

ОТЗЫВ

официального оппонента Устиновой Юлии Владиславовны на диссертацию Левичевой Оксаны Игоревны на тему: «Совершенствование процесса трубопроводного транспортирования плавленых сыров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.3. «Пищевые системы»

1. Актуальность исследования

Производство плавленых сыров в РФ устойчиво растет, что подтверждает значимость отрасли для продовольственной безопасности. Неотъемлемым этапом технологической линии является транспортирование сырной массы при 70–90 °С, где эффективная вязкость неньютоновского продукта зависит от сдвигового режима и температуры. Реологические свойства описываются моделью Оствальда-де Вааля (модель степенной жидкости). Подбор насосов (винтовые, шестеренные, коловратные (кулачковые)), как правило, осуществляется эмпирически, без учета реологии, что приводит к ухудшению качества продукта, повышенному износу и энергозатратам. Научно обоснованная методика, учитывающая гидравлические характеристики оборудования и реологические свойства плавленого сыра, отсутствует.

Из вышеизложенного следует, что разработка научно обоснованной методики совершенствования трубопроводного транспортирования плавленых сыров на основе комплексного анализа их реологических свойств и гидравлических параметров насосного оборудования является актуальной задачей, имеющей важное значение. Ее решение позволит повысить качество готовой продукции, снизить энергетические затраты, увеличить надежность оборудования и обеспечить стабильность технологического процесса.

2. Научная новизна и выводы

Соискателем систематизирована и научно обоснована проблема недостаточной изученности гидравлического расчета систем транспортирования неньютоновских пищевых сред, что восполняет существенный пробел в данной области знаний. Разработанные математические модели, подтвержденные высокими значениями коэффициента детерминации (не менее 0,97), обеспечивают достоверность расчетов производительности и энергопотребления коловратных насосов различных марок.

В рамках исследования разработана методика гидравлического расчёта системы транспортирования с учётом реологии продукта; а также алгоритм для сравнительной оценки производительности и энергоэффективности насосного оборудования различных производителей.

Особо значимым результатом является установленная зависимость энергетической эффективности насосов от вязкости перекачиваемой среды с выявленным экстре-

мумом, что позволило автору обосновать задачу оптимизации параметров по критерию энергоэффективности. Предложенный метод приведения нагрузочных характеристик к безразмерному виду и метод аналогий для российских насосов серии КНП расширяют практическую применимость работы. Выводы и рекомендации, включая критерии выбора насосов для различных по вязкости продуктов и метод определения оптимального диаметра трубопровода, имеют выраженную прикладную направленность. Результаты численных исследований (снижение удельных энергозатрат на 21 % при изменении диаметра и на 41 % при повышении температуры) наглядно демонстрируют практическую эффективность разработанной методики.

3. Степень обоснованности и достоверности выводов

Соискателем были применены фундаментальные физические законы. Теоретические выкладки подтверждены эмпирическими данными, полученными с применением проверенных методов исследования. Математические модели характеристик коловратных насосов разработаны на основе результатов испытаний, что повышает объективность выводов. Важным достоинством работы является корректное использование реологической модели степенной жидкости для плавленых сыров, что подтверждено экспериментальными данными других авторов. Гидравлический расчет выполнен по известной методике, адаптированной для неньютоновских сред. Результаты моделирования согласуются с существующими теоретическими концепциями, что свидетельствует о логической непротиворечивости исследования. В целом работа характеризуется необходимой научной строгостью и обоснованностью защищаемых положений. Достоверность научных положений диссертационной работы не вызывает сомнений благодаря комплексному подходу к обоснованию полученных результатов.

Теоретическая значимость работы заключается в разработанной математической модели, которая позволяет описывать гидродинамическое поведение плавленых сыров как псевдопластичных сред с учетом нелинейной зависимости вязкости от градиента скорости, температуры и состава.

Практическая значимость состоит в предложенной комплексной модели, включающей гидравлические характеристики насоса и трубопровода, создает теоретическую основу для оптимизации режимов транспортирования и может быть адаптирована для других неньютоновских пищевых продуктов, что расширяет область ее применения.

Разработанная автором расчетная методика представляет собой эффективный инструмент для инженеров-технологов и проектировщиков, позволяющий обоснованно выбирать параметры насосного оборудования и трубопровода с учетом реологических свойств продукта.

Составленные практические рекомендации по снижению энергозатрат и повышению эффективности транспортирования имеют непосредственную ценность для предприятий молочной отрасли.

Предложенные таблицы и графики обеспечивают наглядность и удобство применения полученных результатов в практической деятельности. В целом практическая значимость работы является неоспоримой, а выводы и рекомендации обладают необходимой степенью конкретности и могут быть непосредственно использованы при модернизации существующих и проектировании новых производственных линий.

4. Соответствие работы требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

В работе соискателем решены все поставленные задачи, поэтому можно считать, что рассматриваемая работа О.И. Левичевой представляет собой законченное научное исследование.

Основные положения диссертации отражены в 26 публикациях, из которых 11 в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ. По материалам диссертации сделан ряд докладов на научных конференциях. Таким образом, рецензируемая работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

5. Замечания

- 1) Часть формул в диссертации представлена в размерной форме, часть в безразмерной форме. Но не найдены критерии подобия рассматриваемой гидравлической задачи.
- 2) Нет сведений об экономической эффективности внедрения результатов диссертационного исследования.
- 3) Температура плавленого сыра в процессе транспортирования считается постоянной. Не учтено возможное остывание продукта.

6. Оценка диссертации в целом

В рамках диссертационной работы О.И. Левичевой решалась задача повышения эффективности межоперационного трубопроводного транспортирования плавленых сыров путем создания усовершенствованной методики гидравлического расчета. Разработанный подход, в отличие от существующих методик, комплексно учитывает реологические свойства перекачиваемого продукта и технические характеристики насосного оборудования.

Результаты, полученные автором достоверны, выводы, сформулированные на основе полученных материалов, обоснованы. Работы, опубликованные автором, в том числе в рекомендованных журналах из Перечня ВАК РФ, в достаточной степени отражают материалы диссертации. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Все вышеизложенное позволяет считать, что диссертационная работа Левичевой Оксаны Игоревны соответствует современным требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 84, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук, по специальности 4.3.3 Пищевые системы.

Официальный оппонент,
кандидат технических наук, доцент
ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный
университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
Адрес: 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49,
Телефон: +7-961-729-01-64; E-mail: yul48888048@yandex.ru



Устинова Ю.В.

«23» июля 2026 г.



ПОДПИСЬ ЗАВЕДУЮЩЕГО
ОТ РУКОВОДИТЕЛЯ СЛУЖБЫ КАДРОВОЙ
ПОДПИСКИ И ПРИЕМА ПЕРСОНАЛА
О.В. ДОГУТОВ
2026 г.

