

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию Левичевой Оксаны Игоревны
на тему: «Совершенствование процесса трубопроводного транспортирования
плавленных сыров» по специальности 4.3.3. «Пищевые системы» на соискание
ученой степени кандидата технических наук**

Актуальность избранной темы

Производство плавленных сыров в Российской Федерации устойчиво растет, что подтверждает значимость отрасли для обеспечения продовольственной безопасности страны. Важным звеном технологического процесса является транспортирование готовой сырной массы от плавильных аппаратов к фасовочному оборудованию при высоких температурах (70–90 °С), где эффективная вязкость продукта существенно зависит от градиента скорости сдвига и температурного режима. Исследования показывают, что поведение плавленных сыров соответствует степенной модели Оствальда-де Вааля, реологические параметры которой (коэффициент консистенции и индекс течения) нелинейно зависят от состава и механических воздействий.

Однако существующая практика выбора насосного оборудования базируется на эмпирических решениях и не учитывает специфику реологических свойств продукта. Подобный подход влечет за собой ухудшение потребительских свойств плавленных сыров, а также повышенный износ оборудования и энергопотребление.

Таким образом, задача создания системного подхода к организации трубопроводного транспортирования, минимизирующего механическое воздействие и гарантирующего стабильность процесса, представляется крайне актуальной. Ее решение обеспечит не только высокое качество готовой продукции, но и экономическую эффективность производства.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Теоретическая база исследования построена автором на фундаментальных принципах физики и реологии, что подтверждает корректность выбранного методологического подхода. Разработанные математические модели нагрузочных и энергетических характеристик насосного оборудования базируются на

экспериментальных данных, полученных производителями, что обеспечивает их практическую значимость. Использование стандартных методов статистического анализа позволяет говорить о надежности количественных оценок. Особого внимания заслуживает корректное применение модели степенной жидкости для описания реологических свойств плавленых сыров, обоснованное ссылками на работы других исследователей. Результаты гидравлических расчетов выполнены по апробированным методикам, а выводы не противоречат известным теоретическим положениям. Таким образом, представленные научные положения и рекомендации обладают необходимой степенью достоверности.

Научная новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором впервые разработана комплексная математическая модель рабочих характеристик коловратных насосов при перекачивании высоковязких неньютоновских продуктов, учитывающая зависимость эффективной вязкости от скорости сдвига, что принципиально отличает ее от существующих моделей, ограниченных ньютоновскими жидкостями.

Предложен алгоритм гидравлического расчёта системы транспортировки сыра, учитывающий реологические свойства продукта и параметры оборудования.

Особого внимания заслуживает предложенная методика гидравлического расчета системы транспортирования плавленых сыров, реализованная в виде специализированного программного обеспечения и позволяющая количественно оценивать влияние комплекса взаимосвязанных факторов на производительность и энергопотребление оборудования.

Выводы работы, в частности установленные экстремальные зависимости энергетической эффективности от вязкости и обоснование критерия пиковых удельных энергозатрат, имеют не только теоретическую, но и значительную практическую ценность. Практические рекомендации по ограничению частоты вращения ротора и выбору серий насосов для конкретных продуктовых образцов обладают необходимой степенью конкретности и могут быть непосредственно внедрены на предприятиях отрасли. Новизна технических решений подтверждена патентом на полезную модель, что свидетельствует о завершенности и практической значимости исследования.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии научных основ гидравлического расчета систем трубопроводного транспортирования неньютоновских пищевых сред. Автором разработана комплексная математическая модель, учитывающая степенной характер течения плавленых сыров (модель Оствальда – де Вааля), влияние температурного режима и скорости сдвига на эффективную вязкость, а также гидравлическое сопротивление трубопровода. Данная модель позволяет прогнозировать производительность и энергопотребление насосного оборудования с высокой степенью достоверности, что вносит существенный вклад в теорию пищевых систем.

Практическая ценность работы не вызывает сомнений и подтверждается ее внедрением в производственную деятельность ООО «Плавит» (г. Калининград). Разработанные автором таблицы, графики и методика выбора параметров коловратного насоса и трубопровода представляют собой удобный инструмент для инженеров-технологов и проектировщиков. Особого внимания заслуживают практические рекомендации по снижению энергозатрат при транспортировании плавленых сыров. Кроме того, результаты исследования внедрены в учебный процесс по дисциплинам «Насосы и насосные станции» и «Компьютерное моделирование в профессиональной деятельности», что свидетельствует о широте практического применения полученных результатов.

Общая оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертация представляет собой завершенный, логически последовательный научный труд, изложенный в терминах и языке, принятым в данной отрасли науки. Качество оформления соответствует требованиям нормативных документов. Основные результаты диссертации опубликованы в научных изданиях, включая 11 статей в журналах из перечня ВАК, доложены на научных конференциях. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Недостатки в содержании и оформлении диссертации

1. Из описания главы 2 не понятно, почему автор для проверки разных гипотез применяет насосы разных производителей (насос LP WCB RF-024 V и насос компании Waukesha Cherry-Burrell). Следует пояснить, почему нельзя разные гипотезы

исследовать на одном насосе. Также автору рекомендуется описать технические характеристики насосов как объектов испытания (исследования), в чем их существенные отличия, а в чем сходства.

2. На рисунке 7 (страница 11 автореферата) представлены экспериментальные и расчетные данные. Согласно представленной информации, экспериментальные данные получены компанией Romac Pumps, и каждая точка соответствует эксперименту. Расчетные данные представлены в виде линии. Из текста не ясно, сколько расчетов было произведено для получения линии.

3. В таблице 1 (страница 16) автореферата представлены данные для числа оборотов 60, 90 и 120 об/мин. В тексте нигде не указано, почему автор выбрал всего три точки (число оборотов) для исследования. Автору следует описать рабочий диапазон числа оборотов у исследуемого насоса, что будет если увеличить число оборотов.

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

Диссертация Левичевой Оксаны Игоревны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач, имеющих значение для развития пищевых систем, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой ученой степени.

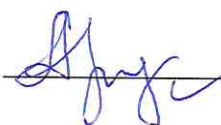
Официальный оппонент,

доктор технических наук, профессор,

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,

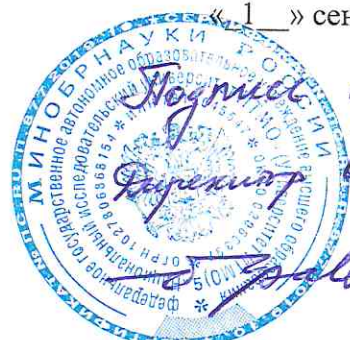
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, лит. А. НИУ ИТМО, +79214433032

tamara-arseneva@mail.ru



Арсеньева Тамара Павловна

«1» сентября 2026 г.



Подпись официального оппонента удостоверяю.
Одн. "Энергоэффективные инженерные системы"
Знак - = И.В. Баранов =