

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504.5:662.998

DOI 10.52928/2070-1683-2025-43-4-68-75

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АЭРОЗОЛЯМИ ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ РАБОТ ИЗОЛИРОВЩИКОМ НА ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ

A.A. ЗУЕВА¹⁾, канд. техн. наук, доц. Ю.А. БУЛАВКА²⁾(¹) Филиал «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция»,(²) Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой)²⁾ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5025-7419>

Предложены способы снижения эмиссии в окружающую среду аэрозоля преимущественно фиброгенного действия искусственных минеральных волокон с целью защиты изолировщиков на термоизоляции при проведении теплоизоляционных работ, внедрение которых позволит понизить уровень профессионального риска и предотвратить развитие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний при выполнении указанных видов строительно-монтажных работ. Предлагаемый комплекс технических мероприятий для снижения пылевой нагрузки на изолировщика на термоизоляции включает использование современных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, с добавлением связующих веществ, снижающих пылеобразование; применение специальных увлажнителей или антипылящих растворов для предварительной обработки материалов; использование систем тонкодисперсного распыления воды в рабочих зонах; установку мобильных вытяжных систем или локальной аспирации, применение электроножей с вытяжкой пыли; использование респираторов с фильтрами класса Р3 для защиты органов дыхания; применение портативных устройств для замеров концентраций пыли в воздухе рабочей среды в реальном времени.

Ключевые слова: загрязнение окружающей среды, теплоизоляционные работы, минеральная вата, аэрозоль фиброгенного действия, изолировщик на термоизоляции.

Введение. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду в строительстве жилых и промышленных зданий, тепловых агрегатов и трубопроводов широко используют различные теплоизоляционные материалы, которые характеризуются малой плотностью и низкой теплопроводностью. Наиболее широкое распространение получили неорганические теплоизоляционные материалы, такие как минеральная и стеклянная вата. В частности, при проведении теплоизоляционных работ в промышленности для изоляции горячих поверхностей технологических трубопроводов и промышленного оборудования в большинстве случаев применяют минеральную вату, имеющую структуру ваты и изготовленную из расплава горной породы, шлака и стекла. На этапе монтажа изолировщиками на термоизоляции волокнистых теплоизоляционных изделий из минеральной и стеклянной ваты оказывается прямое воздействие на окружающую среду мелкодисперсными твёрдыми частицами кремнийсодержащих волокон в виде аэрозоля преимущественно фиброгенного действия. В процессе укрепления минеральной ваты объем выброса пылевых частиц волокон минеральной ваты доходит до 2,8 г/с, при среднем диаметре волокон 2...9 мкм количество микроскопических взвешенных пылевых частиц в одном м³ воздуха варьируется в диапазоне от 50 тыс. до 300 тыс.¹ [1–9]. При этом пылевым частицам минеральной ваты, находящимся во взвешенном состоянии в местах проведения теплоизоляционных работ, свойственна неправильная форма, имеются как обломки сферических тел, так и волокнистой структуры отдельных частиц с твердыми острыми краями, что можно заметить на рисунке 1 [10].

Ввиду того, что в процессе укладки и монтажа (демонтажа) минеральной ваты выделившаяся мелкодисперсная пыль не оседает в атмосфере продолжительное время, пылевые частицы в виде аэрозолей преимущественно фиброгенного действия загрязняют не только рабочую зону изолировщика на термоизоляции, но и воздушную среду вблизи источника выделения. Форма и дисперсность взвешенных частиц пыли минеральной ваты определяет глубину проникновения в дыхательные пути, физико-химическую активность и патогенность, провоцируя при хроническом ингаляционном воздействии развитие профессиональных патологий: воспалений и фиброза легких, пылевого бронхита, пневмокониозов, рака легких и др. [2; 11]. Кроме того, из теплоизоляционных материалов при проведении работ по изоляции в окружающую среду могут попадать другие вредные вещества, обусловленные наличием в рецептуре связующих компонентов на основе фенолоформальдегидных и карбамидных смол. В связи с этим, при проведении изоляционных работ с применением изделий на основе стеклянного или минерального волокна контролируют содержание фенола по предельно допустимой концентрации вредных веществ

¹ AUB-DRW-10305-D. AUB Umweltdeklaration. Unkaschierte bzw. Unbeschichtete Kunstharsgebundene Steinwolle-Dammstoffe. Konigswinter: Arbeitsgemeinschaft Umweltvertragliches Bauprodukt e.V. – 2005. – 14 p. URL: www.bau-umwelt.com.

в воздухе рабочей зоны ($\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$), которая составляет $0,3 \text{ мг}/\text{м}^3$, и мелкодисперсных твёрдых частиц аэрозоля преимущественно фиброгенного действия стеклянного или минерального волокна $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} - 4 \text{ мг}/\text{м}^3$. При этом содержание пыли минеральной ваты в воздухе рабочей зоны изолировщика на термоизоляции в процессе укладки и монтажа (демонтажа) теплоизоляционных материалов зачастую превышает $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ до 4 раз [12–16]. В связи с этим разработка эффективных способов снижения эмиссии в окружающую среду частиц минеральной и стеклянной ваты при проведении теплоизоляционных работ с учётом особенностей технологического процесса, обеспечение безопасных условий труда изолировщика на термоизоляции является в настоящее время актуальной и социально значимой проблемой, что и определило цель настоящего исследования.

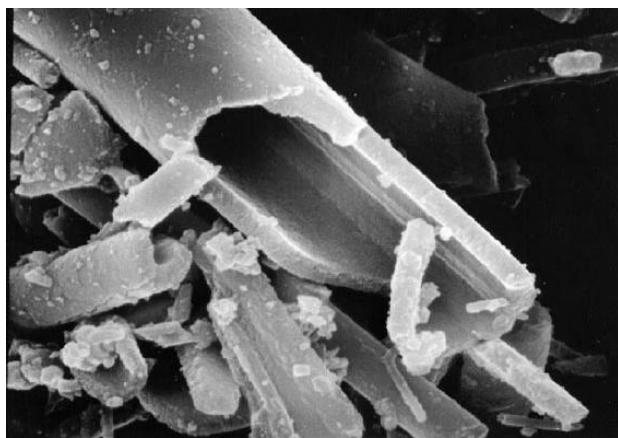


Рисунок 1. – Обломки теплоизоляционных материалов – волокон минеральной ваты под цифровым микроскопом [10]

Основная часть. Анализ условий труда изолировщика на термоизоляции при проведении теплоизоляционных работ позволил установить этапы трудового процесса с максимальным выделением мелкодисперсной пыли в воздух рабочей зоны, которая воздействует в сочетании с вынужденным неудобным рабочим положением тела, интенсивной физической нагрузкой и неблагоприятными метеорологическими условиями окружающей среды:

- на начальном этапе транспортировки и распаковки пакетов прошивных из минеральной ваты на изолировщика воздействие пыли незначительно (не превышает $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$);
- на этапе замеров, подгонки и вырезки необходимой заготовки пакетов прошивных из минеральной ваты, образующаяся пыль оказывает более значительное влияние: при нарезании строительным ножом для теплоизоляционных материалов целостность структуры пакета нарушается и твердые микроскопические пылевые частицы аэрозоля преимущественно фиброгенного действия в значительном количестве распыляются в воздухе рабочей зоны, попадая на одежду работника, кожу, слизистые оболочки и в дыхательные пути (по данным замеров, превышая $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ от 1,8 раза до 3,1 раза);
- на этапе монтажа теплоизоляционного материала из минеральной ваты изолировщик на термоизоляции переносит формованный материал на рабочую поверхность оборудования, трубопровода либо иной конструкции, и укладывает его, закрепляя проволочными кольцами, данный процесс характеризуется наибольшим пылевыделением в воздух рабочей зоны (по данным замеров, превышая $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ до 4,2 раза);
- этап разборки и демонтажа устаревшей тепловой изоляции при текущем ремонте оборудования и трубопроводов заключается во вскрытии покровного слоя тепловой изоляции и удалении непригодного для дальнейшей эксплуатации теплоизоляционного слоя, который под воздействием высоких температур и факторов окружающей среды утратил первоначальные свойства (теплопроводность, целостность, плотность, влажность, сжимаемость, содержание связующих веществ и др.). При разборке и демонтаже поврежденный материал в значительной степени распыляется в воздухе рабочей зоны, в особенности при вскрытии покровного слоя, и твердые микроскопические пылевые частицы оказывают существенное воздействие на изолировщика (концентрация пыли волокнистых теплоизоляционных материалов превышает $\text{ПДК}_{\text{р.з.}}$).

В этой связи необходимо предусмотреть комплекс мероприятий, которые смогут послужить устойчивому снижению влияния пылевой нагрузки на изолировщика на термоизоляции в процессе производства теплоизоляционных работ. При этом важно предусмотреть, чтобы изменение условий труда, при реализации предложенных мероприятий, не способствовало возникновению новых профессиональных рисков.

Предлагается комплекс технических мероприятий для снижения пылевой нагрузки на изолировщика на термоизоляции в процессе производства теплоизоляционных работ, отвечающих современным требованиям безопасности, а именно:

- использование современных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, с добавлением связующих веществ, снижающих пылеобразование (жидкая изоляция; аэрогель-материалы; изоляционное покрытие в видеnano-краски, структурированного силикона и эвакуированных керамических микросфер);

- применение специальных увлажнителей или антипыляющих растворов для предварительной обработки материалов;
- использование систем тонкодисперсного распыления воды в рабочих зонах для связывания частиц пыли в воздухе, создающих мелкодисперсный туман, состоящий из капель воды размером от 5 до 50 микрон, которые захватывают частицы пыли, увеличивая их массу, что приводит к их оседанию на поверхности или на землю;
- установка мобильных вытяжных систем или локальной аспирации, которая удаляет пыль непосредственно на рабочем месте, а также применение электроножей с вытяжкой пыли;
- использование респираторов с фильтрами класса Р3 для защиты дыхательных путей;
- применение портативных устройств для замеров концентраций пыли в воздухе рабочей среды в реальном времени, которые позволят своевременно принимать меры по снижению пылевой нагрузки на работника.

Рассмотрим предлагаемые технические мероприятия подробнее.

1. Использование современных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, с добавлением связующих веществ, снижающих пылеобразование: основным направлением развития данных материалов является экономия ресурсов, санитарно-гигиеническая и экологическая безопасность, надежность, эффективность использования в строительной отрасли. Наиболее перспективными типами экологически безопасных теплоизоляционных материалов являются следующие:

- жидкая изоляция, представляющая один слой покрытия толщиной 0,4 мм в виде суспензии наночастиц кремнезема с акриловым связующим, которая перспективна к использованию благодаря своей низкой теплопроводности (не более 0,02 Вт / (м·К)), широкого диапазона рабочих температур от –60 до +220°C, а также обладает отражающей способностью для теплового излучения, антикоррозийными и негорючими свойствами;
- изоляционное покрытие в видеnano-краски, структурированного силикона и керамических микросфер, из которых создается силовая рама во время покраски, обладающая высокой термической сопротивляемостью благодаря продольно-слоистой структуре в виде пленок, разделенных тончайшими воздушными зазорами, способствующими образованию эластичного, непроницаемого многослойного покрытия, отражающего тепло и блокирующего все тепловые потоки;
- аэрогель – это наименее плотный и самый легкий твердый материал [17]. Трехмерная сетчатая структура аэрогеля в основном состоит из диоксида кремния, который составляет более 80% объема наноразмерных пор. Преимущества утепления аэрогелем следующие: его гибкость (изделия из аэрогеля выпускаются в различных формах, аэрогель-материалы, аэрогель-одеяла, их легко резать на требуемые формы и размеры); отсутствие необходимости в органических связующих, что позволяет сохранить термическую и физическую стабильность структуры при высоких температурах; дышащие и гидрофобные свойства (аэрогель не впитывает воду, что предотвращает коррозию, при этом позволяет водяным парам проходить через него, когда конструкции или оборудование нагреваются); низкий коэффициент теплопроводности; возможность использования в ограниченных пространствах; высокая пористость (88...99,8%), низкая плотность (до 20 кг/м³), высокая площадь поверхности (500...1200 м²/г) [17]. Вместе с тем существует ряд недостатков утепления аэрогелем, а именно: высокая стоимость и температурные ограничения до 650°C. Сравнение эксплуатационных свойств различных теплоизоляционных материалов приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Сравнение эксплуатационных свойств различных теплоизоляционных материалов

Материал	Теплопроводность (Вт/м·К)	Плотность (кг/м ³)	Преимущества	Недостатки
Минеральная вата	0,042–0,070	40–60	Не высокая стоимость, не горючая, не поддается загниванию	Эмиссия аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (высокая пылевая нагрузка)
Стекловолокно	0,035–0,045	30–70	Не высокая стоимость, не горючая, не поддается загниванию	Эмиссия аэрозоля преимущественно фиброгенного действия (высокая пылевая нагрузка)
Полиуретановая пена	0,019–0,038	25–35	Отсутствие пыления, хорошие теплоизоляционные показатели	Горюча
Аэрогель	0,020–0,040	до 20	Хорошие теплоизоляционные показатели, не горючая	Высокая стоимость, температурные ограничения до 650°C

С целью оптимизации затрат на теплоизоляционные материалы и снижения эмиссии аэрозоля преимущественно фиброгенного действия минеральную вату возможно использовать в составе композитного материала в сочетании с другими изолирующими материалами. В частности, аэрогелевые теплоизолирующие одеяла могут быть усилены нетканым гидрофобным стекловолокном. Кроме того, аэрогель может быть получен в минеральной

вате с использованием процесса сушки при атмосферном давлении, в данном случае аэрогель выступает связующим веществом в структуре минеральной ваты, замещая содержание опасных для окружающей среды летучих компонентов. При смешивании аэрогеля с минеральной ватой теплопроводность композита минеральной ваты и аэрогеля может быть снижена до 0,055 Вт/м·К, композиты минеральной ваты и аэрогеля имеют нанопористую структуру с площадью поверхности около 800 м²/г и объемом пор около 3 см³/г, пористостью около 87% [17].

2. Применение специальных увлажнителей или антипылящих растворов для предварительной обработки материалов направлено на снижение эмиссии твердых микроскопических пылевых частиц, которые могут возникать при установке, транспортировке и эксплуатации теплоизоляционных материалов. Растворы помогают связывать волокна, уменьшая их подвижность и предотвращая выделение пыли в окружающую среду. Примерами являются:

- антипылящие растворы на основе полимеров, образующие защитную пленку, которая связывает волокна и предотвращает их рассыпание. Составы содержат акриловые или полиуретановые полимеры (к примеру: DCP Dust Control, EnviroKleen Dust Suppression, Aqua-Guard Anti-dust Solution, Silkon Anti-Dust Coating, Polymer Dust Control Agent);

- увлажнители на водной основе: используются для предварительной обработки матов перед их установкой. Увлажнители помогают снизить статическое электричество и связывают волокна, что уменьшает количество пыли, выделяемой при работе с материалом. Используются растворы с добавлением мыла или других поверхностно-активных веществ (к примеру: DCP Water-Based Dust Control, Soil-Sement Dust Control, EnviroKleen DustControl Solution, Aqua-Guard Dust Suppression, Green Solutions Dust Control Agent);

- специальные аэрозольные составы, обеспечивающие равномерное покрытие, которые могут содержать как полимерные, так и органические компоненты (к примеру: DCP Dust Control Aerosol, EnviroKleen aerosol Dust Supression, 3M Dust Control Spray, Dust Stop Aerosol, Rust-Oleum Dust Control Spray);

- смеси на основе силиконов: силиконовые антипылящие составы могут быть использованы для создания прочного барьера, который уменьшает выделение пыли и защищает от влаги. Составы обеспечивают долговременную защиту и могут быть применены как в производственных условиях, так и на строительных площадках (к примеру: Dow Corning 732 Multi-Purpose Sealant, Tremco Spectrem 1, SikaSil-SG, Momentive RTV 108, GE Silicone II).

Преимущества применения антипылящих растворов заключаются в эффективном снижении эмиссии твердых микроскопических пылевых частиц, выделяемых при работе с минеральной ватой, что снижает риск заболеваний органов дыхания. Кроме того, защитные составы могут продлить срок службы материалов, предотвращая их повреждение и разрушение. В целом применение специальных увлажнителей или антипылящих растворов является эффективным способом минимизации пыления и улучшения эксплуатационных характеристик материалов из минеральной ваты.

3. Использование систем тонкодисперсного распыления воды в рабочих зонах для связывания частиц пыли в воздухе. Эффективным методом борьбы с мелкодисперсной пылью при производстве теплоизоляционных работ, в частности на этапе демонтажа устаревшей изоляции, представляется использование систем тонкодисперсного распыления воды для связывания частиц пыли, тем самым способствуя их оседанию и снижению эмиссии. Системы, как правило, используют насосы и распылительные устройства для создания мелкодисперсного тумана, состоящего из капель воды размером от 5 до 50 микрон. Мелкие капли воды захватывают частицы пыли, увеличивая их массу, что приводит к их оседанию. Кроме снижения концентрации пыли в воздухе такие системы способствуют поддержанию оптимального уровня влажности. К использованию могут быть предложены следующие модели мобильных систем пылеподавления:

- Dust Control Technologies – DustBoss DB-60 – мобильная система, способная распылять воду на большие расстояния (до 60 метров). Оснащена мощным вентилятором и системой управления, позволяющей регулировать угол и направление распыления;

- Misting Systems – Cool-Off Misting System – системы распыления, как стационарные, так и мобильные, предназначенные для создания тумана в открытых пространствах. Эти системы можно использовать для снижения запыленности, а также для охлаждения работников при нагревающем микроклимате;

- FogCannon – Dust Suppression System – профессиональная система, устанавливаемая как на мобильных платформах, так и на стационарных устройствах. Использует высокое давление для создания мелкодисперсного тумана;

- AquaMist – Dust Control System – система специально разработана для снижения запыленности на строительных площадках и в промышленных зонах. Легко настраивается и может быть интегрирована с существующими системами водоснабжения, эффективно работает в условиях высокой концентрации пыли.

4. Установка мобильных вытяжных систем или локальной аспирации, которая удаляет пыль непосредственно на рабочем месте, применение электроножей с вытяжкой пыли. Мобильные вытяжные системы – это компактные устройства, которые могут перемещаться по рабочей площадке и подключаться к различным инструментам для удаления пыли и твердых частиц в процессе работы. Существуют портативные электрические

ножи для нарезки матов из минеральной ваты, которые оснащены системой вытяжки пыли или подключаемы к мобильным вытяжным системам. Такие инструменты позволяют эффективно резать материал и одновременно минимизировать количество образующейся пыли. Примеры современных устройств:

- Bosch GSG 300 – электрический нож, предназначенный для резки изоляционных материалов, включая минеральную вату, легкий и портативный. Обеспечивает чистый рез и минимизирует образование пыли. Он может быть оснащен системой пылеудаления Bosch GAS 35 I AFC – пылесосом с функцией автоматической фильтрации и очистки;
- Makita BJV180Z – аккумуляторный лобзик, который может использоваться с пылеотсосом Makita VC4210LX1, что позволяет эффективно удалять пыль во время резки;
- Festool PSC 420 EB – беспроводной лобзик, который можно подключить к пылесосу Festool для эффективного удаления пыли во время работы. Характеризуется высоким качеством реза, легкостью в использовании и наличием системой пылеудаления. Мобильный пылесос Festool CT 26 E оснащен системой автоматического включения и выключения, что позволяет ему работать в связке с инструментами;
- DeWalt DCS570B с пылесосом – беспроводная циркулярная пила, может работать в сочетании с пылесосом для удаления пыли. Преимуществом использования данного оборудования является мобильность, что делает ее удобной для применения на строительных площадках.

5. *Использование современных респираторов для защиты дыхательных путей.* Наиболее эффективным СИЗ при ежедневной пылевой нагрузке является использование респираторов с фильтрами класса Р3, которые обеспечивают высокую степень защиты дыхательных путей от мелкодисперсной пыли, включая стеклянную и минераловатную. Эти фильтры способны задерживать более 99,9% частиц размером до 0,3 микрометра, что делает их эффективными в условиях работы с изоляционными материалами. Примеры современных респираторов класса Р3:

- 3M 9332A+ – респиратор с фильтром класса Р3, который обеспечивает надежную защиту от твердых частиц и аэрозолей. Имеет дополнительный слой активированного угля;
- Moldex 7000 Series – респираторы, оснащенные фильтрами класса Р3 и обеспечивающие комфортное ношение благодаря мягким уплотнителям и легкому весу. Подходят для длительного использования в условиях повышенного содержания пыли;
- Honeywell 5321 – респиратор, предлагающий высокую степень защиты от твердых частиц и аэрозолей, имеющий встроенный клапан выдоха, который снижает накопление тепла и влаги внутри маски, обеспечивая комфортное ношение;
- Dräger X-plore 2330 – респиратор с фильтром класса Р3, обеспечивает защиту от пыли, аэрозолей и мелких частиц, имеет мягкие уплотнители для комфорта и хорошей посадки, обладает хорошей вентиляцией и легким весом, что делает его подходящим для длительных работ, имеется возможность замены фильтров;
- Sundström SR 297 – респиратор, который предназначен для защиты от различных аэрозолей и пыли, включая стеклянную и минеральную вату, а также совместим с фильтрами класса Р3 и имеет возможность установки дополнительных фильтров для защиты от токсичных газов. Удобная конструкция и возможность регулировки делают его эффективным для длительного использования. Доступен в различных размерах для обеспечения оптимальной посадки;
- Moldex 8000 Series – респираторы, предлагающие защиту класса Р3 и имеющие уникальный дизайн, который обеспечивает оптимальную видимость и комфорт ношения. Оснащены клапаном выдоха для уменьшения тепла и влаги.

В дополнение к респираторам с фильтрами класса Р3 изолировщикам на термоизоляции в процессе производства теплоизоляционных работ обязательно к использованию одноразовой защитной одежды, которая защищает кожные покровы от загрязнений и пыли (к примеру: одежда DuPont Tyvek 500 – покрытие обеспечивает отличную защиту от пыли, легкое, дышащее и подходит для работы в условиях высокой загрязненности; одежда 3M Protective Coverall 4510 – обеспечивает защиту от пыли и неблагоприятных условий, а также позволяет коже дышать).

6. *Применение портативных устройств для замеров концентраций пыли в воздухе рабочей среды в реальном времени* позволяет своевременно принимать меры по ограничению ее воздействия на работника. Так, портативный анализатор пыли TSI DustTrak II может измерять концентрацию аэрозолей в диапазоне от 0,001 до 150 мг/м³. Устройство оснащено встроенным дисплеем для отображения данных в реальном времени и может быть подключено к компьютеру для анализа получаемой информации. Кроме того, для мониторинга качества воздуха и измерения концентрации пыли могут использоваться устройства Aeroqual Series 200/300, позволяющие настраивать параметры измерений и имеющие возможность передачи данных через Bluetooth.

Использование респираторов с фильтрами класса Р3 и портативных устройств для замеров концентрации пыли в воздухе обеспечивает надежную защиту рабочих и позволяет поддерживать безопасные условия труда при выполнении работ с минеральной ватой. Интеграция этих средств индивидуальной защиты в рабочие процессы является важным шагом к снижению рисков для здоровья работников и соблюдению стандартов безопасности труда.

В качестве организационных мероприятий по улучшению условий труда изолировщика на термоизоляции предлагаются к внедрению следующие инструменты:

- совершенствование методики оценки рисков на предприятии с учетом оценки профессионального риска для здоровья работников. Такой подход дает возможность расширить аспекты трудовой деятельности работников, занятых на конкретном рабочем месте. В том числе создать группы риска по различным категориям работников и рассчитать для конкретного лица индивидуальных риск;
- внедрение поведенческого аудита в процессы системы управления охраной труда на предприятии, который позволит закрепить необходимую модель поведения работника и скорректировать его опасное поведение, а также позволит выявить причинно-следственные связи выполнения работ с нарушением правил безопасности и оценивать эффективность деятельности по обеспечению производственной безопасности и охраны труда;
- проведение обучения и повышения квалификации персонала с помощью регулярных тренингов и семинаров. Организация экспертной площадки посредством фасилитаторов – это могут быть как эксперты внутри организации, так и приглашенные специалисты, которые помогут наладить коммуникации в области безопасности;
- проведение диалоговых площадок, регулярные встречи с руководством для обсуждения критических вопросов, касающихся безопасности труда; такие процессы призваны создавать доверительные отношения, повышать уровень значимости конкретного сотрудника в организации;
- создание системы наставничества в целях оказания помощи работнику в освоении профессии и овладении в полном объеме должностными обязанностями, вовлечения работника в трудовой процесс и общественную жизнь организации.

Заключение. Предложены способы снижения эмиссии в окружающую среду аэрозоля преимущественно фиброгенного действия искусственных минеральных волокон с целью защиты изолировщиков на термоизоляции при проведении теплоизоляционных работ, внедрение которых позволит понизить уровень профессионального риска и предотвратить развитие профессиональных и производственно обусловленных заболеваний при выполнении указанных видов строительно-монтажных работ. Внедрение предложенных мероприятий, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду по пылевому фактору, улучшение условий труда и активное вовлечение работников в процессы управления безопасностью, не только снизит вероятность развития профессиональных и производственно обусловленных заболеваний работников, но и отразится на экономической эффективности предприятий строительной отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снижение пылеобразования отходов стекловолокна / Г.Д. Ляхевич, В.А. Гречухин, Е.Н. Савина и др. // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение: материалы IV Международной научно-технической конференции: материалы Международной научно-технической конференции, 26–27 октября 2023 года / редкол.: Е.М. Жуковский (гл. ред.) и др.; сост. В.А. Ходяков. – Минск: БНТУ, 2024. – С. 278–281.
2. Гутич Е.А. Комплексная гигиеническая оценка пылевого фактора в производстве теплоизоляционных строительных изделий на основе искусственных минеральных волокон // Медицина труда и промышленная экология. – 2021. – № 61(2). – С. 77–83. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-77-83.
3. Оценка воздействия на окружающую среду различных теплоизоляционных материалов / А.М. Газизов, А.А. Заиров, Р.Р. Янгирова и др. // Нефтегазовое дело. – 2021. – № 1. – С. 40–59. DOI: 10.17122/ogbus-2021-1-40-59.
4. Buschmann R. Umweltvertraglichkeit von Gebaudedammstoffen. Kiel: Ministerium fur Umwelt, Natur und Forsten, Schleswig-Holstein, 2018. – 81 s.
5. Жук П.М. Особенности комплексной оценки безопасности волокнистых теплоизоляционных материалов // Вестник МГСУ. – 2010. – Т. 1, № 4. – С. 108–112.
6. Жук П.М. Анализ загрязнения атмосферного воздуха предприятиями, выпускающими волокнистые теплоизоляционные материалы // Вестник гражданских инженеров. – 2012. – № 2. – С. 180–184.
7. Жук П.М. Система оценки экологической безопасности по жизненному циклу неорганических волокнистых теплоизоляционных материалов // Вестник МГСУ. – 2013. – № 12. – С. 118–122.
8. WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of occupational exposure to dusts and/or fibres and of the effect of occupational exposure to dusts and/or fibres on pneumoconiosis / D. Mandrioli, V. Schlünssen, Á. Balázs et al. // Environment International. – 2018. – № 119. – 174–185. DOI: 10.1016/j.envint.2018.06.005.
9. Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries / H. Barnes, N.S.L. Goh, T.L. Leong et al. // Respirology. – 2019. – № 24. – С. 1165–1175.
10. Brun E. European Agency for Safety and Health at Work: Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2008. – 198 p.
11. Гутич Е.А., Косяченко Г.Е., Сычик С.И. Особенности заболеваемости и оценка профессионального риска здоровью работников, имеющих контакт с аэрозолями искусственных минеральных волокон // Анализ риска здоровью. – № 4. – 2019. – С. 113–118.
12. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Анализ влияния загрязнения окружающей среды аэрозолями искусственных минеральных волокон на состояние здоровья работающих при выполнении теплоизоляционных работ // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – № 4(39). – 2024. – С. 88–91. DOI: 10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91.

13. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С. 71–73.
14. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве: сб. материалов междунар. заочной науч.-практ. конф. – Минск: УГЗ, 2024. – С. 107–112.
15. Зуева А.А. Комплекс мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон // Путь в науку. Прикладные науки. Строительство [Электронный ресурс]: электрон. сб. науч. тр. – Новополоцк: Полоцк. гос. ун-т им. Евфросинии Полоцкой, 2025. – Вып. 55(125). – С. 38–40. URL: https://journals.psu.by/specialists_applied_sciences.
16. Зуева А.А., Булавка Ю.А. Оценка профессионального риска для изолировщиков на термоизоляции технологических трубопроводов на территории НПЗ // Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XX Всероссийской конференции-конкурса студентов выпускного курса и аспирантов. Т. 1. – Санкт-Петербург, 2025. – С. 249–252.
17. To Improve the Thermal Properties of Mineral Wool by Adding Aerogel / M.-W. Hsu, Y.-S. Chen, R.S.-S. Horng et al. // Sensors and Materials. – 2017. – № 29. – Р. 445–452. DOI: 10.18494/sam.2017.1526.

REFERENCES

1. Lyakhevich, G.D. Reducing dust formation from fiberglass waste / G.D. Lyakhevich, V.A. Grechukhin, E.N. Savina [et al.] // *Road construction and its engineering support: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, October 26–27, 2023* / editorial board: E.M. Zhukovsky (editor-in-chief) [et al.]; compiled by V.A. Khodyakov. – Minsk: BNTU, 2024. – P. 278–281. (In Russ.).
2. Gutich, E.A. (2021). Comprehensive hygienic assessment of the dust factor in the production of thermal insulation building products based on artificial mineral fibers. *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 61(2), 77–83. DOI: 10.31089/1026-9428-2021-61-2-77-83. (In Russ., abstr. in Engl.).
3. Gazizov, A.M. Environmental impact assessment of various thermal insulation materials / A.M. Gazizov, A.A. Zairov, R.R. Yangirova, M.R. Timerov // *Oil and Gas Business*. – 2021. – № 1. – P. 40–59. DOI: 10.17122/ogbus-2021-1-40-59. (In Russ., abstr. in Engl.).
4. Buschmann, R. (2018). *Umweltvertraglichkeit von Gebaudedammstoffen*. Kiel: Ministerium fur Umwelt, Natur und Forsten, Schleswig-Holstein.
5. Zhuk, P.M. (2010). Features of a comprehensive safety assessment of fibrous thermal insulation materials. *Bulletin of MGSU*, 1(4), 108–112. (In Russ.).
6. Zhuk, P.M. (2012). Analysis of atmospheric air pollution by enterprises producing fibrous thermal insulation materials. *Bulletin of civil engineers*, 2, 180–184. (In Russ.).
7. Zhuk, P.M. (2013). System for assessing environmental safety by the life cycle of inorganic fibrous thermal insulation materials. *Bulletin of MGSU*, 12, 118–122. (In Russ.).
8. Mandrioli, D., Schlünssen, V., Balázs, Á. et al. (2018). WHO/ILO work-related burden of disease and injury: Protocol for systematic reviews of occupational exposure to dusts and/or fibres and of the effect of occupational exposure to dusts and/or fibres on pneumoconiosis. *Environment International*, 119, 174–185. DOI: 10.1016/j.envint.2018.06.005.
9. Barnes, H., Goh, N.S.L., Leong, T.L., & Hoy, R. (2019). Silica-associated lung disease: An old-world exposure in modern industries. *Respirology*, 24, 1165–1175.
10. Brun, E. (2008). European Agency for Safety and Health at Work: Expert forecast on emerging chemical risks related to occupational safety and health. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
11. Gutich, E.A. Morbidity characteristics and assessment of occupational health risks in workers exposed to aerosols of artificial mineral fibers / E.A. Gutich, G.E. Kosyachenko, S.I. Sychik // *Health risk analysis*. – № 4. – 2019. – P. 113–118. (In Russ., abstr. in Engl.).
12. Zueva, A.A. Analysis of the Impact of Environmental Pollution with Aerosols of Artificial Mineral Fibers on the Health of Workers Performing Thermal Insulation Work / A.A. Zueva, Y.A. Bulavka // *Bulletin of Polotsk State University. Series F, Construction. Applied Sciences*. – 2024. – № 4(39). – P. 88–91. DOI: 10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91. (In Russ., abstr. in Engl.).
13. Zueva, A.A. Hygienic Assessment of Working Conditions of an Insulator on Thermal Insulation Taking into Account the Dust Factor / A.A. Zueva, Y.A. Bulavka // *Ensuring Life Safety: Problems and Prospects: Collection of Materials of the XVII Int. Res. and Pract. Conf. young scientists*, Minsk, April 18, 2024. – Minsk: UGZ, 2024. – P. 71–73. (In Russ., abstr. in Engl.).
14. Zueva, A.A. Identification of hazards at the workplace of an insulator on thermal insulation using a checklist for observations and interviews / A.A. Zueva, Y.A. Bulavka // *Problems of ensuring the safety of people in case of fire and explosion collection of materials of the international correspondence scientific and practical conference*. – Minsk: UGZ, 2024. – P. 107–112. (In Russ., abstr. in Engl.).
15. Zueva, A.A. A set of measures to protect insulators on thermal insulation in contact with aerosols of artificial mineral fibers / A.A. Zueva // *Path to science. Applied sciences. Construction* [Electronic resource]: electronic collection of scientific papers. – Novopolotsk: Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, 2025. – Iss. 55(125). – P. 38–40. URL: https://journals.psu.by/specialists_applied_sciences. (In Russ.).
16. Zueva, A.A. Occupational Risk Assessment for Insulators Working on Thermal Insulation of Process Pipelines on the Territory of an Oil Refinery / A.A. Zueva, Y.A. Bulavka // *Current Issues of Subsoil Use: Abstracts of the XX All-Russian Conference-Competition of Graduate and Postgraduate Students. Vol. 1*. – St. Petersburg, 2025. – P. 249–252. (In Russ., abstr. in Engl.).
17. Hsu, M.-W., Chen, Y.-S., Horng, R.S.-S., Wu, Chun-Mu, & Lee, Shin-Ku. (2017). To Improve the Thermal Properties of Mineral Wool by Adding Aerogel. *Sensors and Materials*, 29, 445–452. DOI: 10.18494/sam.2017.1526.

Поступила 26.11.2025

**METHODS OF REDUCING ENVIRONMENTAL POLLUTION BY AEROSOLS
OF ARTIFICIAL MINERAL FIBERS DURING THERMAL INSULATION WORK
CARRIED OUT BY AN INSULATOR ON THERMAL INSULATION**

H. ZUYEVA¹, Y. BULAUKA²

⁽¹⁾*Branch of Novopolotsk Directorate of JSC Belteploizolyatsiya,*

⁽²⁾*Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk)*

Methods are proposed for reducing the emission of aerosols, primarily fibrogenic in nature, from artificial mineral fibers into the environment. These methods are intended to protect insulators during thermal insulation work. Their implementation will reduce occupational risks and prevent the development of occupational and work-related diseases during the specified types of construction and installation work. The proposed set of technical measures for reducing the dust load on insulators includes the use of modern materials with improved performance properties, with the addition of binders that reduce dust formation; the use of special humidifiers or anti-dust solutions for pre-treatment of materials; the use of finely dispersed water spray systems in work areas; the installation of mobile exhaust systems or local aspiration, the use of electric knives with dust extraction; the use of respirators with class P3 filters for respiratory protection; the use of portable devices for measuring dust concentrations in the air of the working environment in real time.

Keywords: environmental pollution, thermal insulation works, mineral wool, fibrogenic aerosol, insulator on thermal insulation.