

ОТЗЫВ

официального оппонента Байбековой Лии Рафаэльовны
на диссертационную работу Карпова Филиппа Алексеевича
на тему «Оценка эффективности транспортировки нефти и нефтепродуктов по
магистральным трубопроводам за счет использования противотурбулентных
присадок с учетом их деградации», представленную к защите на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

1 Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время высокомолекулярные соединения успешно применяются в качестве противотурбулентных присадок при транспортировке нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам. Введение полимеров в малых концентрациях в турбулентный поток перекачиваемой среды способствует снижению гидравлического сопротивления и повышению пропускной способности трубопровода и, как следствие, приводит к снижению энергозатрат на перекачку. С помощью противотурбулентных присадок возможно компенсировать объём поставок перекачиваемых жидкостей после вынужденных простоев, реагировать на дефицит электроэнергии в том или ином районе, сокращать время загрузки и выгрузки танкеров, адаптироваться к сезонным изменениям потребления нефтепродуктов.

Известно, что наибольшей гидравлической эффективностью обладают присадки с высокой молекулярной массой. Однако, макромолекулы таких присадок обладают низкой механохимической устойчивостью и разрушаются при определенных условиях эксплуатации: при прохождении центробежных насосов, местных сопротивлений, под действием касательных напряжений трения при течении в трубопроводах. Механическая деструкция полимера приводит к частичной или полной потере эксплуатационных свойств присадок. Кроме того, на снижение гидравлической эффективности присадок влияют также ряд других факторов: конформационные переходы, образование межмолекулярных связей и окислительные реакции, а также распад ассоциатов.

Деградация существенным образом ограничивает область применения противотурбулентных присадок и повышает затраты на их ввод.

В диссертационной работе Карпова Филиппа Алексеевича рассматривается актуальная научная задача разработки математических моделей для описания закономерностей возникновения деградации полимеров при турбулентном течении, решение которой позволит расширить сферу применения противотурбулентных присадок и откроет возможности для дополнительной оптимизации процессов трубопроводного транспорта жидких углеводородов.

2 Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в диссертационной работе соискателя, являются вполне обоснованными, поскольку базируются на проведенном детальном анализе и обобщении результатов существующих отечественных и зарубежных лабораторных и промышленных исследований деградации полимерных растворов при турбулентном течении.

Для аналитического описания процесса механической деструкции противотурбулентных присадок в работе применены современные математические модели турбулентного течения разбавленных полимерных растворов. Идея основана на фундаментальных представлениях в механохимии высокомолекулярных соединений о гибкости полимерных цепей, конформационных изменениях макромолекул под действием внешних сил, а также вязкоупругих свойствах карбоцепных полимеров. В соответствии с данными положениями автором сделан вывод о том, что механическая деструкция полимеров, входящих в состав противотурбулентных присадок, возникает при превышении энергии турбулентного течения, упруго запасаемой сегментами полимерной цепи, энергии разрыва «слабых» химических связей. В

результате автором получены уравнения для описания гидродинамических условия возникновения деструкции противотурбулентных присадок.

3 Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Результаты, выводы и рекомендации получены автором диссертационной с учетом современных методик обработки данных опытно-промышленных испытаний, методов математического моделирования и расчетных методов.

Автором при построении теоретического обоснования учтены признанные научные труды отечественных и зарубежных исследователей. Достигнута согласованность авторских результатов с результатами независимых исследований других ученых, а также с данными промышленной эксплуатации противотурбулентных присадок.

Новизна исследований, представленных в диссертационной работе Карпова Ф.А. заключается в разработке аналитического решения задачи оценки условий возникновения механической деструкции противотурбулентных присадок в турбулентных потоках в нефте- и нефтепродуктопроводах. Автором предложена новая модификация существующей модели турбулентного течения жидких углеводородов, учитывающая механическую деструкцию противотурбулентных присадок под действием касательных напряжений трения. Следует также отметить, что автором установлено влияние путевой деградации противотурбулентных присадок на отклонение параметров перекачки нефти и нефтепродуктов от нормативных значений. Для минимизации таких отклонений автором предложено усовершенствовать прогнозный гидравлический расчет магистрального трубопровода с учетом опытных данных об изменении эффективности присадок по длине трубопровода.

4 Оценка содержания диссертации, ее завершенность

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, основных выводов, изложена на 155 страницах машинописного текста и содержит 22 рисунка, 13 таблиц и список литературы из 240 наименований.

В первой главе представлен подробный обзор экспериментальных исследований течений жидких углеводородов с противотурбулентными присадками. Выделены причины, вызывающие деградацию присадок в процессе эксплуатации. Обозначена потребность в совершенствовании существующих математических моделей турбулентного течения нефти и нефтепродуктов, обработанных полимерами. По результатам анализа сформулированы основные задачи исследования.

Вторая глава посвящена аналитическому описанию разрыва макромолекул в турбулентном потоке. В качестве обоснования применялись результаты известных фундаментальных исследований. Полученное уравнение учитывает влияние касательных напряжений трения, молярной массы полимера, концентрации ввода и характеристической вязкости на процесс механической деструкции. Предложено включить уравнение для определения условия разрыва макромолекул в систему уравнений модели $k-\varepsilon$ турбулентного течения разбавленных вязкоупругих растворов для проведения более точного математического моделирования. Практическая ценность полученных уравнений состоит в том, что они позволяют до проведения опытно-промышленных испытаний оценить возможность возникновения механической деструкции противотурбулентных присадок в заданных гидродинамических условиях, а также сформулировать требования к молярной массе и концентрации присадки для обеспечения стабильного проявления эффекта Томса.

В третьей главе приведена методика учета деградации противотурбулентных присадок при расчете планового распределения давления по длине магистрального трубопровода, имеющая перспективу практического применения при разработке карт технологических режимов и позволяющая

осуществлять более качественный диспетчерский контроль над отклонением параметров транспортировки от нормативных значений.

В четвертой главе проведен анализ промышленных данных о применении противотурбулентной присадки при различных технологических режимах транспортировки по магистральному нефтепродуктопроводу с лупингом. Показано, что повышение производительности магистрального трубопровода увеличением числа работающих насосных агрегатов совместно с применением присадки, может негативным образом повлиять на гидравлическую эффективность последней при значениях касательных напряжений выше «порогового». Значение «порогового» напряжения возможно определить с помощью уравнения, полученного во втором разделе диссертационной работы. Продемонстрировано также, что снижение эффективности присадки при подключении лупинга вызвано не механической деструкцией, а уменьшением касательных напряжений на участке с лупингом.

По материалам диссертационной работы опубликовано 15 научных трудов, в том числе 3 статьи в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий в соответствии с требованиями ВАК Министерства образования и науки РФ; из них 1 статья в журнале, также индексируемом в базе данных Web of Science и Scopus.

Диссертация носит завершенный характер, содержание работы полностью раскрывает поставленные цель и задачи и соответствует паспорту специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ». Полученные результаты, выводы и рекомендации имеют научную и практическую ценность. Текст диссертационной работы обладает внутренним единством и написан грамотным, научным языком, с соблюдением терминологии и логики изложения. Автореферат и опубликованные научные труды полностью отражают содержание диссертации.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. В работе подробно рассмотрено течение жидких углеводородов, обработанных присадками на основе линейных карбоцепных полимеров, а

также механизм их деструкции. Автором уделено недостаточно внимания механизму снижения гидродинамического сопротивления для ряда других антитурбулентных добавок: координационных полимеров, супрамолекул, высокомолекулярных нефтяных остатков, ПАВ.

2. При разработке уравнения для оценки возникновения механической деструкции, а также в рассматриваемых примерах, автором принято, что температура перекачиваемого продукта является постоянной. В работе не рассмотрен процесс механической деструкции полимеров в турбулентном потоке в условиях неизотермичности.

3. Физико-химические свойства противотурбулентных присадок могут отличаться в зависимости от партии, поставленной заводом-изготовителем. Каким образом данный фактор должен быть учтен при использовании полученных соотношений на практике?

Следует отметить, что данные замечания носят рекомендательный характер для дальнейшего развития исследований по тематике диссертации и не снижают уровень научной новизны, практической и теоретической ценности работы.

5 Заключение

Диссертационная работа Карпова Филиппа Алексеевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение новой научной задачи по численному определению пороговых напряжений трения, при которых в турбулентном потоке углеводородного растворителя происходит механодеструкция противотурбулентных присадок заданной молярной массы. Решение данной задачи имеет существенное значение для развития отрасли трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. Диссертационная работа соответствует пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от

24.09.2013 г. №842 (ред. от 18.03.2023) «О порядке присуждения ученых степеней».

Автор диссертационной работы Карпов Филипп Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ».

Официальный оппонент:
Байбекова Лия Рафаэльовна,
доцент кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа», кандидат технических наук по специальности 02.00.13 – «Нефтехимия», доцент

«10» 11 2023 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Адрес: 420015, г. Казань, ул. Карла Маркса, д. 68

Телефон: 8 (843) 231-95-11

E-mail: L_baibekova@mail.ru

Я, Байбекова Лия Рафаэльовна, согласна на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Подпись Байбековой Лии Рафаэльовны заверяю

«__» _____ 2023 г.

Подпись Байбековой Л.

удостоверяю.

Начальник отдела по работе с сотрудниками ФБОУ ВО «КНИТУ»

А.Р. Уренцов

«10» 11 2023 г.