

О Т З Ы В

**официального оппонента, доктора технических наук,
профессора Фомина Анатолия Иосифовича на диссертацию
Степанцовой Анастасии Юрьевны на тему: «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**

Диссертация Степанцовой А.Ю. изложена на 127 страницах машинописного текста, содержит 52 рисунка и 10 таблиц, состоит из оглавления, введения, четырёх глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, включающего 110 наименований и 3 приложения.

Диссертация Степанцовой А.Ю. написана грамотным техническим языком, использующим общепринятую терминологию, стиль изложения четкий, ясный и логичный, диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ. Работа обладает внутренней целостностью, выраженной в последовательном изложении защищаемых научных положений.

1. Актуальность темы диссертации

Российская угольная промышленность входит в число ведущих экспортно-ориентированных отраслей, занимая лидирующую позицию по объёмам выручки после нефтегазового комплекса и металлургического производства. Помимо существенного вклада в экономику страны, угольная отрасль имеет важное социальное значение, создавая рабочие места в шахтёрских городах и посёлках. Не теряет своей актуальности и энергетическая функция угля – этот ресурс продолжает активно использоваться в качестве топлива для электростанций и котельных по всей России.

Ежегодный рост объемов добычи и потребления угля определяет необходимость в создании эффективных систем его временного хранения как на территории угольных шахт и перерабатывающих заводов, так и специально созданных складских комплексах – терминалах, призванных обеспечить бесперебойную логистику угледобывающей отрасли.

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-108 от 23.05.25
А У У С

В настоящее время преобладающим методом хранения угля является открытый, при котором уголь складывается на открытой территории. Однако, в связи со значительной экологической нагрузкой на персонал, обслуживающий открытые склады, и окружающую среду в последние годы все больший интерес представляют закрытые угольные склады. При очевидной экологической привлекательности этих складов их широкое использование осложняется возможностью формирования внутри закрытого помещения неблагоприятной газовой обстановки, связанной с выделением из складываемого угля метана, оставшегося в угольных отделиностях после извлечения угля на поверхность, а также пылевой обстановки, возникающей в ходе измельчения угля, преимущественно, от погрузочно-разгрузочных работ.

Несмотря на ограниченное распространение в настоящее время, закрытые угольные склады обладают значительным потенциалом для расширения сферы применения. Это особенно актуально в свете ужесточающихся экологических норм и требований промышленной безопасности. Грамотно организованная система закрытого хранения угля обеспечивает целый ряд преимуществ: гарантирует стабильность поставок сырья, позволяет дифференцированно удовлетворять спрос на уголь различного качества и существенно снижает экологическую нагрузку на окружающую среду.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна полученных в диссертации результатов и выводов заключается в следующем:

1. Установлены закономерности формирования полей концентрации газа и пыли в свободном пространстве закрытых угольных складов, определяющие условия достижения допустимых значений концентраций метана и пыли в воздухе рабочей зоны.

2. Выявлена зависимость между концентрацией метана в объеме угольного склада и количеством воздуха в складе, требуемом для обеспечения безопасных условий эксплуатации закрытого склада угля.

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

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов по диссертации Степанцовой А.Ю. подтверждаются обширным объемом исследованной информации о способах складирования угольного сырья, механизмах формирования полей концентрации газа и пыли в свободном пространстве закрытых угольных складов, а также способах проветривания в закрытых угольных складах.

В представленной диссертации Степанцова А.Ю. выносит на защиту 3 научных положения.

Обоснование первого защищаемого положения представлено в первой и четвертой главах диссертации, где автор приводит обоснование возможности возникновения опасной обстановки в закрытом складе, основными факторами риска которой выступают выделение метана и образование угольной пыли с поверхности угольных штабелей в замкнутое пространство склада.

Автором предложен механизм газообмена насыпного объема угля с воздухом (атмосферным при транспортировке или складским при хранении), на основе которого разработана двухстадийная методики расчёта выделения метана из насыпного объема и его газосодержания на различных этапах, что позволяет связать продолжительность складирования и метаноносность угля после транспортировки с концентрацией метана в период хранения угля на складе. Кроме того, расход воздуха, необходимый для поддержания концентрации метана в закрытом складе менее 1%, зависящий, в большей степени, от метаноносности угля перед его погрузкой на склад, в то же время, обуславливает количество взмываемой пыли с поверхности штабеля и ее распространение по складу, определяемая скоростью движения воздушного потока. Данные факторы доказывают необходимость мониторинга и управления в период хранения угля аэрогазотермодинамическими процессами.

Второе защищаемое положение раскрывается во второй и третьей главах диссертации, где приведены результаты экспериментальных исследований по определению эффективного коэффициента диффузии метана из угля на основе

термогравиметрического метода, с помощью которого представляется возможность дальнейшей оценки изменения газосодержания в угле.

Автором предложен усовершенствованный метод определения эффективного коэффициента диффузии метана в угольных отдельностях, включающий сочетанное использование термогравиметрического метода с последующим сопоставлением данных экспериментальных измерений с аналитическими зависимостями, характеризующими поток метана с поверхности угольной отдельности, имеющей сферическую форму. На основе полученных экспериментальных данных определены эффективные коэффициенты диффузии метана из угля для различных марок углей Кузнецкого угольного бассейна, характеризующие скорость десорбции при различных температурах окружающей среды.

Описанная автором во 2 главе диссертации методика расчета эквивалентного коэффициента диффузии, определяющая выделение метана из насыпного объёма угля в воздушную среду, обоснована необходимостью учета двух механизмов массопереноса: первый – заполнение воздушных пустот между кусками угля (угольными отдельностями), который определяется эффективным коэффициентом диффузии; второй – движение метана по связанным между собой воздушным пустотам, описываемым коэффициентом диффузии метана в воздухе.

Полученные на основе экспериментальных и теоретических исследований данные позволили разработать методику оценки содержания метана в угле в период его транспортирования и непосредственного хранения в закрытом угольном складе (глава 4 диссертации). Проведенное автором компьютерное моделирование аэрогазодинамических процессов в воздушном пространстве закрытого угольного склада показали удовлетворительное совпадение данных с результатами аналитических расчетов (расхождение 6%), что подтверждает достоверность полученных аналитических данных.

Результаты оценки запыленности воздуха в условиях закрытого угольного склада свидетельствуют, что при соблюдении расчетных параметров вентиляции, требуемых для контроля газовой среды, образующаяся при

движении воздуха пыль не создает превышения предельно допустимых концентраций. Это подтверждает возможность одновременного обеспечения как газобезопасности, так и приемлемого уровня запыленности на объекте.

В представленной соискателем работе доказано, что безопасность закрытого угольного склада по газовому и пылевому факторам связана с рациональным выбором количества воздуха, подаваемого в склад для разбавления концентраций метана, с одновременным учетом скорости движения воздуха в складе, приводящего к интенсификации пыления от угольного штабеля. Достоверность проведенного Степанцовой А.Ю. исследования подтверждается комплексным подходом, включающим экспериментальные измерения по стандартизированным методикам с применением сертифицированного оборудования, теоретическое моделирование на базе фундаментальных уравнений газомассопереноса с использованием современных программных комплексов, а также верификацию результатов через их сопоставление с теоретическими расчетами и данными других исследований. Полученные данные демонстрируют высокую степень согласованности между результатами моделирования, экспериментальными измерениями и известными научными данными, что подтверждает надежность и объективность представленных выводов.

4. Научные результаты, их ценность

К числу полученных соискателем существенных результатов, обладающих научной ценностью, можно отнести развитие теории и инструментария по комплексной оценке пылевой и газовой обстановке в закрытом угольном складе.

В частности, разработанная методика расчета остаточной концентрации метана в насыпном объеме угля в зависимости от температуры окружающей среды и времени транспортирования угля на закрытый склад позволяет оценить метаносодержание в угле на каждом этапе для заблаговременного прогнозирования возможного образования взрывоопасной метановой обстановки.

Результаты диссертационного исследования Степанцовой А.Ю. в

достаточной степени освещены в 10 печатных работах, в том числе в 4 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, в 2 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus). Публикации в полной мере раскрывают содержание диссертационной работы.

Полученные результаты также были представлены и обсуждены на научных семинарах и симпозиумах, научно-практических конференциях и международных форум-конкурсах.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации Степанцовой А.Ю. заключается в разработке математической модели формирования полей концентрации метана в насыпных объемах угля, учитывающей диффузионные процессы в угольных отдельностях и воздушных пустотах, а также методики расчета концентрации метана, содержащегося в насыпном объеме угля в процессе его хранения на складах закрытого типа.

Результаты и рекомендации диссертационной работы Степанцовой А.Ю. приняты к внедрению при проектировании мероприятий по повышению безопасности угольных закрытых складов.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные Степанцовой А.Ю. научные результаты и вводы по диссертации вносят вклад в современное развитие системы управления охраной труда и могут использоваться при проведении научно-исследовательских работ в области безопасности труда. Установленные закономерности формирования пылевой и газовой обстановки в закрытых угольных складах позволят заблаговременно спрогнозировать возможность возникновения аварийной ситуации, связанной с превышением предельно-допустимой концентрации в воздушном пространстве закрытого склада метана и угольной пыли.

7. Замечания и вопросы по работе

1. В представленном диссертационном исследовании анализ пылевой обстановки в закрытых угольных складах получил менее детальную проработку по сравнению с изучением газового фактора (метановыделения). Для комплексной оценки условий эксплуатации складов рекомендуется расширить исследования в части изучения факторов пылеобразования: влияние абсолютной и относительной влажности угля разных марок, зависимость интенсивности пылевых выделений от гранулометрического состава, временная динамика изменения влажности складываемого угля.

2. Предложенная автором методика оценки пылевых выделений от технологических операций по погрузке и разгрузке угля, а также с учётом пыления с поверхности штабеля, приведенная на странице 27 в формуле 1.3.1 диссертации, учитывает одновременно механизм погрузки и разгрузки угля. Насколько актуальна и возможна такая ситуация на практике?

3. На странице 29 диссертации не вполне ясно о чем конкретно автор хотел сказать. Так, в фразе «В таблице 1.3.2 приведены значения максимальной природной метаноносности некоторых угольных пластов Кузбасса.» говорится про угольные пласты, а в таблице 1.3.2. указаны месторождения.

4. В ходе проведенного исследования автором не был в полной мере учтен важный аспект изменения гранулометрического состава угля при транспортировке и пересыпке. В процессе механического воздействия происходит неизбежное измельчение угольных конкреций, что существенно влияет на последующее пылеобразование в условиях закрытого склада. Для комплексной оценки данного фактора необходимо разработать компьютерную модель, учитывающую динамику разрушения угольных частиц при различных технологических операциях. Модель должна включать параметры высоты пересыпки, начальной фракции материала, углов падения, а также физико-механических характеристик угля (прочность, влажность, структуру).

5. В диссертационной работе при проведении экспериментальных исследований были использованы угли различных марок Кузнецкого угольного бассейна, но отсутствует детальный анализ влияния их физико-химических

свойств (например, зольности, плотности) на процессы метановыделения и пылеобразования. Рекомендуется расширить исследование в этом направлении.

6. В представленном исследовании основное внимание уделено анализу процессов, происходящих в относительно коротком временном интервале (не превышающем 15 суток). Однако при длительном складировании угля (от нескольких недель до месяцев) наблюдаются существенные изменения его физико-химических характеристик, требующие отдельного рассмотрения. В частности, необходимо учитывать процессы постепенного окисления угля, которые снижают его энергетическую ценность и увеличивают склонность к самовозгоранию. Такое расширение временных рамок исследования позволит получить более полное представление о поведении угля в условиях закрытого хранения и разработать эффективные решения для различных сроков складирования.

7. Проведенное исследование не в полной мере учитывает комплекс побочных эффектов, возникающих при интенсивном проветривании закрытых угольных складов. В частности, требуют детального изучения два ключевых аспекта: процесс пересушивания угля и связанные с ним изменения качества продукции, а также повышение электростатической опасности при движении пылевоздушных потоков. Требуется дополнительный анализ сопутствующих рисков.

Отмеченные в отзыве недостатки не являются принципиальными и не снижают в целом научного значения выполненного диссертационного исследования и не влияют на положительную оценку диссертационной работы, а носят рекомендательный характер для дальнейших исследований автором по данной теме.

8. Заключение по диссертации

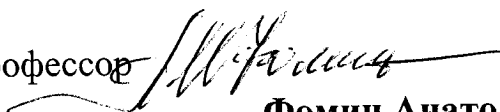
Диссертация Степанцовой Анастасии Юрьевны на тему: «Обоснование безопасных условий эксплуатации закрытых угольных складов по газовому и пылевому факторам», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 Безопасности труда полностью отвечает требованиям раздела 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, а ее автор Степанцова Анастасия Юрьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 Безопасность труда.

Официальный оппонент:

Профессор кафедры аэрологии,
охраны труда и природы федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Кузбасский
государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

доктор технических наук, профессор



Фомин Анатолий Иосифович

Сведения об официальном оппоненте:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Почтовый адрес: 650002, Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Институтская, д. 3

Официальный сайт в сети Интернет: kuzstu.ru

эл. почта: fai.aotp@kusgtu.ru телефон: 8 (903) 943-88-19



Савкина О.В.
ЗАВЕРЯЮ
Начальник отдела управления делами
О.В. Савкина
2025 г.