



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
технологический институт
(технический университет)»
(СПбГТИ(ТУ))

Московский пр., д. 24-26/49 лит. А, г. Санкт-Петербург, 190013,
телефон/факс: (812) 494-92-03, общий отдел: (812) 494-92-45,
e-mail: office@spbti.ru

07.09.2026 № 1800-01-03

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора Санкт-Петербургского
государственного технологического
института (технический
университет), Д. Т. Н.

Шевчик

Шевчик А.П.

« 07 »

2026 г



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования Санкт-Петербургский государственный
технологический институт (технический университет)
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

Актуальность работы

Актуальность рассматриваемой работы обусловлена решением ключевых задач в области производства цемента, осуществляемым в рамках Сводной стратегии развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 года и на период до 2035 года, а также национального проекта «Жильё и городская среда», формируемым гарантированный рынок сбыта для отечественного цемента, что особенно актуально в рамках реализации технологического суверенитета РФ. Кроме того, приоритетной государственной задачей является снижение энергозатрат на производство цемента, ведущее к сокращению выбросов CO₂. При этом процесс помола цемента является самым энергозатратным этапом производства (более 40 %), а ужесточение экологических норм требует от цементных заводов необходимость модернизации действующих линий.

Решением может стать разработка аэродинамического комплекса с применением концентратора для тонкой классификации и рециркуляции пылевоздушного потока, обеспечивающего повышение эффективности технологического процесса классификации цемента в замкнутом цикле. Разработка

аэродинамического комплекса позволит снизить циркуляционную нагрузку на мельницу и повысить производительность цемента.

В этой связи, тема диссертационного исследования Прокопенко В.С. является своевременной и актуальной, представляет как теоретический, так и практический интерес.

Структура и содержание диссертации

Диссертация Прокопенко В.С. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 196 страницах машинописного текста, включающего 16 таблиц, 70 рисунка, список литературы из 164 источников, 5 приложений.

Материал диссертационной работы изложен логически последовательно и взаимосвязано. В завершение каждой главы приведены результаты, в заключение представлены общие итоги и перспективы дальнейшего исследования в изучаемой области.

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

Работа выполнялась при финансовой поддержке гос. заданий Минобрнауки РФ № FZWN-2023-0006 и № FZWN-2026-0006.

Степень достоверности и обоснованности положений, выводы

Следует отметить, что обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением современных методов исследования (нормируемые методы для определения комплекса базовых свойств исследуемого сырья: ГОСТ 31108-2020; научно обоснованные методы: лазерная дифракция; методики по подбору составов, подготовке образцов и определению физико-механических свойств цемента: ГОСТ 310.2-76, ГОСТ 310.4-81). Полученные в рамках исследования результаты подкреплены теоретическими и экспериментальными исследованиями, которые не противоречат общепризнанным научным фактам и работам других авторских коллективов.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна работы заключается в теоретическом обосновании и экспериментальном подтверждении технологического решения, обеспечивающего повышение эффективности классификации цемента 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.

Значимость полученных автором результатов для развития науки и производства

Теоретическая значимость работы заключается в дополнении теоретических представлений 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.

Обоснована целесообразность применения волновой теории распространения возмущений в пылевоздушных сетях для расчёта гидравлического сопротивления аэродинамического комплекса в контексте моделирования систем классификации цементной промышленности, для чего введены понятия проводимости и акустического сопротивления, позволяющие описывать элементы пылевоздушной сети, как компонентов волновой системы. Это позволяет учитывать динамические эффекты (отражение и прохождение возмущений давления на границах аппаратов) и повышает точность оценки энергопотерь по сравнению со статическими методами.

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. Для $S_{уд} \sim 350\text{--}400 \text{ м}^2/\text{кг}$: расход сепарационного воздуха – $Q=460 \text{ м}^3/\text{ч}$, частота вращения ротора сепаратора – $n_p=800 \text{ об/мин}$, угол наклона лопастей концентратора – $\alpha_l=40^\circ$, ширина камеры рабочей зоны концентратора – $a=0,36 \text{ м}$; для $S_{уд} \sim 400\text{--}450 \text{ м}^2/\text{кг}$ при прочих равных условиях $Q=380 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $n_p=1200 \text{ об/мин}$; для $S_{уд} \sim 550 \text{ м}^2/\text{кг}$ – при $Q=460 \text{ м}^3/\text{ч}$ $n_p=1200 \text{ об/мин}$.

Рекомендации по использованию результатов выводов, приведенных в диссертации

Результаты, полученные в рамках диссертационной работы Прокопенко В.С., представляют интерес для использования в производстве на цементных заводах для модернизации систем классификации, а также для получения тонкодисперсных порошков. Возможность масштабирования применения полученных результатов и технологических решений в различных регионах РФ не вызывает сомнений.

Кроме того, получение данные могут быть использованы в учебном процессе

при подготовке бакалавров по направлениям «Строительство», «Материаловедение и технологии материалов», «Технологические машины и оборудование», «Химическая технология»; магистров «Строительство», «Материаловедение и технологии материалов», «Технологические машины и оборудование».

По диссертации имеются следующие вопросы:

1. В работе указано, что анализ ортокинетического эффекта проводился на статистических данных 6 заводов. Рассматривался ли вопрос о том, как состав клинкера на этих заводах влиял на проявление ортокинетического эффекта, и учитывался ли этот фактор при разработке математической модели?

2. Учитывались ли в разработанной в разделах 3.4–3.5 математической модели различия в физико-механических свойствах частиц для разных типов цементов, или предложенные зависимости и вывод об оптимальной кратности рециркуляции (2–3 раза) справедливы преимущественно для контрольного шлакопортландцемента ЦЕМ II/В-Ш 42,5Н.

3. Для многофакторного эксперимента, соискателем были выбраны четыре параметра. Каким образом происходила регулировка геометрических параметров концентратора.

4. В таблице 5.2 показано, что прочность при сжатии 28 сут контрольной пробы (50,2 МПа) и пробы после АК (50,4 МПа) практически одинакова. Однако прочность – интегральный показатель. Проводился ли анализ кинетики набора прочности в более ранних сроках (1, 3, 7 сут)?

5. В заключении отмечено, что применение разработанного аэродинамического комплекса возможно не только для классификации цемента, но и для разделения пигментов, минеральных порошков и наполнителей. Насколько универсальны полученные оптимальные режимные параметры при переходе на материалы с существенно иной плотностью и морфологией частиц.

Отмеченные недостатки никоим образом не снижают значимость представленных автором результатов и общей положительной оценки работы Прокопенко В.С.

Соответствие диссертации научной специальности

Представленная диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия, в части: п. 2. Разработка математических моделей физико-механических, физико-химических, гидромеханических и тепломассообменных процессов, оптимизирующих параметры структуры, режимы изготовления и свойства строительных материалов и изделий; п. 7. Развитие, совершенствование и разработка новых энергосберегающих и экологически безопасных технологических процессов и оборудования для получения строительных материалов и изделий различного назначения.

Заключение

Анализ работы позволяет сделать вывод, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение в области строительного материаловедения.

Полученные в диссертации результаты, научные положения и выводы

обоснованы и достоверны, обладают новизной и имеют теоретическую и практическую значимость. Текст написан грамотным техническим языком, графический материал выполнен на высоком уровне.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

С учетом актуальности изученных вопросов и решенной научной задачи, научной новизны и практической значимости полученных результатов, считаем, что диссертационная работа на тему «Совершенствование технологического процесса классификации цемента с применением аэродинамического комплекса» соответствует критериям, предусмотренным п. 9-11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней (Постановление Правительство РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 в действующей редакции), предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Прокопенко Владислав Станиславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5. Строительные материалы и изделия.

Диссертационная работа, а также отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрены и утверждены на расширенном заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)», протокол № 7 от 31 августа 2026 г.

Доктор технических наук по специальности
2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких
неметаллических материалов, профессор,
заведующий кафедрой химической
технологии тугоплавких неметаллических
и силикатных материалов ФГБОУ ВО «Санкт-
Петербургский государственный технологический
институт (технический университет)»


31.08.2026

Пантелеев Игорь Борисович

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)»

Адрес: 190013, Россия, г. Санкт-Петербург, Московский пр., д. 24-26/49 литер А

Тел.: 8 (812) 494-93-75

E-mail: office@spbti.ru

Сайт: https://spbti.ru

Подпись Пантелеева И. Б.
Начальник отдела кадров

