

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, доцента **Гареева Мурсалима Мухутдиновича** на диссертационную работу Борисова Артёма Витальевича на тему: «Совершенствование подходов к количественному учёту нефти и нефтепродуктов на самотечных участках трубопроводов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ» (технические науки).

На рассмотрение представлены рукопись и автореферат диссертации. Диссертация содержит 125 страниц машинописного текста, 48 рисунков, 15 таблиц, список литературы из 120 наименований и 3 приложений. Автореферат содержит 22 страницы машинописного текста, 3 рисунка и 2 таблицы.

1. Актуальность темы диссертационной работы.

Функционирование магистральных трубопроводных систем, предназначенных для транспортировки нефти и нефтепродуктов, представляет собой важный элемент инфраструктуры топливно-энергетического комплекса, гарантирующий устойчивую и своевременную доставку углеводородного сырья конечным потребителям. В рамках организации товарно-транспортных операций особое значение приобретает достоверное определение объёмов партий нефти и нефтепродуктов, перекачиваемых по трубопроводам. Степень достоверности такого учёта напрямую коррелирует с технической оснащённостью линейной части трубопровода средствами контроля и измерения, позволяющими осуществлять непрерывный мониторинг параметров перекачки.

В контексте текущей трансформации экспортной логистики поставок нефти и нефтепродуктов из Российской Федерации наблюдается рост числа участков трубопроводов, эксплуатируемых в режимах частичного заполнения, включая самотечные сегменты. Наличие подобных участков создаёт

ОТЗЫВ

ВХ. № 9-547 от 11.09.2026
А В У С

существенные технологические сложности при проведении инвентаризации и определения достоверности учета учёта объёмов перекачиваемого продукта. Образование самотечных участков может быть обусловлено не только переориентацией экспортных потоков, но и особенностями рельефа трассы — в частности, в горных районах с переменным профилем трассы, а также при работе системы на пониженных режимах перекачки.

На участках с самотечным режимом течения прямое измерение степени заполнения трубопровода технически неосуществимо. Существующие аналитические подходы к моделированию самотечного течения нефти и нефтепродуктов позволяют оценивать коэффициент заполнения, однако обладают рядом ограничений. В частности, действующие модели не обеспечивают комплексного учёта совокупности ключевых факторов, влияющих на гидродинамику потока и фактическую степень заполнения трубы. К числу таких факторов относятся шероховатость внутренней поверхности трубопровода, вязкостные характеристики перекачиваемого продукта, а также силы поверхностного натяжения, оказывающие значимое влияние на формирование профиля свободной поверхности жидкости в наклонных участках трубопровода.

В диссертационной работе Борисова А. В. реализован комплексный подход к исследованию влияния указанных факторов на коэффициент заполнения самотечных участков трубопроводов. Исследование базируется на сочетании аналитических методов расчёта с экспериментальной верификацией полученных результатов. На основании проведённого анализа автором разработаны предложения по совершенствованию методики определения уровня заполнения самотечных сегментов, в том числе с учётом изменения давления и температуры транспортируемого продукта. Дополнительно рассмотрено возможность использования технического решения, обеспечивающие прямое определение уровня заполнения трубопровода на самотечном участке.

Практическая ценность результатов исследования Борисова А. В. состоит в возможности повышения достоверности учёта объёмов перекачиваемых углеводородов на самотечных участках магистральных трубопроводов. Реализация предложенных решений способствует повышению достоверности учета нефти и нефтепродуктов при проведении товарно-транспортных операций и обеспечивает более надёжное планирование логистических потоков, а поэтому актуальность проведённого исследования представляется несомненной.

2. Научная новизна диссертации

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Разработана физико-математическая модель для расчета коэффициента заполнения, учитывающая свойства перекачиваемого продукта и режимные параметры перекачки.
2. Получено критериальное уравнение для определения степени заполнения самотечного участка трубопровода, учитывающее влияние свойств перекачиваемого продукта и режимных параметров перекачки.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации

Результаты диссертационного исследования, опирающиеся на синтез теоретических изысканий и экспериментальной проверки, характеризуются достаточной степенью надёжности и обоснованности.

Достоверность полученных выводов подкрепляется методологической строгостью проведённой работы: в исследовании последовательно применялись апробированные научные подходы, а для описания изучаемых процессов использовались математические модели.

При формировании критериального уравнения, позволяющего рассчитывать коэффициент заполнения, за основу были взяты фундаментальные принципы теории подобия и анализа размерностей — это

обеспечило корректность обобщения результатов и их применимость в широком диапазоне условий.

Экспериментальная часть исследования реализована на специализированном стенде, спроектированном с учётом требований теории планирования эксперимента и методик статистической обработки данных. В состав технологической схемы стенда вошло измерительное оборудование, а также комплект вспомогательного, ёмкостного и насосного оборудования, характеристики которого соответствовали задачам исследования. В рамках экспериментальной программы выполнено 27 опытов. Обработка полученных данных с применением оптимизационного метода Хука-Дживса позволила выявить и формализовать взаимосвязи между переменными, входящими в критериальное уравнение.

4. Научные результаты, их ценность

Основные научные результаты диссертации представлены в совокупности защищаемых положений. Ключевым достижением исследования выступает вывод критериального уравнения, предназначенного для расчёта степени заполнения самотечного участка трубопровода. В структуре уравнения реализован учёт комплекса определяющих факторов, к которым отнесены физико-химические характеристики транспортируемого продукта — в частности, показатели вязкости и поверхностного натяжения — а также основные режимные параметры процесса перекачки.

Степенные коэффициенты критериального уравнения определены на основании экспериментальных данных, полученных в ходе испытаний на специализированном стенде. В рамках экспериментальной программы осуществлялась перекачка нескольких видов продуктов, что обеспечило достаточный уровень репрезентативности выборки и позволило верифицировать работоспособность разработанной модели в различных эксплуатационных режимах.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 2 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Полученные в диссертационном исследовании результаты имеют существенное значение в теории и практике транспорта и хранения нефти и нефтепродуктов.

Разработана гидравлическая модель самотечных участков, позволяющая комплексно учесть влияние второстепенных факторов на формирование степени заполнения трубопровода. Результаты диссертационного исследования использованы на предприятии ООО «ЗНГО-Импульс» (акт внедрения от 24.04.2026) и внедрены в практику проектной деятельности ОАО «Сибнефтетранспроект» (акт внедрения от 27.04.2026) в виде методических рекомендаций по расчету уровня заполнения трубопроводов на самотёчных участках нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Разработана инженерная методика по расчету вместимости трубопроводов, транспортирующих жидкие продукты, в зависимости от термобарических условий. Разработана программа для ЭВМ, предназначенная для определения степени заполнения на самотечном участке трубопровода (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024664520 «Программа расчета коэффициента заполнения нефтепровода методом Ньютона-Гаусса).

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их внедрения организациями, осуществляющими

проектирование и эксплуатацию нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. В первую очередь это относится к объектам, в составе линейной части которых присутствуют самотечные участки — применение разработанных решений позволит повысить точность расчётов и оптимизировать эксплуатационные процессы.

Кроме того, предложенные расчётные формулы для определения коэффициента заполнения целесообразно использовать в образовательном процессе. Они могут быть интегрированы в учебные программы дисциплин, посвящённых вопросам эксплуатации магистральных трубопроводов, и служить базой для формирования у обучающихся навыков расчёта гидравлических режимов работы трубопроводных систем.

7. Замечания и вопросы по работе

1. Результаты экспериментальных исследований, приведенных в таблице 3.8, на основе которых получены коэффициенты критериального уравнения, позволяющего вычислить коэффициент заполнения трубопровода на самотечных участках, проводились при режимах в области небольших чисел Рейнольдса (325-7050), которые отличаются от большинства основных режимов перекачки магистральных трубопроводов.

2. При описании схем установки ультразвуковых датчиков для расходомера TUF-2000 на странице 63 автор допустил логическую ошибку. Диапазон диаметров труб для «Z-метода» установки датчиков перепутан с диапазоном диаметров труб для «V-метода» установки датчиков. В работе выбран датчик TS-2 для диапазона диаметров труб DN25-DN100. Какой метод установки датчиков TS-2 был выбран для ультразвукового расходомера?

3. Поскольку в ПАО «Транснефть» используется нормативный документ Р.50.2.040-2004 «Метрологическое обеспечение учета нефти при ее транспортировке по системе магистральных трубопроводов», в котором рекомендуется определять коэффициент заполнения на самотечных участках, следовало бы провести сопоставительный расчет по предлагаемой автором методике.

4. В тексте диссертации есть незначительные орфографические и пунктуационные ошибки.

Замечания и вопросы, конечно, не снижают научной и практической ценности результатов диссертации.

8. Заключение по диссертации

Диссертация **Борисова Артёма Витальевича** на тему «Совершенствование подходов к количественному учёту нефти и нефтепродуктов на самотечных участках трубопроводов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ, соответствует требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II», утвержденного приказом ректора Санкт-Петербургского горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее

автор – **Борисов Артём Витальевич** – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ.

Я, Гареев Мурсалим Мухутдинович, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

Заместитель заведующего кафедрой транспорта и хранения нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет», доктор технических наук по специальности 2.8.5 «Строительство и эксплуатации нефтегазопроводов, баз и хранилищ», доцент



Гареев Мурсалим Мухутдинович

«11» сентября 2026 г.

Подпись М.М. Гареева заверяю

Начальник отдела по работе с персоналом



Дадаян Ольга Анатольевна

«11» 09 2026г.



Сведения об официальном оппоненте

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Адрес: 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д.1

Телефон: +7 (347) 243-11-77

E-mail: thng@mail.ru