

## ОТЗЫВ

на автореферат и 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»

Актуальность темы диссертационной работы Карпова Филиппа Алексеевича обусловлена растущей потребностью в совершенствовании методов повышения энергоэффективности процессов транспортировки нефти и нефтепродуктов по трубопроводным сетям. В последние годы широкое практическое внедрение при решении эксплуатационных задач транспорта энергоресурсов получили полимерные агенты снижения гидродинамического сопротивления – противотурбулентные присадки (ПТП). В результате ввода полимеров в малых концентрациях в турбулентный поток перекачиваемого продукта, существенно возрастает пропускная способность нефтепроводов, и могут снижаться удельные затраты на перекачку. Кроме увеличения пропускной способности магистральных трубопроводов при заданном максимальном допустимом давлении на выходе НПС; современные присадки успешно применяются для сохранения или компенсации плановой производительности при проведении ремонтных работ без остановки перекачки, а также для восполнения поставок при выводе трубопровода в ремонт. ПТП могут использоваться при пониженном давлении перекачки в связи с большой изношенностью труб, а также для снижения энергопотребления за счет уменьшения числа работающих насосных агрегатов на НПС.

Однако, значительным ограничением для применения ПТП на всех магистральных трубопроводах является их уязвимость к механической деструкции, ведущей к дезактивации ПТП. При течении разбавленных вязкоупругих растворов противотурбулентных присадок как в рабочих колесах центробежных насосов, так и в самих трубопроводах происходит деградация ПТП, что обуславливает необходимость устройства дозирующих пунктов на каждой насосной станции. Для оценки фактической эффективности ПТП на конкретном участке магистрального трубопровода требуется проводить опытно-промышленные испытания (ОПИ).

В диссертационной работе Карпова Ф. А. исследуются физико-химические аспекты деградации противотурбулентных присадок и их проявление в

конкретных гидродинамических условиях. Определённый научный интерес представляет разработанное автором уравнение для обоснования границ механического разрушения макромолекул в турбулентном потоке углеводородного растворителя.

В первой главе проведен детальный анализ опыта применения противотурбулентных присадок и исследований в области течений разбавленных полимерных растворов. Выделены факторы, влияющие на ухудшение свойств противотурбулентных присадок при эксплуатации. Рассмотрены существующие математические модели турбулентного течения вязкоупругих сред и предложены пути их усовершенствования. На основании проведенного анализа сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе изложена аргументация в пользу гипотезы о том, что механическая деструкция полимерных цепей возникает при превышении энергии внешнего воздействия, упруго запасаемой связями между сегментами макромолекулы величины энергии разрыва углерод - углеродных химических сигма связей, которая для различных полимеров составляет 120-350 кДж/моль. На основании этой гипотезы разработано уравнение для аналитического описания механической деструкции полимерных цепей в турбулентном потоке жидких углеводородов. В данной главе также приведена модификация математической модели  $k-\varepsilon$  турбулентного течения разбавленных вязкоупругих растворов противотурбулентных присадок, основанная на решении системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса и дифференциального уравнения изменения тензора конформации макромолекул. Модификация учитывает возникновение деструкции полимера под действием напряжений трения. Адекватность полученных уравнений проверена на примерах, основанных на данных из открытых источников.

В третьей главе по результатам анализа данных промышленного применения противотурбулентных присадок при транспортировке нефти и нефтепродуктов выявлено, что изменение гидравлической эффективности присадок по длине трубопровода вызывает отклонение фактических параметров перекачки от плановых значений. Для устранения указанных отклонений, предложен уточняющий гидравлический расчет по данным опытно-промышленных испытаний. Прогнозирование гидравлической эффективности присадок по указанной методике для произвольной концентрации показало совпадение с фактическими параметрами с относительной погрешностью, не превышающей 5%.

В четвертой главе проведено исследование влияния касательных напряжений трения на изменение эффективности противотурбулентных присадок при различных режимах перекачки дизельного топлива по магистральному нефтепродуктопроводу. Показано, что подключение лупинга вызывает снижение средней гидравлической эффективности присадки в связи с тем, что турбулентное течение на участке с подключенным лупингом происходит при более низких касательных напряжениях трения, чем на участке без лупинга. Кроме того, на основании ранее полученного уравнения и данных промышленной эксплуатации показано существование верхнего порога величины касательных напряжений трения, при котором возникает механическая деструкция полимера в трубопроводе.

Таким образом, диссертация представляет собой качественное исследование важной проблемы в области трубопроводного транспорта углеводородов с противотурбулентными присадками. Работа имеет логичную структуру и понятный стиль изложения, обладает научной новизной и теоретической значимостью. Результаты исследования могут быть применены на практике.

Незначительные недостатки, отмеченные ниже, не умаляют общее впечатление от работы:

- На Рис.1 Плохо читаются индексы у компонентов разложения сил;

- На стр. 10 номера формул в тексте не совпадают с фактическими, например, предложение «С учетом (2.9) выражение (2.8) примет вид: ...», вероятно, следует читать: «С учетом (9) выражение (8) примет вид:», поскольку формул с номерами 2.9 и 2.8 нет.

В целом, диссертационная работа Карпова Филиппа Алексеевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение новой научной задачи описания гидродинамического порога наступления механического разрушения противотурбулентных присадок в турбулентном потоке нефти и нефтепродуктов, имеющей определённое значение для развития отрасли трубопроводного транспорта энергоресурсов, что 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».

Ведущий научный сотрудник  
Лаборатории химических реагентов ООО «НИИ Транснефть», доктор химических наук по специальности 02.00.06 – «Высокомолекулярные соединения»

«14» ноября 2023 г  
[NesynGV@niitn.transneft.ru](mailto:NesynGV@niitn.transneft.ru)

Несын  
Георгий Викторович

Директор Центра исследований гидравлики трубопроводного транспорта ООО «НИИ Транснефть», кандидат технических наук по специальности 2.8.5. – «Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ»

«14» ноября 2023 г  
[SunagatullinRZ@niitn.transneft.ru](mailto:SunagatullinRZ@niitn.transneft.ru)

Сунагатуллин  
Рустам Зайтунович

Общество с ограниченной ответственностью  
«Научно-исследовательский институт трубопроводного транспорта»  
Адрес: 117186 г. Москва, Севастопольский проспект, д. 47а,  
Телефон: (495) 950-82-95  
E-mail: [niitn@niitn.transneft.ru](mailto:niitn@niitn.transneft.ru)

Я, Несын Георгий Викторович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Я, Сунагатуллин Рустам Зайтунович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку.

Подписи Несына Георгия Викторовича и  
Сунагатуллина Рустама Зайтуновича заверяю

Начальник отдела кадров



Кирдина Елена Владимировна