УДК 338.31

Мусина Д.Р.,
кандидат экономических наук,
доцент
доцент кафедры «Экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности»
Россия, г. Уфа
Сафиханов Т.Б.,
студент
3 курс, институт нефтегазового бизнеса
Уфимский государственный нефтяной технический университет
Россия, г. Уфа

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫХ ПРИСАДОК ПРИ ИХ ПРИМЕНЕНИИ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

Аннотация: *В настоящее время многие магистральные трубопроводы в России работают на предельных режимах. Зачастую это связано с существующими ограничениями по давлению на определенных участках магистральных трубопроводов. Находить наиболее оптимальный технологический режим работы и при этом рационально использовать электроэнергию на сегодняшний день является важной задачей субъектов транспортировок жидких углеводородов на магистральных трубопроводах.*

Ключевые слова: *технологический режим, эффективность, противотурбулентные присадки, магистральный трубопровод, противотурбулентное течение.*

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL CONDITIONS ON THE CHANGES IN THE EFFICIENCY OF ANTI-TURBULENT ADDITIVES WHEN APPLIED ON MAIN PIPELINES

Abstract: *At present, many main pipelines in Russia operate at limiting conditions. Often this is due to the existing pressure restrictions in certain sections of the main pipelines. Finding the most optimal technological mode of operation and at the same time rationally using electricity is today an important task for the subjects of transportation of liquid hydrocarbons on main pipelines.*

Key words: *technological regime, efficiency, anti-turbulent additives, main pipeline, anti-turbulent flow.*

Одним из технологических режимов, влияющих на эффективность противотурбулентных присадок (далее – ПТП), является такой гидродинамический параметр магистрального трубопровода как режим турбулентного течения. В сфере магистральных транспортировок жидких углеводородов по-прежнему актуален выбор наиболее эффективных ПТП.

Так, в исследовании Ш.И. Рахматуллина, М.М. Гареева, Д.П. Ким основной акцент сделан на определении предельных (минимальных) значений критерия Рейнольдса (критерия подобия течения вязкой жидкости), при которых в режиме турбулентного течения показывает свое проявление эффект Томса для тех или иных сочетаний полимеров с растворителями [5, с. 38].

Исследования в режиме противотурбулентного течения, проводимые в условиях лаборатории, неоднократно показывали, что максимальная эффективность отражения эффекта Томса достигается по мере увеличения значения критерия Рейнольдса [2, с. 95], В то же время имеются исследования, по результатам которых приводятся доказательства того, что подобное увеличение эффективности ПТП ограничено, что обусловлено деградацией макромолекул полимеров при напряжении сдвига на стенке трубопровода в

режиме турбулентного течения, либо утончением пристенного слоя и воздействием шероховатости стенки трубы.

В своем исследовании М.М. Гареев и Ф.А. Карпов разработали математическую модель течения жидких углеводородов в магистральном трубопроводе с подключенным участком трубопровода, прокладываемым параллельно основному трубопроводу (лупинг) и вводом противотурбулентных присадок [1, с. 26].

Представленные исследования несомненно внесли огромный вклад в сферу практического применения ПТП на магистральных трубопроводах. Немаловажную ценность представляет также исследование, расширяющее базовое понимание эффекта Томса, акцент которого сделан на изменение эффективности противотурбулентной присадки в зависимости от режима работы магистрального трубопровода с подключенным участком трубопровода, прокладываемым параллельно основному трубопроводу. Полученные результаты исследования показали негативное влияние такого подключения на эффективность применения противотурбулентной присадки. Помимо этого, в исследовании было установлено наличие оптимальных режимов турбулентного течения с наибольшей эффективностью присадки, в условиях которых из-за последующего роста значений критерия Рейнольдса и напряжения сдвига на стенке трубопровода происходит снижение эффективности. Результаты такого исследования могут применяться в строительстве магистральных трубопроводов при выборе технологического режима течения жидких углеводородов с применением ПТП [3, с. 19].

На выбор технологического режима течения во многом влияют цели проведения испытаний (например, рост производительности магистрального трубопровода до оптимального значения; сравнение производителей противотурбулентных присадок; уменьшение давления на выходе нефтеперекачивающей станции и др.).

Обычно цель применения ПТП сводится к росту производительности

магистральных трубопроводов до оптимального значения. При этом в качестве начального отдается предпочтение выбору технологического режима с наибольшей производительностью. Для достижения цели сравнения производителей ПТП, прежде всего, необходимо обеспечить единый режим течения для всех тестируемых присадок [4, с. 8].

Кроме того, в дополнение к технологическим режимам испытаний с противотурбулентными присадками важно осуществить и другие расчеты, представленные на рисунке 1.

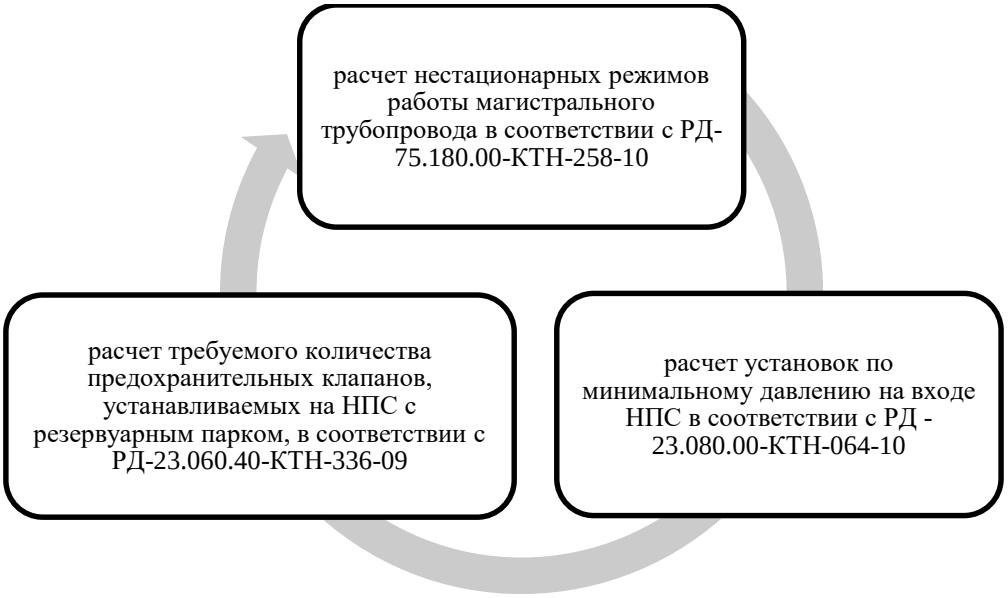

Рис. 1 – Дополнительные расчеты к технологическим режимам испытаний с противотурбулентными присадками

Теоретические и испытательные исследования противотурбулентного течения с вводом различных ПТП, которые проводились на протяжении более 50 лет, до сих пор не представили точного обоснования процесса снижения гидравлического сопротивления, который имел бы огромную ценность для эффективной и энергосберегающей работы магистрального транспорта.

В условиях современности, исследования механизма снижения турбулентности с ПТП проводятся с использованием четырех основных методов (рис. 2).

1. Изменение реологических параметров	• Этот метод заключается в экспериментальном определении перепада давления на измерительном участке модельного трубопровода малого диаметра при турбулентном режиме перекачки испытуемых жидкостей – соответственно чистого продукта и продукта с растворенной полимерной добавкой с заданной её концентрацией. Полученные закономерности позволяют дать косвенную оценку гидравлической эффективности исследуемой присадки в турбулентном потоке.
2. Изучение влияния структуры турбулентного потока	• Данный метод основан на внутренней структуре турбулентности для изучения механизма снижения сопротивления, что позволяет выявить основные закономерности снижения сопротивления с ПТП в поле турбулентности. Однако некоторые проблемы остаются неразрешенными вследствие сложности процесса возникновения турбулентности и взаимного влияния макромолекул полимера. При достижении концентрации ПТП в растворе значений, соответствующих максимальному снижению гидравлического сопротивления, дальнейшее увеличении концентрации ПТП, напротив, приводит к уменьшению эффективности присадки.
3. Исследование динамики молекул полимерных добавок	• Этот метод базируется на взаимосвязи микроструктуры молекул полимера в турбулентном потоке и реологических характеристик раствора при изучении механизма снижения гидравлического сопротивления. Хотя этот метод способен объяснить механизм влияния молекул полимера на снижение турбулентного сопротивления с микроскопической точки зрения, реализация его методом численного моделирования затрудняет проведение экспериментальной проверки.
4. Исследование механизма на основе энергии поля турбулентного потока	• Снижение генерации турбулентной кинетической энергии. • Уменьшение рассеивания энергии поля потока в тепловую энергию. • Уменьшение энергии турбулентных пульсаций. • Энергия, затраченная на турбулентное вихреобразование, – значительная диссипация энергии в поле турбулентного течения.

Рис. 2 – Методы исследования механизма снижения турбулентности с ПТП

В целом, на обоснование полученных результатов главным образом влияет принятое представление о проявлении эффекта Томса. Влияние технологических режимов на изменение эффективности противотурбулентных присадок при их применении на магистральных трубопроводах требует дальнейших исследований и сбора опытно-промышленных и лабораторных данных. При этом полученные результаты должны учитываться при строительстве новых магистральных трубопроводов,

изучении их работы с применением ПТП, включая выбор оптимальных технологических режимов противотурбулентного течения.

Библиографический список:

1. Гареев, М.М. Условие деструкции противотурбулентных присадок / М.М. Гареев, Ф.А. Карпов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. – 2018. – № 1.– С. 24-29.
2. Голунов, Н.Н. Влияние малых противотурбулентных присадок на гидравлическую эффективность и смесеобразование при последовательной перекачке нефтепродуктов / Н.Н. Голунов // Территория Нефтегаз. – 2018. – № 6. – С. 92-97.
3. Карпов, Ф.А. Изменение эффективности применения противотурбулентных присадок в зависимости от технологического режима магистрального трубопровода / Ф.А. Карпов, М.М. Гареев // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2022. – № 1-2. – С. 16-23.
4. Лисин, Ю.В. Оценка эффективности противотурбулентных присадок по результатам опытно-промышленных испытаний на магистральных нефтепроводах / Ю.В. Лисин, С.Л. Семин, Ф.С. Зверев // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов. – 2013. – № 3 (11). – С. 6-11.
5. Рахматуллин, Ш.И. О турбулентном течении слабоконцентрированных растворов полимеров в трубопроводах / Ш.И. Рахматуллин, М.М. Гареев, Д.П. Ким // Нефтегазовое дело.– 2005. – № 2. – С. 31-45.

© Сафиханов Т.Б., 2022