения работ в условиях выбранной шахты.

Во время пути на рабочее место и обратно на работников воздействует повышенный уровень шумового воздействия от шахтного транспорта (в частности дизелевоза). Так же создает шумовую нагрузку ленточный конвейер с перегружателем, общешахтная вентиляция и другое технологическое оборудование. Суммарное увеличение эквивалентного

уровня шума воздействующего на работника с учетом пути на рабочее место и обратно превышает эквивалентный уровень шума на рабочем месте более чем на 2 дБА, что может влиять на интенсивность снижения порога слышимости органа слуха работника и в последующем приводить к более раннему возникновению профессионального заболевания.

### **2.3 Определение постоянного смещения порога слышимости для основных профессий работников угольных шахт в условиях шумового воздействия на рабочих местах**

Основной количественной оценкой шумового воздействия на работников является постоянное смещение порога слышимости *NIPTS* - *noise-induced permanent threshold shift* (ГОСТ Р ИСО 1999-2017) [12]. Основой для количественной оценки потери слуха, выявляемой при превышении пороговых уровней слышимости на стандартных аудиометрических частотах в ходе общего аудиометрического обследования, является воздействие на работника шума различного уровня и продолжительности [85].

Медианные значения потенциального *NIPTS*, обусловленного шумом, зависят от аудиометрической частоты, продолжительности воздействия и уровня звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день и усредненного по продолжительности воздействия.

Методы определения воздействия производственного шума установлены в ГОСТ ISO 9612-2016 [17].

Порог слышимости (в дБ), связанный с возрастом человека и воздействием шума (*HTLA*)  $H'$ , рассчитывают по формуле 2.4.

$$H' = H + N - \frac{H \times N}{120}, \quad (2.4)$$

где  $H$  – порог слышимости, выраженный в дБ и связанный с возрастом (*HTLA*);

$N$  - фактическое или потенциальное постоянное смещение слухового порога, обусловленное шумом (*NIPTS*) и выраженное в дБ.

Слух людей, которые не подвергались воздействию шума, зависит не только от возраста, но и от степени влияния других факторов. Заболевания, прием вредных для органов слуха лекарств и производственные или непроизводственные шумы неуставленной природы могут изменять *HTLA*.

При продолжительности воздействия от 10 лет до 40 лет медианные потенциальные значения *NIPTS* ( $N_{50}$ ) рассчитывались по формуле 2.5.

$$N_{50} = \left[ u + v \lg \left( \frac{t}{t_0} \right) \right] (L_{EX,8h} - L_0)^2 \quad (2.5)$$

где  $L_{EX,8h}$  - уровень звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день, выраженный в дБ;

$L_0$  - уровень звукового давления, зависящий от частоты, ниже которого воздействие шума на остроту слуха считается несущественным или пренебрежимо малым;

$t$  - продолжительность воздействия (выражена в годах);

$t_0 = 1$  год;

$u$  и  $v$  - параметры, зависящие от частоты.

Для расчета значения *NIPTS* при продолжительности воздействия менее 10 лет величину  $N_{50}$  необходимо экстраполировать с помощью значения  $N_{50}$  для 10 лет при помощи формулы 2.6.

$$N_{50,t < 10} = \frac{\lg(t+1)}{\lg(11)} N_{50,t=10} \quad (2.6)$$

Значения  $u$ ,  $v$ ,  $L_0$  используем согласно таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значения  $u$ , и  $L_0$ , использованные для определения *NIPTS* по медиане  $N_{50}$  [17]

Частота, Гц	$u$	$v$	$L_0$ , дБ
500	- 0,033	0,110	93
1000	-0,022	0,070	89
2000	-0,045	0,066	80
3000	0,012	0,037	77
4000	0,025	0,025	75
6000	0,019	0,024	77



Полные результаты расчета *NIPTS* ( $N_{50}$ ) для рабочих профессий: проходчика, МПУ, ГРОЗ, МГВМ УДУ и УПР представлены в Приложении А.

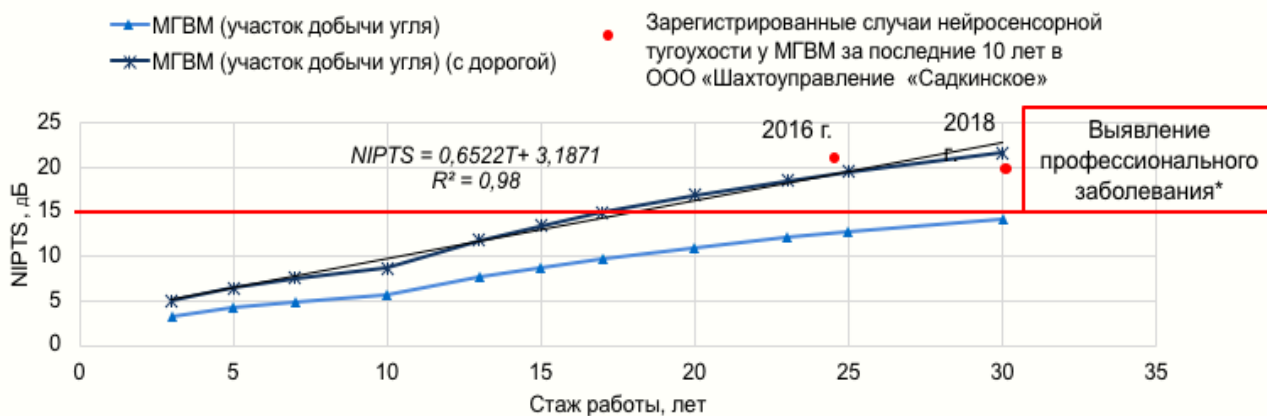
## **2.4 Определение *NIPTS* для основных профессий работников угольных шахт с учетом шумового воздействия по пути следования на рабочее место и обратно**

Для учета влияния шумового воздействия на работников во время следования на рабочее место и обратно в формуле 2.3 к уровню звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день ( $L_{EX,8h}$ ) предлагается включить включены значение эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время спуска в шахту и следования до рабочего места ( $L_{EX,1}$ ), и эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника во время следования от рабочего места и подъема на поверхность ( $L_{EX,2}$ ). Прогнозирование *NIPTS* у работников с учетом следования на рабочее место и обратно, при стаже работы от 10 до 40 лет, проводилось по формуле 2.7.

$$N_{50} = \left[ u + v \lg \left( \frac{t}{t_0} \right) \right] (L_{EX,8h} + L_{EX,1} + L_{EX,2} - L_0)^2 \quad (2.7)$$

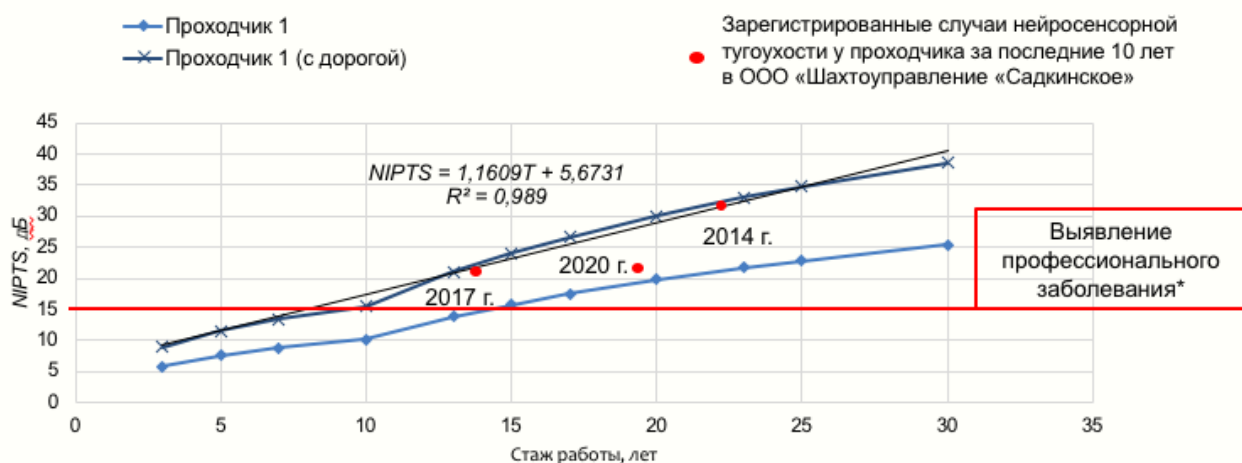
Прогнозирование *NIPTS* проводилось для каждого работника отдельно, на основе результатов индивидуальных измерений. На основе полученных данных были выявлены зависимости *NIPTS* для каждой из 5 выбранных профессий работников с учетом шумового воздействия на рабочем месте во время следования к нему и обратно.

На основе полученных результатов было спрогнозировано *NIPTS* (по формулам 2.3 – 2.5) для МГВМ (рисунок 2.7) и проходчика (рисунок 2.8) при стаже работы от 3 до 30 лет. Также на графике представлены средние значения и нанесены зафиксированные случаи профессиональных заболеваний (нейросенсорная тугоухость) по годам их установления.



*\*Методические рекомендации «Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной нейросенсорной тугоухости»*

Рисунок 2.7 – Зависимость *NIPTS* у МГВМ от стажа работы с учетом шумового воздействия на рабочем месте и во время следования к нему и обратно



*\*Методические рекомендации «Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной нейросенсорной тугоухости»*

Рисунок 2.8 – Зависимость *NIPTS* у МГВМ от стажа работы с учетом шумового воздействия на рабочем месте и во время следования к нему и обратно

Значения *NIPTS* для данных случаев профессиональных заболеваний (нейросенсорная тугоухость) получены вычитанием из значения порог слышимости, связанный с возрастом [17], значения снижения порога слышимости, соответствующего стадии профессиональных заболеваний, на

основании стадий развития профессиональных заболеваний органа слуха, согласно Письма Минздрава РФ от 06.11.2012 № 14-1/10/2-3508 [44].

Превышение нормативных значений уровня звука приводит к интенсификации *NIPTS* у работников. У МГВМ (УПР) прогнозируемое *NIPTS* через 5 лет работы составит 5 дБ, а через 30 лет работы около 14,5 дБ. С учетом шумового воздействия во время следования к рабочему месту и обратно через 5 лет трудового стажа прогнозируемое *NIPTS* составит 7 дБ, а через 30 лет работы 22 дБ, что соответствует уровню установления профессионального заболевания [44]. У проходчика *NIPTS* с учетом шумового воздействия во время следования к рабочему месту и обратно через 5 лет составит 11 дБ, а через 30 лет – 39 дБ, что соответствует фактически полной глухоте работника [44].

Прогнозирование значения *NIPTS* позволяет оценить последствия шумового воздействия на орган слуха работника и оценить влияние шума на работника при движении на рабочее место и обратно.

Таким образом, в целях обеспечения безопасности работников угольных шахт по шумовому фактору оценку шумового воздействия на работников угольных шахт следует проводить по *NIPTS* с учетом времени следования до места работы и обратно.

## 2.5 Выводы по главе 2

1. Проведены измерения эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день ( $L_{EX,8h}$ ) персональными шумомерами шума *SV 104*, прикрепленными на рабочую одежду работника. Измерения выполнялись «от ламповой до ламповой», что включает время не только 8-часовой рабочей смены, но и пути следования на рабочее место и обратно. Измерения проведены по 5 основным рабочим профессиям по 3 раза для каждой рабочей профессии.

2. Определены прибавочные значения в дБА к эквивалентному уровню шума, воздействующего на работника во время спуска в шахту и следования до рабочего места ( $L_{EX,1}$ ), и эквивалентного уровня шума, воздействующего

на работника во время следования от рабочего места и подъема на поверхность ( $L_{EX,2}$ ).

3. Установлено, что путь горнорабочего до рабочего места и обратно занимает от 1,5 до 2-х часов и при этом в зависимости от маршрута следования до рабочего места и обратно в конце смены, прибавочное значение эквивалентного уровня звука составляет от 1 до 3,2 дБА, что фактически может означать изменение класса вредности, например с 3.1 до 3.2. Установлено, что оценку шумового воздействия на подземный персонал угольных шахт следует проводить с учетом времени следования до места работы и обратно.

4. Установлено, что оценку шумового воздействия на работников угольных шахт и прогнозирование возникновения профессиональных заболеваний возможно на основе определения *NIPTS*.

5. Выполнены расчеты прогнозирования *NIPTS* для 5 основных рабочих профессий и установлено, что, например, у МГВМ (УПР) эквивалентный уровень шумового воздействия составляет 93 дБА. Прогнозируемое *NIPTS* через 5 лет работы составит 5 дБ, а через 30 лет работы около 14,5 дБ. С учетом шумового воздействия во время следования к рабочему месту и обратно через 5 лет трудового стажа прогнозируемое *NIPTS* составит 7 дБ, а через 30 лет работы 22 дБ, что соответствует уровню установления профессионального заболевания. У проходчика эквивалентный уровень шумового воздействия составляет 100 дБА, при этом прогнозируемое *NIPTS* с учетом шумового воздействия во время следования к рабочему месту и обратно через 5 лет составит 11 дБ, а через 30 лет – 39 дБ, что соответствует фактически полной глухоте работника.

6. Значения *NIPTS* сопоставлены с фактическими данными по впервые установленным профессиональным заболеваниям органа слуха у работников ООО «Шахтоуправление «Садкинское». Подтверждены прогнозные значения с большой степенью корреляции, что позволяет судить о достоверности прогнозных расчетов.

## ГЛАВА 3 ВЫБОР СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА ДЛЯ РАБОТНИКОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ НА ОСНОВЕ ДОЗНОЙ ОЦЕНКИ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

### 3.1 Анализ шумовой картины рабочего дня с использованием программного обеспечения *Svantek Supervisor*

Воздействие шума на работников угольных шахт часто непостоянно по уровню и времени воздействия. В настоящий момент для оценки непостоянных шумов используется понятие эквивалентного уровня шума. Выбор СИЗОС для работников угольных шахт с непостоянным уровнем шума на рабочих местах проводится на основе СОУТ по значению эквивалентного уровня звукового давления [27].

Чтобы получить равенство постоянного и непостоянного шума требуется провести пересчет в соответствии с правилом «равной энергии» т.е. сопоставить энергетическое воздействие получаемым биологическим изменениям по формуле 3.1.

$$L_{\text{ЭКВ}} = KLg_T^1 \left( \int_0^T \frac{10 L(t)}{K} dt \right), \quad (3.1)$$

где  $L_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентный уровень шума за время действия  $T$ , дБ;

$T$  – время воздействия, ч;

$L(t)$  – изменение звукового давления во времени, ч;

$K$  – коэффициент пересчета непостоянного шума на постоянный.

При этом коэффициент пересчета  $K$  определяется через параметр усреднения  $q$  по формуле 3.2.

$$K = \frac{q}{Lg^2} = 3.3, \quad (3.2)$$

где  $q$  - параметр усреднения, равный числу дБ, прибавляемых к уровню шума при уменьшении времени его действия в 2 раза для получения той же дозы.

Дозная оценка позволяет учесть переданную энергию за время действия шума, что позволяет оценивать суммарную шумовую нагрузку (по аналогии с пылевой нагрузкой) и соотносить ее с возбуждаемыми

биологическими эффектами. Благодаря этому дозная оценка может быть дополнением к нормативным требованиям в области обеспечения работников средствами индивидуальной защиты органа слуха с учетом риск-ориентированного подхода.

Из этого можно сделать вывод о том, что при воздействии на подземный персонал угольных шахт непостоянного шума измерение эквивалентного уровня звука за всю смену, как усредненного значения, не может в полной мере отражать уровень шумового воздействия на работника, т.к. пиковые уровни звукового давления сглаживаются длительными периодами с невысоким шумовым воздействием при обслуживании оборудования или во время перерывов в работе. На рисунке 3.1 представлены значения акустического давления и увеличение дозы шума, полученной работником при использовании перфоратора ПТ-48А.

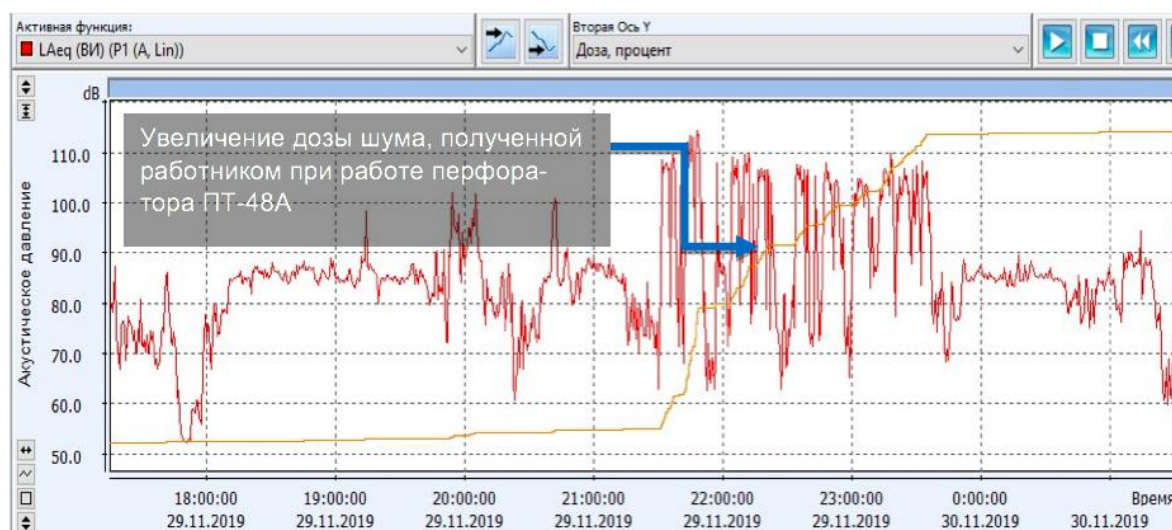


Рисунок 3.1 – Пример существенного увеличения дозы полученного шума при работе перфоратора ПТ-48А

При использовании индивидуальных шумомеров в рамках измерения эквивалентного уровня звукового воздействия для двух профессий работников – проходчик и машинист горно-выемочных машин, выполняющий работу на участке проходческих работ (далее – МГВМ), были выявлены интервалы с разной шумовой обстановкой, которая была обусловлена воздействием на работников отдельными источниками шума.

Причем в совокупности выявленные источники шума вносили основной вклад в общий уровень шумового воздействия на работников.

Для рабочего места проходчика и МГВМ основными источниками шума в течение рабочей смены являются:

- дизелевоз;
- комбайн 1ГПКС;
- перфоратор ПТ 48А (рисунки 3.2, 3.3).



Рисунок 3.2 – Определение основных источников шума в течение рабочей смены (проходчик)

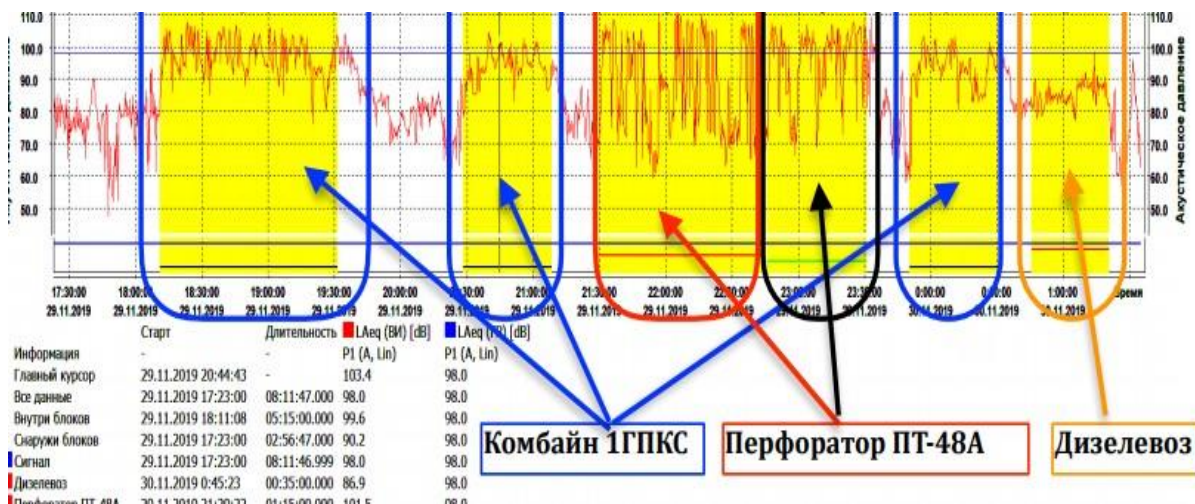


Рисунок 3.3 – Определение основных источников шума в течение рабочей смены (МГВМ)

Для проведения дозной оценки по каждому из выделенных интервалов было определено звуковое давление, соответствующее действующим

непостоянно уровням шума, продолжительность воздействия в течение смены и источник шума.

### 3.2 Определение дозы шума, получаемого работниками при выполнении основных шумных операций, от различных типов оборудования

На основе данных, полученных в результате измерений, была произведена дозная оценка шумового воздействия на работников, которая учитывает переданную энергию за время действия шума, что позволяет оценивать накопительный эффект шумового воздействия. Основным преимуществом дозной оценки является возможность учета воздействия непостоянного уровня шума.

Доза шума, получаемого работниками в течение всей смены и отдельно на каждом выделенном интервале, оценивалась по формуле 3.3.

$$D = \sum_{i=1}^n (P_i)^2 t_i \quad (3.3)$$

где  $D$  – доза шума ( $\text{Па}^2 \cdot \text{час}$ );

$P_i$  – звуковые давления, соответствующие действующим непостоянно уровням шума ( $\text{Па}$ );

$n$  – число периодов воздействия;

$t_i$  – время действия уровня шума (ч).

Значение допустимой дозы шума рассчитывалось по формуле 3.4.

$$D_{\text{доп}} = P_{A_{\text{экв}}}^2 T = 1 \text{ Па}^2 \cdot \text{час} \quad (3.4)$$

где  $D_{\text{доп}}$  – допустимая доза,  $\text{Па}^2 \cdot \text{час}$ ;

$P_{A_{\text{экв}}}^2 = 0,2 \text{ Па}$  – допустимое значение давления по коррекции «А» шумомера, соответствующее ПДУ шума, равному 80 дБА;

$T = 8 \text{ час}$ .

Таким образом, величина минимальной допустимой дозы (порог слышимости) равна  $0,32 \text{ Па}^2 \cdot \text{час}$ .

Для расчета дозы шума, получаемого работниками при выполнении основных шумных операций от различных типов оборудования, были переведены уровни звука в децибелах в единицы звукового давления –  $\text{Па}^2$ .



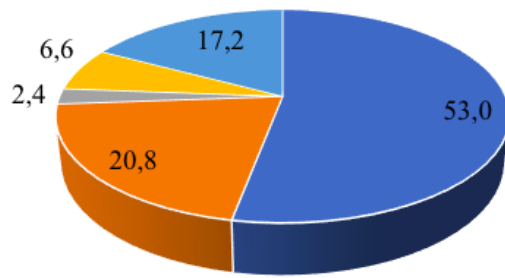
Затем полученные квадраты звуковых давлений были умножены на соответствующее время действия шума от отдельного источника шума.

Результаты расчета дозы шума, получаемого работниками в течение всей смены и отдельно на каждом выделенном интервале (при работе отдельных видов оборудования), представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчета дозы шума, получаемого работниками в течение всей смены и отдельно на каждом выделенном интервале

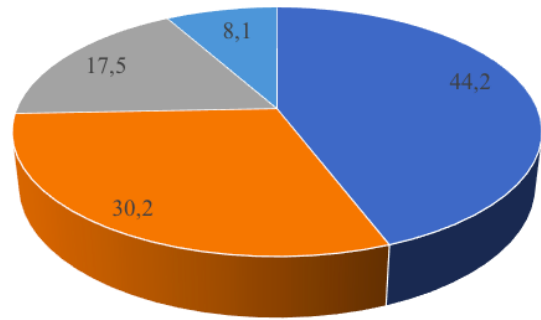
Профессия	Звуковое давление, Па	Доза шума за 8 часов, Па <sup>2</sup> ·ч	Доза, перфоратор ПТ-48А, Па <sup>2</sup> ·ч	Время воздействия перфоратор ПТ-48А, ч	Доза, комбайн ГПКС, Па <sup>2</sup> ·ч	Время воздействия комбайн ГПКС, ч	Доза, дизелевоз, Па <sup>2</sup> ·ч	Время воздействия дизелевоз, ч	Доза, ленточный конвейер, Па <sup>2</sup> ·ч	Время воздействия ленточный конвейер, ч
Проходчик 1	1,70	23,12	13,20	1,50	-	-	1,80	0,80	4,80	2,80
Проходчик 2	3,85	118,58	80,90	1,89	15,80	2,70	1,60	0,74	-	-
Проходчик 3	2,27	41,22	26,40	2,05	-	-	2,00	0,90	5,20	3,00
<b>Среднее значение</b>	<b>2,61</b>	<b>75,80</b>	<b>40,17</b>	<b>1,81</b>	<b>15,80</b>	<b>2,70</b>	<b>1,80</b>	<b>0,81</b>	<b>5,00</b>	<b>2,90</b>
МГВМ 1 (УПР)	0,96	7,37	3,50	1,10	2,30	2,50	1,06	0,50	0,00	0,00
МГВМ 2 (УПР)	1,02	8,32	4,20	1,30	2,30	2,40	0,98	0,60	0,00	0,00
МГВМ 3 (УПР)	0,80	5,12	1,50	0,60	1,68	2,00	1,60	0,60	0,00	0,00
<b>Среднее значение</b>	<b>0,93</b>	<b>6,94</b>	<b>3,07</b>	<b>1,00</b>	<b>2,09</b>	<b>2,30</b>	<b>1,21</b>	<b>0,57</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

На рисунках 3.4 и 3.5 представлен вклад различных источников шума, воздействующих на проходчика и МГВМ, а также представлена продолжительность воздействия различных источников шума для этих профессий.



- Вклад перфоратора ПТ-48А в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад комбайна 1ГПКС в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад дизелевоза в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад ленточного конвейера в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад остальных источников шума, %

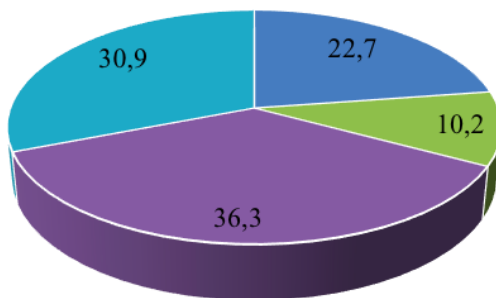
а)



- Вклад перфоратора ПТ-48А в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад комбайна 1ГПКС в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад дизелевоза в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад ленточного конвейера в общую шумовую нагрузку, %
- Вклад остальных источников шума, %

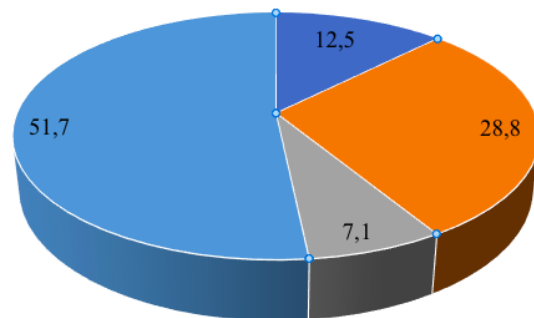
б)

Рисунок 3.4 – Оценка степени воздействия основных источников шума на проходчика (а) и МГВМ (б)



- Время работы перфоратора ПТ-48А в общей продолжительности смены, %
- Время работы дизелевоза в общей продолжительности смены, %
- Время работы ленточного конвейера в общей продолжительности смены, %
- Время работы остальных источников шума в общей продолжительности смены, %

а)



- Время работы перфоратора ПТ-48А в общей продолжительности смены, %
- Время работы комбайна 1ГПКС в общей продолжительности смены, %
- Время работы дизелевоза в общей продолжительности смены, %
- Время работы остальных источников шума в общей продолжительности смены, %

б)

Рисунок 3.5 – Время воздействия основных источников шума на проходчика (а) и МГВМ (б)

### 3.3 Оценка снижения дозы шума, получаемой работниками при применении СИЗ органа слуха

На основе проведенных измерений и анализа полученных данных установлено, что во время работы отдельных видов оборудования уровень шума превышает допустимые значения при применении СИЗ органа слуха, выданных проходчику по результатам СОУТ с акустической эффективностью 25 дБ, что приводит к накоплению поглощённой дозы шума в течение рабочей смены  $1,91 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ , при допустимом значении дозы шума  $0,32 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$  (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Графическое отображение превышения уровня шумового воздействия защитных свойств (акустической эффективности) СИЗОС, выданных проходчику на основе результатов СОУТ

Для профессии МГВМ, получающего наушники по результатам СОУТ с акустической эффективностью 15 дБ (рисунок 3.7), накопление дозы получаемого шума в течение смены составляет  $0,98 \text{ Па}^2 \cdot \text{ч}$ .



Рисунок 3.7 – Графическое отображение превышения уровня шумового воздействия защитных свойств (акустической эффективности) СИЗОС, выданных МГВМ на основе результатов СОУТ

Таким образом, акустическая эффективность СИЗОС, подобранная по результатам СОУТ, является недостаточной для защиты работников от повышенного уровня шума на рабочих местах с непостоянным уровнем шума.

Для практического использования полученного результата предлагается использовать экспоненциальную аппроксимацию вида:

- для проходчика по формуле 3.5:

$$D = 80,416 e^{-0,58 a} (R^2=0,97); \quad (3.5)$$

- для МГВМ по формуле 3.6:

$$D = 13,014 e^{-0,177 a} (R^2=0,94), \quad (3.6)$$

где  $a$  – акустическая эффективность СИЗОС.

Для обеспечения безопасности работников по шумовому фактору был проведен подбор СИЗОС на основе дозойной оценки. В результате установлено, что для МГВМ необходимо выдавать СИЗОС с акустической эффективностью 25 дБ, а проходчику необходимо выдавать СИЗОС с акустической эффективностью 35 дБ. Применение таких СИЗОС работниками позволит снизить дозу получаемого шума в течение смены до допустимых значений (рисунок 3.8).

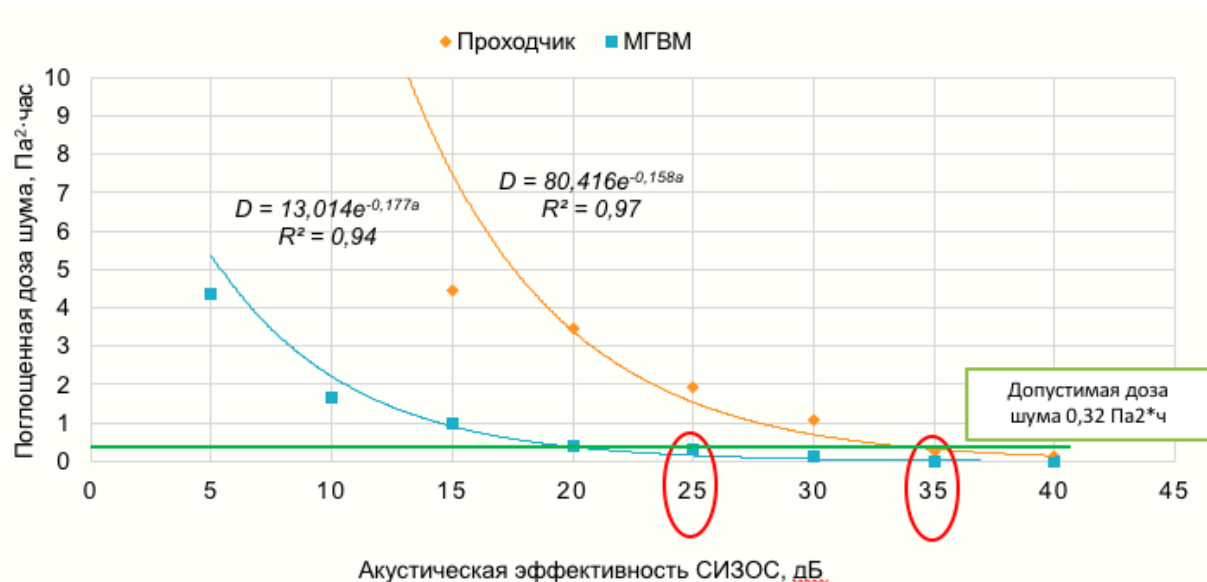


Рисунок 3.8 – Зависимость поглощенной дозы шума, получаемой работником при подземной добыче угля, от акустической эффективности СИЗОС

Таким образом, для обеспечения безопасных условий труда работников угольных шахт выбор СИЗОС следует производить на основе дозной оценки шумового воздействия.

### 3.4 Выводы по главе 3

1. Измерение эквивалентного уровня звука за всю смену как усредненного значения не может в полной мере отражать уровень шумового воздействия на работника, т.к. пиковые уровни звукового давления сглаживаются длительными периодами с невысоким шумовым воздействием при обслуживании оборудования или во время перерывов в работе.

2. Для обеспечения безопасных условий труда работников угольных шахт выбор акустической эффективности средств индивидуальной защиты органа слуха следует производить на основе дозной оценки шумового воздействия.

3. Установлено, для обеспечения безопасности работников по шумовому фактору для МГВМ необходимо выдавать СИЗОС с акустической эффективностью 25 дБ, а проходчику необходимо выдавать СИЗОС с акустической эффективностью 35 дБ.

## ГЛАВА 4 КОНСТРУИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНА СЛУХА С ФУНКЦИЯМИ МОНИТОРИНГА И СИГНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ДОЗНОЙ ОЦЕНКИ

### 4.1 Оценка организационных мероприятий по обеспечению работников ООО «Шахтоуправление «Садкинское» СИЗОС

Оценка результатов деятельности СУОТ ООО «Шахтоуправление «Садкинское» выполнена на основе обобщенной функции желательности Харрингтона [69, 49].

Суть метода оценок по обобщенной функции Харрингтона – получение общего показателя состояния и условий охраны труда и сравнение по нему различных СУОТ взамен простого сравнения отдельных показателей [2], характеризующих результативность и эффективность [77, 79].

Шкала желательности делится в интервале от 0 до 1 на пять диапазонов [74]. Предлагаемое соответствие между отношениями предпочтения в вербальной (лингвистической) и числовой системах представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Соответствие лингвистической и числовой систем функции Харрингтона

Лингвистическая оценка	Оценка по шкале
Отлично	$0,80 \leq D < 1,00$
Хорошо	$0,63 \leq D < 0,80$
Удовлетворительно	$0,37 \leq D < 0,63$
Плохо	$0,20 \leq D < 0,37$
Опасно	$0,00 \leq D < 0,20$

За основу были взяты укрупненные группы показателей – элементы СУОТ, согласно ГОСТ 12.0.230.3-2016. Приведем пример некоторых из них, участвующих в дальнейшей оценке:

- «Политика в области охраны труда»: (6 показателей);
- «Участие работников и их представителей» (6 показателей);
- «Обязанность и ответственность» (2 показателя);
- «Компетентность и подготовка» (16 показателей);
- и пр.

Оценка результативности и эффективности СУОТ производится на основе трех показателей [45]:

1) единичный показатель для наглядного представления соотношения «положительных» и «отрицательных» моментов –  $S$  на интервале: от минус 1 – «все плохо» (например, ничего не сделано), до плюс 1 – «все хорошо» (например, все выполнено в срок) (формула 4.1):

$$S = \frac{(n^+ - n^-)}{(n^+ + n^-)}, \quad (4.1)$$

где  $S$  – единичный показатель;

$n^+$  – число положительных моментов;

$n^-$  – число отрицательных моментов.

2) аддитивная синтезирующая функция - взвешенная арифметическая средняя (формула 4.2, 4.3):

$$Q_a = \frac{\sum_1 w_i q_i}{W}, \quad (4.2)$$

где  $Q_a$  – аддитивная синтезирующая функция взвешенная арифметическая средняя;

$q_i$  – показатель в диапазоне от 0 до 1;

$w_i$  – весовой коэффициент значимости от 1 до 2;

$i$  – отдельный показатель.

$$W = \sum_1 w_i, \quad (4.3)$$

где  $W$  – сумма весовых коэффициентов значимости.

3) мультипликативная синтезирующая функция - взвешенная геометрическая средняя (формулу 4.4):

$$Q_g = \left( \prod_1 q_i^{w_i} \right)^{\frac{1}{W}}, \quad (4.4)$$

где  $Q_g$  – мультипликативная синтезирующая функция - взвешенная геометрическая средняя.

Произведен расчет показателя желательности на примере компании ООО «Шахтоуправление «Садкинское». Собранные в результате внешнего аудита документы по организации и управлению охраной труда за 2015 - 2019 годы позволили сформулировать 48 показателей, на основе которых

была произведена оценка эффективности и результативности СУОТ [32, 33, 34].

По результатам проведенной оценки, были рассчитаны показатели:  $Q_a = 0,2118$ ;  $Q_g = 0,0437$ ;  $S = -0,5379$ .

Стоит отметить, что математический аппарат, предложенный в ГОСТ 12.0.230.3-2016 имеет ряд неточностей и ошибок без исправления которых произведение расчетов становится невозможным. В методику расчета были внесены следующие изменения:

1. В расчет показателя  $S$  внесена следующая корректировка: необходимо придавать ему либо положительное, либо отрицательное значение («+1» / «-1»), а не диапазон от «-1» до «+1».

2. Предлагается интерполяция показателя  $S$ , который принципиально отличается от  $Q_a$  и  $Q_g$  – может иметь отрицательное значение, для чего он переводится в аналогичный диапазон  $[0;1]$  и составил 0,231. Интерполяция показателя  $S$  представлена на рисунке 4.1.

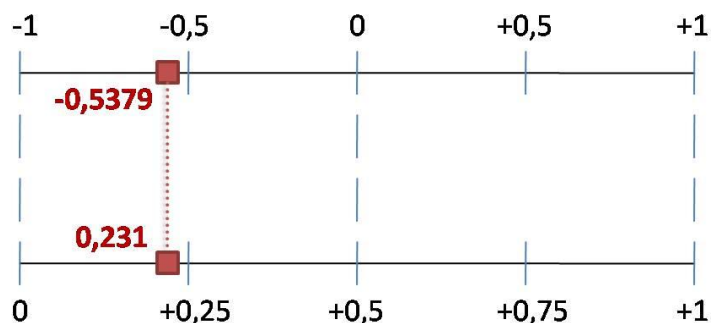


Рисунок 4.1 - Интерполяция показателя  $S$

3. В формулу 4.5 для функции  $d$  был добавлен «минус» перед второй функцией «exp»:  $d = \exp[-\exp(-Y)]$  вместо  $d = \exp[\exp(-Y)]$ :

$$d = \exp[-\exp(-Y)], \quad (4.5)$$

где  $d$  – показатель желательности;  $Y$  – безразмерный показатель.

4. Внесена корректировка в описание и пределы соответствия лингвистической и числовой систем функции Харрингтона.

С учетом этих представленных изменений произведем дальнейший расчет. Функция желательности отражает зависимость оценок, или



показателей желательности, от безразмерных показателей, в которые переводят размерные (натуральные) показатели качества. Эта зависимость выражается уравнением:

Обобщенный показатель желательности рассчитывается по формулам 4.6:

- без учета коэффициентов весомости:

$$D = \sqrt[n]{\prod_i^n d_i}, \quad (4.6)$$

где  $D$  – обобщённый показатель желательности;

- с учетом коэффициентов весомости по формуле 4.7:

$$D = \prod_i^n (d_i)^{m_i}, \quad (4.7)$$

где  $m_i$  - коэффициент весомости.

По формуле 4.6 находим обобщенный показатель желательности  $D = 0,2793$ , что соответствует лингвистической оценке «плохо». Иллюстрация функция Харрингтона с нанесенным на кривую рассчитанным обобщенным показателем желательности представлен на рисунке 4.2, где по ось координат  $Y$  – шкала частных показателей, ось  $D$  – шкала желательности [35].

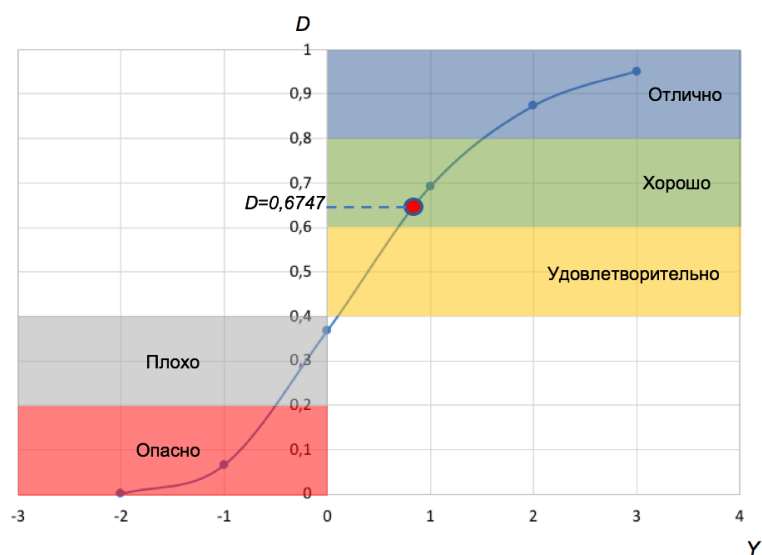


Рисунок 4.2 – Функция Харрингтона с рассчитанным показателем желательности и диапазонами лингвистической оценки

Произведенная оценка эффективности и результативности СУОТ на угольном предприятии показывает достаточно объективную картину текущего состояния системы [38]. Однако, стоит отметить, что выбранные

показатели, их оценка, весовые коэффициенты имеют экспертный непредвзятый уровень измерения. В условиях реального производства возможна «подгонка» сотрудниками службы охраны труда показателей под требуемый уровень желательности.

Имеет крайне важное значение вовлеченность высшего руководства в экспертную работу с показателями и их весовыми коэффициентами, ведь именно от него зависят финансовые, организационные и прочие ресурсы, необходимые для совершенствования СУОТ.

Основными практическими рекомендациями для руководителя ООО «Шахтоуправление «Садкинское»:

1. Внедрение системного подхода оценки реализации процедур, в частности обеспечения работников эффективными СИЗ, позволит повысить объективности оценки и перепроверки (сравнения с традиционными показателями) текущего состояния охраны труда.

2. Включить в перечень ежегодных мероприятий по охране труда на системной основе процедуры оценки удовлетворенности работников выдаваемыми СИЗ;

3. Разработать комплекс мероприятий в области охраны труда, обеспечивающий оценку состояния средств индивидуальной защиты органа слуха работников и реализацию процедур по их эффективному подбору.

#### **4.2 Обеспечение безопасности подземного персонала угольных шахт на основе применения дополнительного функционала СИЗ**

##### **4.2.1 Анкетирование подземного персонала ООО «Шахтоуправление «Садкинское» на предмет оценки дополнительного функционала СИЗ**

В мае 2018 года проведен прямой сплошной опрос-анкетирование горнорабочих ООО «Шахтоуправление «Садкинское». Способ формирования группы обследуемых респондентов – целенаправленная выборка [86]. Профессии работников, среди которых проведено анкетирование: проходчик – 10 чел., горнорабочий подземный – 8 чел., горнорабочий очистного забоя –

6 чел., машинист горно-выемочной машины – 3 чел., электрослесарь – 3 чел. и 9 чел. других профессий [37].

В анкете было представлено 13 вопросов об отношении внедрения интеллектуальных средств индивидуальной защиты работников, а также общие сведения о работнике: профессия, стаж работы по данной профессии и общий трудовой стаж в угледобыче. По форме вопросы анкет были полузакрытыми. Респондент мог отметить на вопрос, поставив отметку напротив слов “Да”, “Нет”, “Промежуточно (свой вариант)”. При обработке анкет осуществлялась выбраковка анкет, набравших наибольшее и наименьшее количество баллов по следующей схеме: “да” – 1 балл, “Промежуточно (свой вариант)” – 2 балла, “Нет” – 3 балла. Максимально возможное количество баллов – 39, а минимальное 13. Отсутствие ответа приравнивалось к 0 баллов. Таким образом, были установлены численные барьеры в 15 баллов, а также 34 балла и более. Анкеты, не прошедшие барьеры, отбраковывались (4 анкеты).

Среднее количество набранных баллов составляет 22,8. Вопросы, набравшие наибольшее количество баллов из возможных 102 баллов:

- “Как бы Вы отнеслись к ношению устройства аудио/видео устройства на каске или куртке?": 9 человек из 34 отметили “Да”, остальные отметили “Нет” (84 балла);

- “Есть ли необходимость дополнить систему определения местоположения работника считыванием сведений о состоянии его здоровья?": 10 человек из 34 отметили “Да”, остальные отметили “Нет” (79 баллов);

- “Считаете ли Вы необходимым, для сохранения Вашего здоровья, получать дополнительные приборы контроля для оперативной оценки условий труда (например: газоанализатор, шумомер)? Если да, то какие?": 11 человек из 34 отметили “Да”, остальные отметили “Нет” (77 баллов).

Анализ данных результатов ответов показывает определенное недоверие большей части респондентов к инновационным подходам и дополнительным техническим средствам, даже если они повысят личную безопасность. Среди 9 респондентов, ответивших “Да” на вопрос “Как бы Вы отнеслись к ношению устройства аудио/видео устройства на каске или куртке?” не наблюдается возрастной сингулярности (средний общий стаж работы респондентов 10 лет). Преимущественно положительно отреагировали проходчики.

Вопросы, набравшие примерно одинаковое количество ответов “Да” и “Нет”, набрали от 63 до 71 балла:

- “Хотели ли бы Вы, чтобы СИЗ обладали дополнительными свойствами (контроль состояния окружающей среды, контроль состояния здоровья работника)?” (63 балла);

- Была бы Вам полезна информация о текущем состоянии Вашего здоровья в процессе выполнения работ, контроль состояния вашего организма (пульс, давление, температура тела)? (64 балла);

- Есть ли необходимость в обратной связи с диспетчером? (Возможность сообщать ему оперативно текущую ситуацию)? (67 баллов);

- Есть ли необходимость расширения сигнальных функций фонаря, сопровождения команд звуковыми сигналами? (71 балл).

Мнения работников разделились относительно придания средствам индивидуальной защиты новых свойств, таких как контроль состояния окружающей среды и контроль состояния здоровья работника. Вероятно, некоторые работники не готовы к эффективному применению в своей трудовой деятельности новых инструментов повышения безопасности производства. Вопросы, связанные с техническими средствами сигнализации и оповещения не вызвали интереса у респондентов, что означает, что данные изменения и новые свойства имеющихся технических средств в целом устраивают [36].

Вопросы, набравшие большее количество ответов “Да”, чем “Нет”, набрали от 34 до 55 баллов (34 балла – 34 ответа “Да” из 34, а 55 баллов – 23 ответа “Да” из 34):

- “Обеспечивает ли Вас работодатель средствами индивидуальной защиты?” (34 балла);
- “Является ли эффективной система определения местоположения работника?” (44 балла);
- “Устраивает ли Вас качество и защитные свойства выдаваемых Вам СИЗ?” (45 баллов);
- “Есть ли необходимость оперативной связи между группами работников в процессе выполнения работ? (52 балла);
- “Есть ли необходимость улучшения качества связи (подавление шума) между работниками одного звена в процессе выполнения работ?” (55 баллов).

Следует отметить, что существующие на предприятии традиционные элементы системы защиты работника на производстве (средства индивидуальной защиты, многофункциональные системы безопасности, шахтная система связи) удовлетворяет работников и к ней не возникает вопросов. Однако имеется потребность в оперативной связи между работниками в процессе выполнения рабочих операций, а имеющиеся каналы связи в улучшении технических характеристик [36, 88].

Ведение работ в сложных горнотехнических условиях от подземного персонала угольных шахт требует высокого уровня концентрации внимания и готовности к реагированию на стандартные особенности трудового процесса физического (запыленность атмосферы, недостаточная освещенность рабочего пространства, некомфортные микроклиматические условия и т.д.) и психоэмоционального характера [89]. Многие исследователи [5, 6, 90] отмечают необходимость проведения в подобных условиях труда ряда организационных мероприятий, направленных на снижение уровня производственного травматизма:

- оценка профессиональных рисков;
- поведенческие аудиты безопасности;
- предсменный контроль знаний требований охраны труда;
- талонная система штрафов за нарушение требований охраны труда
- и т.д.

Стоит отметить, что данные мероприятия носят назидательный характер и не всегда воспринимаются работниками на благо их собственной безопасности. В этой связи выполняются формально и без должного внимания [91].

#### **4.2.2 Контроль применения СИЗ головы – защитной каски**

Согласно Приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации N 290н от 1 июня 2009 г. об утверждении межотраслевых правил обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты работодатель обязан организовать надлежащий учет и контроль за выдачей работникам СИЗ в установленные сроки. Работодатель обеспечивает обязательность применения работниками СИЗ, занятыми на работах: с вредными или опасными условиями труда; в особых температурных условиях или связанных с загрязнением [6]. Назначенные работодателем руководители структурных подразделений и специалисты по охране труда контролируют правильность применения СИЗ, их своевременную замену, проверку и испытания [50].

На практике процесс контроля применения СИЗ, в том числе и защитной каски, сопровождается целым рядом условностей и компромиссов, связанных с «человеческим фактором» [60, 87]. Ответственные за контроль работники не всегда ответственно выполняют свои обязанности, не наказывают работников за неприменение СИЗ и т.д. [38]

Актуальной современной задачей в области охраны труда является организация транспарентного дистанционного контроля за работниками и исключения влияния человека на его результаты. Подобная постановка

задачи является востребованным направлением модернизации методов и технических средств обеспечения безопасности работников, осуществляющих свою трудовую деятельность в условиях повышенной опасности для здоровья человека. Эффективное решение данной задачи позволит обеспечить непрерывный контроль соблюдения обязательных требований использования СИЗ, что повышает уровень безопасности работника в процессе реализации трудовой деятельности.

Объединение головы работника и защитной каски образует информационное пространство, представляющее собой совокупность, состоящую из двух источников, содержащих информацию, необходимую для контроля соблюдения правил безопасности при эксплуатации каски в условиях производственной среды. В рамках источника информации первого типа, голова работника рассматривается как физический объект, обладающий определёнными геометрическими пропорциями, механическими свойствами, объёмом и составом веществ, заполняющих данный объём.

В состав источников информации, рассматривающих состояние системы «работник - защитная каска», рассматриваемой как физический объект, входят:

- изменения диэлектрических свойств объекта;
- изменения оптических условий в объекте;
- изменения характеристик ультразвукового сигнала при прохождении через объект.

При этом информация о присутствии данного физического объекта во внутреннем пространстве каски может быть извлечена с помощью сенсоров, реагирующих на изменения рассматриваемых характеристик. В качестве регистрируемой информации могут использоваться:

- изменения диэлектрической постоянной среды в пространстве каски при появлении в нём указанного объекта;
- прерывание светового луча геометрией объекта;

- изменение характеристик ультразвукового излучателя, вызванное влиянием механических свойств и составом вещества объекта;
- и т.д.

Относительная простота идентификации наличия головы работника в пространстве каски с помощью сенсорных систем данного типа является достоинством рассматриваемого метода контроля соблюдения правил техники безопасности, однако не учитывает субъективный фактор – возможность недобросовестного работника воздействовать на результат контроля искусственным путём – подменой физического объекта. Это обуславливает необходимость дополнения источника информации первого типа вторым (дополнительным), снижающим вероятность формирования ложного результата контроля.

В качестве второго источника информации предлагается использовать информацию, формируемую работником, как биологическим существом и как участником трудового процесса.

В состав источников, характеризующих информацию о состоянии системы «работник - защитная каска», рассматриваемой как биотехническая система, входят:

- изменения ритмической деятельности систем организма биообъекта;
- изменения условий теплообмена биообъекта с окружающей средой;
- спонтанная и организованная двигательная активность биообъекта.

В этом случае, необходимые оценочные критерии контроля, сформированные на основе анализа информации первого типа, дополняются достаточными критериями, основанными на анализе факторов, имитация которых представляет существенные затруднения. Выбор вида регистрируемой информации определяется её ценностью и возможностью комфортной (не влияющей на производительность труда) для работника реализацией процесса регистрации.

Это могут быть:



- ритмическая деятельность основных функциональных систем организма (сердечно-сосудистая система и система внешнего дыхания);
- значения основных физиологических констант (температуры тела, содержания кислорода в крови и др.);
- электрическая активность головного мозга;
- спонтанная и организованная (профессиональная) двигательная активность;
- теплообмен с окружающей средой;
- и др.

Трудности имитации данных процессов делают практически невозможным формирование ложной информации об эксплуатации защитной каски.

Кроме того, в соответствии с положениями теории надёжности технических систем, две технические системы, решающие независимо и параллельно одну задачу, представляют собой систему с резервированием и существенно повышают надёжность выполнения поставленной цели.

Надёжная регистрация требуемой информации является базой для реализации процесса её достоверной оценки. Основой такой оценки является формирование решающих правил и алгоритмов их реализации. Информация первого типа может быть представлена как в аналоговом, так и в дискретном виде. Так изменение диэлектрической постоянной среды внутри каски, вызванное присутствием головы работника, является аналоговой информацией и влечёт изменение значения электрической ёмкости, образованной диэлектриком и обкладками конденсатора, расположенными в конструктиве каски. При этом электронная схема генератора импульсов, в которой рассматриваемый конденсатор является времязадающим элементом, может изменять период следования импульсной последовательности. Это является информативным признаком, используемым в решающем правиле. В случае использования оптоэлектронного способа идентификации присутствия головы работника в каске, оцениваемая информация носит

дискретный характер. И в том, и в другом случае результат оценки должен быть дискретным (например,  $Y_1 = 1$  - отсутствие головы работника в каске;  $Y_1 = 0$  - присутствие головы работника в каске).

Решающие правила при анализе медико-биологической информации, как правило, значительно сложнее, однако в итоге также преобразуются в дискретный вид (например,  $Y_2 = 1$  - присутствие головы работника в каске;  $Y_2 = 0$  - отсутствие головы работника в каске).

Процесс оценки, объединяющий решающие правила, полученные при анализе информации первого и второго типов, образует совокупность логических уравнений, решение которых обеспечивает получение дополнительной, более надёжной информации о состоянии системы «работник-защитная каска» (например,  $F_1 = \bar{Y}_1 \wedge Y_2 = 1$  соответствует двойному подтверждению факта наличия защитной каски;  $F_2 = Y_1 \wedge \bar{Y}_2$ , соответствует двойному подтверждению факта отсутствия защитной каски).

Оценка факта нарушения правил обязательного ношения защитной каски не может быть адекватной без его «привязки» к фазам трудового процесса. В этой ситуации значимым параметром является астрономическое время, фиксируемое в моменты времени надевания каски –  $t_{poi}$  (где  $i=1,2,3\dots n$  – количество интервалов времени активной эксплуатации каски) и в моменты завершения её использования (снятия) –  $t_{toi}$ . Анализ временных интервалов эксплуатации каски -  $\epsilon = f(t_{poi}, t_{toi})$ , позволяет осуществлять контроль применения/неприменения средств защиты головы (установленного нормами и правилами конкретных производств) в течение рабочего времени. Поэтому совокупность решающих правил должна быть дополнена процессом непрерывного формирования временной последовательности, из которой в решающее правило поставляется информация о правомочности состояния системы «работник-защитная каска» в различные фазы рабочей смены.

Исправление ситуации, когда правило эксплуатации защитной каски нарушено, осуществляется в двух направлениях. Во-первых, реализуется процесс оперативного информирования работника о текущем нарушении.

При этом формируется звуковое сообщение в вербальном виде, либо в виде звуковой сигнализации. Такое сообщение мотивирует работника к устранению нарушения. Во-вторых, осуществляется процесс запоминания интервалов времени, соответствующих состоянию системы «работник-защитная каска» в течение рабочей смены. Результатом апостериорной оценки запомненной информации могут быть дополнительные социально-воспитательные меры, организуемые соответствующими службами контроля.

Рассмотрим обобщённую структуру взаимодействия СИЗ с человеком и окружающей средой при реализации функции защиты организма человека от влияния вредных и опасных факторов, представленную на рисунке 4.3. При этом под элементами окружающей среды подразумевается инфраструктура производства, средства производства, аэродинамические и тепловые характеристики, специфические факторы конкретного производства и так далее. В качестве совокупности СИЗ рассматриваются технические средства, обеспечивающие ослабление влияния негативных факторов. Свойства среды, образованной в пространстве между СИЗ и организмом работника, являются результатом взаимодействия защитных свойств СИЗ и функциональных систем организма работника. Параметры этой среды и их динамика определяют уровень комфорта и безопасности работника.

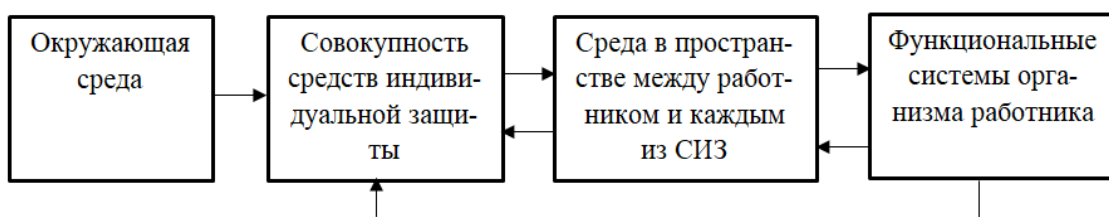


Рисунок 4.3 – Обобщённая структура взаимодействия совокупности СИЗ с человеком и окружающей средой.

Из вышесказанного следует, что при эксплуатации пассивных СИЗ существует риск возникновения аварийных ситуаций, обусловленных отсутствием контроля:

- правильности эксплуатации СИЗ;

- динамики изменения параметров окружающей среды;
- изменений параметров среды в пространстве между СИЗ и работником;
- динамики параметров, характеризующих состояние здоровья работника.

Организация подобного контроля позволит повысить ответственность работника перед выполняемыми рабочими операциями, снизить риски неприменения СИЗ, обеспечит контроль рабочих операций, а также позволит с наибольшей вероятностью установить причины аварийной ситуации или несчастного случая с работником [8].

Техническая реализация возможна путём использования современных цифровых средств, выполненных с использованием передовых нанотехнологий, обеспечивающих минимально возможные габариты разрабатываемых устройств, низкое потребление от источника питания и относительно низкую стоимость проекта при существенной вычислительной мощности.

Вышеперечисленные свойства современных технических средств позволяют осуществить проектирование устройства контроля и его эксплуатацию на основе принципа прозрачности по отношению к работнику, эксплуатирующему СИЗ, то есть обеспечивать минимально возможное влияние на работника с точки зрения удобства эксплуатации. Работник не должен быть вовлечён в процесс обслуживания устройства контроля. Взаимодействие работника и устройства контроля должно возникать только в экстремальной ситуации при оповещении работника о тревожной или опасной ситуации. На рисунке 4.4 представлена структура устройства контроля СИЗ, которая является универсальной и инвариантна по отношению к конкретному виду СИЗ.

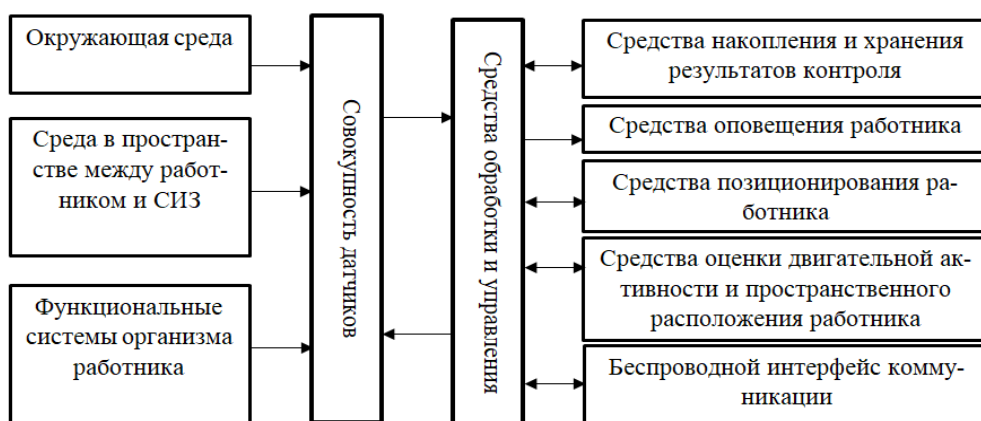


Рисунок 4.4 – Универсальная структура устройства контроля применения СИЗ

Состав устройства контроля, его особенности, определяются назначением СИЗ. Тип датчиков и их расположение в пространстве СИЗ зависят от совокупности задач, поставленных перед устройством контроля (например, датчики газового состава атмосферы). Территориальное расположение СИЗ на работнике определяет возможности устройства контроля по регистрации активности тех или иных функциональных систем организма. Средства обработки и управления с аппаратной точки зрения являются универсальными, а с функциональной точки зрения реализуют алгоритм, связанный с контролем эксплуатации конкретного вида СИЗ и обеспечивают снижение риска неприменения СИЗ, контроль рабочих операций, а также установление причин аварийной ситуации или несчастного случая с работником. К универсальным свойствам следует отнести средства накопления и хранения результатов контроля, средства оповещения работника о нештатной ситуации, беспроводный интерфейс коммуникации с другими СИЗ и контролирующими органами.

Устройство контроля может быть дополнено средствами позиционирования работника с помощью системы типа «GPS» или «ГЛОНАСС» (в случае эксплуатации СИЗ на открытой местности), а также средствами оценки двигательной активности и пространственного расположения работника с целью получения дополнительной информации о трудозатратах работника. В структуре устройства контроля отсутствуют узкоспециализированные элементы, которые могут быть введены

дополнительно (например, переговорное устройство, осуществляющее вербальную коммуникацию работников с помощью беспроводного интерфейса). Кроме того, беспроводный интерфейс параллельно со средствами оповещения работника (звуковая и/или световая сигнализация) может быть использован для формирования по радиоканалу сигнала бедствия при необходимости обнаружения работника в завалах, полостях и пр. [78].

Все устройства контроля, установленные в совокупности СИЗ различного назначения в пределах одного работника, объединяются в единое аппаратное и информационное пространство с помощью средств распределённой вычислительной сети. При этом в пределах конкретного СИЗ такое объединение может осуществляться с помощью проводной связи со средствами обработки и управления с использованием стандартных протоколов типа SPI, I2C, USB, COM, а в пределах совокупности СИЗ с помощью сетевых протоколов на основе беспроводной технологии типа ZigBee Pro (стандарт IEEE 802.15.4). Технология ZigBee позволяет создавать достаточно сложную структуру сети с большим и изменяемым числом СИЗ. На рисунке 4.5 представлен вариант организации структуры сети, объединяющей совокупность СИЗ, размещённых на работнике, в единое информационное пространство.

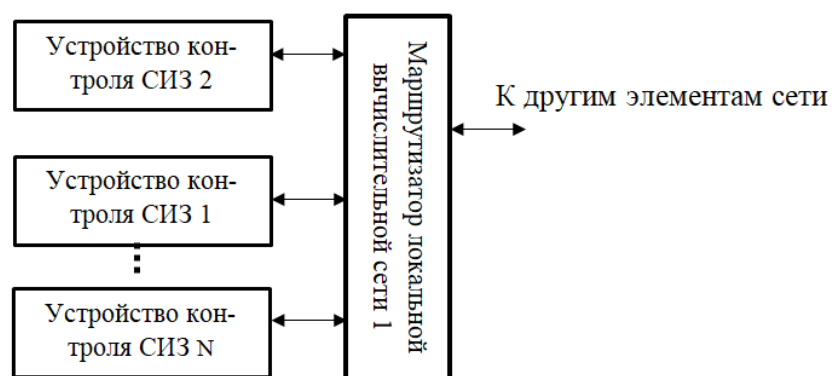


Рисунок 4.5 – Вариант организации структуры сети, объединяющей в единое информационное пространство совокупность СИЗ

В качестве маршрутизатора локальной вычислительной сети (ЛВС) может выступать портативное многофункциональное устройство (ПМУ), которое выдаётся работнику перед началом рабочей смены и содержит

информацию об организационных особенностях производственного процесса (начало смены, технологические перерывы, окончание смены и др.).

Идентификация работника в момент выдачи ПМУ может служить дополнительным мотивационным фактором, повышающим ответственность работника в процессе реализации рабочих операций. Кроме того, ПМУ является ведущим устройством ЛВС и обеспечивает диагностику исправного состояния СИЗ, временную синхронизацию устройств контроля всех СИЗ, накопление и оценку контролируемой информации, поступающей от совокупности СИЗ, идентификацию аварийной ситуации или несчастного случая и формирование тревожной или аварийной сигнализации. Передача совокупности функций от устройств контроля СИЗ к ПМУ может существенно упростить их структуру и оптимизировать состав необходимых элементов под конкретную задачу. В конце смены работник сдает ПМУ. Накопленная за рабочую смену информация считывается контролёром с помощью стационарного вычислительного комплекса, оценивается с помощью соответствующих алгоритмов контроля и предоставляются контролирующим органам в виде документа, определяющего результаты оценки контролируемой информации, вид нарушений и их временное распределение по завершённой рабочей смене [29].

Непрерывный автоматический контроль соблюдения обязательных требований использования СИЗ является залогом повышения уровня безопасности работника в процессе реализации трудовой деятельности [31]. Особое значение имеет контроль защиты такого жизненно важного органа, как головной мозг. Защитная каска, объединённая с головой работника, становится источником информации, которая может быть использована для реализации процесса контроля соблюдения правил эксплуатации данного вида СИЗ в различных производственных условиях.

Для реализации контроля предложено использовать источники информации, рассматривающие систему «работник-защитная каска», как

физический объект и как биотехническую систему. Информация, поступающая от физического объекта относительно проста в регистрации, и не требует применения сложных решающих правил при идентификации нарушений правил эксплуатации защитной каски. Однако такой метод контроля не учитывает возможность недобросовестного работника воздействовать на результат контроля путём подмены физического объекта. Этот метод идентификации принято считать базовым (необходимым) и дополнять его анализом информации, поступающей от работника, как биообъекта, формирующего совокупность информационных потоков, которые невозможно имитировать. Предложено использовать принцип повышения надёжности идентификации путём создания системы с резервированием, что должно привести к повышению надёжности выполнения рассматриваемой процедуры контроля [80].

Возникающее информационное поле может регистрироваться и обрабатываться техническими устройствами в аналоговом и цифровом виде, однако решающее правило должно давать дискретный ответ на основе оценки информации, получаемой от рассмотренных источников информации и измеренных фаз трудового процесса [81].

Факты нарушения правил эксплуатации защитной каски должны оперативно предоставляться работнику, мотивируя его к исправлению ситуации, а также передаваться апостериорно соответствующим службам контроля.

Предложенные принципы взаимодействия различных информационных процессов могут быть реализованы современными техническими средствами, которые должны работать автоматически и независимо от работника, обеспечивая длительную эксплуатацию всех элементов средств контроля [82]. Предложены технологические, аппаратные и алгоритмические принципы минимизации энергопотребления при реализации процедуры автоматического контроля.



### 4.2.3 Реализация функций мониторинга и сигнализации в совмещенном СИЗ головы и органа слуха

Защитная каска с устройством автоматического контроля эксплуатации состоит из корпуса каски 1 и дополнительных элементов, закреплённых на данном корпусе (рисунок 4.6). На внутренних фронтальной и боковых поверхностях корпуса каски 1 жёстко закреплены светодиоды 6. Светодиоды 6 с помощью проводников 5 соединены с контактами разъёма 10, который расположен на ложементе 7. Контактный разъём 10 ложемента находится в соединении с контактным разъёмом 10 устройства 3, что обеспечивает подачу электрического управляющего напряжения на светодиоды 6.

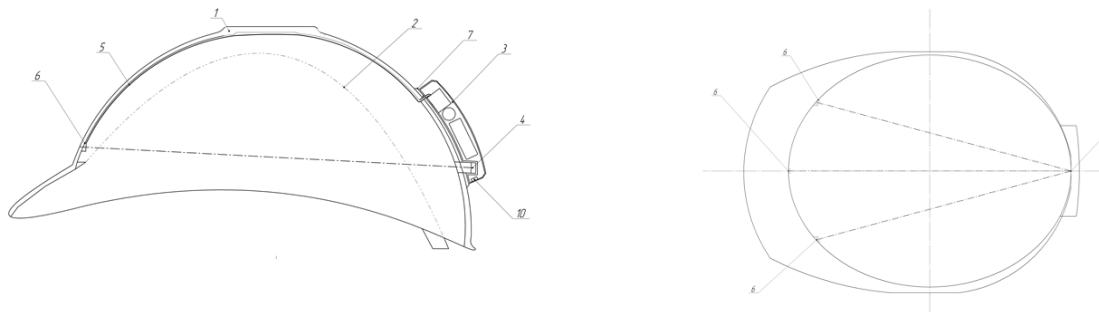


Рисунок 4.6 – Общий вид защитной каски с устройством автоматического контроля эксплуатации

На корпусе каски, с тыльной внешней стороны, жестко закреплен ложемент 7, обеспечивающий оперативную установку и фиксацию устройства 3. Ложемент 7 и корпус устройства 3 изготовлены из прочного пластика. В корпусах устройства 3, каски 1 и в ложементе 7 выполнены технологические отверстия, совпадающие друг с другом и обеспечивающие доступ светового потока от светодиодов 6 к фотоприёмнику 4.

Устройство работает следующим образом. Первая группа датчиков – оптоэлектронные датчики, контролирует наличие головы пользователя в каске. Вторая группа датчиков не позволяет пользователю фальсифицировать её применения и представляет собой датчик двигательной активности – акселерометр.

В процессе эксплуатации устройство записывает временные параметры применения каски и позволяет идентифицировать пользователя –

нарушителя. В необходимых случаях устройство может быть оборудовано дополнительными модулями с целью расширения его функций.

Данная конструкция легко воспроизводима в промышленном производстве в форме универсального автономного блока, устанавливаемого на наружной поверхности защитной каски различной конструкции с помощью ложементов, объединяющего каску и устройство автоматического контроля эксплуатации каски в единую систему.

Изготовлен разработан и апробирован в промышленных условиях действующий макет СИЗ защиты головы, позволяющий контролировать его применение в течение рабочей смены (патент на полезную модель №183600 от 26.09.2018) [43].

*Функции мониторинга и сигнализации* – измерение в течение рабочей смены уровня звукового давления и информирование пользователя о превышении ПДУ.

СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации обеспечивает:

- подачу светового сигнала пользователю о превышении ПДУ уровня шума;
- сопоставление значения уровня шума и положения противозумных наушников;
- накопление информации о фактах неприменения или неправильного применения наушников.

Функция мониторинга заключается в том, что устройство непрерывно в течение всего времени применения СИЗ органа слуха измеряет текущее значение уровня шума, располагаясь на защитной каске, включая период движения работника до рабочего места и обратно.

Функция сигнализации заключается в подаче светового сигнала работнику о превышении предельно-допустимого уровня (ПДУ) шума, что извещает работника о необходимости применения СИЗ органа слуха.

Принципиальная схема СИЗ органа слуха и сигнализации представлена на рисунке 4.7.

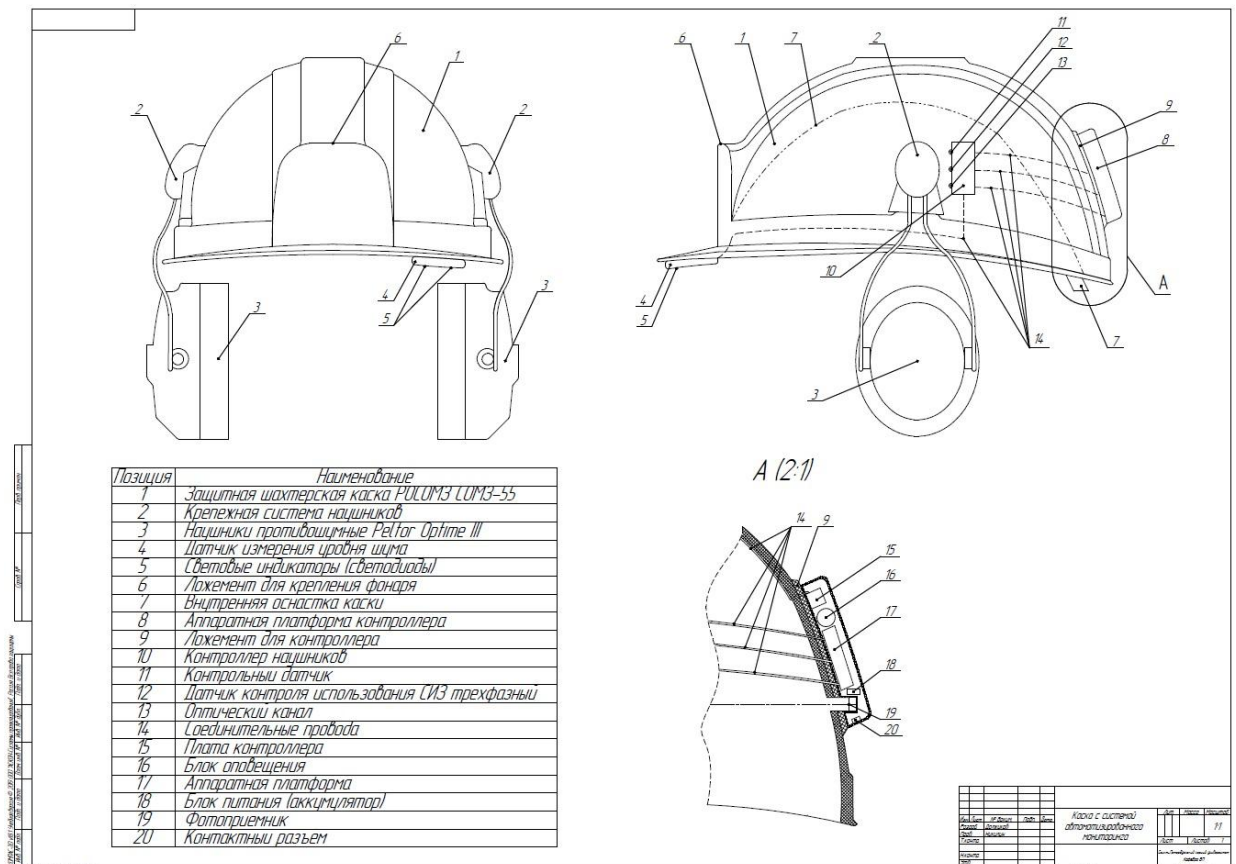


Рисунок 4.7 – Принципиальная схема СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации

Защитная каска шахтера оснащается системами мониторинга и сигнализации шумового воздействия, контролем применения защитной каски и противошумных наушников. Работник надевает защитную каску и активирует оптические датчики контроля применения. Затем работник включает систему мониторинга и сигнализации шумового воздействия, которая при помощи контрольного датчика применения наушников, сопоставляет их положение с текущим значением уровня шума. Работник получает информацию в виде 2-х сигналов: зеленый – уровень шума ниже ПДУ, красный – превышение ПДУ, что соответствует необходимости применения наушников. Система контроля применения наушников записывает факт их применения во временных координатах. По окончании смены работник предоставляет для выборочной проверки каску, с которой считывается информация о значениях уровня шума и фактическом положении наушников в это время.

На рисунке 4.8 представлен прототип СИЗ с функциями мониторинга

и сигнализации.



Рисунок 4.8 – Изготовленный прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации

#### 4.2.4 Обоснование устройства контроля применения для средства индивидуальной защиты органа слуха

Для оценки эффективности экспериментального образца СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации были проведены натурные измерения с использованием двухканальных индивидуальных шумомеров Svantek 102 в области уха и под наушником (рисунок 4.9). Измерения проводились в соответствии с ГОСТ ISO 9612-2016 для двух профессий работников – проходчик и МГВМ.

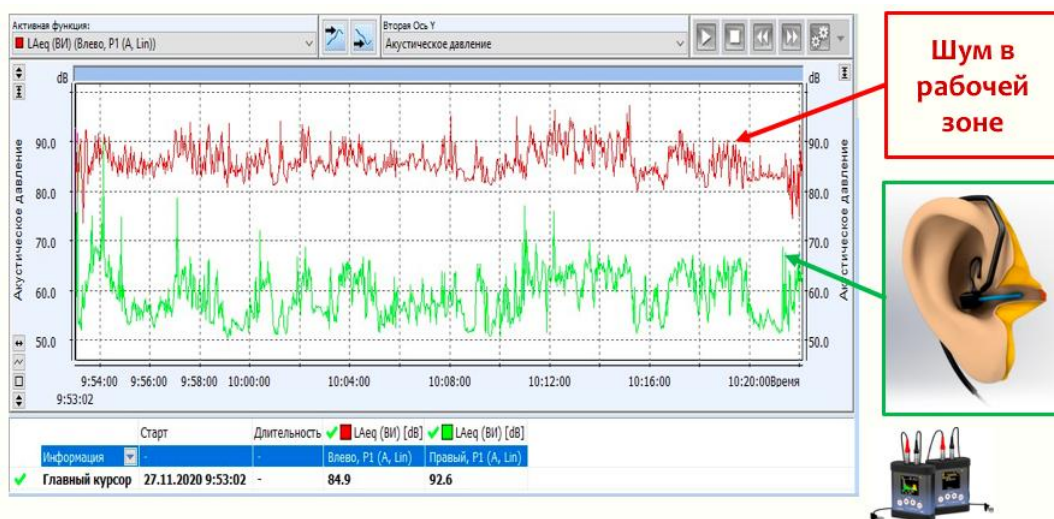


Рисунок 4.9 – Результаты измерение уровня шума двухканальным шумомером *Svantek 102* в условиях шахты «Садкинская» (в области уха и под наушником)

Для снижения уровня воздействия непостоянного шума на работников угольных шахт разработан экспериментальный образец СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, который представляет собой СИЗ головы и органа слуха, совмещенное с устройством контроля применения наушников, измерения уровня шума и выдачи световой сигнализации. При выборе наушников, входящих в экспериментальный образец СИЗ, учитывались результаты расчёта дозной оценки. Акустическая эффективность, выбранных для прототипа наушников, составили 25 дБ.

Применение подземным персоналом угольной шахты СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации позволяет гарантировано защитить орган слуха человека при всех режимах работы оборудования противошумными наушниками, подобранными на основе дозной оценки, и обеспечить коммуникацию с работниками. Обеспечивается возможность не применять противошумные наушники, когда индикатор сигнализирует зеленым цветом, оповещая пользователя об уровне шума ниже ПДУ. Однако, благодаря системе контроля применения защитной каски и противошумных наушников информация о применении/не применении СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации сохраняется в управляющем устройстве. Специалист по охране труда выборочно может проверить о том, как и в каких условиях находился работник и применял ли своевременно СИЗОС.

#### **4.2.5 Апробация средства индивидуальной защиты органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации**

В ноябре 2020 года в производственных условиях шахты Садкинское (ООО «Шахтоуправление «Садкинское») промышленная апробация прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации. В течение рабочей смены представили рабочих профессий проходчик и МГВМ применяли прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации в течение 3 часов в рабочей смены, включая время движения до рабочего места и обратно (соответственно) (рисунок 4.10).



Рисунок 4.10 – Апробация прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации проходчиком и МГВМ

В процессе апробации выполнены измерения уровня шума двухканальным шумомером *SV 102*, с размещенными микрофонами на плече работника и под наушником, для оценки акустической эффективности применяемых ими СИЗОС. От работников получены положительные отзывы об удобстве применения СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации, а также отмечена важность информирования о шуме, превышающем ПДУ. Особенно работники отметили возможность неприменения СИЗОС в благоприятной шумовой обстановке.

#### **4.3 Определение постоянного смещения порога слышимости от стажа работы с учетом применения средств индивидуальной защиты с функциями мониторинга и сигнализации.**

На основе полученных в ходе измерения данных, был произведён расчет *NIPTS* у работников с учетом применения экспериментального образца СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации по формуле 2.5. Результаты расчёта приведены на рисунках 4.11 и 4.12.

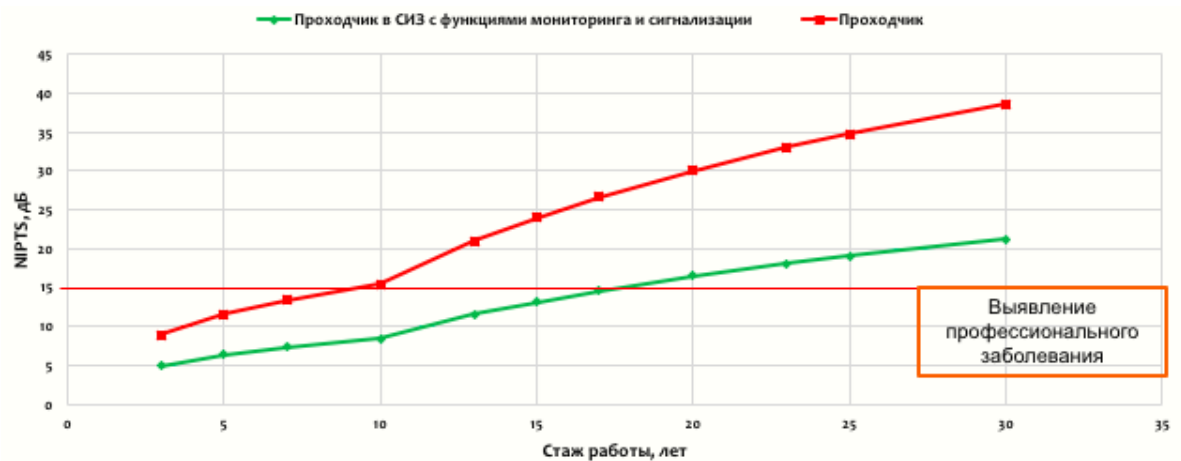


Рисунок 4.11 – Зависимость постоянного смещения порога слышимости от стажа работы проходчика при применении СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации

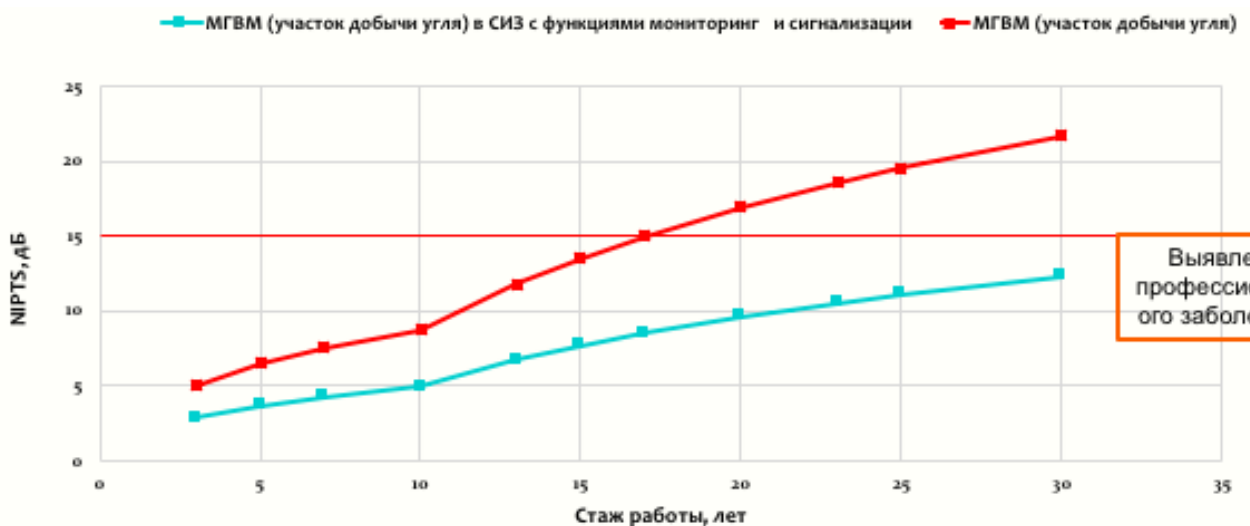


Рисунок 4.12 – Зависимость постоянного смещения порога слышимости от стажа работы МГВМ при применении СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации

При применении МГВМ экспериментального образца СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации прогнозируемый уровень постоянного смещения порога слышимости при 30-летнем стаже работы снижается с 22 до 13 дБ, что означает безопасное проведение работ по шумовому фактору в течении всего стажа работы. При применении проходчиком экспериментального образца СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации прогнозируемый уровень постоянного смещения порога слышимости при 30-летнем стаже работы снижается с 39

дБ до 21 дБ, что означает что безопасное проведение работ по шумовому фактору для данной профессии возможно при применении СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации в основе которого лежат наушники с большей акустической эффективностью, подобранные по результатам дозной оценки (35 дБ).

Для оценки эффективности применения СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации был произведен расчет среднего снижения интенсивности *NIPTS* для проходчика и МГВМ, результаты которого приведены в таблице 4.2.

Таблица – 4.2 Результаты расчета среднего снижения постоянного смещения порога слышимости

N <sub>50</sub> (3) с СИЗ	N <sub>50</sub> (10) с СИЗ	N <sub>50</sub> (20) с СИЗ	N <sub>50</sub> (30) с СИЗ	N <sub>50</sub> (3)	N <sub>50</sub> (10)	N <sub>50</sub> (20)	N <sub>50</sub> (30)	Профессия
4,9	8,5	16,5	21,2	8,9	15,4	30,0	38,6	Среднее значение для проходчика
45								Снижение интенсивности <i>NIPTS</i> , %
2,8	4,9	9,6	12,3	5,0	8,7	16,9	21,7	Среднее значение для МГВМ
41								Снижение интенсивности <i>NIPTS</i> , %

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что оснащение подземного персонала угольных шахт СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, подобранных на основе дозной оценки, приведет к снижению *NIPTS* не менее чем на 40% при работе в условиях неравномерной шумовой нагрузки на орган слуха в течение рабочей смены.

Стоит отметить, что СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации позволяют защищать работников от воздействия непостоянного уровня шума в условиях подземной добычи угля в то время, когда на орган слуха работника воздействует уровень шума, превышающий допустимые значения, благодаря возможности непостоянного применения. Предлагаемое решение обеспечит безопасность работников по шумовому фактору, не нарушая как



коммуникацию между членами бригады, так и акустическое взаимодействие работников с оборудованием и предупреждающими звуковыми сигналами.

#### **4.4 Рекомендации по изменению корпоративных стандартов по охране труда угольных шахт в части обеспечения работников СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации.**

Руководству ООО «Шахтоуправление «Садкинское» представлены результаты диссертационных исследований, направленные на обеспечение безопасности подземного персонала угольной шахты по шумовому фактору, и переданы следующие рекомендации:

- оценку шумового воздействия на работников угольной шахты следует проводить по постоянному снижению порога слышимости с учетом времени следования до места работы и обратно;

- использовать значение дозы шума, получаемой работниками угольной шахты при выполнении отдельных операций, связанных с повышенным уровнем шума;

- внести изменения в корпоративные стандарты по охране труда в части обеспечения работников СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации.

- внести требования по контролю применения работниками средств индивидуальной защиты органа слуха при следовании на рабочее место и обратно;

- пересмотреть порядок обеспечения работниками средствами индивидуальной защиты органа слуха, выполняющих отдельные операции, связанные с повышенным уровнем шума, на основе дозной оценки шумового воздействия;

- в деятельности службы охраны труда внести рекомендации по проведению контролю состояния условий труда на рабочих местах по шумовому фактору персональными шумомерами в течение всей рабочей смены, а также при движении на рабочее место и обратно.

Результатом проведения опытно-промышленных испытаний СИЗ с функциями мониторинга и сигнализации стало подписание акта об использовании результатов исследований по диссертации (Приложение Б).

#### **4.5 Выводы по главе 4**

1. Выполнен прогноз постоянного смещения порога слышимости для основных профессий работников угольных шахт с учетом времени следования до рабочего места и обратно.

2. Исследованы дозы шума при выполнении отдельных рабочих операций, связанных с повышенным уровнем шума от различных типов оборудования и выполнена оценка необходимого снижения дозы шума при применении работником СИЗОС;

3. Разработан, определена эффективность применения, произведен прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, обеспечивающего снижение *NIPTS* у работников угольных шахт.

4. Разработаны предложения по изменению локальных нормативных актов по охране труда в ООО «Шатоуправление «Садкинское» в части обеспечения работников СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи – обоснования и установления области эффективного применения СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации в условиях подземной добыче угля.

Основные научные и практические результаты, полученные в процессе выполнения диссертации, заключаются в следующем:

1. Исследованы эквивалентные уровни звука на рабочих местах подземного персонала угольной шахты «Садкинская» индивидуальными шумомерами *SV 104* в течение 8-часовой рабочей смены, а также во время следования до рабочего места и обратно. Установлено, что измеренное персональными шумомерами значение эквивалентного уровня звука с учетом времени следования на рабочее место и обратно превышает аналогичное значение за 8-часовую рабочую смену от 1 до 4 дБА, что свидетельствует о неучтенных уровнях вредного воздействия утвержденными методами оценки условий труда.

2. Выполнен прогноз постоянного смещения порога слышимости у подземного персонала угольных шахт с учетом времени следования до рабочего и обратно.

3. Исследованы дозы шума при выполнении отдельных рабочих операций, связанных с повышенным уровнем шума от различных типов оборудования, и выполнена оценка необходимого снижения дозы шума при применении работником СИЗОС.

4. На основе дозной оценки разработан и испытан в шахтных условиях прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, обеспечивающий снижение *NIPTS* у подземного персонала угольных шахт, работающих в условиях труда с неравномерной шумовой нагрузкой до 40%.

5. Разработаны предложения по изменению корпоративных стандартов по охране труда угольных шахт в части обеспечения работников СИЗОС с

функциями мониторинга и сигнализации.

СИЗОС с функцией мониторинга и сигнализации является элементом будущих систем мониторинга вредных производственных факторов, появление развитие которых осуществляется на ведущих российских и международных компаний минерально-сырьевого комплекса. Разработанный прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации имеет перспективы совершенствования для условий подземного персонала угольных шахт, что позволит получать информацию как работнику, так и службам производственного контроля предприятия, о состоянии условий труда в конкретный момент рабочей смены.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешков, Д.С. Исследование влияния использования наушников на органы слуха / Д.С. Алешков, Е.А. Бедрина // Безопасность жизнедеятельности. 2016. № 8 (188). С. 8-12.
2. Ахназарова С. Л., Гордеев Л. С. Использование функции желательности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии: учеб.-мет. пособие. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. -76 с.
3. Алексеев, А.М. Состояние условий труда и травматизм на горнодобывающих предприятиях США /А.М. Алексеев, И.М. Гаврильев // Science Time. – 2015. – № 5 (17). – С.29-36.
4. Богуславский, Э.И. «Структура, содержание и оформление публикаций, докладов, диссертаций и авторефератов». СПб, 2009.
5. Воробьева, О.В. Научное обоснование оценки и управления производственными рисками на угледобывающих предприятиях с учетом влияния человеческого фактора: Дис. канд. техн. наук. Спец. 05.26.01 – «Охрана труда» (в горной промышленности) /О.В. Воробьева. – М., 2008. – 137 с.
6. Воробьев, Ю.Л. Управление риском и устойчивое развитие. Человеческое измерение / Ю.Л. Воробьев, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Махутов //Общественные науки и современность. – 2000. – № 6. – С. 150-162.
7. Воробьев, И. За некачественные СИЗы прощения быть не может / И. Воробьев // Охрана труда. Средства защиты. - 2002 - № 1.
8. Галкин, А.В. Снижение травматизма и аварийности на горных предприятиях посредством повышения надежности персонала и эффективности системы управления промышленной безопасностью / А.В. Галкин, М.Г. Голубев, А.И. Гусев //Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2008. – № 1. – С. 41-47.
9. Головкова, Н.П. Расчет индекса изоляции воздушного шума перегородками из блоков / Н.П. Головкова // Строительство уникальных

зданий и сооружений. – 2012. – №4 – С. 41-49.

10. Горковенко, С.И. Обеспечение охраны труда на угольных разрезах Южной Якутии / С.И. Горковенко, В.А. Шерстов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2003. – № 11. – С. 62-63.

11. Горковенко, С.И. Анализ и основные причины производственного травматизма в основных горнодобывающих предприятиях Якутии / С.И. Горковенко, В.Н. Михайлова, Н.Н. Находкина, В.А. Шерстов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 270-274.

12. ГОСТ Р ИСО 1999-2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума».

13. ГОСТ 12.1.029-80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация».

14. ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

15. ГОСТ 12.4.275-2014 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования. Методы испытаний».

16. ГОСТ Р 12.4.212-99 (ИСО 4869-2-94) Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы. Оценка результирующего значения А-корректированных уровней звукового давления при использовании средств индивидуальной защиты от шума.

17. ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах».

18. ГОСТ ISO 9612:2009 «Акустика. Оценка воздействия производственного шума. Технический метод» («Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Engineering method», IDT).

19. ГОСТ Р 53188.1-2019 Шумомеры. Часть 1. Технические требования.

20. Добровольский, Г.Д. Исследование шумовых характеристик проходческих и очистных горных машин в условиях эксплуатации на

угольных шахтах и разработка требований к снижению уровней шума: диссертация кандидата технических наук: 05.05.06. – «Горные машины» / Г.Д. Добровольский. – Новочеркасск.: 1978. – 182 с.

21. Дьяконова, С.Н. Защита от шума горных машин многослойными ограждающими конструкциями на примере компрессорных и вентиляторных установок: Автореферат диссертации кандидата технических наук: 05.05.06. – «Горные машины» / С.Н. Дьяконова. – Новочеркасск.: 2011. – 28 с.

22. Зыков, А.М. Исследование воздействия производственного шума на организм человека / А.М. Зыков // Приоритеты и научное обеспечение технологического прогресса. Сборник статей Международной научно - практической конференции (10 октября 2016 г., г. Нижний Новгород). – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – С. 49-51.

23. Итоги года: охрана труда / Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/labour/safety/232/> (дата обращения 18.01.2020).

24. Комкин, А.И., Смирнов С.Г. Нормотворчество в области шума в России. Последние результаты / А.И. Комкин, С.Г. Смирнов // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 9 (201). С. 59-64.

25. Коннова, Ю. Е. Статистика полезных ископаемых в России / Ю.Е. Коннова, //Экономические науки, 46-1: 2016. С. 175-179.

26. Концепция развития угольной промышленности Ростовской области на период до 2030 года / Правительства Ростовской области [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.donland.ru/Default.aspx?pageid=111881> (дата обращения 20.09.2017).

27. Красовский, В.О. Гигиена труда при воздействии производственного шума: уч. пособие / Сост.: В.О. Красовский, Г.Г. Максимов, Л.Б. Овсянникова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2014. – 143 с.

**28. Коршунов, Г.И. Индивидуальное устройство контроля**

деятельности работника в течение рабочей смены / Г.И. Коршунов, А.Ф. Романов, А.Н. Никулин, И.С. Должиков // Подземная угледобыча XXI век: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции / Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Издательство «Горная книга» – 2017. - №S49. С. 418 – 431.

29. Коршунов, Г.И. Исследование возможности применения портативных технических средств контроля работника на производстве / Коршунов Г.И., Каменский А.А., Никулин А.Н., И.С. Должиков // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2: Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Издательство «Горная книга» – 2019. - №4 (специальный выпуск 7). С. 99 – 107.

30. Максимов, В. С. Экономика безопасности труда: учебное пособие./ В.С. Максимов, А.Н. Никулин, М.Л. Рудаков // СПб.: Издательство «ЮПИ», С. 120.

31. Никулин, А.Н. Анализ технических средств обеспечения автоматического контроля применения работниками СИЗ / А.Н. Никулин, И.С. Должиков // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 2: Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Издательство «Горная книга» – 2019. - №4 (специальный выпуск 7). С. 130 – 139.

32. Никулин, А.Н. Оценка результативности и эффективности системы управления охраной труда на горном предприятии / А.Н. Никулин, И.С. Должиков, И.В. Климова, Ю.Г. Смирнов // Безопасность труда в промышленности, 2021. № 1. С. 66-72.

33. Никулин, А.Н. Оценка эффективности функционирования системы управления охраной труда на горном предприятии / А.Н. Никулин, И.С. Должиков // Промышленная безопасность предприятий минерально-сырьевого комплекса в XXI веке. Том 1: Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Издательство «Горная



книга» – 2017. - №4 (специальный выпуск 5-1). С. 447 – 454.

34. Никулин, А.Н. Особенности развития системы управления охраной труда на угольном предприятии / А.Н. Никулин, И.С. Должиков, Я.А. Клячина, К. Самолетова // Опыт прошлого – взгляд в будущее: 7-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ - 2017. С. 96-100.

35. Никулин, А.Н. Формирование эффективной системы управления охраной труда на угольном предприятии / А.Н. Никулин, И.С. Должиков // Научное и образовательное пространство: перспективы развития: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 9 апр. 2018 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2018. – С. 94 – 102.

36. Никулин, А.Н. Организация технического контроля деятельности работника в течение рабочей смены / А.Н. Никулин, И.С. Должиков, Я.А. Клячина, К. Самолетова // Актуальные проблемы охраны труда: матер. IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием; 22–23 ноября 2018 года / СПбГАСУ. – СПб., 2018. С. 42 – 47.

37. Никулин, А.Н. Воздействие повышенного уровня шума на горнорабочих угольных шахт / А.Н. Никулин, И.С. Должиков // Безопасность в строительстве: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (СПб, 21-22 ноября 2019). СПб.: Изд-во СПбГАСУ - 2019. С. 91-99.

38. Опекунов, А.Ю. Интегральная оценка загрязнения ландшафта с использованием функции желательности Харрингтона / А. Ю. Опекунов, М. Г. Опекунова // Вестник Санкт-Петербургского университета. — 2014. — Сер. 7. Вып. 4. – С.101-113.

39. Патент № 5603117 А, МПК 42В А42В 3/12 (2006. 01); А42В 3/16 (2006.01); А42В. Оснащение защитного шлема. опубл. 18.02.1997 / Хаднер

Дж., Филип Б.; заявитель Американское военное общество.

40. Патент № 5404577 А, МПК 42В А42В 3/12 (2006.01); А42В 3/16 (2006.01); А42В. Комбинация защитного шлема и коммуникационной системы. опубл. 04.04.1995 / Цукерман Л.Х., Шулер К.П., Грей Р.Е.; заявитель Кейрнс и братья.

41. Патент № 2438539 Российская Федерация, МПК А42В 3/04 (2006.01); Шлем с электронной системой: № 2007146231/12: заявл. 23.05.2006: опубл. 10.01.2012 / Гертш Дж. Х., Герих М. Б., Гершт Р.Л., Герих К.Л., Маккьюн М. Д., Свонсон У. И., Уильямс Д. И., Манн Дж.К., Смайло Ш. Э., Абад Б. Дж.; заявитель Гертш Джеффри Х.

42. Патент на полезную модель № RU 198230 U1 Российская Федерация, МПК А42В 3/04 (2006.01). Умная каска: №2019126118: заявл. 19.08.2019: опубл. 25.06.2020 / Сидоров Д. А.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Газпром трансгаз Ухта».

**43. Патент на полезную модель № RU 183600 U1 Российская Федерация, МПК А42В 3/00 (2006.01), А42В 3/04 (2006.01). Защитная каска с устройством автоматического контроля эксплуатации: № 2018122583: заявл. 20.06.2018: опубл. 26.09.2018 / Романов АФ., Иконников Д.А., Никулин А.Н., Степанова Л.В., Должиков И.С.; заявитель СПГУ. – 8 с. ил.**

44. Письмо Минздрава РФ от 06.11.2012 № 14-1/10/2-3508 «О направлении Методических рекомендаций «Диагностика, экспертиза трудоспособности и профилактика профессиональной сенсоневральной тугоухости».

45. Пичкалев, А. В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств / А.В. Пичкалев // Исследования наукограда. - 2012. - №1.-С. 25-28.

46. Преображенская, Е.А. Особенности формирования профессиональной нейросенсорной тугоухости / Е.А. Преображенская, И.Н. Федина // Итоги и перспективы развития медицины труда в первой четверти

XXI века. – 2019. – С. 244-248.

47. Преображенская, Е.А. Вопросы патогенеза "шумовой" патологии профессиональная нейросенсорная тугоухость: диагностика, профилактика, экспертиза трудоспособности / В.Б. Панкова, И.Н. Федина, А.Д. Волгарева, Е.Е. Аденинская, А.Б. Бакиров и др. // Профессиональная нейросенсорная тугоухость: диагностика, профилактика, экспертиза трудоспособности. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. – С. 44-59.

48. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 января 2014 года N 33н «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению».

49. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 04.08.2014 г. № 524н «Об утверждении профессионального стандарта "Специалист в области охраны труда"».

50. Савельев, А.П. Снижение шумового воздействия на производственный персонал с применением индивидуальных средств защиты / А.П. Савельев, С.В. Пьянзов, А.Н. Скворцов // Безопасность труда в промышленности. 2016. № 2. С. 51-53.

51. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

52. Сливина, Л.П. Инфразвук и низкочастотный шум как вредные производственные факторы / Л.П. Сливина, Д.А. Куклин, П.В. Матвеев, П.М. Шешегов, В.Н. Зинкин // Безопасность труда в промышленности, 2 – 2020. С. 24-30.

53. Сюрин, С.А. Профессиональные риски здоровью при добыче и переработке апатитовых руд в Кольском заполярье / С.А. Сюрин, В.П. Чащин, В.В. Шилов // Экология человека. – 2015. – №8. – С. 10-15.

54. Ушаков, И.Б., Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К. Методологические основы персонифицированного акустического

мониторинга / И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов, С.П. Драган, С.К. Солдатов // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 33-39.

55. Фаустов, С.А. Леонтьев Г. В. Вероятностный подход к оценке эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания / С.А. Фаустов, Г.В. Леонтьев / ВЕСТНИК МАНЭБ. – 2015. – № 20(2). – С. 83-84.

56. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

57. Фомин, А.И. Управление рисками при разработке угольных месторождений подземным способом / А.И. Фомин, В.Г. Казанцев, Д.В. Ботвенко, М.Н. Халявина, А.М. Ермолаев // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – С. 54-62.

58. Фомин, А.И. Разработка прогрессивной модели управления рисками возникновения профессиональных заболеваний у работников при разработке угольных месторождений / А.И. Фомин, И.М. Анисимов // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2018. – С. 43-48.

59. Чеботарёв, А.Г. Гигиеническая оценка шума и вибрации, воздействующих на работников горных предприятий / А.Г. Чеботарёв, Н.Н. Курьеров // Горная промышленность. – 2020. – С. 148-153.

60. Чемезов, Е.Н. Принципы обеспечения безопасности горных работ при добыче угля / Е.Н. Чемезов // Записки Горного института. 2019. Т.240. С.649-653. DOI:10.31897/PMI.2019.6.649.

61. Alyanin, A.F. Industrial noise /A.F. Alyanin, M.A. Gallyamov, E.N. Abdrakhmanova //Problems and solutions. Oil and Gas Business, 2019. Pp. 128-142.

62. Camargo, H.E. Advances in productive, safe, and responsible coal mining. / H.E. Camargo, A.S. Azman, J.S. Peterson //Chapter Engineered noise controls for miner safety and environmental responsibility, Elsevier, 2018, Pages 215-243.

63. Chemezov, E.N. Industrial safety principles in coal mining. / E.N.

Chemezov // Journal of Mining Institute. 2019. Vol. 240, p. 649-653.

64. Cheremisinoff, N.P. Noise Control in Industry. 1st. ed. Norwich, NY (USA), William Andrew; 1996. p. 203.

65. Chui, J. Application of barrier in industrial noise control / J. Chui, Y. Ma, S. Hertel // The Journal of the Acoustical Society of America 117(4):2386-2387.

66. Donoghue, A. M. Occupational health hazards in mining: an overview // Occupational medicine. – 2004. – P. 283-289.

67. Erbertseder, A.W. Noise at work / MMW Munch Med Wochenschr. – 1976. – 59-63.

68. Eleftheriou, P.C. Industrial noise and its effects on human hearing. Applied Acoustics, 2002, 63(1):35-42.

69. Harington, J. The Desirability Function. Industrial Quality Control. 1965. Vol. 21, N 10. - P. 494–498.

70. Horberry, G. Understanding human error in mine safety / G. Horberry, G. Simpson, J. Joy // Ashgate Publishing Limited, 2009.

71. Horberry, T. Human Factor Issues with Automated Mining Equipment / T. Horberry, D. Lynas // The Ergonomics Open Journal. – 2011.

72. Ivanov, N. High-speed train noise source height influence on efficiency of noise barriers. / N. Ivanov, A. Shashurin, I. Boiko, M. Rudakov, N. Tyurina //24th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2017, 2017, London; United Kingdom; 23 July 2017.

73. Joy, J. National Miner and Health Risk Assessment Guidelines. University of Queensland Minerals Industry Safety and Health Centre / J. Joy, D. Griffiths // Brisbane, 2007.

74. Karnachev, I.P. Concept of occupational safety and health management in the Russian industry / I.P. Karnachev, S. Levashov, R.V. Shkrabak, A.A. Cheltybashev // Gornyi Zhurnal. Pp. 87-92.

75. Katuntsov, E.V. Application of electronic learning tools for training of specialists in the field of information technologies for enterprises of mineral

resources sector / E.V. Katuntsov, J. Kultan, A.B. Makhovikov // Journal of Mining Institute. 2017, 226, pp. 503-508.

76. Komljenovic, D. Organization: A new focus on mine safety improvement in a complex operational and business environment / D. Komljenovic, G. Loiseau, M. Kumral / International journal of mining science and technology – 2017. P. 201 - 209.

77. Koshy, K. Applying an Error Reduction Model to an Injury and Illness Prevention Programs- Steps to Improve an Occupational Safety and Health Management System (OSHMS) / K. Koshy, M. Preusti, M. Rosen // Journal of Management Research, 2019. 11, 1.

78. Kovshov, S. Industrial injuries appraisal in mines of JSC “SUEK Kuzbass” / S. Kovshov, A. Nikulin, R. Istomin, A. Sotiriu, // Advanced Materials Research, 2014, Vol.: 1001. P. 414-420.

79. Klimova, E & Semeykin, Alexander & Nosatova, E. (2018). Improvement of processes of professional risk assessment and management in occupational health and safety system. / E. Klimova, A. Semeykin, E. Nosatova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 451.

80. Manuele, F. Effective safety and health management systems / F. Manuele, S. Mansdorf // 2019, Pp. 671-690.

81. Michael, K.L. Industrial Noise and Conservation of Hearing, / K.L. Michael, D.C. Byrne // Chapter Nineteen in Part Industrial Hygiene, Fifth Edition, Volume 2, Edited by R.L. Harris, John Wiley & Sons, 2000, Inc., pp. 15-16.

82. Ngubo, S. An occupational health and safety monitoring system / S. Ngubo, C. Kruger, G. Hancke, B. Silva // 2016, Pp. 966-971.

**83. Nikulin, A.N. Assessment of noise impact on coal mine workers including way to/from workplace. / A.N. Nikulin, I.S. Dolzhikov, L.V. Stepanova, V.A. Golod //Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2021, (2), pp. 151–155.**

84. Nikulin, A. Assessment of occupational health and safety effectiveness at a mining company / A. Nikulin, A.Y. Nikulina // Ecology,

Environment and Conservation, 23(1):351–355, 2017.

**85. Nikulin, A.N. Increasing labour safety on coal mines / A.N. Nikulin, I.S. Dolzhikov, D.A. Ikonnikov // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Vol. 7, 12. pp 842-848.**

86. Nikulina, A.Yu., M.N. Kruk, 2016. Economic estimation of project risks when exploring sea gas and oil deposits in the Russian Arctic / A.Yu. Nikulina, M.N. Kruk // International journal of economics and financial, Issue 6, pp. 138-150.

87. Pathak, R.D. Industrial noise pollution and conservation of hearing - A study of mine workers / R.D. Pathak // Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery, 2001, 53(2):116-22

88. Qi, Z.Q. Analysis for the influence of industrial noise on brain cognition of workers / Z.Q. Qi, H. Wang, W. Chang, Q. Wang // Dongbei Daxue Xuebao/Journal of Northeastern University 38(11), 2017:1590-1594.

89. Ratar, E. Comparative Analysis between Integrated Occupational Safety and Health Management System in a Support Mining Company and the Indonesian Mining Safety Management System. / E. Ratar, H. Denny, M. Rahfiludin // Indian Journal of Public Health Research & Development, 2019.

90. Rudakov, M.L. «Zero accident» corporate programmes as an element of strategic plan-ning in the field of occupational safety and health at coal mining enterprises. Journal of Mining Institute. Vol. 240. pp. 465 - 471.

91. Rudakov, M.L. Assessment of environmental and occupational safety in mining industry during underground coal mining / M.L. Rudakov, K.A. Kolvakh, I.V. Derkach // Journal of Environmental Management and Tourism. 2020. 11(3), pp. 579-588.

92. Stocks, S.J. Trends in incidence of occupational asthma, contact dermatitis, noise-induced hearing loss, carpal tunnel syndrome and upper limb musculoskeletal disorders in European countries from 2000 to 2012 / S.J. Stocks, R. McNamee, Henk F van der Molen at al. // Occupational and Environmental Medicine. – 2015.

93. Tripathy, D. Occupational Health and Safety in Mines. 2019.
94. Vasilkov, Y. Analysis of the effectiveness and efficiency of management systems based on system analysis methodology / Y. Vasilkov, L. Gushina // International Journal for Quality Research, 8. Pp. 347-356.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Результаты расчета *NIPTS* для рабочих профессий

Таблица А.1 – Результаты расчета *NIPTS* ( $N_{50}$ ) для рабочих профессий: проходчик, МПУ, ГРОЗ, МГВМ на участке добыче угля и участке проходческих работ

Профессия	$N_{50}$ (3 года), дБ	$N_{50}$ (5 лет), дБ	$N_{50}$ (7 лет), дБ	$N_{50}$ (10 лет), дБ	$N_{50}$ (13 лет), дБ	$N_{50}$ (15 лет), дБ	$N_{50}$ (17 лет), дБ	$N_{50}$ (20 лет), дБ	$N_{50}$ (23 года), дБ	$N_{50}$ (25 лет), дБ	$N_{50}$ (30 лет), дБ
Проходчик	1,287	1,664	1,932	2,227	3,025	3,460	3,841	4,335	4,760	5,014	5,568
Проходчик	1,912	2,530	2,937	3,387	4,600	5,261	5,840	6,591	7,237	7,623	8,466
Проходчик	2,323	2,988	3,468	3,999	5,431	6,212	6,895	7,782	8,545	9,001	9,996
МПУ	1,834	2,394	2,779	3,204	4,352	4,978	5,528	6,236	6,848	7,212	8,010
МПУ	0,003	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,009	0,010	0,011	0,011	0,013
МПУ	0,048	0,062	0,072	0,084	0,114	0,130	0,144	0,163	0,179	0,189	0,209
ГРОЗ	0,148	0,192	0,223	0,257	0,349	0,399	0,443	0,500	0,549	0,578	0,643
ГРОЗ	0,109	0,141	0,163	0,189	0,256	0,293	0,325	0,367	0,403	0,425	0,472
ГРОЗ	0,109	0,141	0,163	0,189	0,256	0,293	0,325	0,367	0,403	0,425	0,472
МГВМ (УПР)	0,194	0,251	0,291	0,336	0,456	0,521	0,579	0,653	0,717	0,756	0,839
МГВМ (УПР)	0,124	0,160	0,186	0,215	0,292	0,334	0,370	0,418	0,459	0,483	0,537
МГВМ (УПР)	0,256	0,332	0,385	0,444	0,603	0,690	0,766	0,864	0,949	1,001	1,110
МГВМ (УДУ)	0,012	0,015	0,018	0,021	0,028	0,032	0,036	0,040	0,0448	0,047	0,052
МГВМ (УДУ)	0,069	0,090	0,104	0,120	0,164	0,187	0,208	0,235	0,258	0,272	0,302
МГВМ (УДУ)	0,069	0,090	0,104	0,120	0,164	0,187	0,208	0,235	0,258	0,272	0,302

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Акт об использовании результатов исследований

Общество с ограниченной ответственностью 347017, Россия, Ростовская область Белокалитвинский р-н, х. Голубиная		<b>"Шахтоуправление "Садкинское"</b> Телефон: 8 (863) 203-55-56 Факс: 8 (863) 203-55-84 e-mail: mail@sadkinskoe.ru
р/сч. 40702810162060343473 в Юго-Западном банке Сбербанка РФ г. Ростов-на-Дону, ОСБ №5410, п. Каменоломни БИК 046015602, к/сч. 30101810608000000602, ИНН 6142018519, КПП 614201001		
№ _____ от _____		
<b>АКТ</b> <b>об использовании результатов исследований по диссертации</b> <b>Должикова Ильи Сергеевича</b> <b>в ООО «Шахтоуправление «Садкинское»»</b>		
<p>Диссертация на соискание степени кандидата технических наук Должикова И.С. была направлена на обеспечение безопасности подземного персонала угольных шахт по шумовому фактору. Наиболее существенными результатам исследований являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- установлено, что оценку шумового воздействия на работников угольной шахты следует проводить по постоянному снижению порога слышимости с учетом времени следования до места работы и обратно;</li> <li>- определены значение дозы шума, получаемой работниками угольных шахт при выполнении отдельных операций, связанных с повышенным уровнем шума;</li> <li>- разработаны предложения по изменению корпоративных стандартов по охране труда в части обеспечения работников СИЗ органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации.</li> </ul> <p>Результаты, полученные И.С. Должиковым, являются актуальными и использованы в практической деятельности по охране труда ООО «Шахтоуправление «Садкинское» в части обеспечения работников средствами индивидуальной защиты органа слуха:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- внесены требования по контролю применения работниками средств индивидуальной защиты органа слуха при следовании на рабочее место и обратно;</li> <li>- пересмотрен порядок обеспечения работниками средствами индивидуальной защиты органа слуха, выполняющих отдельные операции, связанные с повышенным уровнем шума, на основе дозной оценки шумового воздействия;</li> <li>- в деятельности службы охраны труда внесены рекомендации по проведению контролю состояния условий труда на рабочих местах по шумовому фактору персональными шумомерами в течение всей рабочей смены, а также при движении на рабочее место и обратно.</li> </ul> <p>В перспективе модернизации существующего подхода на уровне законодательства в реализации мер безопасности посредством перехода от предоставления средств индивидуальной защиты в зависимости от наименования профессии занятого на конкретном рабочем месте работника (списочный подход) к обеспечению средствами индивидуальной защиты на основе риск-ориентированного подхода, предполагается использовать предложенные И.С. Должиковым технические решения по конструкции средств индивидуальной защиты органа слуха с функциями мониторинга и сигнализации.</p>		
Директор		Ю.В. Зувев
Главный инженер		В.В. Микрюков
Зам. главного инженера по ТБ		А.В. Денисов