

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГАУО ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
доктор экономических наук,
профессор

С.В. Зенченко
« 08 » сентября 2026 г.



ОТЗЫВ

**ведущей организации - федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Кавказский федеральный университет» (ФГАУО ВО «СКФУ»)
на диссертацию Левичевой Оксаны Игоревны на тему: «*Совершенствование
процесса трубопроводного транспортирования плавленых сыров*»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 4.3.3.Пищевые системы**

Актуальность темы диссертационной работы

Отрасль производства плавленых сыров активно развивается. Согласно открытым источникам, растут инвестиции в модернизацию и расширение ассортимента, благодаря чему производители наращивают объёмы производства. Данная отрасль успешно прошла этап импортозамещения и осваивает экспортные направления.

Общеизвестным является сложность процесса производства плавленых сыров на этапе транспортирования готового продукта от плавильных аппаратов к фасовочному оборудованию. Повышение спроса подразумевает необходимость наращивания объёмов производства и, как следствие, увеличение транспортируемой массы, что умножает риск нарушения технологического процесса и приведение в негодность готового продукта.

Диссертационная работа Левичевой О.И. посвящена совершенствованию процесса трубопроводного транспортирования плавленых сыров, и всё вышесказанное доказывает её актуальность, в настоящий момент времени.

Достоверность полученных результатов, основных выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации

Содержащиеся в работе научные положения согласуются с результатами экспериментальных исследований, выполненных по апробированной методике. Полученные результаты подтверждаются выводами, построенными на основе фундаментальных принципов физики. Проведены аналитические исследования по теме диссертации, изучены данные испытаний, выполненных производителями коловратных насосов, проанализированы экспериментальные исследования многих авторов. Для подтверждения выдвинутых гипотез разработаны математические модели с использованием стандартных методов статистического анализа. Доказано, что результаты моделирования не противоречат известным теоретическим концепциям, принятыми в рассматриваемой области научного исследования. Материалы и отдельные результаты исследований докладывались на международных, национальных научных, научно-технических и научно-практических конференциях. Научные положения, основные выводы и рекомендации по диссертации Левичевой О.И. следует считать достоверными и обоснованными.

Научная новизна работы

Соискателем разработана комплексная математическая модель процесса, описывающая рабочие характеристики коловратных насосов, учитывающая изменения отдельных параметров.

Предложена методика и алгоритм гидравлического расчёта системы транспортирования различных плавленых сыров, учитывающая отдельные факторы.

Разработана методика сравнения производительности и показателей энергетической эффективности коловратных насосов, выпущенных разными производителями.

Научная новизна технических решений подтверждена патентом Российской Федерации на полезную модель № 237266.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в возможности использования разработанной комплексной математической модели процесса транспортирования неньютоновских сред (в частности, плавленных сыров), описываемых степенной моделью Оствальда — де Вааля, для прогнозирования производительности, энергопотребления и определения оптимальных режимов работы насосного оборудования.

С целью повышения эффективности работы систем транспортирования плавленных сыров составлены таблицы и графики для использования инженерами-технологами и проектировщиками, предложена методика выбора параметров коловратного насоса и трубопровода для конкретных условий производства, разработаны рекомендации по снижению энергозатрат и повышению эффективности транспортирования плавленных сыров.

Практическая значимость подтверждается внедрением расчетной методики и алгоритма гидравлического расчёта системы транспортирования плавленого сыра в производство сливочного плавленого сыра торговой марки «Витако» ООО «Плавит» (г. Калининград). Помимо этого, результаты диссертационной работы используются в учебном процессе при подготовке и выполнении лабораторных работ по дисциплинам «Насосы и насосные станции», «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности».

Структура и объём работы

Диссертация изложена на 180 страницах и состоит из введения, пяти глав, заключения, а также библиографического списка и приложений. Перечень литературных источников содержит 125 наименования, из которых 50 - на иностранных языках. Приложения включают 12 страниц. В основном тексте приведены 98 рисунков и 31 таблица.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, научная новизна, теоретическая и практическая значимость выполненных исследований.

В первой главе «Анализ процесса трубопроводного транспортирования жидких пищевых продуктов и систем для его осуществления» автором проведён анализ современных процессов трубопроводного транспортирования жидких пищевых продуктов, применительно к плавленным сырам. Проанализированы преимущества и недостатки насосов для перекачивания вязких сред, применяемых в настоящий момент в пищевой промышленности. Автором доказана целесообразность применения колесчатых насосов для транспортирования плавленных сыров. Помимо этого, проведен анализ опубликованных результатов экспериментальных исследований, посвященных математическому моделированию процессу трубопроводного транспортирования плавленных сыров. Автором выявлен дефицит исследований, посвященных повышению эффективности эксплуатации существующих колесчатых насосов, в отличие от работ по конструированию новых агрегатов. Для проверки полученных теоретических расчетов были выполнены лабораторные испытания с помощью ротационного вискозиметра. Отмечено, что результаты диссертационного исследования внедрены в производство ООО «Плавит» и в учебный процесс Калининградского государственного технического университета.

Во второй главе «Анализ и аппроксимация рабочих характеристик колесчатых насосов» автором разработаны аналитические модели для описания рабочих характеристик колесчатых насосов с учётом влияния различных факторов. На основе результатов испытаний диссертантом показано, что рост вязкости продукта, до определенного предела, приводит к увеличению производительности насоса, но одновременно вызывает значительный рост потребляемой мощности. Обоснован показатель удельных энергетических затрат как наиболее объективный критерий оценки работы колесчатых насосов.

В третьей главе «Сравнительный анализ рабочих характеристик колесчатых насосов разных производителей» исследователем проведён сравнительный анализ производительности и энергетической эффективности коло-

вратных насосов ведущих компаний производителей. На основе разработанных в предыдущей главе аналитических моделей автором выполнены расчёты для широкого диапазона вязкостей, температур и перепадов давления. Установлено, что выбор наиболее энергоэффективного насоса зависит от реологических свойств продукта и параметров технологического процесса.

В четвёртой главе «Гидравлический расчет системы межоперационного транспортирования плавленных сыров» соискателем разработан алгоритм гидравлического расчёта системы транспортирования плавленного сыра с использованием коловратных насосов, в котором учитываются реологические свойства плавленных сыров, нагрузочные характеристики коловратных насосов и параметры трубопровода. Показано, что центральное место занимает методика определения режима, при котором характеристики насоса согласованы с гидравлическим сопротивлением системы. Автором разработана принципиальная схема алгоритма, на основе которого проведены расчеты для двух типов плавленного сыра со сравнительно невысокой и высокой вязкостью. Выполнен анализ параметров, оценивающий влияние ключевых факторов. Установлено, что в некоторых случаях рост гидравлического КПД насоса не свидетельствует об улучшении общей энергоэффективности системы, что подтверждает целесообразность использования показателя удельных энергетических затрат как основного критерия оптимизации.

В пятой главе «Практическая реализация разработанных моделей и алгоритмов для оптимизации работы коловратных насосов» автором проанализировано применение разработанных математических моделей и алгоритмов для оптимизации работы насосной системы при транспортировании высоковязких пищевых продуктов коловратным насосом, в частности плавленных сыров. Автором предложен метод определения допустимой частоты вращения ротора в зависимости от вязкости продукта и характеристик насоса, а также разработан метод выбора оптимального диаметра трубопровода с учётом вязкости продукта, характеристик насоса и экономических факторов

Заключение в полном объёме отражает основные результаты диссертационной работы.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует пунктам 20, 21, 22 паспорта научной специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Апробация работы

Результаты диссертационной работы докладывались соискателем на международных, национальных научных, научно-технических и научно-практических конференциях в Калининграде (2022, 2023, 2024, 2025 г.), Петропавловск-Камчатском (2022 г.), Астрахани (2024 г.), Керчи (2025 г.), Москве (2025 г.).

Публикации

По теме диссертации соискателем опубликовано 26 научных трудов, в том числе в 11 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 1 патенте на полезную модель, 1 свидетельстве Роспатента о регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие автореферата основным положениям. Автореферат включает 21 страницу, полностью отражает основное содержание диссертации и оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Степень завершенности. Диссертация Левичевой О.И. представляет собой завершенное научное исследование, обладает логическим единством, все её элементы служат достижению поставленной цели.

Рекомендации по использованию результатов и выводов работы.

Результаты и выводы диссертационной работы Левичевой О. И. могут быть рекомендованы для использования на предприятиях, выпускающих молочную продукцию, в частности плавленые сыры.

Также результаты, полученные соискателем при выполнении диссертации, рекомендуется использовать в проектно-конструкторских организациях и научно-исследовательских институтах при расчетах и проектировании оборудования для трубопроводного транспортирования продукции.

Замечания к диссертации:

1. Требуется подробного пояснения формулировка пункта 1.3 диссертации: в литературном обзоре автор приводит результат своих экспериментальных исследований?
2. Не вполне понятно, почему автор основную часть экспериментальных исследований (главы 2-4) выполнил с использованием коловратных насосов только зарубежных производителей Waukesha Cherry-Burrell, Pomac Industries Group, KSB Aktiengesellschaft, Dixon Sanitary?
3. Не вполне понятно, в чем заключается теоретическое обоснование и логическая связь результатов экспериментальных исследований (главы 2-4) с разделом 5.2 диссертации?
4. В выводе 2 автору стоило привести информацию о рассмотренных коловратных насосах для полного соответствия сформулированной цели.
5. В выводе 2 не указано, какие именно рабочие характеристики КН (1. Производительность (подача). 2. Напор (давление). 3. Мощность электродвигателя, которую необходимо подвести для работы насоса. 4. Частота вращения ротора (об./мин. или с^{-1}). 5. КПД (коэффициент полезного действия). 6. Высота всасывания) описываются математическими моделями, разработанными автором? Как при этом учтено межфакторное взаимодействие параметров: вязкости жидкости, частоты вращения ротора, перепады давления, конструкции и точности изготовления деталей насоса?

6. В формулировке научной новизны исследований автором заявлено, что: «разработана комплексная математическая модель процесса, описывающая рабочие характеристики КН...». Не вполне понятно, каким образом это отражено и соответствует представленным в диссертации и автореферате выводам?

Заключение

Диссертация Левичевой Оксаны Игоревны на тему «Совершенствование процесса трубопроводного транспортирования плавленых сыров» представляет собой самостоятельно выполненное, завершённое научное исследование на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую значимость.

Диссертация обладает внутренним единством, является научной квалификационной работой и соответствует профилю специальности 4.3.3. «Пищевые системы».

Анализ результатов диссертационного исследования позволяют дать положительное заключение о законченности и высоком уровне выполненной работы. Диссертация соответствует требованиям п.9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор Левичева Оксана Игоревна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. Пищевые системы.

Отзыв подготовлен: Мамаем Д.С., заведующим кафедрой агроинженерии факультета пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет», Бабенышевым С.П., профессором кафедры агроинженерии факультета пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры агроинженерии факультета пищевой инженерии и биотехнологий имени академика А.Г. Храмцова фе-

дерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» (протокол № 1 от 02.09.2026 г.).

В заседании кафедры учувствовало 4 человека. В обсуждении приняли участие 4 человека. Результаты голосования: «за» - 4, «против» - 0, «воздержалось» - 0.

Заведующий кафедрой агроинженерии факультета
пищевой инженерии и биотехнологий
имени академика А.Г. Храмцова
ФГАУО ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
кандидат технических наук, доцент

Мамай Д. С.

Профессор кафедры агроинженерии факультета
пищевой инженерии и биотехнологий
имени академика А.Г. Храмцова
ФГАУО ВО «Северо-Кавказский
федеральный университет»,
доктор технических наук, профессор

Бабенышев С. П.

Контактные данные:

Мамай Дмитрий Сергеевич
355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
Телефон: 88652330660 (доб. 5158)
E-mail: dmamai@ncfu.ru

Бабенышев Сергей Петрович
355017, г. Ставрополь, ул. Пушкина, 1
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»
Телефон: 88652330660 (доб. 5158)
E-mail: stmemb@yandex.ru

Подпись Мамай Дмитрий Сергеевича и Бабенышева Сергея Петровича заверяю



ПОДПИСЬ УДОСТОВЕРЯЮ
начальник отдела по
работе с сотрудниками УК

А.С. ГОРБАЧЕВА