

DOI 10.25689/NP.2019.1.227-237

УДК 622.692.4; 665.7.038

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИСАДКИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ

Дусметова Г.И., Бурова Г.О., Харитонов Е.В., Байбекова Л.Р.,
Шарифуллин А.В., Лыжина Н.В.

Казанский национальный исследовательский технологический университет

TECHNOLOGY OF OBTAINING AND EVALUATING THE EFFICIENCY OF ADDITIVES FOR INCREASING THE CAPACITY OF THE PIPELINES

Dusmetova G.I., Burova G.O., Kharitonov E.V., Baybekova L.R.,
Sharifullin A.V., Lyzhina N.V.

Kazan National Research Technological University

E-mail: guzal.dusmetova@mail.ru

Аннотация. Доказаны целесообразность и эффективность применения композиционных составов для процессов трубопроводного транспорта на отечественной материальной базе и сырье. Присадка была приготовлена путем компаундирования: НМПЭ, ПАВа, наночастиц. Применение такой присадки является предпочтительней по сравнению с существующими противотурбулентными присадками при решении важных экономических, технологических и экологических аспектов добычи и транспортировки нефти.

Ключевые слова: низкомолекулярный полиэтилен; противотурбулентные присадки; высоковязкие нефти; технология получения присадки; транспортировка нефтяных эмульсий; наночастицы оксида алюминия.

Abstract. Proved the feasibility and effectiveness of the use of composite additives for the processes of pipeline transport on the domestic material base and raw materials. The additive was prepared by compounding: NMPE, surfactant, nanoparticles. The use of such an additive is preferable to the existing anti-turbulent additives in solving important economic, technological, and environmental aspects of oil production and transportation.

Key words: low molecular weight polyethylene; anti-turbulent additives; high viscosity oils; additive technology; transportation of oil emulsions; aluminum oxide nanoparticles.

В современном мировом объеме потребляемых энергоресурсов все большее место занимают высоковязкие нефти. Трубопроводный транспорт таких вязких сред сопряжен с существенными затратами, что связано с их реологическими особенностями. Поэтому наиболее эффективным и экономически целесообразным методом снижения затрат на перекачку можно считать реагентный способ, основанный на введении в состав потока вязкостных присадок с добавлением наночастиц.

Постановка задачи

Целью работы является разработка технологии и оценка эффективности композиционной присадки для процессов трубопроводного транспорта на отечественной материальной базе и сырье. На основе проведенных исследований разработана технологическая схема производства присадок на основе отходов производства полиэтилена.

Объекты исследования

Объектом исследования явилась вязкая асфальто-смолистая нефть Ромашкинского месторождения, характеристика которой представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика нефти, взятой для исследования

Плотность нефти, кг/м ³	Кинематическая вязкость при 20°С, сСт	Кинематическая вязкость при 50°С, сСт	Содержание серы, % вес.	Содержание асфальтенов, % вес.	Содержание парафинов, % вес.	Содержание смол, % вес.
920	39,3	10,57	2,28	4,19	0,89	20,57

Низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ) ТУ 2211-091-05766563-2012 является сопутствующим продуктом производства полиэтилена высокого давления низкой плотности. По данным физических методов исследования

НМПЭ представляет собой аморфно-кристаллическое вещество с высокой неоднородностью по химическому строению: содержит кроме скелетных – CH_2 и концевых – CH_3 групп, ненасыщенные связи разных типов: карбонильные, винильные и др.; по молекулярной массе – интервал ММР от 50 до 5200; содержит разветвленные цепи (топологическая неоднородность) и кристаллиты; с ростом молекулярной массы увеличивается степень кристалличности, снижается доля разветвлений молекул и количество ненасыщенных связей [3, 4, 5].

Для улучшения текучести был использован гидразин (ГОСТ 195503). Гидразин также обладает антикоррозионными свойствами и входит в состав ингибиторов коррозии.

Реапон-4В - это прямоцепочный блоксополимер оксида пропилена и оксида этилена. Он способствует образованию высокодисперсной системы при растворении присадки. Это позволяет предлагаемой композиции более эффективно распределиться в потоке перекачиваемой среды.

Использование в составе присадки оксида алюминия в наноразмерном состоянии способствует образованию линейных структур за счет ассоциативных связей между частицами оксида алюминия и молекулами НМПЭ, появляются структуры с более длинными цепочками.

Характеристики разработанных композиций NAVA и NAVA5 даны в табл. 2.

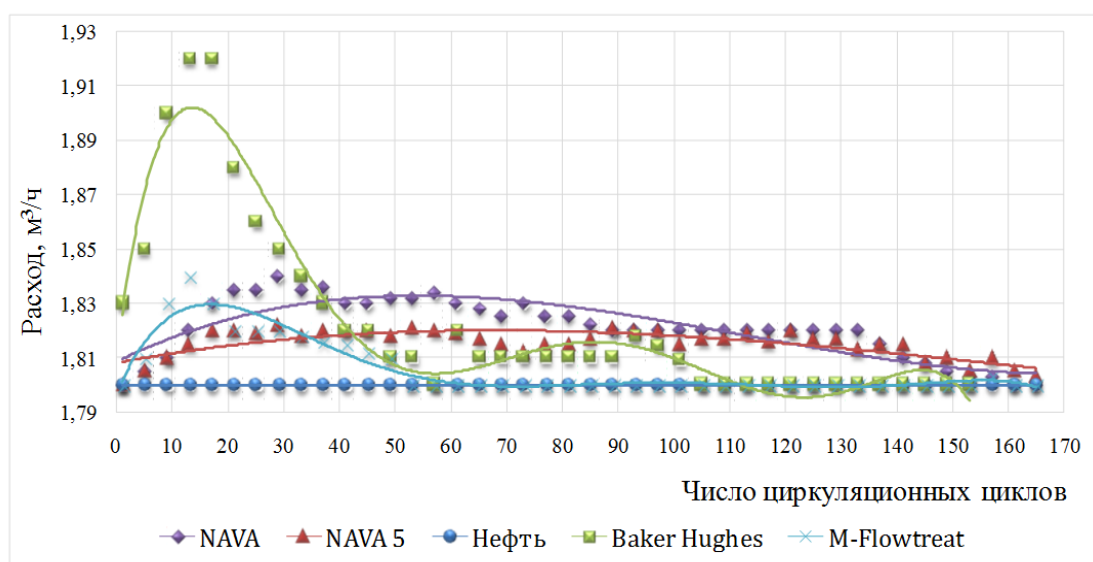
Таблица 2

Характеристики присадок NAVA и NAVA5

НМПЭ	Реапон-4В	Гидразин	Наночастицы оксида алюминия	Внешний вид	Плотность, г/см ³	Растворимость
60 – 65% масс	5 – 10% масс	20 - 25% масс	5 – 10% масс	Высоковязкое вещество серого цвета	0,9966	Растворяется в органических растворителях

Полученные результаты

Противотурбулентные свойства разработанных присадок с нанокomпонентом (NAVA5) и без нанокomпонента (NAVA) оценивались по изменению расхода жидкости от количества циркуляционных циклов перекачиваемой среды при 23-25°C на специально спроектированной установке для стендовых испытаний расходных характеристик гидравлических сопротивлений в реальных условиях близких к реальным [7]. Далее представлены аппроксимированные данные расхода нефти и нефти с присадками, в зависимости от количества циркуляционных циклов в сравнении с промышленными образцами отечественного и зарубежного производства (Рис.1).



выбытием скважин из действующего фонда по причине обводнения. Такую нефть, содержащую примеси - вода, частицы глины и песка, различные минеральные соли, газы, микроорганизмы, необходимо транспортировать в места подготовки. Примеси увеличивают объем сырой нефти и, следовательно, ведут к удорожанию транспортировки. Для увеличения пропускной способности и для снижения стоимости транспортировки водонефтяных эмульсий, авторами работы предложено ввести полученную композиционную присадку в нефтяную эмульсию обводненностью 10 – 40%.

Ниже приведены исходные параметры при исследовании 10%-ой водонефтяной эмульсии на установке для стендовых испытаний расходных характеристик гидравлических сопротивлений (Табл. 3). Графически результаты испытаний представлены на рис. 2.

Исходные параметры проведения испытаний на 10%-ой нефтяной эмульсии: температура – 24-26 °С; давление на нагнетании – 1,5 Мпа; плотность перекачиваемого сырья – 841 кг/м³; вязкость – 9,5 сСт.

Таблица 3

Данные эксперимента присадок серии NAVA и промышленной присадки BakerHughes на 10%-ой нефтяной эмульсии при различных методах расчета ВЭТ

Название присадки	Концентрация присадки, рртп	Расход, м ³ /ч	Средняя скорость, м/с	Перепад давления на змеевике, кгс/см ²	Коэффициент гидравлического сопротивления	ВЭТ по формуле 1, %	ВЭТ по формуле 2, %
Нет присадки	0	1,810	10,00	9,10	0,05261	0,00	0,00
NAVA	100	1,875	10,37	8,80	0,047409	3,60	5,75

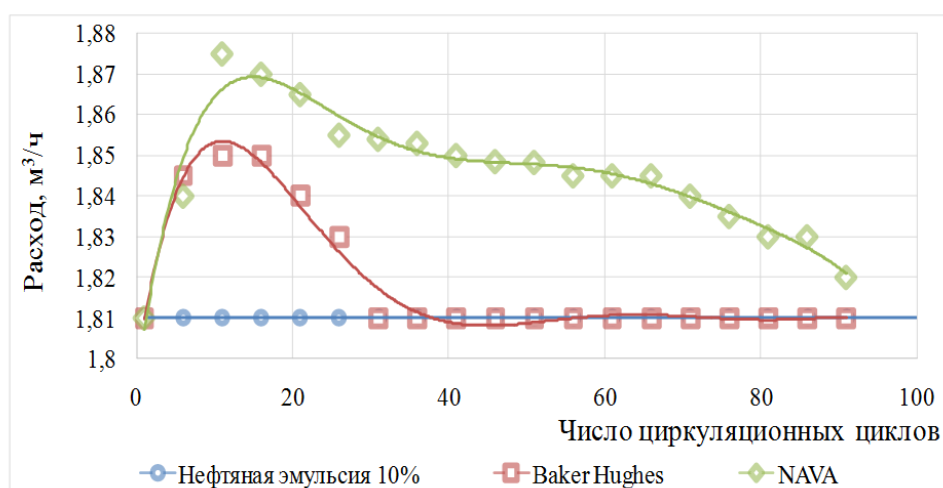


Рис.2 - График зависимости расхода 10% нефтяной эмульсии и нефтяной эмульсии с присадками

Е-001-емкость для хранения НМПЭ, Н-002- винтовой насос, Р-003-реактор, Д-004-006- дозаторы веществ, Т-007- теплообменник, С-009- бункер-сушилка, Б-002-компрессор, Е-010- товарная емкость, К-011- транспортный контейнер.

Расчет величины эффекта Томса (ВЭТ) производили по формулам (1) и (2):

$$T = \frac{L - L_0}{L_0}, \quad (1)$$

где L_0 – расход перекачиваемой среды без ПТП, м³/ч;

L – расход перекачиваемой среды с ПТП, м³/ч.

$$T = \sqrt{\frac{\lambda_0}{\lambda}} - 1, \quad (2)$$

где λ и λ_0 – коэффициенты гидравлического сопротивления

Расчет производился для мощности 100 кг/цикл. Материальный баланс приведен в табл. 4.

Расположение оборудование и последовательность операций представлены на принципиальной технологической схеме производства (Рис.3).

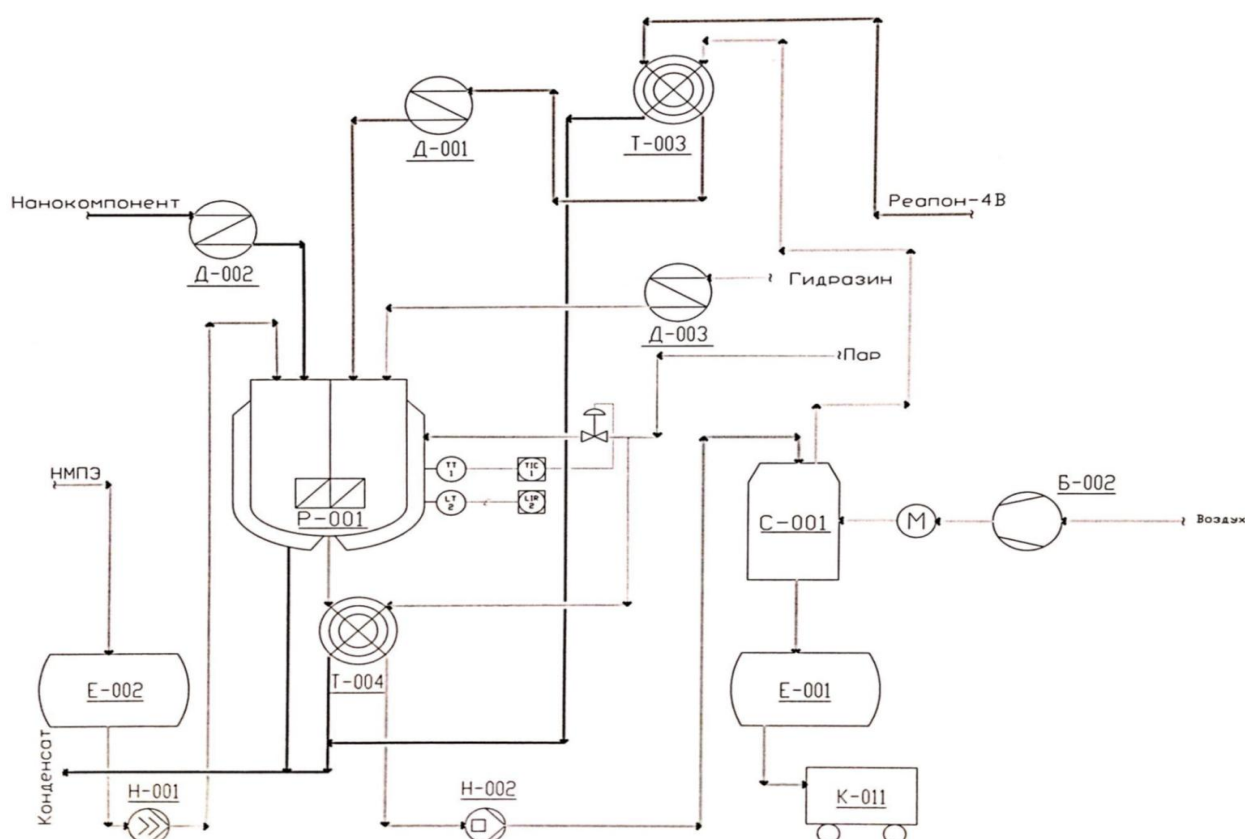


Рис. 3. Схема 2D PFD получения композиционной присадки NAVA5

Из ёмкости E-001 винтовым насосом H-002 загружают НМПЭ в реактор P-003. Реактор представляет собой цилиндрический аппарат с эллиптическим днищем, и плоской крышкой со штуцерами для загрузки компонентов (на схеме не указаны), изготовлен из нержавеющей стали AISI 304 (08X18H10), оснащен турбинной мешалкой и обогревается подачей пара в рубашку. На реакторе установлен КИП ТТ1, измеряющий температуру в реакторе и передающий значение на контроллер ТИС1, который, в зависимости от показаний, подает регулирующее воздействие на исполнительный механизм – клапан TV1, установленный на подаче

пара. В реактор подают НМПЭ и расплавляют его при температуре 70 °С. в течении 30-40 минут. Далее дозатором Д-004 подают водную дисперсию частиц оксида алюминия, дозатором Д-005 – Реапон-4В, и дозатором Д-006 – Гидразин. При температуре 70-80 °С компоненты перемешивают в течение 2-х часов. Процесс ведется при атмосферном давлении. Также дополнительно установлен датчик LT2 – уровнемер, который фиксирует значение уровня в реакторе, показание выводится на контроллере LIR2. Полученную смесь из реактора для лучшей текучести подогревают в спиральном теплообменнике Т-007 и поршневым насосом Н -002 подают в бункер-сушилку С-009 (с компрессором Б-002). В сушилке смесь сушится от воды горячим воздухом в течение 24-х часов. Высушенная смесь подается в товарную емкость Е-010, из которой выгружается в транспортный контейнер К-011.

Проба полученной присадки отбирается для проведения анализа и исследования. После проведения исследований готовится товарная форма композиционной присадки.

Составление материального баланса процесса

В ходе работы был произведен расчет материального баланса получения композиционной присадки NAVA5 (Табл.4). В материальном балансе указывается - сырье и расходная часть материальных потоков - потери, вода. Также в табл. 5 представлены некоторые экономические показатели производства разработанной присадки.

Таблица 4

Материальный баланс процесса приготовления композиции

№	Приход	Кг	% масс	№	Расход	Кг	%масс.
1	НМПЭ	75	75	1	Присадка	98,97	98,97
2	Гидразин	24,45	24,45	2	Вода	0,03	0,03
3	Реапон -4В	0,5	0,5	3	Потери	0,1	0,1
4	Нанокomпонент Al ₂ O ₃	0,05	0,05	4	-	-	-
	Итого	100	100		Итого	100	100

Таблица 5

Соотношение времени окупаемости инвестиций в основной капитал от текущей рентабельности

Рентабельность, %	Рент. (15%)	Рент. (20%)	Рент. (25%)	Рент. (30%)
Показатель				
Цена, р/кг	3091	3225	3360	3494,4
Время окупаемости инвестиций, год	10,8	5,4	4,3	3,6

Значение цеховой себестоимости составило 2023,75 руб/кг, полной себестоимости 2688,05 руб/кг.

В зависимости от рентабельности продукции в простой срок окупаемости инвестиций в основной капитал (оборудование, трубопроводы, КИПиА, СМР) составит от 5,4 лет (рент. 20%) до 3,6 лет (рент. 30%).

Выводы.

Применение такой присадки является предпочтительней по сравнению с существующим противотурбулентными присадками при решении важных экономических и технологических, экологических аспектов добычи и транспортировки нефти. Проведенные расчеты показали, что, в частности, при рентабельности продукции в 30 % окупаемость инвестиций в основной капитал 3,6 лет. Рыночная цена продуктов-аналогов позволяет предусмотреть более высокие цены при сокращении конкурентоспособности присадки NAVA 5.

Список литературы

1. Дусметова Г.И., Шарифуллин А.В., Байбекова Л.Р. — В кн.: Вязкостные присадки для нефтей и тяжелых нефтепродуктов: материалы Международной научно-практической конференции «Современное состояние и перспективы инновационного развития нефтехимии», Нижнекамск, 5-7 апреля 2016. — С. 148
2. Дусметова Г.И., Шарифуллин А.В., Петров С.М., Байбекова Л.Р. — Вестник технологического университета. — 2017. — Т.20, №1. — С. 54-57.

3. Хозин В.Г., Мурафа А.В., Искандеров Р.А. — Коррозия: металлы, защита. — 2005. — №3. — С. 38.
4. Павлов А.В., Ермак А.А. — Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. — 2008. — № 2. — С. 117-122.
5. Искандеров Р.А. Анतिकоррозионные покрытия-смазки и мастики на основе низкомолекулярного полиэтилена. — 2002. — 221 с.
6. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-КР и Фурье-ИК спектры полимеров. — Москва, Физмат, 2001. — 581.
7. Патент РФ № 2016150792, 22.12.2016 Байбекова Л.Р., Дусметова Г.И., Харитонов Е.В., Шарифуллин А.В. Присадка комплексного действия для транспортировки нефти и нефтепродуктов // Патент России № 2637942. 2017. Бюл. № 34.

References

1. G.I. Dusmetova, A.V. Sharifullin, L.R. Baibekova *Vyazkostnye prisadki dlya neftej i tyazhelyh nefteproduktov* [Viscous additives for oils and heavy-oil products]: proceedings of the International Science and Technical Conference "Current state of petroleum chemistry and development prospects", 5-7 April 2016. p.148 (in Russian)
2. G.I. Dusmetova, A.V. Sharifullin, S.M. Petrov. *Vestnik tekhnologicheskogo univeristeta*, 2017, V.20-No.1, pp. 54-57 (in Russian)
3. V.G. Khozin, A.V. Murafa, R.A. Iskanderov. *Korroziya: metally, zashchita*, 2005, No.3. p.38 (in Russian)
4. A.V. Pavlov, A.A. Ermak. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta*. B series: Industry. *Prikladnye nauki*, 2008, No.2. pp.117-122 (in Russian)
5. R.A. Iskanderov *Antikorrozionnye pokrytiya-smazki i mastiki na osnove nizkomolekulyarnogo poliehtilena* [Polyethylene-wax-based corrosion-resistant coating lubricants and compounds], 2002. 221 p. (in Russian)
6. A.Kh. Kuptsov, G.N. Zhizhin *Fur'e-KR i Fur'e-IK spektry polimerov* [Fourier infrared and Raman spectra of polymers]. Moscow: Phizmat Publ, 2001. 581 p. (in Russian)
7. RF Patent No. 201650792, 22.12.2016. L.R. Baibekova, G.I. Dusmetova, E.V. Kharitonov, A.V. Sharifullin *Prisadka kompleksnogo dejstviya dlya transportirovki nefti i nefteproduktov* [Combined-effect additive for oil and oil products transportation]. RF Patent No. 2637942, 2017, Bull. No.34

Сведения об авторах

Дусметова Гюзаль Икрамовна, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: guzal.dusmetova@mail.ru

Бурова Галина Олеговна, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: gaburo96@mail.ru

Харитонов Евгений Васильевич, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: kharitonov.eve@list.ru

Байбекова Лия Рафаэловна, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: l_baibekova@mail.ru

Шарифуллин Андрей Виленович, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: sharifullin67@mail.ru

Лыжина Нэлли Владимировна, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Республика Татарстан, Российская Федерация
E-mail: nvlec@mail.ru

Authors

Dusmetova G.I., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: guzal.dusmetova@mail.ru

Burova G.O., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: gaburo96@mail.ru

Kharitonov E.V., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: kharitonov.eve@list.ru

Baybekova L.R., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: l_baibekova@mail.ru

Sharifullin A.V., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: sharifullin67@mail.ru

Lyzhina N.V., FSBEI of HE "Kazan National Research Technological University", Kazan, Republic of Tatarstan, Russian Federation
E-mail: nvlec@mail.ru

Байбекова Лия Рафаэловна
420015, Российская Федерация, Республика Татарстан
г.Казань, ул. К.Маркса, 68
Тел. (843) 231-95-11
E-mail: l_baibekova@mail.ru