

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

кандидата технических наук, доцента **Лахтарины Сергея Викторовича** на диссертационную работу **Прокопенко Владислава Станиславовича** на тему: **«Совершенствование технологического процесса классификации цемента с применением аэродинамического комплекса»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Для отзыва представлены диссертация, изложенная на 196 страницах машинописного текста, которая включает 70 рисунков, 16 таблиц, список литературы из 164 наименований, 5 приложений, а также автореферат объемом 20 страниц.

Актуальность диссертационной работы

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена необходимостью решения ключевых задач производства цемента в рамках технологического суверенитета РФ. Государство ставит перед цементной промышленностью задачи по снижению энергозатрат, ведущее к сокращению выбросов CO₂, наряду с ужесточением экологических норм, в частности снижением ПДК. В связи с этим разработка аэродинамического комплекса с применением концентратора для тонкой классификации и рециркуляции пылевоздушного потока, обеспечивающего повышение эффективности технологического процесса классификации цемента в замкнутом цикле – является актуальной задачей.

Диссертационная работа Прокопенко Владислава Станиславовича направлена на разработку научно обоснованного технологического решения, обеспечивающего повышение технико-экономической эффективности классификации цемента посредством применения аэродинамического комплекса.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственных заданий Минобрнауки РФ № FZWN-2023-0006 и № FZWN-2026-0006.

Общая характеристика работы

Автором обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана степень разработанности данной темы, определены цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, методология и методы исследований, обозначены положения, выносимые на защиту, факторы, обеспечивающие достоверность полученных результатов, а также сведения о внедрении результатов исследований.

В первой главе рассмотрены виды классификации тонкодисперсных продуктов; проведен анализ оборудования, представленного на российском рынке; проанализированы диссертационные работы, защищенные по различным специальностям, посвященные классификации тонкодисперсных материалов.

Во второй главе соискатель проанализировал оборудование, которое применяется для классификации тонкодисперсного материала; представил стандарты и методики, по которым проводились исследования; привел физико-

механические характеристики и химический состав цемента, который применялся для экспериментов.

В третьей главе соискатель предложил обобщённую схему производства цемента, где сравнил затраты электроэнергии на каждом этапе производства и указал, что на долю помола приходится более 40 % от общего электропотребления. Предложена рабочая гипотеза и представлена декомпозиция исследования, которая включала как теоретические, так и практические этапы экспериментов. Проведен анализ полученных данных с шести заводов-партнеров, который показал, что после разделения сепаратором в крупке 56–80 % вещества размером до 80 мкм уходит на повторный помол, хотя частицы данного размера уже являются готовым продуктом. Предложена формула, которая позволяет рассчитать состав готового продукта через гранулометрический состав исходного с учетом рециркуляции продукта.

В четвертой главе представлена лабораторная установка аэродинамического комплекса для классификации цемента. Для каждого аппарата из комплекса (сепаратор, концентратор, циклон) проведено матричное моделирование процесса осаждения цемента. Предложен расчёт гидравлического сопротивления аэродинамического комплекса на основе теории распространения волн в пылевоздушных сетях. Представлен центральный композиционный ротатабельный план эксперимента (ЦКРП 2⁴) для оценки влияния четырёх факторов: расхода сепарационного воздуха вентилятора, частоты вращения ротора сепаратора, угла наклона лопастей концентратора и ширины рабочей зоны концентратора – на три выходных параметра: производительность сепаратора, эффективность классификации и удельную поверхность продукта. Выявлены оптимальные значения параметров комплекса, обеспечивающие максимальную эффективность классификации $E = 83,72 \%$.

В пятой главе предложена технологическая схема помола с аэродинамическим комплексом. Представлены сравнительный анализ эффективности выхода по фракциям и физико-механические характеристики цемента при работе «сепаратор + циклон» и «сепаратор + концентратор + циклон». Проведен расчет технико-экономической эффективности аэродинамического комплекса в технологической схеме помола.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и научная новизна.

Научные положения, выдвинутые в диссертации, обоснованы и согласуются с отечественными и зарубежными научными представлениями в области процессов классификации тонкодисперсных материалов, реализуемых в строительном материаловедении. Представленные аспекты работы, в совокупности, могут значительно повлиять на решение задач в рамках стратегических направлений развития промышленности строительных материалов, а также отразиться на жизненном цикле конструкций, в частности, при снижении углеродного следа производства цемента за счет уменьшения энергопотребления.

Научная новизна. Обосновано и экспериментально подтверждено технологическое решение, обеспечивающее повышение эффективности

классификации цемента до 83,72 % за счет внедрения аэродинамического комплекса с установленными режимами работы аппаратов «сепаратор + концентратор + циклон» с замкнутой рециркуляцией, обеспечивающего снижение негативного влияния ортокинетического эффекта, в результате чего происходит снижение на ~47 % содержания в крупке готового продукта, отправляемого на домол, исключение переизмельчения цемента, снижение циркуляционной нагрузки на мельницу и повышение выхода готовой продукции на 18–25%.

Разработана математическая модель процесса классификации цемента, основанная на матричном описании фракционных пропусков и теории распространения волн в пылевоздушных сетях, позволяющая прогнозировать гранулометрический состав готового продукта и гидравлическое сопротивление в аэродинамическом комплексе.

Установлены закономерности влияния режимных параметров аппаратов аэродинамического комплекса – частоты вращения ротора сепаратора, угла наклона лопастей концентратора, ширины камеры рабочей зоны концентратора, расхода сепарационного воздуха – на эффективность классификации и обеспечение заданной удельной поверхности цемента, позволяющие оптимизировать работу комплекса в целом. Определено оптимальное значение кратности рециркуляции цемента (2–3) в аэродинамическом комплексе; её дальнейшее увеличение не обеспечивает значимого улучшения гранулометрического состава.

Достоверность обеспечивается: комплексом экспериментальных исследований с учетом требований методик и оборудования, регламентированных нормативными документами, при использовании современного высокотехнологичного оборудования и сопоставлением результатов, полученных от заводов партнёров.

Автореферат диссертации соответствует структуре работы, отражает обоснование актуальности и значимости работы, цели и задачи исследования, положения, выносимые на защиту, основные идеи и выводы исследований. Выводы базируются на полученных автором экспериментальных результатах и их сопоставлении с результатами, полученными на действующих предприятиях.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационного исследования

Дополнены теоретические представления о процессах классификации тонкодисперсных материалов в замкнутом цикле при производстве высокодисперсного продукта. Установлены закономерности влияния ортокинетического эффекта на унос цемента в крупку на повторный помол при разделении в заводских условиях. Получена система уравнений для расчета дисперсного состава цемента через дисперсный состав материала, поступающего в аэродинамический комплекс из мельницы.

Разработан аэродинамический комплекс «сепаратор + концентратор + циклон» с замкнутой рециркуляцией продукта, получаемого в процессе помола, эффективность которого на ~18% превышает существующее решение «сепаратор + циклон». Предложены настройки аэродинамического комплекса, обеспечивающие эффективность его работы при получении цемента с заданной

удельной поверхностью.

Основные положения работы изложены в 15 публикациях, в том числе: 6 статей в российских журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 1 статья в издании, индексируемом в базе данных Scopus; 2 патента на изобретение.

Замечания и рекомендации по диссертации и автореферату

1. На стр. 60–61 указано, что основной причиной возврата готового продукта в крупку является ортокинетический эффект «крупные частицы становятся центром притяжения и утягивают за собой частицы более мелкого размера». Какими именно методами этот эффект количественно оценивался в условиях лабораторной установки по сравнению с заводскими данными?

2. Предусматривает ли разработанная конструкция аэродинамического комплекса возможность целенаправленного увеличения выхода цемента той или иной фракции, если технологическая задача требует получения специальных вяжущих?

3. Будут ли изменяться оптимальные режимные параметры аэродинамического комплекса, определенные в ходе эксперимента для шлакопортландцемента ЦЕМ II/В-Ш 42,5Н, при переходе на измельчение более твердых клинкеров или при производстве высокомарочных цемента (например, ЦЕМ I 52,5Н), которые обладают иной размолоспособностью и требуют другой кинетики помола?

4. На стр. 153–154 приведён расчёт снижения выбросов CO₂ за счёт экономии 5,5 кВт·ч/т. Какой удельный показатель выбросов CO₂ на 1 кВт·ч был заложен в основу этого расчёта для обеспечения максимальной достоверности экологической оценки?

5. В диссертации указано, что эффективность разработанного комплекса превышает показатели традиционных систем «сепаратор + циклон» примерно на 18%. Проводилось ли в работе сравнение с современными динамическими сепараторами 3-го поколения, которые имеют встроенные зоны предварительной классификации и находятся в оптимальном режиме работы?

6. Какие основные технологические или организационные риски существуют при масштабировании лабораторной установки до полноразмерного промышленного агрегата?

Указанные вопросы и замечания носят уточняющий характер и не отражаются на общей положительной оценке диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация Прокопенко Владислава Станиславовича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится научно обоснованное технологическое решение, обеспечивающее повышение эффективности классификации цемента за счёт внедрения аэродинамического комплекса с замкнутой рециркуляцией. Полученные в диссертации выводы и

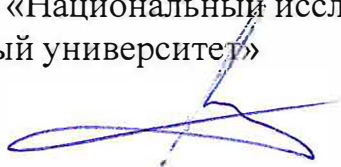
предлагаемые технические рекомендации обладают научной новизной, а также расширяют и дополняют теоретические представления в исследуемой области. Текст написан грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Исходя из актуальности затронутых вопросов, научной новизны, теоретической и практической значимости полученных результатов, считаю, что диссертационная работа на тему «Совершенствование технологического процесса классификации цемента с применением аэродинамического комплекса» соответствует критериям п. 9–11, 13, 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции с дополнениями и изменениями), предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Прокопенко Владислав Станиславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук (специальность 05.23.05 – «Строительные материалы и изделия»), доцент, заведующий кафедрой «Технологии строительных конструкций, изделий и материалов»

«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»



Лахтарина Сергей Викторович
«03» сентября 2026 г.

Согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

«Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Адрес университета: 286123, Донецкая Народная Республика, г.о. Макеевка, г. Макеевка, р-н Червоногвардейский, ул. Державина, д. 2.

Тел.: +7-949-319-6195

E-mail: s.v.lahtarina@donnasa.ru

Подпись доцента Лахтарина С.В. заверяю

Згенерувано секретарі
згенерувано секретарі
філіал ННУ МГСУ
к.т.н. доцент

Гуляшова

