

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНОЙ ПРИСАДКИ
ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА
ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ
ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЕПРОДУКТ»**

Рассмотрены практические аспекты применения противотурбулентной присадки при транспортировании дизельного топлива по магистральным трубопроводам. Проведен анализ экспериментальных данных опытно-промышленных транспортировок дизельного топлива с противотурбулентной присадкой Necadd-447.

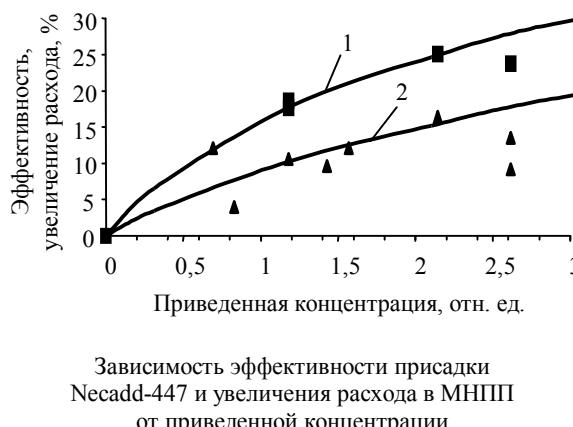
Aspects of practical application of anti-turbulent additive agent in transporting diesel oil through trunk pipelines are studied. Experimental data was analyzed on experimental and industrial transportation of diesel oil with the Necadd-447 anti-turbulence additive.

Значительная часть разветвленных нефтепродуктопроводов ОАО «АК «Транснефте-продукт» находится в эксплуатации 30-35 лет, что требует из-за условий старения и циклической долговечности труб снижения рабочих давлений перекачки и приводит к уменьшению производительности МНПП. Сохранение пропускной способности МНПП при снижении давлений может осуществляться двумя методами: строительством лунингов; применением противотурбулентных присадок.

Противотурбулентные присадки выпускаются в виде гелей или суспензий с содержанием гидравлически активного вещества от 5 до 25 %, так как процесс растворения высокомолекулярных соединений в нефтепродукте длителен, а при его интенсификации возможно разрушение молекул полимера. Противотурбулентные присадки практически не влияют на величину критического

числа Рейнольдса, при котором происходит переход к турбулентному режиму течения. Величина снижения турбулентного трения для гидравлически гладких труб (зона Блазиуса) не зависит от числа Рейнольдса, а определяется концентрацией противотурбулентной присадки и ее молекулярной массой.

Влияние шероховатости труб на гидравлическое сопротивление течения определяется положением вершин выступов относительно границы пристенного слоя. Тормозящее действие шероховатости возрастает как с ростом числа Рейнольдса, так и с увеличением средней высоты выступов. Противотурбулентные присадки «затягивают» выход в режим с полным проявлением шероховатости, так как способствуют увеличению пристенного слоя. Противотурбулентные присадки расширяют диапазон чисел Рейнольдса, в котором шероховатая поверхность является гидравлически гладкой.



Противотурбулентные присадки не меняют физико-химические характеристики нефтепродуктов, не содержат ПАВ и поэтому не адсорбируются на поверхности трубопроводов, не оказывают негативного влияния на работу печей и двигателей, могут применяться совместно с ингибиторами коррозии, депрессорными и антистатическими присадками и др.

Использование противотурбулентных присадок при постоянном рабочем давлении на насосных станциях позволяет увеличить пропускную способность трубопроводов без дополнительных капиталовложений на строительство лупингов или дополнительных станций.

Использование противотурбулентных присадок при постоянном расходе позволяет снизить давление в трубопроводах и тем самым повысить эксплуатационную надежность линейной части, снизить аварийность и затраты на перекачки заданного количества нефтепродукта.

Графическая зависимость эффективности присадки Necadd-447 и соответствующее увеличение расхода в МНПП от приведенной концентрации представлены на рисунке. Эти зависимости построены по результатам опытно-промышленных испытаний на перегонах «Никольское – Становая»; «Стальной Конь – 1Д»; «8Н – Сенно»; «Сенно – Дисна».

Максимальный эффект снижения гидравлического сопротивления наблюдается только после полного заполнения нефтепродуктом с присадкой всего лимитирующего участка или трубопровода. При прекраще-

нии ввода присадки в поток происходит восстановление первоначального гидравлического сопротивления по мере того как нефтепродукт, содержащий присадку, покинет трубопровод.

Экспериментальная транспортировка дизельного топлива, обработанного дисперсионной противотурбулентной присадкой Necadd-447, на участке «Никольское – Становая» была проведена с 17 по 21 сентября 2002 г.

Работы проведены в соответствии с Инструкцией по проведению экспериментальной транспортировки дизельного топлива с противотурбулентной присадкой Necadd-447 по МНПП «Куйбышев – Брянск» на участке «Никольское – Становая».

Пропускная способность участка «Никольское – Становая» при транспортировке исходного дизельного топлива в емкости ЛПДС «Становая» и давлении на насосной станции ЛПДС «Никольское» 64 кг/см² составила в среднем по двум ЛПДС за 6 ч 977,7 т/ч (1161,3 м³/ч). Коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda_0 = 0,0167$ при среднем давлении на выходе из ЛПДС «Никольское», равном 64 кг/см², и на входе в ЛПДС «Становая» – 2,43 кг/см². Массовый расход при средней плотности 841,9 кг/м³ составляет 977,7 т/ч.

Противотурбулентная присадка Necadd-447 обеспечила увеличение пропускной способности участка «Никольское – Становая», работающего в емкости «Становой», с 977,7 до 1046,3 т/ч, т.е. на 7 % при вводе на ЛПДС «Никольское» присадки в количестве 3,9 г/т. Эффективность присадки составила 13,8 % .

Расчетное значение коэффициента гидравлического сопротивления равно 0,0144 при среднем давлении на выходе ЛПДС «Никольское» 63,9 кг/см² и на входе ЛПДС «Становая» 3,07 кг/см². При средней плотности 843,4 кг/м³ массовый расход составил 1046,3 т/ч.

В ходе эксперимента было обработано 12338 т дизельного топлива противотурбулентной присадкой Necadd-447 со средней концентрацией 7,46 г/т. Это позволило заполнить участок «Никольское – Становая» на расстояние 50 км (708-758 км). На 758-м км

был организован замер давления при подходе головы партии дизельного топлива с присадкой.

Испытания показали, что при вводе присадки с концентрацией 3,88 г/т была достигнута максимально возможная подача при двух последовательно включенных магистральных насосных агрегатах НМ 1250 × 400, которая составила 1240,7 м³/ч при давлении на выходе станции 64 кг/см и отсутствии дросселирования. При работе данных насосных агрегатов дальнейшее повышение концентрации вводимой присадки приведет к снижению давления перекачки и росту неиспользованного резерва давления на станции.

Анализ экспериментальных данных опытно-промышленных транспортировок дизельного топлива с противотурбулентной присадкой по продуктопроводам ОАО «АК «Транснефтепродукт» показал, что на снижение гидравлического сопротивления в диапазоне чисел Рейнольдса от 60000 до 140000 влияют концентрация добавки и эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубопровода, которая определялась при течении дизтоплива без присадки. Получена зависимость для определения коэффициента гидравлического сопротивления при течении дизтоплива с присадкой как функция от названных параметров, в основу которой положена известная формула А.Д.Альтшуля

$$\lambda_f = \lambda_o(1 + C_{\text{пр}})^{-0,25}, \quad (1)$$

$$C_{\text{пр}} = \frac{Ac}{F(\varepsilon)}, \quad (2)$$

где $C_{\text{пр}}$ – приведенная концентрация; A – коэффициент; λ_f и λ_o – коэффициенты гидравлического сопротивления при течении дизтоплива с присадкой и без нее; $\varepsilon = K/D$ – относительная шероховатость трубопровода; D – внутренний диаметр трубопровода; K – эквивалентная шероховатость.

Эффективность противотурбулентной присадки с учетом формулы (2):

$$\begin{aligned} \varphi &= \left(1 - \frac{\lambda_f}{\lambda_o}\right) \cdot 100 = \\ &= [1 - (1 + C)^{-0,25}] \cdot 100. \end{aligned} \quad (3)$$

Увеличение пропускной способности продуктопровода связано с эффективностью противотурбулентной присадки выражением:

$$\varphi_q = \left[\left(1 - \frac{\Phi}{100}\right)^{-0,05} - 1 \right] \cdot 100. \quad (4)$$

На рисунке линиями 1 и 2 обозначены эффективности присадки, построенные по формулам (3) и (4) для Necadd-447. Максимальное отклонение расчетных значений по формулам (3) и (4) от опытных для исследуемых присадок не превышает 14,7 % при среднем расхождении не более 4,5 %, что свидетельствует о пригодности этих зависимостей для инженерной практики.