

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Курносова Ильи Юрьевича
«Обоснование параметров осаждения пыли продуктов подготовки
железорудного концентрата при орошении с применением метода
пульсирующей вентиляции», представленной на соискание учёной степени
кандидата технических наук
по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда»,
состоявшейся в НИТУ МИСИС 22 мая 2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС
от 16.03.2026 г., протокол № 37.

Научный руководитель – Филин Александр Эдуардович, доктор
технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности НИТУ
МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ
МИСИС (протокол № 37 от 16 марта 2026 г.) в составе:

1. Коликов Константин Сергеевич, доктор технических наук,
заведующий кафедрой безопасности и экологии горного производства НИТУ
МИСИС - председатель комиссии;
2. Кобылкин Сергей Сергеевич, доктор технических наук, профессор
кафедры «Безопасность и экология горного производства» НИТУ МИСИС;
3. Скопинцева Ольга Васильевна, доктор технических наук,
профессор кафедры «Техносферная безопасность» НИТУ МИСИС;
4. Кравчук Игорь Леонидович, доктор технических наук, директор
филиала федерального государственного бюджетного учреждения науки
Челябинского филиала Института горного дела Уральского отделения
Российской академии наук;
5. Соболев Виктор Васильевич, д.т.н., главный научный сотрудник
акционерного общества «Научный центр ВостНИИ по промышленной и
экологической безопасности в горной отрасли».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное
государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

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

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены новые научные результаты:

- установлена закономерность снижения времени осаждения пыли железной агломерационной руды на участке разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата при совместном применении жидкостного орошения и способа пульсирующей вентиляции. Доказано, что использование комбинированного способа позволяет сократить продолжительность осаждения пыли по сравнению с традиционным орошением в 1,4 раза;
- экспериментально обосновано влияние диаметра форсунки на эффективность осаждения пылевого аэрозоля при орошении. Установлено, что при орошении форсункой диаметром 10 мкм достигается наибольшая интенсивность снижения концентрации пыли;
- установлены рациональные параметры комбинированного способа пылеосаждения для исследуемых условий: диаметр форсунки около 10 мкм, частота импульсов около 13 Гц, расход воздуха, подаваемого на пульсатор, 90–104 м³/ч. Применение данных параметров обеспечивает повышение эффективности жидкостного орошения не менее чем на 37%;
- доказано, что импульсы давления, создаваемые пульсатором в воздушном потоке, интенсифицируют коагуляцию частиц пыли с мелкодисперсной жидкой фазой за счет усиления турбулентного перемешивания, увеличения вероятности столкновения частиц и ускоренного выпадения укрупненных агрегатов из воздушной среды;
- разработана математическая модель осаждения пыли железорудного концентрата, описывающая изменение концентрации аэрозоля во времени с учетом коэффициента осаждения, а также управляемых параметров процесса: диаметра форсунки, частоты пульсаций и расхода воздуха в пульсаторе;
- разработан расчетный аппарат на основе машинного обучения методом «Случайного леса», позволяющий прогнозировать изменение концентрации пыли во времени при различных параметрах комбинированного пылеосаждения. Полученные расчетные результаты хорошо согласуются с

лабораторными экспериментами: коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,998$ для тренировочного массива данных и $R^2 = 0,987$ для тестового массива данных;

- обоснована возможность переноса результатов лабораторного моделирования на условия производственного участка разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата на основании кинематического и динамического подобий воздушных потоков, подтвержденного равенством расчетных значений числа Рейнольдса и сил тяжести для лабораторной установки и производственного участка.

Теоретическая значимость исследования заключается в следующем:

- получена математическая модель процесса осаждения пыли железной агломерационной руды комбинированным методом, учитывающая влияние параметров орошения и пульсирующей вентиляции на изменение концентрации аэрозоля во времени;
- расширены научные представления о механизме массопереноса в условиях повышенной запыленности участка разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата при совместном воздействии мелкодисперсного орошения и импульсов давления воздуха;
- теоретически обоснована роль пульсирующей вентиляции как фактора, повышающего эффективность коагуляции пылевых частиц с каплями жидкости за счет усиления турбулентности, роста коэффициента турбулентной диффузии и увеличения частоты коагуляционных столкновений;
- установлена зависимость эффективности пылеосаждения от совокупности технологических параметров: диаметра форсунки, частоты импульсов и расхода воздуха, подаваемого на пульсатор;
- предложен коэффициент осаждения пыли, позволяющий учитывать параметры процесса пылеосаждения и определять расчетное время снижения концентрации аэрозоля до требуемого значения;
- показана применимость методов регрессионного анализа и машинного обучения для расчета концентрации пыли и прогнозирования времени ее осаждения в условиях комбинированного аэрогидродинамического воздействия.

Практическое значение полученных соискателем результатов исследования заключается в том, что:

- разработан комбинированный метод пылеосаждения, основанный на совместном применении жидкостного орошения и пульсирующей вентиляции, который может быть использован на участках разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата горно-металлургических предприятий;
- научно обоснованы рациональные параметры применения комбинированного способа: форсунка диаметром около 10 мкм, частота импульсов около 13 Гц, расход воздуха в пульсаторе 90 – 104 м³/ч, что позволяет повысить эффективность осаждения пыли и снизить ее концентрацию в воздухе рабочей зоны;
- применение предложенного метода позволяет повысить уровень безопасности по пылевому фактору на участке подготовки продуктов железорудного концентрата, сократить продолжительность нахождения пыли во взвешенном состоянии и уменьшить воздействие аэрозолей преимущественно фиброгенного действия на работников;
- снижение запыленности воздушной среды способствует уменьшению пылевой нагрузки на технологическое оборудование, снижению абразивного и коррозионного износа деталей транспортных систем, повышению надежности оборудования и сокращению аварийности;
- использование комбинированного метода способствует минимизации безвозвратных потерь сырья при разгрузке продуктов подготовки железорудного концентрата за счет более эффективного осаждения пылевых частиц;
- разработанный расчетный аппарат и программное обеспечение позволяют по заданным параметрам прогнозировать изменение концентрации пыли во времени, определять время осаждения аэрозоля и использовать полученные данные при проектировании и настройке систем пылеосаждения;
- результаты опытной апробации на предприятии ООО «ЛаймУпак» подтвердили применимость разработанного подхода в производственных условиях: эффективность комбинированного способа осаждения аэрозолей по отношению к орошению составила 30–40%.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- корректность, надежность и объективность полученных выводов, обусловленных применением современных физических и физико-химических методов исследования аэрозолей, включая измерение массовой концентрации аэрозольных частиц прибором «АЭРОКОН-П», рентгенофазовый анализ, рентгенофлуоресцентный анализ и гранулометрический анализ;
- достаточный объем экспериментальной базы, включающей 240 экспериментов и более 280 000 измерений, что позволило провести статистическую обработку результатов и обеспечить воспроизводимость выявленных закономерностей;
- достоверность экспериментальных данных, обеспеченную проведением исследований в лабораторной установке объемом 1 м³ при контролируемых параметрах микроклимата, скорости воздушного потока, влажности, температуры и положения измерительного оборудования;
- согласованность результатов, полученных различными методами измерения концентрации аэрозоля: прибором «АЭРОКОН-П», весовым методом и математическим моделированием. Расхождение между указанными способами не превысило 25%, что подтверждает корректность экспериментальных наблюдений и численных расчетов;
- адекватность разработанного расчетного аппарата машинного обучения, подтвержденную высокими значениями коэффициента детерминации: $R^2=0,998$ при тренировочном массиве данных и $R^2=0,987$ при тестовом массиве данных, а также низкими значениями среднеквадратичного отклонения;
- возможность переноса результатов лабораторного эксперимента на производственные условия, подтвержденную кинематическим и динамическим подобиями воздушных потоков лабораторной установки и участка разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата;
- практическую применимость разработанного метода, установленную в ходе натурных испытаний на предприятии ООО «ЛаймУпак», где снижение продолжительности осаждения аэрозоля по сравнению с традиционным орошением составило около одной трети.

Личный вклад соискателя состоит в: обосновании актуальности темы исследования и выборе направления, связанного с повышением эффективности пылеосаждения на участке разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата; анализе существующих методов пылеосаждения и пылеподавления, применяемых на объектах горно-металлургического комплекса; разработке методик проведения экспериментов по гравитационному осаждению пыли, осаждению пыли при орошении и осаждению пыли комбинированным способом с применением пульсирующей вентиляции; разработке, сборке и тестировании лабораторной установки по осаждению мелкодисперсных аэрозолей; проведении экспериментальных исследований по определению влияния диаметра форсунки, частоты пульсаций и расхода воздуха на время осаждения пыли; статистической обработке экспериментальных данных и их представлении в относительных величинах; установлении рациональных параметров комбинированного способа пылеосаждения, включающих диаметр форсунки около 10 мкм, частоту импульсов около 13 Гц и расход воздуха 90–104 м³/ч; разработке математической модели осаждения пыли железорудного концентрата с учетом коэффициента осаждения; разработке расчетного аппарата на основе машинного обучения методом «Случайного леса»; анализе влияния управляемых параметров процесса на изменение концентрации аэрозоля во времени; обосновании возможности применения разработанного метода для повышения безопасности по пылевому фактору и надежности технологического оборудования; участии в апробации результатов исследования в производственных условиях; подготовке научных публикаций, отражающих основные результаты диссертационной работы, и их представлении на российских и международных научных мероприятиях.

Соискатель представил 11 печатных работ, из которых 9 научных статей в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ (5 в МБД).

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Курносова Ильи Юрьевича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как

в ней на основании выполненных автором аналитических и экспериментальных исследований, а также натурных испытаний предложены новые научно обоснованные технологические решения, относящиеся к повышению эффективности процесса пылеосаждения на участках разгрузки продуктов подготовки железорудного концентрата с целью повышения уровня безопасности по пылевому фактору.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Курносову Илье Юрьевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.3 – «Безопасность труда» (соответствие паспорту научной специальности по пп. 6 и 10).

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель Экспертной комиссии

доктор технических наук, доцент



Коликов К.С.

22.05.2026