

## 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»

Одной из основных задач энергетической стратегии России на период до 2030 года, является повышение энергетической и экологической эффективности российской экономики и энергетики, в том числе за счет структурных изменений и активизации технологического энергосбережения. Эксплуатация объектов трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, является крайне энергоемким процессом. В связи с этим, актуально развитие технологий, направленных на снижение энергопотребления технологического оборудования магистральных трубопроводов.

В настоящее время, для снижения гидравлического сопротивления при транспортировке жидких углеводородов широко применяются противотурбулентные присадки. Добавление полимеров в малых концентрациях в турбулентный поток нефти или нефтепродуктов позволяет решать ряд технологических задач: увеличение проектной производительности трубопроводов без дополнительных капитальных затрат на строительство насосных станций, лупингов или вставок; восполнение объемов перекачки после внеплановых остановок; компенсация сезонного или рыночного спроса; поддержание постоянной производительности при снижении давления в трубопроводе при проведении ремонтных работ; на «лимитирующих» участках трубопроводов.

Однако, нестабильное проявление эксплуатационных свойств присадок под действием различных факторов существенным образом ограничивает область их применения. Деградация полимерных агентов происходит при прохождении через центробежные насосы, местные сопротивления и под действием сдвиговых напряжений при турбулентном течении в трубопроводах. В результате разрыва полимерных цепей, снижается их молекулярная масса, что негативным образом сказывается на гидравлической эффективности присадок.

В диссертационной работе Карпова Филиппа Алексеевича поставлена и решена актуальная научная задача по совершенствованию методов оценки и прогнозирования гидравлической эффективности противотурбулентных присадок с учетом их деградации.

Результатами исследований соискателя являются ряд важных научных и прикладных положений, обладающих признаками новизны, теоретической и практической значимостью. Следует отметить, что в работе проведен глубокий анализ и обобщение внушительного объема теоретических и экспериментальных исследований в области течений жидкостей, обработанных

полимерами, с приведением ссылок на 240 отечественных и зарубежных литературных источников, что свидетельствует об обоснованности полученных выводов.

К новым научным результатам диссертационной работы Карпова Ф. А. следует отнести аналитическое описание процесса механической деструкции противотурбулентных присадок в условиях турбулентного течения нефти и нефтепродуктов в трубопроводе. Автором получено уравнение для оценки возможности возникновения разрыва полимерных цепей под действием касательных напряжений трения на основании гипотезы о том, что механическая деструкция полимерных цепей возникает при превышении энергии внешнего воздействия, упруго запасаемой связями между сегментами макромолекулы, величины энергии разрыва «слабых» химических связей. Уравнение учитывает физико-химические свойства нефти (нефтепродукта), молекулярную массу и концентрацию противотурбулентной присадки, а также влияние касательных напряжений трения. Модифицирована с учетом механической деструкции полимера существующая модель турбулентного течения разбавленных вязкоупругих растворов противотурбулентных присадок, основанная на решении системы осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса и уравнения изменения конформации макромолекул.

В целях повышения точности расчета плановых параметров транспортировки автором модифицировано уравнение распределения давления по длине магистрального трубопровода с учетом путевой деградации присадок на основании эмпирической функции изменения интегральной эффективности.

В работе приведены результаты исследования влияния касательных напряжений трения при турбулентном течении нефти и нефтепродуктов в трубопроводе на эффективность присадок. Продемонстрировано, что подключение лупинга оказывает заметное воздействие на гидравлическую эффективность противотурбулентной присадки. Турбулентное течение в трубопроводе на участке с подключенным лупингом происходит при более низких касательных напряжениях трения, чем на участке без лупинга, что приводит к снижению средней эффективности присадки во всем трубопроводе. Показано на основании полученного во второй главе уравнения, что введение в работу дополнительных насосных агрегатов может привести к значительному снижению эффективности присадок, что подтверждает существование верхнего порога величины касательных напряжений трения, при котором происходит механическая деструкция макромолекул присадок в трубопроводе.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК и ГОСТ, имеет четкую и логичную структуру, что облегчает понимание и использование результатов. Стиль изложения материала является профессиональным и научным. Результаты исследований являются обоснованными и достоверными, что подтверждено в работе на основании промышленных данных о применении противотурбулентных присадок.

Диссертационная работа Карпова Филиппа Алексеевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой и 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».

Заведующий кафедрой механики и цифрового проектирования ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», доктор технических наук по специальности 05.04.13 «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаторы», профессор

«20» 11 2023 г.  Месропян Арсен Владимирович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»  
Адрес: 450076, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32, главный корпус, каб. 201  
Телефон: +7908350-23-04  
E-mail: [rector@uust.ru](mailto:rector@uust.ru), [mec&zp@ugatu.su](mailto:mec&zp@ugatu.su)

Я, Месропян Арсен Владимирович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, их дальнейшую обработку

Подпись Месропяна Арсена Владимировича заверяю

«21» 11 2023 г.



Подпись   
Заставеряю «20» 11 2023.  
