

Н. Ю. Башкирцева, О. Ю. Сладовская

ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ ВЫСОКОВЯЗКИХ НЕФТЯНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Ключевые слова: высоковязкая нефть, перекачка нефти, пристенный слой, тепловые и волновые методы.

В статье приведен обзор способов трубопроводного транспорта высоковязких нефтей, основанных на перекачке нефти по маловязкому пристенному слою с применением тепловых и волновых методов воздействия, различных маловязких углеводородных разбавителей или композиционных составов.

Keywords: High viscous oil, oil pumping, wall layer, thermal and wave methods, pipeline transport.

The article provides an overview of high-viscosity oil pipeline transport, based on pumping oil at the low-viscosity wall layer using thermal and wave methods, different low-viscosity hydrocarbon solvents and complex compounds.

Мировые геологические ресурсы тяжелых нефтей оцениваются в 700 млрд. т, что соизмеримо с мировыми запасами обычной нефти. В республике Татарстан на долю высоковязких нефтей приходится 39,5% всех запасов, а в последние годы за счет выработки активных ресурсов легких нефтей с $\rho \leq 0,870$ г/см³, намечается тенденция к увеличению количества добычи тяжелых высоковязких нефтей. Подготовка и особенно транспортировка таких нефтей является сложной задачей.

Оптимизация процессов транспортировки нефтяных систем по трубопроводам связана с проблемой уменьшения гидродинамического сопротивления. Частично эта проблема может быть решена в результате улучшения технических характеристик труб, насосного оборудования, резервуарного парка и т. д. Однако принципиально новое решение возможно при специальном целенаправленном воздействии на нефтяные системы до этапа транспортировки или непосредственно в ходе самой транспортировки.

Существующие способы трубопроводного транспорта высоковязких нефтей можно разделить на несколько групп.

1. Способы, основанные на перекачке нефти по маловязкому пристенному слою.

В этом случае в центральной стреловой части трубопровода движется более вязкая жидкость, чем в наружной кольцевой области. Пристенный слой может образоваться за счет подлива пресной или пластовой воды с добавкой различных ПАВ, в результате чего в объеме потока образуется структура типа нефть в воде, которая обладает значительно меньшим гидродинамическим трением по сравнению с потоком безводной нефти [1-3].

В [4] описан способ транспортировки вязкой нефти, за счет образования кольцевой оболочки из жидкости - эмульсии легких углеводородов в воде, плотность которой близка или равна плотности перекачиваемой нефти.

Одним из методов снижения гидравлических сопротивлений в трубопроводе является уменьшение шероховатости стенок. При помощи малых добавок различных веществ стенки промышленных трубопроводов с естественной шероховатостью можно приблизить к гидравлически гладким, т. е. искусственно увеличить толщину пограничного

слоя и тем самым свести гидравлические потери до минимума.

В [5] периферийный кольцевой поток в трубопроводе создают путем закачки азота с температурой более 50°C, затем закачивают эмульсию серного ангидрида с азотом. Благодаря химической активности серного ангидрида в полости труб создается несмываемая гидрофильная поверхность, которая препятствует адгезии высокомолекулярных компонентов и облегчает транспортировку высоковязких нефтей.

Нетрадиционный метод формирования кольцевого пристенного слоя предложен в [6]. Перед смешением с водой часть нефти обрабатывают озоном. Озонированную нефть диспергируют в потоке воды со слабощелочной реакцией. Образующиеся в результате реакции с озоном кислородосодержащие соединения придают нефти высокую поверхностную активность и способность образовывать маловязкие эмульсии прямого типа.

Однако при подкачке пресной или пластовой воды в трубопровод можно получить и весьма нежелательный результат - образование стойких водонефтяных эмульсий, которые резко ухудшают условия перекачки. Присутствие минеральных солей в виде кристаллов в нефти и раствора в воде вызывает усиленную коррозию металла трубопроводов и оборудования, затрудняет переработку нефти. Наличие механических примесей способствует образованию трудноразделимых эмульсий, повышает абразивный износ трубопроводов, затрудняет переработку нефти.

2. Способы, в которых улучшение реологических свойств и повышение эффективности транспорта перекачиваемой нефти достигается за счет физических воздействий.

Здесь можно выделить большую группу методов основанных на образовании тепловых эффектов под воздействием различных физических полей. В ряде работ [7] сообщается о положительном влиянии переменного электрического поля на реологические свойства неньютоновских нефтей. В [8] и [9] в качестве источника тепла для высоковязких нефтей используют мощный ультразвук.

Применение высокочастотных электромагнитных полей в областях частот,

совпадающих с собственными частотами вращения дипольных моментов жидкости, способствует возникновению магнитореологического эффекта [10]. Этот метод является эффективным для улучшения реологических свойств аномально вязких нефтей.

Известным является факт изменения физико-химических свойств углеводородов при ударно-волновом воздействии. При этом процессы, протекающие в нефти являются не только следствием изменения давления и температуры; по-видимому, под действием ударной волны происходит механохимическая деструкция, то есть разрыв макромолекулярных цепей. Увеличение содержания в нефти более простых и, следовательно, маловязких компонентов приводит к уменьшению вязкости нефтей и улучшению их реологических характеристик после прохождения ударных волн [11].

При проведении опытов с нефтями, содержащими значительные количества САВ, было установлено, что под действием магнитного поля происходит существенное уменьшение предельного напряжения сдвига и вязкости. В [12] описан способ транспортировки нефти с обработкой импульсно-циклическим магнитным полем переменной напряженности. В результате обработки изменяются реофизические характеристики жидкости.

3. Способы, в которых за счет введения различных маловязких углеводородных разбавителей или композиционных составов уменьшается вязкость и температура застывания нефтей.

В качестве разбавителей могут использоваться маловязкий углеводородный компонент [13], топочный газ [14], простые или сложные эфиры с числом атомов углерода C_{5-12} [15], продукты переработки попутных нефтяных газов (смесь легких ароматических углеводородов - бензола, толуолов и ксилолов) [16].

Для снижения температуры застывания вводятся депрессорные присадки, которые представляют собой смеси поверхностно-активных веществ: нафтенат алюминия [17], смесь азотистых ПАВ и смачивающих реагентов [18], гидроксилаты алюминия на основе нафтенных кислот, промышленных фракций синтетических жирных кислот C_{17-20} ; C_{18-23} ; C_{10-16} или жирных кислот C_{10-18} [19].

Однако, введение растворителей приводит к существенному удорожанию транспортировки нефтей, а добавка депрессантов эффективна лишь для парафинистых нефтей, вязкость которых увеличивается вследствие наличия большого количества высокозастывающих парафиновых углеводородов.

Еще один способ снижения вязкости нефтей это применение добавок – противотурбулентных присадок. При переходе к развитому турбулентному течению, характеризующемуся большими потерями энергии, чем при ламинарном режиме течения, происходит резкое изменение скорости от пристеночной области к объемной. Физико-химический механизм добавок [20] связан с ламинаризацией турбулентного потока, изменением его структуры, уменьшением интенсивности поперечных турбу-

лентных пульсаций и поперечного переноса импульса при одновременном увеличении толщины пристенного слоя.

Таким образом, перечисленные способы трубопроводного транспорта нефтей направлены на повышение эффективности транспортировки высоковязких нефтей и водонефтяных эмульсий посредством:

- снижения структурной вязкости, статического и динамического напряжения сдвига нефти;
- предотвращения образования АСПО и их сорбции на поверхности трубы;
- предотвращения образования обратных эмульсий в потоке и разрушения ранее образованных;
- уменьшения реальной шероховатости трубы и увеличения диаметра проходного сечения за счет отмыва с ее поверхности АСПО;
- олеофобизации внутренней поверхности трубы.

Все это можно достичь, изменяя условия взаимодействия на границах раздела фаз дисперсная фаза - дисперсионная среда и дисперсионная среда - металл [21]. Наиболее эффективным в этой системе будет применение ПАВ и композиций на их основе обладающих многофункциональным действием.

Литература

1. А. с. 465501 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспорта высокопарафинистой нефти.
2. А. с. 1260632 СССР, МКИ F17 D 1/17. Способ транспортирования высоковязких нефтей.
3. А. с. 1642189 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортировки по трубопроводу вязких нефтей и нефтепродуктов.
4. А. с. 485277 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортировки вязкой нефти.
5. Патент РФ 2028538, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортирования высоковязких нефтей.
6. Патент РФ 2105923, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспорта высоковязких нефтей.
7. Саяхов Ф. Л. Радиофизические методы в процессах добычи высоковязких нефтей. -/ РЖ «Горное дело», 1984, -12с. -Деп. в ВИНТИ №6129-83.
8. Патент РФ 2042876, МКИ F17 D 1/16. Способ снижения температуры застывания высокопарафинистых нефтей.
9. Гаврина Т. Е. и др. Применение акустического прогрева для повышения продуктивности нефтяных скважин // Ядерногеофизические и геоакустические методы исследования скважин при целенаправленном воздействии на пласт. -М.: РЖ «Горное дело», 1983. -С.64-67.
10. Дыбенко В. П. Пути практического применения высокочастотного электромагнитного воздействия на пласты высоковязких нефтей и битумов. -М.: РЖ «Горное дело», 1983, -15с. -Деп. в ВНИИОЭНГ №1002.
11. Изменение свойств нефтей при ударно-волновом воздействии /А. Ф. Максименко, Н. Ю. Елисеев, Ю. С. Шахиджанов, А. А. Максименко, Д. Ю. Елисеев // Известия ВУЗов. Серия «нефть и газ». -2000, -№3. -С.24-31.
12. Шаммазов А. М. Исследование влияния оптимальных концентраций асфальтосмолистых веществ и парафина на реологические характеристики высоковязких нефтей при транспорте по магистральным трубопроводам // Инженерно-физич. журн. -1984, -Т.46, №6. -с.984-986.

13. А. с. 492703 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспортирования смеси высокозастывающей нефти с маловязким низкозастывающим углеводородным разбавителем.
14. А. с. 631746 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ трубопроводного транспорта высоковязких и смолодержащих нефтей.
15. А. с. 1451435 СССР, МКИ F17 D 1/17. Способ подготовки высоковязкой тяжелой нефти к трубопроводному транспорту.
16. Патент РФ 2089778, МКИ F17 D 1/16. Способ подготовки высоковязких и парафинистых нефтей к трубопроводному транспорту.
17. А. с. 504046 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ подготовки высоковязкой парафинистой нефти к транспорту.
18. А. с. 987277 СССР, МКИ F17 D 1/16. Способ подготовки высоковязкой парафинистой нефти к транспорту.
19. А. с. 145434 СССР, МКИ F17 D 1/17. Способ подготовки и транспортировки по трубопроводу высоковязких нефтей и нефтепродуктов.
20. Патент РФ 2124160, МКИ F17 D 1/16. Способ транспортировки неньютоновской парафинсодержащей углеводородной жидкости по трубопроводу.
21. Ахматов А. С. Молекулярная физика граничного трения. –М.: Физматгиз, 1963. -257с.

© **Н. Ю. Башкирцева** - д.т.н., проф., зав каф. ХТПНГ КНИТУ, bashkircevan@bk.ru; **О. Ю. Сладовская** - к.т.н., доцент той же кафедры, olga_sladov@mail.ru.

© **N. Yu. Bashkirceva**, doctor of technical sciences, prof., head of “Chemical technology of petroleum and gas processing” department of KNRTU, bashkircevan@bk.ru; **O. Yu. Sladovskaya**, PhD in technical sciences, associate professor of technology of petroleum and gas processing” department of KNRTU, olga_sladov@mail.ru.