

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 стрелочной 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 500С, 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 C5-12 [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 C17-20; C18-23; C10-16 или жирных кислот C10-18 [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 высокозастигивающих 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 турбулентных 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.