

ХИМИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ГК «МИРРИКО» В ОБЛАСТИ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ



Солодов П.А., начальник инженерно-технического центра ООО «Газпром переработка»
Лосев К.А., управляющий директор ООО «Миррико Сервис»
Сулейманова Ю.В., заведующая научно-исследовательской лабораторией «Противотурбулентная присадка»

Егоров А.Г., начальник отдела поставок и сервисного сопровождения ООО «Миррико Сервис»
Жуков А.Ю., ведущий специалист отдела поставок и сервисного сопровождения ООО «Миррико Сервис»
Филиппов А.А., ведущий специалист отдела продвижения ООО «Миррико Сервис»

Введение

Современный этап эксплуатации отечественных магистральных трубопроводов для транспортировки нефти и дизельных топлив разных марок характеризуется введением в поток углеводородной жидкости малых полимерных добавок, снижающих турбулентное трение. Они позволяют увеличить пропускную способность трубопроводов без повышения рабочего давления на перекачивающих насосных станциях или же при заданном расходе его понизить. В настоящее время противотурбулентные присадки применяются на важнейших для экономики России экспортных направлениях транспортировки нефти и нефтепродуктов.

Технология перекачки углеводородных жидкостей, основанная на эффекте снижения турбулентного сопротивления в присутствии полимерных добавок (эффект Б.А. Томса), проста и в отличие от строи-

тельства с теми же целями, например, лупингов не требует больших капитальных затрат и может быть реализована в кратчайший срок. В случаях же сезонных или рыночных увеличений грузопотоков по отдельным направлениям использование полимерных добавок не имеет альтернативы.

Эта высоконадежная ресурсосберегающая экологически чистая технология транспортировки нефтяных систем полностью соответствует приоритетным направлениям научно-технического прогресса в области трубопроводного транспорта. Кроме того, она обеспечивает необходимый резерв транзитных мощностей для создания гибких конкурентных возможностей на мировых рынках нефтегрузов.

В настоящее время на российских магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах, а также на внутрипромысловых нефтепроводах вертикально интегрированных

нефтяных компаний применяются в основном импортные суспензионные противотурбулентные присадки известных мировых производителей. Отечественные присадки, такие как «Виол», «Альфа-каучук» и др., практически не используются по разным причинам.

Есть «пророк» в своем Отечестве

Одним из направлений деятельности ООО «Миррико Сервис» (ГК «Миррико») является разработка и внедрение противотурбулентной присадки собственного крупнотоннажного производства под торговой маркой «M-FLOWTREAT».

Уникальная рецептура суспензионной присадки «M-FLOWTREAT» была разработана в специализированной лаборатории «Противотурбулентные присадки» Научно-инжинирингового центра ГК «Миррико». По данным лабораторных испытаний на стенде (в

условиях моделирования турбулентного режима течения углеводородных жидкостей), она показала высокую эффективность (относительное снижение турбулентного трения), превышающую в ряде случаев эффективность аналогичных импортных продуктов. Кроме того, особенностью этой присадки является низкая температура застывания (менее минус 50°С) и седиментационная устойчивость при хранении и применении.

Противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT», выпускаемая по ТУ 2458-001-63121934-2010, имеет полный пакет документации для промышленного применения: технические условия, паспорт безопасности, допуск на применение в технологических процессах добычи и транспорта нефти, сертификат соответствия. Присадка внесена в отраслевой реестр «Перечень химпродуктов, согласованных и допущенных к применению в нефтяной отрасли», а также с 2013 года включена в реестр основных видов продукции, закупаемых ОАО «АК «Транснефть».

Противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT» успешно прошла ряд лабораторных исследований, направленных на определение ее эффективности и влияния на качество перекачиваемого топлива. Были проведены исследования влияния присадки «M-FLOWTREAT» на качество дизельного топлива с пакетом присадок (цетаноповышающая, противоиэносная, депрессорно-диспергирующая) производства ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез» (ГОСТ Р 52368 сорт F вид III), по результатам которых ОАО «ВНИИ НП» выдало положительное заключение.

За период с 2010 по 2014 год присадка «M-FLOWTREAT» успешно прошла ряд опытно-промышленных испытаний на магистральных и промысловых трубопроводах. Результаты некоторых из них приведены в табл.1.

Уникальные опытно-промышленные испытания

В феврале 2012 года были проведены опытно-промышленные испытания присадки «M-FLOWTREAT» на магистральном конденсато-

проводе (МК) Уренгой–Сургут ООО «Газпром переработка». Целью перекачки являлось определение возможности увеличения пропускной способности этого трубопровода при транспортировке нефтегазоконденсатной смеси (НГКС) с помощью противотурбулентной присадки при ее концентрации 10 г/т (ppm). Следует отметить, что испытания противотурбулентной присадки для перекачки такого сырья в России ранее не производились.

Перед началом испытаний в Научно-инжиниринговом центре специалистами ООО «Миррико Сервис» было выполнено тестирование деэтанализованного конденсата ООО «Газпром переработка» на совместимость с противотурбулентной присадкой «M-FLOWTREAT», а именно: определялись скорость ее растворения и отсутствие образования эмульсии и осадка. Присадка, взятая в количестве, в 100 раз превышающем дозировку при промышленном применении, растворилась в образце в течение 30 минут, образование эмульсии и осадка визуально не наблюдалось. Были также проведены работы по предварительному определению эффективности присадки на капиллярном турбореометре.

Магистральный конденсатопровод, на котором проводились испытания, представляет собой двухниточную систему длиной 703 км и условным диаметром $D_y = 700$ мм. Начальный его участок длиной 8,6 км состоит из двух параллельных трубопроводов условным диаметром $D_y = 500$ мм.

По длине конденсатопровода имеются путевые подкачки:

- ⊙ 8,6 км — поступление нефти с ЦПС-2 ООО «Газпром добыча Уренгой»;
- ⊙ 162 км — поступление деэтанализованного конденсата с Западно-Таркосалинского газового промысла;
- ⊙ 198,8 км — поступление ШФЛУ с Губкинского газоперерабатывающего комплекса;
- ⊙ 375,5 км — поступление ШФЛУ с Муравленковского газоперерабатывающего завода, Вынгапуровский КЦ.

Перекачка деэтанализованного конденсата ведется головной насосной станцией (ГНС) Уренгойского ЗПКТ, оборудованной

насосными агрегатами типа НПС 200-700, промежуточные станции отсутствуют. Максимальное проектное давление в трубопроводе составляет 55 кгс/см², фактические рабочие давления на выходе ГНС и на входе конечного пункта трубопровода соответственно равны 44 кгс/см² и 12 кгс/см².

Во время испытаний средняя температура деэтанализованного конденсата на выходе ГНС составляла плюс 25°С, а средняя температура потока на входе Сургутского ЗСК — плюс 1,6°С.

Подача противотурбулентной присадки в поток НГКС осуществлялась на 8,6 км МК после узла смешения деэтанализованного конденсата с нефтью, поступающей с ЦПС-2 ООО «Газпром добыча Уренгой». Изменение параметров работы конденсатопровода производилось изменением подачи насосных агрегатов (включением/выключением насосов ГНС).

Испытания начались с определения фактических технологических параметров работы МК Уренгой–Сургут (базовый режим).

В ходе опытно-промышленной перекачки определялись эффективность присадки «M-FLOWTREAT» и увеличение пропускной способности трубопровода.

При стационарном режиме работы конденсатопровода в зоне смешанного трения эффективность DR присадки и степень увеличения расхода определялись по формулам:

$$DR = \left[1 - \frac{H_f}{H_0} \cdot \left(\frac{Q_0}{Q_f} \right)^{1,877} \cdot \left(\frac{v_0}{v_f} \right)^{0,123} \right] * 100\%$$

$$\chi = \left(\frac{M_f}{M_0} - 1 \right) * 100\%$$

f и 0 — индексы, которые соответствуют режимам течения НГКС с присадкой и без нее;

H — потери напора на трение, м;

Q — объемный расход, м³/час;

M — массовый расход, т/час;

ν — коэффициент кинематической вязкости НГКС при средней температуре потока, м²/с

Результаты расчета эффективности присадки «M-FLOWTREAT» и степени увеличения расхода по МК Уренгой–Сургут представлены в табл.2.

Табл.1 Результаты промышленного применения противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT»

Компания	Участок	Полученный эффект
ОАО «РИТЭК», ТПП «РИТЭККогалымнефть»	Межпромысловый нефтепровод Восточно-Перевальное–Северо-Кочевское (L= 82 км)	Увеличение пропускной способности на 21,4% и снижение давления на 33,3% при дозировке 50 г/т
ОАО «РИТЭК», ТПП «Волгограднефтегаз»	Межпромысловый нефтепровод Антиповка — Южный Умет (L= 43 км)	Увеличение пропускной способности на 61% при постоянном давлении при дозировке 50 г/т
ОАО АНК «Башнефть», НГДУ «Ишимбайнефть»	Межпромысловый нефтепровод Уршак–Казангулово (L= 64 км)	Увеличение пропускной способности на 34,7%, снижении давления на 17,2% при дозировке 50 г/т
ОАО «АК «Транснефть», НК «ТНК-ВР», ОАО «Оренбургнефть»	Магистральный нефтепровод Покровка–Кротовка (L=173 км)	Увеличение пропускной способности нефтепровода на 28,6%, снижение давления на 10% при дозировке 10 г/т. Эффективность 43%
НК «ТНК-ВР», НГДУ «Сорочинскнефть»	Межпромысловый нефтепровод Кодяковская НС — Малаховская — Сорочинско-Никольская (L= 46 км)	Вывод из работы промежуточной насосной станции (ДНС «Малаховская») при дозировке 50 г/т
ОАО «АК «Транснефтепродукт», ОАО «Уралтранснефтепродукт»	Магистральный нефтепровод Георгиевка–Прибой (L= 130 км)	Достигнутая эффективность составила 54% при концентрации присадки 16 г/т
ОАО «НОВАТЭК», ООО «НОВАТЭК-ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ»	Конденсатопровод Юрхаровское месторождение — Пуровский ЗПК (L= 388,6 км)	Снижение гидравлического сопротивления конденсатопровода на 34% при дозировке 10 г/т, 53% — при 30г/т

Табл.2 Результаты расчета эффективности присадки «M-FLOWTREAT» и степени увеличения расхода по МК Уренгой–Сургут

Концентрация, г/т	Расход, т/ч	Напор на выходе ГНС, м	Напор на входе ЗСК, м	Потери напора на трение, м	Эффективность DR, %	Увеличение расхода χ , %
0	754,7	540,3	176,2	364,1	-	-
10	950,5	538,8	176,2	362,6	35,2	25,9



В ходе промышленной транспортировки нефтегазоконденсатной смеси с 10 г/т противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT» по магистральному конденсатопроводу Уренгой–Сургут было установлено, что:

- ⊙ эффективность присадки составила 35,2%;
- ⊙ увеличение расхода деэтанализированного конденсата соста-

при увеличении концентрации ПТП в потоке НГКС.

Уникальность испытаний определяется параметрами и сложностью трубопровода, по которому проводилась перекачка (протяженность более 700 км, наличие путевых подкачек), а также свойствами перекачиваемой нефтегазоконденсатной смеси.

Результатом этих испытаний стало применение присадки на постоянной основе. С 2012 года присадка «M-FLOWTREAT» промышленно применяется на магистральном конденсатопроводу Уренгой–Сургут и имеет положительные отзывы инженерно-технического персонала ООО «Газпром переработка».

Полученные результаты следует рассматривать как вклад ГК «Миррико» в реализацию Программы экономического и научно-технического сотрудничества ОАО «Газпром» и Правительства Республики Татарстан.

Испытания на объекте ОАО «НОВАТЭК»

В период с 2012 по 2013 год было проведено четыре этапа

опытно-промышленных испытаний перекачки газового конденсата с использованием противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT» на магистральном конденсатопроводе дочерней организации ОАО «НОВАТЭК».

Конденсатопровод представляет собой систему из трех участков:

- ⊙ двухниточный длиной 50,6 км, диаметром 0,253 и 0,355 м;
- ⊙ однониточный длиной 336,6 км, диаметром 0,404 м;
- ⊙ однониточный длиной 1,4 км, диаметром 0,301 м.

По длине конденсатопровода имеются подкачки газоконденсата:

- ⊙ 186 км — поступление ГК со средним расходом 76,9 т/ч;
- ⊙ 362 км — поступление конденсата с насосной станции со средним расходом 8 т/ч.

Перекачка ведется насосной станцией, промежуточные насосные станции отсутствуют. Максимальное проектное давление в трубопроводе составляет 75 кгс/см².

Первый этап испытаний проводился в сентябре 2012 года при концентрациях противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT» 10, 20 и 30 г/т. Эффективность при данных концентрациях составила 34,9%, 46,7%, 53,1%, а увеличение расхода при поддержании постоянного давления на выходе НПС — 28,2%, 43,4%, 54,1% соответственно.

Второй этап был проведен в октябре-ноябре 2012 года при концентрациях присадки 18 и 22 г/т. Эффективность присадки по результатам испытаний составила 44,7% и 47,7%. Было подтверждено отсутствие негативного влияния ПТП на качество транспортируемого газового конденсата.

Третий этап испытаний проводился в июне 2013 года. Исследовалась эффективность присадки и влияние на пропускную способность при концентрациях 5, 10, 20, 30 г/т. Были получены следующие результаты: при 10 г/т эффективность составила 36,3%,

Табл.3 Результаты расчета степени увеличения расхода по межпромысловому нефтепроводу СПН-1 — СПН-2

Концентрация, г/т	Расход, т/ч	Давление на выходе СПН-1, кгс/см ²	Давление на входе СПН-2, кгс/см ²	Увеличение расхода χ , %
0	17,7	32	10	-
50	28,5	32	10	61

при 20 г/т — 47,5%, при 30 г/т — 53,2%, при 5 г/т — 16,2%.

Заключительный четвертый этап испытаний при повышенных концентрациях реагента был проведен в ноябре-декабре 2013 года. Гидродинамическая эффективность присадки при 30 г/т составила 52,4%, при 50 г/т — 60,8%, при 60 г/т — 61,5%.

По результатам четырех этапов испытаний было принято решение о промышленном применении присадки на предприятии. С марта 2014 года противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT» успешно используется на магистральном конденсатопроводу дочерней организации ОАО «НОВАТЭК».

Испытания на промысловых нефтепроводах

О преимуществах, которые дает применение противотурбулентной присадки «M-FLOWTREAT» на внутрипромысловых нефтепроводах, свидетельствуют результаты ее использования при транспортировании газожидкостной смеси по нефтепроводу ОАО «РИТЭК» ТПП «Волгограднефтегаз». Трубопровод СПН-1 — СПН-2 условным диаметром $D_u = 200$ мм и длиной 49,787 км, на котором производились испытания, изображен на рис. 1.

Особенность перекачки нефтяной эмульсии по этому трубопроводу заключается в том, что поступающая с СП-3 газожидкостная смесь имеет высокий газовый фактор (78 м³/т) и из-за того, что трасса СПН-1 — СПН-2 характеризуется большим перепадом геодезической отметки (более 130 м), могут образовываться газовые пробки.

Испытания проводились при одной дозировке противотурбулентной присадки равной 50 г/т, рекомендованной по результатам предварительного тестирования. Подача присадки в поток нефтяной эмульсии осуществлялась с



помощью блока дозирования реагента на выходе насосной станции СПН-1. Результаты испытаний представлены в табл.3.

Таким образом, в ходе промышленных испытаний присадки «M-FLOWTREAT» на межпромысловом нефтепроводе СПН-1 — СПН-2 было получено увеличение расхода нефтяной эмульсии на 61% при поддержании постоянного давления на выходе СПН-1 (32 кгс/см²).

Применение противотурбулентной присадки при постоянном расходе нефтяной эмульсии (17,7 т/ч) позволило понизить рабочее давление на выходе СПН-1 с 32 до 19,2 кгс/см², т.е. эффективность присадки составила 55,6%.

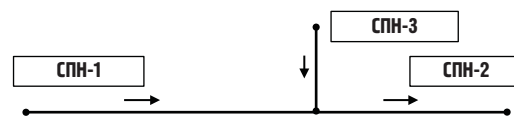
Кроме того, при турбулентном режиме движения нефтяной эмульсии в трубопроводе присадка обеспечивала совмещенный транспорт газожидкостной смеси СПН-1 и СП-3. При этом установлено, что минимальный расход нефтяной эмульсии на участке трубопровода до путевой подкачки должен быть не менее 40 м³/ч, что

предоставляет возможность ввода в эксплуатацию новых скважин.

Заключение

На сегодняшний день противотурбулентная присадка «M-FLOWTREAT» промышленно применяется на нефте- и нефтепродуктопроводах таких компаний, как ОАО «АК «Транснефть», ОАО «АК «Транснефтепродукт», ОАО «НК «Роснефть», ООО «Газпром переработка», ОАО «НОВАТЭК». Запатентованная технология производства противотурбулентных присадок «Миррико» признана одним из лучших инновационных проектов в сфере энергетики и нефтегазового сектора России, что позволило компании стать участником инновационного центра «Сколково». Положительные результаты опытно-промышленных испытаний и промышленного применения, краткий обзор которых приведен выше, позволяют ГК «Миррико» закрепить и расширить свои позиции на рынке трубопроводного транспорта углеводородов.

Рис.1 Схема внутрипромыслового нефтепровода СПН-1 — СПН-2



вило 25,9% (с 6,34 млн т/г до 7,98 млн т/г).

Было подтверждено отсутствие негативного влияния противотурбулентной присадки на качество нефтегазоконденсатной смеси и продуктов ее переработки.

Выполненные расчеты, основанные на результатах испытаний, показали возможность дальнейшего увеличения пропускной способности конденсатопровода