

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по науке и инновациям
Федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский
технологический университет

«МИСИС», д.т.н., профессор

Филонов М.Р.



» _____ 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» на диссертационную работу Степанцовой Анастасии Юрьевны **«Обоснование безопасных условий эксплуатации закрытых угольных складов по газовому и пылевому факторам»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда».

На рецензию представлена рукопись диссертационной работы полным объемом 127 страниц машинописного текста, в том числе 52 рисунка, 10 таблиц, 3 приложения и список литературы из 110 наименований. Работа содержит введение, 4 основных раздела и заключение.

1. Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Степанцовой А.Ю. посвящена изучению закономерностей аэродинамических процессов пылевоздушных смесей в закрытых угольных складах для обеспечения безопасных условий их эксплуатации.

ОТЗЫВ

Угольная промышленность представляет собой стратегически важный сектор российской экономики, охватывающий весь производственный цикл от добычи до реализации продукции и активно расширяющий свой экспортный потенциал.

Постоянно растущие объемы добычи и увеличивающийся спрос на угольную продукцию обуславливают необходимость создания надежных мест для временного хранения угольной продукции перед отправкой её потребителю. Широкое использование открытых угольных складов сопряжено с рядом проблем, включающих интенсивное пылеобразование при погрузо-разгрузочных операциях, негативное воздействие на здоровье персонала и экологическое состояние прилегающих территорий, а также ухудшение качества угля под влиянием атмосферных факторов, что приводит к снижению его энергетической ценности и потребительских свойств. Альтернативой открытым являются закрытые склады, которые позволяют устранить указанные выше недостатки. Однако, их эксплуатация инициирует новые технологические проблемы, определяемые необходимостью контроля концентрации метана и угольной пыли в воздушной среде, предотвращения образования взрывоопасных метановоздушных смесей из-за выделения газа из угольной массы, организацией вентиляции и аспирации.

Решение этих задач требует комплексного подхода, включающего современные методы мониторинга параметров воздушной среды, автоматизацию технологических процессов и применение специализированного оборудования, что в конечном итоге позволит обеспечить безопасные и экономически эффективные условия хранения угольного сырья при переходе на закрытые складские системы.

Представленное автором исследование направлено на решение этих актуальных задач, что соответствует стратегическим приоритетам развития угольной промышленности России и современным требованиям к организации производственных процессов.

2. Научная новизна диссертации

При выполнении диссертационной работы, автором был проведен комплексный анализ состояния аэродинамических процессов, определяющих формирование полей концентрации газа и пыли в свободном объеме закрытых угольных складов и определяющих условия превышения допустимых значений концентраций метана и пыли в воздухе рабочей зоны. На основе экспериментальных и теоретических исследований установлена зависимость между концентрацией метана в объеме угольного склада и количеством воздуха, требуемого для обеспечения безопасных условий эксплуатации закрытого склада угля. В работе применялись современные методы моделирования. Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 2.10.3. Безопасность труда по следующим пунктам:

1. Разработка научных основ создания и функционирования систем и методов мониторинга, контроля, оценка и прогнозирования опасных и вредных факторов производства, способов и средств локализации и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций.

2. Научное обоснование, конструирование, установление области рационального применения и оптимизация способов, систем и средств коллективной и индивидуальной защиты работников от воздействия вредных и опасных факторов, разработка технических средств защиты людей от различных поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Научная достоверность и обоснованность научных положений и выводов диссертации Степанцовой А.Ю. подтверждается комплексным анализом данных по вопросам складирования угольного сырья, выявленными закономерностями формирования газопылевых скоплений в закрытых угольных складах, которые логично завершены предлагаемыми методами их проветривания для обеспечения безопасных условий эксплуатации.

Использованием математических моделей, основанных на классических уравнениях газо- и массопереноса, непротиворечивостью результатов моделирования аналогичным данным других авторов.

В представленной работе на защиту вынесено три научных положения, в которых раскрыты механизмы обеспечения безопасности закрытых угольных складов.

В первой и четвертой главах диссертационного исследования обосновано первое научное положение, посвященное анализу опасных факторов в закрытых угольных складах. Основными источниками риска при этом являются два взаимосвязанных процесса: выделение метана из угольных масс и образование угольной пыли при погрузочно-разгрузочных операциях. Автором разработана оригинальная концепция газообмена, учитывающая различные условия взаимодействия угля с воздушной средой - как при транспортировке, так и при хранении в замкнутом пространстве склада. На этой основе создана двухстадийная расчетная методика, позволяющая: 1) прогнозировать динамику метановыделения в зависимости от исходной метаноносности угля, продолжительности хранения и температурных условий; 2) определять оптимальные параметры воздухообмена для поддержания безопасной концентрации метана ниже 1%. Особое значение имеет анализ комплексного влияния вентиляции, где увеличение скорости воздушного потока, с одной стороны, способствует снижению концентрации метана, а с другой - приводит к повышенному пылевыведению и перераспределению пылевых частиц в объеме склада. Полученные результаты подчеркивают необходимость внедрения систем непрерывного мониторинга газопылевой обстановки и разработки адаптивных алгоритмов управления аэрогазодинамическими процессами, что позволит обеспечить безопасную эксплуатацию закрытых угольных складов без ущерба для их экономической эффективности.

Второе защищаемое положение диссертации, раскрытое во второй и третьей главах, представляет результаты комплексного исследования

диффузионных свойств углей Кузнецкого бассейна. В основе работы лежит усовершенствованная методика, сочетающая экспериментальные термогравиметрические измерения с аналитическим моделированием диффузионных процессов в угольных частицах сферической формы. Экспериментальная часть исследования включала серию измерений динамики десорбции метана при различных температурах с использованием стандартизированного оборудования, что позволило определить эффективные коэффициенты диффузии исследуемых углей, необходимые для прогноза газовыделения.

Особую научную ценность представляет разработанный автором метод расчета эквивалентного коэффициента диффузии, учитывающий два принципиально разных механизма массопереноса: во-первых, диффузию метана внутри угольных частиц, характеризующуюся эффективным коэффициентом диффузии метана из угля и зависящую от пористости и фракционного состава угля; во-вторых, перенос газа через систему воздушных прослоев между частицами, описываемый коэффициентом диффузии метана в воздухе. Такой комплексный подход позволил существенно повысить точность прогнозирования газовыделения и разработать практические рекомендации по оптимизации систем вентиляции для различных типов угольных складов с учетом специфики хранимых марок угля.

В ходе исследования разработана комплексная методика оценки динамики газовыделения при транспортировке и хранении угля в закрытых складах, представленная в четвертой главе диссертации в рамках третьего научного положения. Методика основана на интеграции экспериментальных данных с теоретическими моделями массопереноса и подтверждена компьютерным моделированием аэрогазодинамических процессов, показавшим высокую степень соответствия с аналитическими расчетами (максимальное расхождение 6%). Особое внимание уделено анализу пылевой обстановки, результаты которого демонстрируют, что при соблюдении расчетных параметров вентиляции, обеспечивающих контроль метановой

концентрации ниже 1%, одновременно достигается и поддержание уровня запыленности в пределах ПДК. Ключевым достижением стало установление взаимосвязи между режимами вентиляции и параметрами воздушной среды: с одной стороны, метаноносность угля и скорость воздухообмена определяют газовый режим, с другой - контроль скорости воздушного потока позволяет оптимизировать пылевую обстановку. Разработанный подход обеспечивает расчет вентиляционных параметров и комплексное решение вопросов безопасности, что подтверждено успешным внедрением.

4. Научные результаты, их ценность

В рамках проведенного соискателем научного исследования были получены следующие результаты, обладающие научной новизной и ценностью:

- разработана математическая модель аэрогазодинамических процессов в системе насыпной объем угля – воздушная среда;
- предложен усовершенствованный метод определения эффективного коэффициента диффузии метана в угольных отдельностях, включающий сочетанное использование термогравитометрического метода с последующим сопоставлением данных экспериментальных измерений с аналитическими зависимостями, характеризующими поток метана с поверхности угольной отдельности, имеющей сферическую форму;
- для оценки динамики газообмена угольной массы с атмосферным воздухом предложен подход, основанный на использовании двух взаимосвязанных итераций, определяющих как формирование концентрационных полей метана в воздушном пространстве насыпного объема, так и величины метановыделения с поверхности штабеля.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

В ходе проведенного исследования автором разработана и верифицирована комплексная математическая модель, описывающая

формирование полей концентрации метана в насыпных угольных массах. Данная модель уникальным образом учитывает два параллельных процесса газопереноса: молекулярную диффузию внутри угольных частиц и конвективно-диффузионный перенос через систему воздушных прослоев между частицами. На основе этой модели создана методика оценки содержания метана с учётом критических факторов: температурных условий эксплуатации, продолжительности транспортировки и исходной метаноносности угля.

Практическая реализация научных результатов воплощена в специализированном программном обеспечении (свидетельство о госрегистрации №2023684677 от 17.11.2023).

Полученные результаты имеют важное прикладное значение для совершенствования технологий складирования угля и разработки современных нормативов промышленной безопасности.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Проведённое Степанцовой А.Ю. исследование вносит существенный вклад в развитие современных систем управления промышленной безопасностью и охраной труда. Полученные научные результаты имеют важное практическое значение для угольной отрасли, поскольку позволяют:

1. Прогнозировать с высокой точностью:
 - динамику изменения газопылевой обстановки;
 - формирование взрывоопасных концентраций.
2. Оптимизировать:
 - параметры систем вентиляции;
 - режимы складирования угля различных марок;
 - технологические процессы перегрузки.
3. Разрабатывать:
 - превентивные меры безопасности;
 - локальные нормативные документы;

- автоматизированные системы мониторинга.

Установленные закономерности особенно важны для проектирования новых складских комплексов, а также модернизации действующих объектов.

7. Структура и содержание работы

Диссертационная работа имеет традиционную структуру, состоит из введения, 4 глав, заключения, 3 приложений и списка использованной литературы. Работа изложена на 127 страницах, результаты диссертационной работы иллюстрированы 52 рисунками, 10 таблицами и 3 приложениями, что облегчает понимание и восприятие материала. Библиографический указатель включает 110 работ цитируемых авторов, включая отечественные и иностранные источники. Выводы, сделанные автором на основании результатов проведенного исследования, четко сформированы и обоснованы, логично вытекают из представленного материала, полностью отражают содержание диссертации и соответствуют поставленным задачам.

8. Публикации по теме диссертации и апробация

Основные результаты исследования изложены в 10 научных работах, в том числе 4 – в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, а также получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Основные положения докладывались на Международных научных симпозиумах «Неделя горняка» (г. Москва, 2023, 2024 гг.); на Международных форум-конкурсах студентов и молодых ученых «Актуальные проблемы недропользования» (г. Санкт-Петербург, 2023, 2024 гг.); на Всероссийской научной конференции (с международным участием) «Промышленная безопасность и охрана труда» (г. Санкт-Петербург, 2023 г.), на научно-практической конференции «Метан угольных пластов» (г. Кемерово, 2024 г.).

9. По диссертации имеются следующие замечания:

1. На стр. 24 диссертации при западном направлении ветра отмечено, что «наиболее подвержены пылевому фактору юго-западные территории» видимо техническая ошибка – это должны быть восточные территории, что и соответствует приведенному рисунку.
2. В разделе 1.3 (стр. 27) при оценке концентрации пыли в объеме закрытого склада использована Отраслевая методика [23], которая разработана для открытых складов.
3. Не корректно даны определения параметров, характеризующих подвижность сыпучих тел (стр. 38, угол внутреннего трения, угол обрушения).
4. В разделе 2.3 в качестве элементарного объема угля используется кубическая форма, а в дальнейшем исследовании - сферическая, при этом в формуле (2.3.6) не соблюдается размерность.
5. Выводы по главе 2 п. 2, 3, 6 известны и не являются результатом данной работы.
6. При оценке изменения концентрации метана в насыпном объеме угля от продолжительности его транспортирования не учитывается газообмен с окружающей средой.
7. При оценке расхода воздуха для проветривания закрытого склада (стр. 85-86) необходимо указать и количество складированного угля, что относится и к выводу по главе 4 п.3.

Указанные замечания по работе не снижают ее значимость, актуальность и научную ценность полученных результатов диссертации Степанцовой А.Ю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Степанцовой Анастасии Юрьевны «Обоснование безопасных условий эксплуатации закрытых угольных складов по газовому и пылевому факторам» является законченной научно-квалификационной работой, содержит новые решения актуальной научно-практической задачи обеспечение безопасных условий эксплуатации закрытых угольных складов.

Диссертация Степанцовой А.Ю. написана грамотным техническим языком, обладает внутренней целостностью, определяемой последовательностью изложения защищаемых научных положений. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы. Научная новизна, достоверность и объективность материалов исследования, практическая значимость полученных результатов позволяют считать, что диссертационная работа Степанцовой Анастасии Юрьевны полностью соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета Екатерины II от 20.05.2021 № 953 адм..

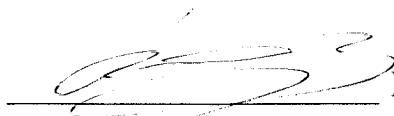
Степанцова Анастасия Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 Безопасность труда.

Отзыв о научно-практической значимости диссертации Степанцовой А.Ю. на тему «Обоснование безопасных условий эксплуатации закрытых угольных складов по газовому и пылевому факторам» обсужден на заседании кафедры Безопасности и экологии горного производства (БЭГП) «20» мая 2025 года (протокол № 10) Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Председатель

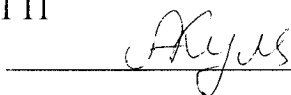
Зав. каф. БЭГП



Коликов Константин Сергеевич

Секретарь

Ст. преп. каф. БЭГП



Куликова Александра Анатольевна

Подпись К.С. председателя заседания и Куликовой А.А. секретаря



Заседания заседания

И.О. КАЛИКОВ

Куликова

отдела кадров



И.В. Масленикова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Почтовый адрес: 119049, Москва, Ленинский пр-т, д. 4, стр. 1.

Официальный сайт в сети Интернет: <https://misis.ru>

эл. почта: kancela@misis.ru телефон: +7 495 955-00-32