



002442

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г. И. Носова»**

(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)
пр. Ленина, д. 38, г. Магнитогорск, Челябинская обл., 455000
Тел.: 8 (3519) 29-84-02; 8 (800) 100-19-34
E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>
ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437,
ИНН/КПП 7414002238/745601001

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
**«Nosov Magnitogorsk State
Technical University»**

(FSBEIHE «NMSTU»)
38, Lenin Street, Magnitogorsk, Chelyabinsk Region, 455000
Tel.: +7 3519 298 402; 8 (800) 100-19-34
E-mail: mgtu@magtu.ru; <http://www.magtu.ru>
OKPO 02069384, OGRN 1027402065437
INN/KPP 7414002238/745601001

25.05.2026

№ 69.03 - 1699

На/To № _____ от/dated _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной и
инновационной работе

Федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования

«Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»



О.Н. Тулупов

« 21 » мая 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Пернебека Бектура Пернебекулы на тему:
«Разработка мероприятий по повышению эффективности пылеподавления
тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле горно-металлургических
предприятий», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда»

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский
государственный технический университет им. Г.И. Носова» – рассмотрела
диссертационную работу Пернебека Бектура Пернебекулы, выполненную в
федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего
образования «Национальный исследовательский технологический университет
«МИСИС» под научным руководством доктора технических наук, профессора
Скопинцевой Ольги Васильевны.

Представленная Пернебеком Б.П. диссертация посвящена исследованию
проблемы улучшения условий труда работников углеподготовительных цехов
горно-металлургических предприятий по пылевому фактору за счет

целенаправленного уменьшения доли тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле и ставит своей целью установление зависимости коэффициента захвата пылевых частиц каплями жидкости от отношения размеров частицы и капли и условий смачивания в области минимальной эффективности пылеулавливания для обоснования рациональных параметров высоконапорного орошения.

Актуальность темы диссертации определяется тем, что технологические операции приема, разгрузки, транспортирования, дробления, дозирования и смешения угля сопровождаются интенсивным образованием пылевого аэрозоля. Наиболее опасной его частью являются респирабельные и торакальные фракции, способные длительно находиться во взвешенном состоянии, проникать в нижние отделы дыхательных путей и формировать риск профессиональных заболеваний пылевой этиологии. В диссертации обоснованно показано, что существующая практика оценки пылевой нагрузки, ориентированная преимущественно на массовую концентрацию пыли без учета дисперсного состава, может приводить к недооценке фактического профессионального риска заболеваний пылевой этиологии у работников горно-металлургических предприятий.

Для металлургических и коксохимических предприятий данная проблема имеет особое значение, поскольку вагоноопрокидыватели являются узлами залпового пылевыделения. При разгрузке угля пылевое облако формируется в короткий период, но затем сохраняется в объеме здания и может переноситься воздушными потоками в зоны нахождения персонала. Поэтому разработка мероприятий, направленных на снижение доли тонкодисперсных фракций, а не только на общее уменьшение запыленности воздуха, является актуальной и практически значимой задачей.

Поставленные задачи соответствуют цели исследования и охватывают анализ состояния проблемы, изучение дисперсного и физико-химического состава пыли, лабораторные исследования смачиваемости угольной пыли, расчет коэффициента захвата пылевых частиц каплями жидкости и разработку технических мероприятий по снижению доли тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле. Исходя из вышеизложенного, улучшение условий труда работников углеподготовительных цехов горно-металлургических предприятий по пылевому фактору за счет целенаправленного уменьшения доли тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле на основе усиления диффузионного механизма захвата пылевых частиц каплями жидкости при орошении с применением

раствора смачивателя является актуальной научной задачей, решение которой имеет важное значение для горно-металлургической отрасли.

Тема диссертации соответствует области исследований научной специальности 2.10.3 – «Безопасность труда» пункту 6.

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения; содержит 17 таблиц, 23 рисунка, список литературы из 97 наименований и 2 приложения.

Содержание диссертации включает исследование состояния вопроса, а также изложение и доказательство защищаемых научных положений.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации и степень ее разработанности, сформулированы цель, идея, задачи исследования, научные положения, научная новизна, научное и практическое значение работы, сведения об апробации и публикациях.

В первой главе выполнен анализ современного состояния условий труда по пылевому фактору и профессиональной заболеваемости пылевой этиологии на горно-металлургических предприятиях Российской Федерации и Республики Казахстан. Рассмотрены особенности образования аэрозолей преимущественно фиброгенного действия, существующие подходы к оценке условий труда, а также методы борьбы с пылью при погрузочно-разгрузочных работах с углем, коксом и угольной шихтой. Положительным является то, что автор рассматривает проблему не изолированно, а в связи с методикой оценки пылевой нагрузки и риском профессиональных заболеваний пылевой этиологии. Недостатком существующих методик является то, что влияние тонкодисперсных фракций PM_{2,5} и PM₁₀ рассматривается только косвенно, через общую массу пыли, без обязательного выделения этих фракций и оценки их специфического вклада в риск заболевания. Автор приходит к выводу, что существующие способы пылеподавления и пылеулавливания не всегда обеспечивают необходимую эффективность, особенно в области минимальной эффективности пылеулавливания (1-3 мкм), что вызывает необходимость разработки мероприятий по повышению коэффициента захвата пылевых частиц каплями жидкости при высоконапорном орошении.

Во второй главе приведены результаты исследования запыленности и дисперсного состава пылевого аэрозоля при погрузочно-разгрузочных работах на коксохимическом заводе АО «Qarmet». Автором рассмотрены технологические процессы коксохимического производства, определены зоны интенсивного пылеобразования, проанализирован дисперсный состав пыли в области вагоноопрокидывания. Размеры пыли, витающей в здании вагоноопрокидывателя,

представлены в диапазоне частиц от 0,1 мкм до 22,5 мкм с модой 3-4 мкм. Содержание респираторной пыли размером до 7,5 мкм составляет до 95%. Выявление высокой доли респираторной пыли в пылевом аэрозоле, образующемся при разгрузке угля, подтверждает необходимость приоритетного воздействия на тонкодисперсную фракцию.

В третьей главе представлены лабораторные исследования по смачиваемости угольной пыли, элементному составу образцов угля, морфологии поверхностей пылевых частиц, процессу седиментации и коэффициенту захвата пыли жидкостью. Использование сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного анализа, лазерной микроскопии и расчетных зависимостей позволяет рассматривать полученные результаты как комплексные. Особый интерес представляет установление связи между свойствами угля, концентрацией смачивателя и параметрами осаждения тонкодисперсных частиц. Установлено, что для размеров пыли от 1 до 3 мкм наблюдается область минимальной эффективности улавливания, связанная с переходом между доминирующими механизмами: с броуновской диффузии на инерционное соударение. Для частицы пыли размером 2,5 мкм для эффективного пылеулавливания отношение диаметра пыли к диаметру капли не должно превышать 2. Для частицы пыли диаметром 10 мкм это соотношение равно 4-5. Применение смачивателя СП-01 расширяет диапазон эффективного пылеулавливания с 2 до 20 раз.

В четвертой главе разработаны мероприятия по повышению эффективности пылеподавления тонкодисперсных фракций в зданиях вагоноопрокидывателей. Приведены рекомендации по применению тонкодисперсного тумана, использованию смачивателя СП-01, выбору параметров орошения и учету фракций РМ10 и РМ2,5 при оценке пылевой нагрузки на работников. Для уменьшения доли респираторной фракции пыли рекомендуется создавать туман при следующих параметрах орошения: расход воды на 1 м³ очищаемого воздуха 0,5-1 л, концентрации смачивателя СП-01 0,1%, давление водовоздушной смеси 4-5 МПа. Рекомендуется создавать размер капель 10 мкм, расстояние между форсунками ≤1 м. Эффективность пылеподавления может быть повышена при увеличении расхода воды до 0,5-1,5 л/м³ и применения смачивателя СП-01 0,1%. Практическая направленность результатов исследований усиливает прикладную ценность диссертации.

В приложениях представлена методика оценки пылевой нагрузки на органы дыхания рабочих горно-металлургических предприятий на основе учета дисперсного состава пылевого аэрозоля и акт внедрения результатов работы.

В целом в диссертации дается обоснование выводам, которые целиком и полностью соответствуют задачам, поставленным в работе, и доказательству защищаемых научных положений.

Полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

Основные выводы и рекомендации диссертации в достаточной мере отражены в 7 публикациях, в том числе 5 – в изданиях, индексируемых в Scopus, 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России.

Новизна основных научных результатов и их значимость для науки и практики

Научная новизна работы заключается в следующем:

- установлена зависимость атомного отношения кислорода к углероду в угле от его влажности, зольности, выхода летучих веществ, марки;
- доказано, что применения 0,1% раствора смачивателя СП-01 позволяет снизить время седиментации респираторной и торакальной фракций пыли - до 2,4 раз, грубой – до 3,4 раз (по сравнению с концентрацией 0,05%);
- установлена зависимость коэффициента захвата пылевых частиц каплями жидкости от отношения размеров частицы и капли и условий смачивания.

Научное значение работы заключается в обосновании рациональных параметров пылеподавления при разгрузке угля вагоноопрокидывателями, обеспечивающих наиболее значительный эффект в области минимальной эффективности улавливания (1-3 мкм), что способствует улучшению условий труда по пылевому фактору.

Практическая значимость исследований состоит в разработке рекомендаций по определению рациональных параметров пылеподавления на угольных и коксохимических предприятиях по снижению PM_{2.5} и PM₁₀, а также в разработке методики оценки пылевой нагрузки на органы дыхания рабочих горно-металлургических предприятий на основе учета дисперсного состава пылевого аэрозоля с целью улучшения условий труда горнорабочих и снижения риска профессиональных заболеваний.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются: значительным объемом теоретических и лабораторных исследований, использованием методов теории вероятностей и математической статистики, применением апробируемых методик и современного оборудования по электронно-сканирующей микроскопии JSM-7600F с системой

микроанализа (ЭДС) производства OXFORD и программным обеспечением AZTEC, лазерной микроскопии для получения результатов исследований.

Язык и стиль изложения материала

Материалы исследований изложены логически последовательно, четким и ясным стилем, в каждом разделе диссертации приводятся выводы. Результаты исследований информативно представлены в форме таблиц и иллюстраций, текст диссертации оформлен в соответствии с требованиями ВАК.

Соответствие содержания автореферата и диссертации

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Результаты диссертации рекомендуется использовать при разработке и модернизации систем гидрообеспыливания и туманообразования в зданиях вагоноопрокидывателей коксохимических и металлургических предприятий; при выборе концентраций смачивателя и параметров орошения с учетом марки угля, его зольности, выхода летучих веществ, влажности и элементного состава органической массы.

Разработанная автором методика оценки пылевой нагрузки на органы дыхания рабочих горно-металлургических предприятий на основе учета дисперсного состава пылевого аэрозоля может использоваться при транспортировке угля, погрузочно-разгрузочных работах, производственных операциях на обогатительных фабриках, угольных шахтах, угольных портовых комплексах, коксохимических заводах, в учебных программах профильных вузов, в деятельности Ростехнадзора РФ, Министерства труда и Роспотребнадзора РФ.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе можно высказать следующие замечания и рекомендации:

1. В работе показана высокая доля респирабельной пыли в зоне вагоноопрокидывателя. Возникает вопрос о репрезентативности отобранных проб для различных режимов работы коксохимического производства и различных сезонных условий.
2. При обосновании применения смачивателя СП-01 желательно более подробно сопоставить его эффективность с другими применяемыми в промышленности смачивателями по критериям поверхностного натяжения, коррозионного влияния, технологичности дозирования и стоимости эксплуатации.

3. В методике оценки пылевой нагрузки с учетом PM10 и PM2,5 предложены дополнительные коэффициенты, однако для промышленного внедрения желательно расширить раздел валидации методики по данным длительного персонального мониторинга работников различных профессий.
4. В диссертации представлены технические мероприятия по снижению тонкодисперсной пыли, однако технико-экономическая часть могла бы быть усилена расчетом затрат на внедрение, эксплуатационных расходов, ожидаемого срока окупаемости и сравнением с традиционными аспирационными решениями.
5. В диссертации не содержится сведений о периодичности, времени защитного действия, трудозатратах предложенных соискателем мероприятий для уменьшения доли респиральной фракции пыли при создании тумана с представленными автором параметрами орошения.

Указанные замечания имеют рекомендательный характер, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не влияют на достоверность основных научных положений, выводов и практических рекомендаций.

Заключение

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой изложено решение актуальной для горно-металлургической отрасли задачи снижения запыленности воздуха в углеподготовительных цехах коксохимических заводов путем использования высоконапорного гидрообеспыливания с использованием туманообразователей на основе установленных зависимостей скорости седиментации частиц угольной пыли от концентрации смачивателя СП-01 и зависимостей коэффициента захвата тонкодисперсных фракций пыли жидкостью с целью улучшения условий труда работников горно-металлургических предприятий.

Диссертационная работа «Разработка мероприятий по повышению эффективности пылеподавления тонкодисперсных фракций в пылевом аэрозоле горно-металлургических предприятий» соответствует требованиям, изложенным в п. 2 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС» и предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Пернебек Бектур Пернебекулы, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда».

Диссертационная работа и отзыв рассмотрены и одобрены на заседании кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, протокол № 13 от 21 мая 2026 г.

Заведующий кафедрой
промышленной экологии и
безопасности жизнедеятельности

Сомова Ю.В.

E-mail: yuliya.somova.82@mail.ru

Адрес: 455000, Российская Федерация, Челябинская область, г. Магнитогорск, пр-кт Ленина, д. 38.

Подпись к.т.н., доцента

Зав. кафедрой ПЭиБЖД Сомовой Ю.В.

заверяю



Контакты ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Адрес: 455000, Российская Федерация, Челябинская область, г. Магнитогорск, пр-кт Ленина, д. 38.

Тел.: +7 (3519) 29-84-02

E-mail: mgtu@magtu.ru