

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)*

**Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук**

Санкт-Петербург – 2021

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет».

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

Никулин Андрей Николаевич

Официальные оппоненты:

Куклин Денис Александрович

доктор технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова», кафедра Е5 «Экология и производственная безопасность», профессор;

Потоцкий Евгений Павлович

кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», кафедра техносферной безопасности, доцент.

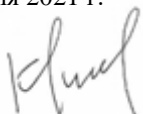
Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург

Защита диссертации состоится 28 сентября 2021 г. в 11:30 на заседании диссертационного совета ГУ 212.224.09 Горного университета по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2, ауд. № 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Горного университета и на сайте www.spmi.ru

Автореферат разослан 28 июля 2021 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
Диссертационного совета



КОВАЛЬСКИЙ
Евгений Ростиславович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 противошумные 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., Чащин 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 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 *Svante 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приведена общая характеристика работы, её актуальность, цель, идея, задачи, научная новизна, сформулированы основные защищаемые положения, практическая значимость и личный вклад автора.

В первой главе произведен анализ методик и способов измерения нормируемых факторов шумового воздействия;

выполнен анализ условий труда подземного персонала угольных шахт; определены уровни шумового воздействия на них; представлены основные требования к средствам индивидуальной и коллективной защиты органа слуха подземного персонала угольных шахт.

Во второй главе представлены результаты измерений уровней шумового воздействия на горнорабочих шахты «Садкинская» на их рабочих местах, а также по пути следования этих работников до их рабочего места и обратно; определены значения прогнозируемого постоянного смещения порога слышимости для подземного персонала угольной шахты на их рабочих местах с учетом шумового воздействия по пути следования к рабочему месту и обратно.

В третьей главе выполнен анализ шумовой картины рабочего дня подземного персонала угольной шахты с использованием программного обеспечения *Svantek Supervisor*; определено накопление дозы шума работником в течение всей рабочей смены и при воздействии отдельных источников шума; на основе дозной оценки определена необходимая акустическая эффективность СИЗОС для обеспечения безопасных условий труда подземного персонала угольных шахт по шумовому фактору.

В четвертой главе представлены результаты конструирования прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации на основе результатов дозной оценки; представлены результаты апробации прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации в условиях угольной шахты ООО «Шахтоуправление «Садкинское»; сформулированы рекомендации по изменению корпоративных стандартов по охране труда подземного персонала угольной шахты «Садкинская» в части обеспечения работников СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации.

В заключении обобщены результаты проведенных исследований в соответствии с поставленными задачами.

Основные результаты диссертации отражены в следующих защищаемых положениях:

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.

В настоящий момент оценка шумового воздействия на подземный персонал угольных шахт осуществляется на основе результатов СОУТ, согласно которой класс (подкласс) условий труда устанавливается согласно значению эквивалентного уровня звука только лишь на рабочем месте. Не учитываются следующие этапы рабочей смены: спуск и подъем в шахтной клетке, 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. Время, затраченное на движение к рабочему месту и обратно, может составлять более двух часов, при этом на работников воздействуют различные опасные и вредные для здоровья факторы, в том числе и шум повышенного уровня.

Основной количественной оценкой шумового воздействия на органы слуха работников является постоянное смещение порога слышимости (*NIPTS - noise-induced permanent threshold shift*) (ГОСТ Р ИСО 1999-2017 «Акустика. Оценка потери слуха вследствие воздействия шума»).

При продолжительности воздействия на органы слуха от 10 лет до 40 лет медианные потенциальные значения *NIPTS* (N_{50}) рассчитывают по формуле (1):

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

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

L_0 – уровень звукового давления, зависящий от частоты звука, ниже которого воздействие шума на остроту слуха считается несущественным или пренебрежимо малым, выраженный в дБ;

t – продолжительность воздействия (лет);

$t_0 = 1$ год;

u и v – параметры, зависящие от частоты.

Для расчета значения *NIPTS* для продолжительности воздействия менее 10 лет величину N_{50} необходимо экстраполировать с помощью значения N_{50} для 10 лет, используя формулу (2):

$$N_{50,t<10} = \frac{\lg(t+1)}{\lg(11)} N_{50,t=10} \quad (2)$$

Для учета влияния воздействия шума на работников во время следования к их рабочему месту и обратно, в формуле (1) к уровню звукового воздействия за номинальный 8-часовой рабочий день ($L_{EX,8h}$) автором добавлены значения превышения эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника при спуске в шахту и следовании до рабочего места ($L_{EX,1}$), а также значения превышения эквивалентного уровня шума, воздействующего на работника при следовании от рабочего места и во время подъема на поверхность ($L_{EX,2}$). С учетом внесенных изменений формула (2) приняла вид формулы (3):

$$N_{50} = \left[u + v \lg \left(\frac{t}{t_0} \right) \right] (L_{EX,8h} + L_{EX,1} + L_{EX,2} - L_0)^2 \quad (3)$$

Соответственно, прогнозирование *NIPTS* у работников с учетом следования на рабочее место и обратно, для стажа работы от 10 до 40 лет, проводилось на основе разработанной автором формулы (3).

При этом значения *NIPTS* были определены для каждого работника отдельно по результатам измерений индивидуальными шумомерами. На основе полученных данных были установлены зависимости снижения *NIPTS* для каждой из 5 выбранных профессий подземного персонала с учетом шумового воздействия на рабочем месте, во время следования к нему и обратно.

Измерения значений $L_{EX,8h}$, $L_{EX,1}$, $L_{EX,2}$ проводились согласно ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах», включая следующие основные этапы исследования: анализ рабочей ситуации, выбор стратегии измерения, проведение измерения, выявление возможных ошибок и оценка неопределенности измерения, обработка и представление результатов измерения. Для каждого работника была определена стратегия и план проведения измерений.

Измерения уровня шума проводились для профессий, наиболее подверженных шумовому воздействию: проходчик, машинист горно-выемочных машин участка подготовительных работ (МГВМ), машинист горно-выемочных машин участка добычи

угля, горнорабочий очистного забоя, машинист стационарных подземных установок. Диапазон возрастов участников исследования составлял от 23 до 55 лет. Пол принявших участие в исследовании работников – мужской.

Измерения шумового воздействия на органы слуха работников проводились индивидуальными шумомерами типа *SV 104* согласно принятой стратегии. Обработка результатов измерений проводилась с использованием программного обеспечения *Svantek Supervisor*.

На основе полученных результатов определены прогнозные значения *NIPTS* (по формулам 1-3) для работников со стажем от 3 до 30 лет и найдены средние прогнозные значения *NIPTS* для каждой рабочей профессии. Результаты приведены на рисунках 1-2. Вычисленная зависимость постоянного смещения порога слышимости у подземного персонала угольных шахт от стажа работы с учетом шума повышенного уровня во время следования до места выполнения работ и обратно осуществляется по формулам (4) и (5):

- для проходчика:

$$NIPTS = 1,1609 T + 5,631 (R^2=0,98); \quad (4)$$

- для МГВМ:

$$NIPTS = 0,6522 T + 3,187 (R^2=0,98). \quad (5)$$

где T – стаж работы, лет.

Превышение нормативных значений уровня звука приводит к интенсификации *NIPTS* у работников. Например, у МГВМ эквивалентный уровень звука за 8-часовую рабочую смену составляет 93 дБА. Прогнозируемое снижение порога слышимости через 5 лет работы составит 5 дБ, а через 30 лет работы – не менее 14,5 дБ. С учетом шумового воздействия во время следования к рабочему месту и обратно, через 5 лет трудового стажа прогнозируемый уровень *NIPTS* составит 7 дБ, а через 30 лет работы – 22 дБ, что соответствует начальной стадии профессионального заболевания. У проходчика эквивалентный уровень звука за 8-часовую рабочую смену составляет 100 дБА, при этом прогнозируемое *NIPTS* с учетом воздействия шума во время следования к рабочему месту и обратно, через 5 лет составит 11 дБ, а через 30 лет – 39 дБ, что может привести к полной глухоте работника.

Таким образом, в целях обеспечения безопасности подземного персонала угольных шахт по шумовому фактору, оценку воздействия шума на работников следует проводить по *NIPTS* 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.

В условиях воздействия шума непостоянного уровня, что весьма характерно для технологии подземной добычи угля, выбор акустической эффективности СИЗОС на основе результатов измерения эквивалентного уровня звука за 8-часовую рабочую смену как усредненного значения не может в полной мере отражать уровень воздействия шума на работника, так как сглаживает в процессе измерения шумомером резкое повышение уровня звука периодами воздействия шума низкой интенсивности, который неизменно присутствует при обслуживании оборудования или во время перерывов в работе.

При использовании индивидуальных шумомеров в рамках измерения эквивалентного уровня звука для двух профессий работников – проходчик и МГВМ, выполняющих работы на участке подготовительных работ, выявлены интервалы с разной шумовой обстановкой, когда на работников воздействовали определенные источники шума.

По каждому из выделенных интервалов шумовой обстановки определены: звуковое давление, соответствующие действующим непостоянно уровням шума, продолжительность такого воздействия в течение смены и источник шума.

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

Доза шума, получаемого работником в течение всей рабочей смены и отдельно на каждом выделенном интервале оценивалась по

формуле (6):

$$D = \sum_{i=1}^n (P_i)^2 \cdot t_i \quad (6)$$

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

P_i – звуковое давление, соответствующее непостоянно действующему шуму i -го уровня, Па ;

n – число периодов воздействия;

t_i – время действия уровня шума, ч.

На основе проведенных измерений и анализа полученных данных установлено, что во время работы оборудования некоторых типов уровень шума превышает допустимые значения, определенные в итоге СОУТ и которым соответствуют СИЗОС с акустической эффективностью 25 дБ, выданные проходчику, что приводит к накоплению поглощенной дозы шума в течение рабочей смены с интенсивностью 1,91 $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$ (допустимая доза шума 0,32 $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$) (рисунок 3). Для работников МГВМ, обеспеченных по результатам СОУТ наушниками СИЗОС с акустической эффективностью 15 дБ (рисунок 4), накопление дозы шумового воздействия в течение смены происходит с интенсивностью 0,98 $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

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.

В результате расчета определены поглощенные дозы шума работниками в зависимости от акустической эффективности применяемых СИЗОС (рисунок 5) и для практического использования полученного результата предлагается использовать экспоненциальную аппроксимацию, согласно формулам (7) и (8):

- для проходчика:

$$D = 80,416 e^{-0,58 a} (R^2=0,97); \quad (7)$$

- для МГВМ:

$$D = 13,014 e^{-0,177 a} (R^2=0,94), \quad (8)$$

где a – акустическая эффективность СИЗОС.

Для обеспечения безопасности работников по шумовому фактору был проведен подбор СИЗОС на основе дозной 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.

Таким образом, для обеспечения безопасных условий труда подземного персонала угольных шахт выбор СИЗОС 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.

Для снижения уровня воздействия непостоянного шума на орган слуха работника угольной шахты разработан прототип СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, который представляет собой СИЗ головы и органа слуха, совмещенный с устройством контроля применения наушников, измерения уровня шума и выдачи световой сигнализации. Противошумные наушники, входящие в прототип СИЗОС, выбирались с учетом дозной оценки (рисунок 5). Акустическая эффективность выбранных наушников составила 25 дБ.

Функция мониторинга заключается в том, что расположенное на защитной каске устройство постоянно и непрерывно в течение всего времени применения СИЗОС измеряет текущий уровень шума, включая время перемещения работника к рабочему месту и обратно.

Функция сигнализации заключается в подаче светового сигнала работнику в случае превышения уровня звука в 80 дБ для извещения работника о необходимости применения СИЗОС.

Принципиальная схема СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации представлена на рисунке 6. 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

включает систему мониторинга и сигнализации шумового воздействия, которая при помощи 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 фактическое положение наушников в это время.

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

На основе полученных в ходе измерения данных, был произведен расчёт прогнозируемого *NIPTS* у работников с учетом применения прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации по формуле (3). Результаты расчёта приведены на рисунках 7-8. При применении прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации работниками МГВМ прогнозируемый уровень *NIPTS* при 30-летнем стаже работы снижается с 22 до 13 дБ, чем обеспечивается безопасное проведение работ по шумовому фактору в течении всего стажа работы. При применении проходчиком прототипа СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации прогнозируемый уровень *NIPTS* при 30-летнем стаже работы снизится с 39 дБ до 21 дБ. Предотвратить развитие профессионального заболевания у проходчика возможно применением СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации, в основе которых противошумные наушники, подобранные по результатам дозной оценки, с акустической эффективностью 35 дБ.

Для оценки эффективности применения СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации был произведен расчет среднего снижения *NIPTS* для проходчика и МГВМ, результаты

которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета прогнозируемого значения снижения *NIPTS*

N ₅₀ (3) с СИЗ	N ₅₀ (10) с СИЗ	N ₅₀ (20) с СИЗ	N ₅₀ (30) с СИЗ	N ₅₀ (3)	N ₅₀ (10)	N ₅₀ (20)	N ₅₀ (30)	Профессия
4,9	8,5	16,5	21,2	8,9	15,4	30,0	38,6	Среднее значение для проходчика
45								Снижение <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 <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 нагрузкой 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.

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 ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях Перечня ВАК:

1. 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: Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: Издательство «Горная книга» – 2017. №4 (специальный выпуск 5-1). С. 447 – 454.

2. Никулин, А.Н. Индивидуальное устройство контроля деятельности работника в течение рабочей смены / А.Н. Никулин, А.Ф. Романов, Г.И. Коршунов, И.С. Должиков // Подземная угледобыча XXI веке: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции / Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – № 11 (специальный выпуск 49). Т. 2, С. 418-431.

3. Никулин, А.Н. Исследование возможности применения портативных технических средств контроля работника на производстве / А.Н. Никулин, И.С. Должиков, Г.И. Коршунов, А.А. Каменский // 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.

4. 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.

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

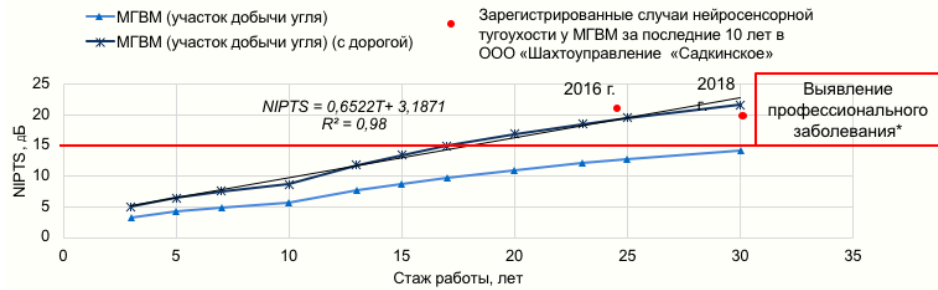
Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

6. 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. Volume 7, No. 12, 2019, pp. 842-848.

7. Nikulin, A.N. Assessment of noise impact on coal mine workers including way to/from workplace // Nikulin, A.N. I.S. Dolzhikov, L.V. Stepanova, V.A. Golod / Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2020, 2020(2), pp. 45–51.

Патент:

8. 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.



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

Рисунок 1 – Зависимость NIPTS у МГВМ от стажа работы с учетом шумового воздействия на рабочем месте и во время следования к нему и обратно

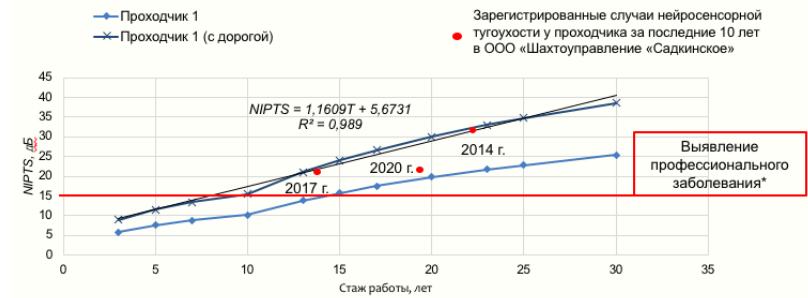
Во время работы отдельных видов оборудования уровень шума превышает допустимые значения при применении СИЗОС, выданных **проходчику** по результатам специальной оценки условий труда, что приводит к накоплению поглощённой дозы шума в течение рабочей смены

Эквивалентный уровень шума на рабочем месте **проходчика**, выявленный при СОУТ, на основании которой выдается СИЗОС с акустической эффективностью 25 дБ

Предельно-допустимый уровень шума, дБА



Рисунок 3 – Определение основных источников шума в течение рабочей смены проходчика



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

Рисунок 2 – Зависимость NIPTS у проходчика от стажа работы с учетом шумового воздействия на рабочем месте и во время следования к нему и обратно

Во время работы отдельных видов оборудования уровень шума превышает допустимые значения при применении СИЗОС, выданных **МГВМ** по результатам специальной оценки условий труда, что приводит к накоплению поглощённой дозы шума в течение рабочей смены

Эквивалентный уровень шума на рабочем месте проходчика, выявленный при СОУТ, на основании которой выдается СИЗОС с акустической эффективностью 15 дБ

Предельно-допустимый уровень шума, дБА



Рисунок 4 – Определение основных источников шума в течение рабочей смены (МГВМ)

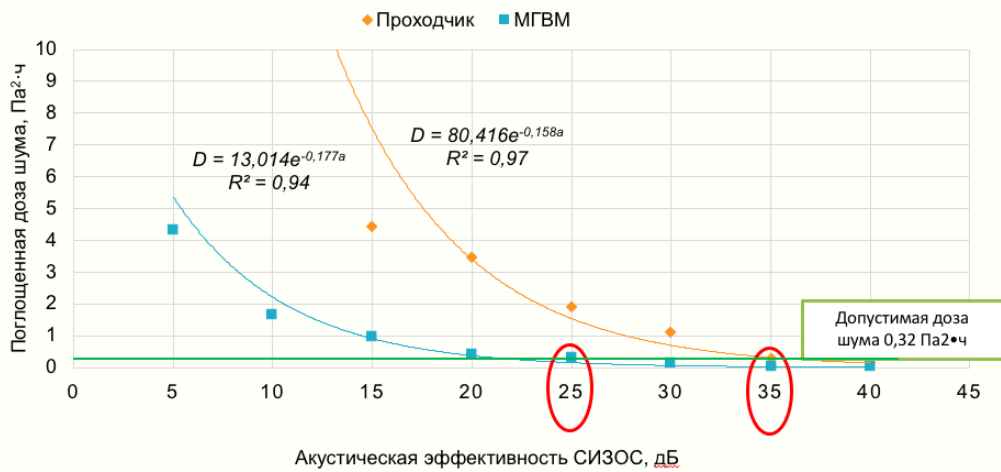


Рисунок 5 – Зависимость поглощенной дозы шума от акустической эффективности СИЗОС

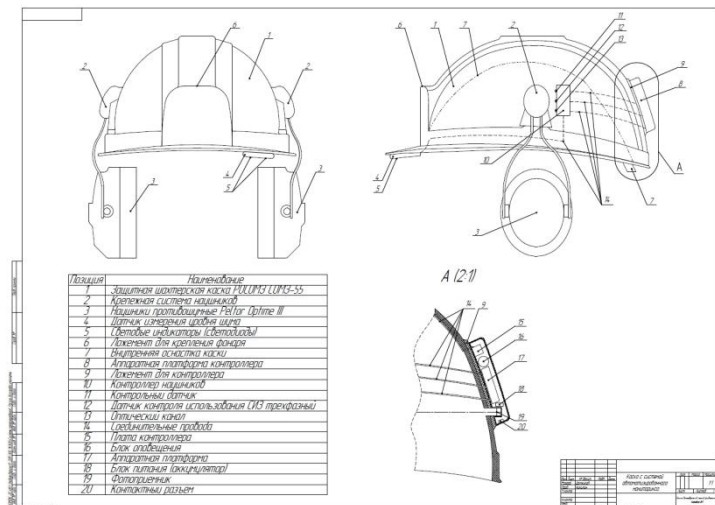


Рисунок 6 – Принципиальная схема СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации

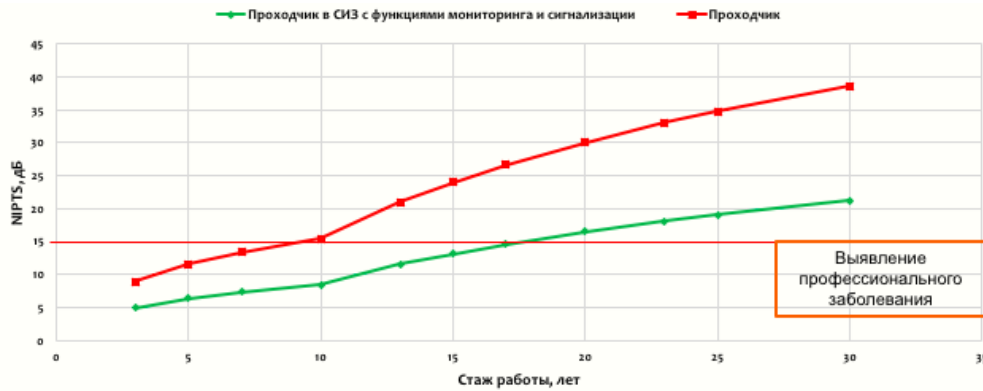


Рисунок 7 – Зависимость постоянного смещения порога слышимости от стажа работы проходчика при применении СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации

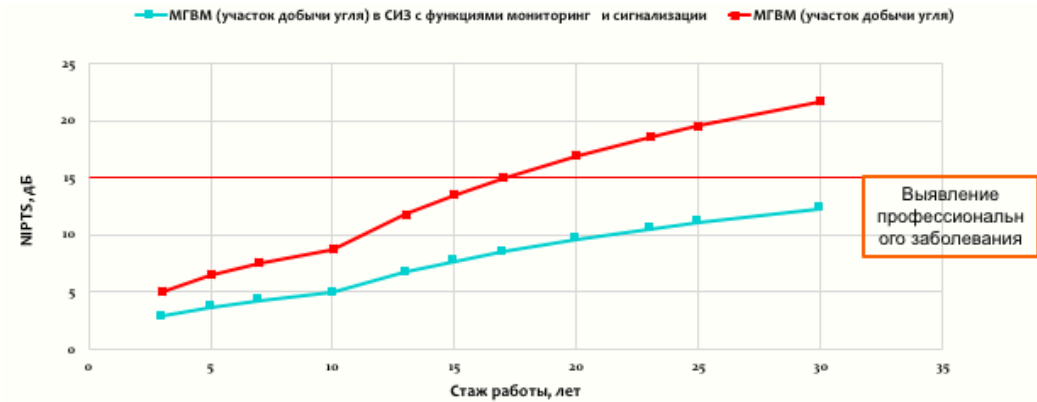


Рисунок 8 – Зависимость постоянного смещения порога слышимости от стажа работы МГВМ при применении СИЗОС с функциями мониторинга и сигнализации