

УДК 331.45

**КОМПЛЕКС МЕР ЗАЩИТЫ ИЗОЛИРОВЩИКОВ НА ТЕРМОИЗОЛЯЦИИ,  
КОНТАКТИРУЮЩИХ С АЭРОЗОЛЯМИ ИСКУССТВЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН****А.А. ЗУЕВА***(Представлено: канд. тех. наук, доц. Ю.А. Булавка)*

*В работе представлены результаты исследований условий труда изолировщиков при проведении теплоизоляционных работ с использованием изделий из минеральной и стеклянной ваты. Определено, что условий труда классифицируются как вредные 3 класса 2 степени; в воздухе рабочей зоны, у лиц занятых работами с использованием минеральных ват обнаружена мелкодисперсная пыль в виде твердых частиц в усредненной концентрации превышающей ПДК<sub>р.з</sub> для минеральных волокон в 1,8 раза. Предложен комплекс технических и организационных мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон, внедрение которого позволит снизить уровень профессионального риска и предотвратить развитие профессиональных заболеваний и производственно обусловленных заболеваний у работников при выполнении ими строительно-монтажных работ.*

По статистическим данным Международной организации труда ежегодно в мире регистрируется более 160 случаев профессиональных заболеваний, при этом от заболеваний, связанных с производством погибает в 6,5 раз больше работников, чем от производственных травм [1–4]. Анализ причин летальных случаев, связанных с работой показал, что наибольшую долю составляют заболевания системы кровообращения (более 30% всех случаев) и новообразования (более 26%), а заболевания органов дыхания занимают третье ранговое место (более 17%). Значительная часть профессиональных заболеваний органов дыхания обусловлена воздействием производственной пыли раздражающее действие которой провоцирует развитие хронической обструктивной болезни лёгких, хронического ринофарингита и хронического пылевого бронхита; фиброгенное действие – пневмокониоза; аллергическое действие – профессиональной бронхиальной астме и экзогенного аллергического альвеолита; а канцерогенное действие приводит к развитию мезотелиомы плевры и профессиональных опухолей лёгких [4].

В связи ограничением в большинстве стран мира использования асбеста существенно возросла роль неорганических теплоизоляционных материалов таких, как минеральная и стеклянная вата и изделий на их основе. В частности, в Республике Беларусь объем производства подобных теплоизоляционных материалов за последние десять лет вырос практически на 300% [1–4]. Вместе с тем, влияние загрязнения окружающей среды пылью минеральной и стеклянной ваты и её влияние на работников при выполнении теплоизоляционных работ изучено недостаточно.

Типовой химический состав пыли при выполнении теплоизоляционных работ следующий [4–8]:

а) при использовании минеральной ваты: 43–50% масс.  $\text{SiO}_2$ ; 10–25% масс.  $\text{CaO}$ ; 6–15% масс.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 6–16% масс.  $\text{MgO}$ ; 3–8% масс.  $\text{FeO}$ ; 1–3,5% масс.  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 0,5–3,5% масс.  $\text{TiO}_2$ ; 0,5–2% масс.  $\text{K}_2\text{O}$ ; менее 1% масс.  $\text{B}_2\text{O}_3$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;

б) при использовании стеклянной ваты: 55–70% масс.  $\text{SiO}_2$ ; 13–18% масс.  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 5–13% масс.  $\text{CaO}$ ; до 12% масс.  $\text{B}_2\text{O}_3$ ; до 7% масс.  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; до 5% масс.  $\text{MgO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; до 3% масс.  $\text{BaO}$ ; до 2,5% масс.  $\text{K}_2\text{O}$ ; до 1,5% масс.  $\text{F}_2$ ; до 0,5 % масс.  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  и  $\text{Li}_2\text{O}$ .

Пыль минеральной ваты относится к мелкодисперсному типу с размером частиц не более 10 мкм и скоростью осаждения в воздухе не более 1 см/с, характеризуется плохой всасываемостью в организме и возможностью длительно витать в воздухе рабочей зоны. Характерное для пыли минеральной и стеклянной ваты высокое содержание свободного диоксида кремния определяет повышенный уровень профессионального риска по фиброгенному эффекту для изолировщиков на термоизоляции оборудования и трубопроводов при длительном воздействии пылевого фактора. Пыль минеральной ваты может оказывать токсичное действие на клетки кровеносного русла организма, сердечно-сосудистой, органов дыхания, пищеварения, легочной систем, а также вызвать механическое раздражающее действие на верхние дыхательные пути, слизистую оболочку глаз и кожу. Кроме того, отрицательный заряд пылевых частиц способствует их задержанию в дыхательных путях, что увеличивает риск заболеваний [4–8].

В пробах воздуха рабочей зоны при работе с минеральной и стеклянной ватой выявляются соединения тяжёлых металлов: Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, содержание некоторых из них приведено в таблице 1.

Известно, что в основе токсического действия тяжелых металлов лежат их химические свойства, в первую очередь высокое сродство к SH-группам белков, процессы полидентатного связывания, а также реакции конкурентного замещения. Кроме того, универсальным механизмом токсического действия тяжёлых металлов является активация свободнорадикального и пероксидного окисления, повреждающего важнейшие молекулярные и надмолекулярные структуры белков, липидов и нуклеиновых кислот биологических мембранах. Основными патологическими процессами считают каталитическое или тормозящее воздействие на биохимические процессы, образование свободных радикалов, механическое разрушение клеток. Следовательно, у лиц при длительном аэрогенном воздействии на них мелкодисперсной пыли, содержащей соединения тяжёлых металлов, возможны нарушение проницаемости альвеолярного барьера и, как следствие, возникновение гипоксии, которая способствует увеличению риска патологии кардиореспираторной системы [4–8].

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в составе мелкодисперсной пыли минеральной ваты (мг/кг)

Тип минеральной ваты	Наименование металлов						
	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Mn
Плиты минераловатные жёсткие на синтетическом связующем ТШ 64-00295113-01:2011	110	165	345	20	78	465	50
Базальтовое тонкое волокно ТУ 64-16625423-01:07	70	136	408	16	69	625	200
Плита негорящая теплоизоляционная базальтовая ТШ 64-16625423-05:2004	50	133	< 1	15	59	1780	70

В результате проведенных исследований, на примере Филиала «Новополоцкое управление ОАО «Белтеплоизоляция», установлено, что условия труда при проведении теплоизоляционных работ с использованием изделий из минеральной и стеклянной ваты классифицируются как вредные 3 класса 2 степени; в воздухе рабочей зоны, у лиц занятых работами с использованием минеральных ват обнаружена мелкодисперсная пыль в виде твердых частиц в усредненной концентрации  $7,20 \text{ мг/м}^3$ , что превышает ПДК для минеральных волокон в 1,8 раза; в условиях рассчитанной пылевой нагрузки изолировщик на термоизоляции может проработать не более 13,8 лет; вероятность развития пневмокониоза у изолировщика на термоизоляции при работе с минеральной ватой на протяжении 5 лет с учетом среднесменной концентрации пыли  $7,20 \text{ мг/м}^3$  составляет 40%; риск утраты здоровья работающими занятыми на теплоизоляционных работах в контакте с минеральной ватой при использовании трехуровневой шкалы оценки значимости рисков, определён как «высокий». Показатели заболеваемости по классу болезней органов дыхания изолировщиков на термоизоляции превышают аналогичные значения в группе контроля по случаям и дням, что может быть обусловлено высоким уровнем загрязнения воздуха рабочей зоны пылью минеральной и стеклянной ваты. Расчет относительного риска и этиологической доли (по дням временной нетрудоспособности и по количеству болевших лиц) позволил подтвердить неблагоприятное влияние условий труда в основной группе на развитие заболеваний органов дыхания [1-4].

Интенсивность процессов выделения в воздух рабочей зоны мелкодисперсной пыли минеральной и стеклянной ваты зависит от этапа работ по тепловой изоляции, в частности, на этапе транспортировки и распаковки пакетов прошивных из минеральной ваты на работника воздействие пыли незначительно; на этапе замеров, подгонки и вырезки необходимой заготовки пакетов прошивных из минеральной ваты, образуется пыль в больших объемах т.к. при нарезании строительным ножом для теплоизоляционных материалов целостность структуры пакета нарушается и частицы минеральной и стеклянной ваты легко рассеиваются в воздухе рабочей зоны, попадая на специальную одежду работника, кожу и слизистые оболочки; на этапе монтажа теплоизоляционного материала из минеральной ваты и стекловолна изолировщик на термоизоляции переносит формованный материал на рабочую поверхность трубопровода или оборудования и укладывает его, закрепляя проволоочными кольцами - этот процесс характеризуется большим пылевыделением в воздух рабочей зоны мелкодисперсной пыли (по данным замеров, превышая ПДК в 4,2 раза); этап демонтажа старой тепловой изоляции при текущем ремонте трубопроводов и оборудования заключается во вскрытии кровного слоя тепловой изоляции и удалении старого теплоизоляционного слоя, который часто под воздействием высоких температур теряет свои свойства (целостность, влажность, сжимаемость, теплопроводность и др.). При демонтаже такой материал легко рассеивается в воздухе рабочей зоне в виде мелкодисперсной пыли сразу после вскрытия кровного слоя.

Разработан комплекс технических и организационных мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон с целью снижения влияния пылевой нагрузки в процессе производства теплоизоляционных работ, включающий следующие:

#### 1. технические меры:

- использование современных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами, с добавлением связующих веществ снижающих пылеобразование (жидкая изоляция; аэрогель-материалы; изоляционное покрытие в виде нано-краски, структурированного силикона и эвакуированных керамических микросфер и прочие);
- применение специальных увлажнителей или антипылящих растворов для предварительной обработки материалов;
- использование систем тонкодисперсного распыления воды в рабочих зонах для связывания частиц пыли в воздухе (создается 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);
- применение электроножей с вытяжкой пыли (таких как Bosch GSG 300 с системой пылеудаления Bosch GAS 35 l AFC – пылесосом с функцией автоматической фильтрации и очистки; Makita BJV180Z аккумуляторный лобзик 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, DeWalt DCS570B с пылесосом - эта беспроводная циркулярная пила может работать в сочетании с пылесосом для удаления пыли);

– установка мобильных вытяжных систем или локальной аспирации, которая удаляет пыль непосредственно на рабочем месте;

– использование респираторов с фильтрами класса P3 для защиты дыхательных. Респираторы с фильтрами класса P3 (примеры на рынке СИЗ: 3М 9332A+, Moldex 7000 Series, Honeywell 5321, Dräger X-plore 2330, Sundström SR 297, Moldex 8000 Series) способны задерживать более 99,9% частиц размером до 0,3 микронметра, что делает их эффективными в условиях работы с изоляционными материалами. В дополнение к респираторам, рекомендуется использовать одноразовую защитную одежду, изготовленную из материалов, устойчивых к проникновению пыли (таких как DuPont Tyvek 500 или 3М Protective Coverall 4510).

– 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 (к примеру, эффективен портативный анализатор пыли TSI DustTrak II которой может измерять концентрацию аэрозолей в воздухе в диапазоне от 0,001 до 150 мг/м<sup>3</sup>, либо Aeroqual Series 200/300);

## 2. организационные меры:

– совершенствование методики оценки рисков на предприятии с учетом оценки апостериорной составляющей профессионального риска по показателям заболеваемости работников;

– внедрение поведенческого аудита в процессы системы управления охраной труда на предприятии, которая позволит закрепить правильную модель поведения работника и скорректировать его опасное поведение, а также позволит выявить причинно-следственные связи выполнения работ с нарушением требований безопасности и оценивать эффективность деятельности по обеспечению охраны труда;

– проведение обучения и повышения квалификации персонала посредством проведения регулярных тренингов и семинаров; диалоговых площадок, регулярных встреч с руководством и специалистами по охране труда для обсуждения критических вопросов, касающихся безопасности труда. Организация экспертной площадки посредством фасилитаторов – это могут быть как эксперты внутри организации, так и приглашенные специалисты, которые помогут наладить коммуникации в области безопасности для всей 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, формирования высоких нравственных принципов, чувства долга и ответственности, создания в коллективе благоприятного социально-психологического климата.

Внедрение предлагаемого комплекса технических и организационных мер защиты изолировщиков на термоизоляции, контактирующих с аэрозолями искусственных минеральных волокон позволит снизить уровень профессионального риска, поддерживать безопасные условия труда в процессе производства теплоизоляционных работ и предотвратить развитие профессиональных заболеваний и производственно обусловленных заболеваний.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиеническая оценка условий труда изолировщика на термоизоляции с учетом пылевого фактора/ Зуева А.А., Булавка Ю.А. // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Минск, 18 апреля 2024 г. – Минск: УГЗ, 2024. – С.71-73.
2. Идентификация опасностей на рабочем месте изолировщика на термоизоляции с применением контрольного листа для наблюдений и собеседований / Зуева А. А., Булавка Ю. А./Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве сб. материалов международной заочной научно-практической конференции: Минск: УГЗ, 2024. –С. 107-112
3. Оценка профессионального риска для изолировщиков на термоизоляции технологических трубопроводов на территории НПЗ / А.А. Зуева, Ю.А. Булавка// Актуальные проблемы недропользования: тезисы докладов XX Всероссийской конференции-конкурса студентов выпускного курса и аспирантов. Санкт-Петербург– Том 1. - 2025. - С.249-252
4. Анализ влияния загрязнения окружающей среды аэрозолями искусственных минеральных волокон на состояние здоровья работающих при выполнении теплоизоляционных работ /Зуева А. А., Булавка Ю. А.//Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки, (4), 2024. С. 88-91. doi.org/10.52928/2070-1683-2024-39-4-88-91
5. Гутич, Е.А. Особенности заболеваемости и оценка профессионального риска здоровью работников, имеющих контакт с аэрозолями искусственных минеральных волокон/ Е.А. Гутич, Г.Е. Косяченко, С.И. Сычик // Анализ риска здоровью. - №4. – 2019. - С.113-118.
6. Brown, R.C. Alkaline earth silicate wools – A new generation of high temperature insulation/ R.C. Brown, P.T.C. Harrison//Regulatory Toxicology and Pharmacology. V.64, Issue 2, 2012, P.296-304 doi.org/10.1016/j.yrtph.2012.08.020
7. Копытенкова, О.И. Гигиеническая оценка условий труда в отдельных профессиях строительных организаций / Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш., Леванчук А.В., Мироненко О.В., Фролова Н.М., Сазонова А.М. // Гигиена и санитария. – 2018. – В. 97(12) – С. 1203–1209.
8. Копытенкова, О.И. Оценка риска ущерба для здоровья при воздействии мелкодисперсной пыли минеральной ваты / О.И. Копытенкова, А.В. Леванчук, З.Ш. Турсунов // Казанский медицинский журнал. – 2014. – Т. 95(4) : Гигиена труда. – С. 570–574.