

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ВЫГРУЗКЕ ИЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЦИСТЕРН

Иванова Э.В.<sup>1</sup>, Иванов П.В.<sup>2</sup>, Крылова М.В.<sup>3</sup>, Шаньгина А.О.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Иванова Эльмира Валерьевна – инженер-проектировщик,  
ООО ГК «ПСК» Нефтехим»;

<sup>2</sup>Иванов Павел Владимирович – кандидат технических наук, доцент;

<sup>3</sup>Крылова Марина Владимировна – студент;

<sup>4</sup>Шаньгина Анастасия Олеговна – студент,  
кафедра автоматизации технологических процессов и производств,  
Санкт-Петербургский горный университет,  
г. Санкт-Петербург

**Аннотация:** в статье рассмотрены способы воздействия на реологические свойства вязких нефтепродуктов для повышения их текучести при операциях слива из цистерн.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, вязкость, реологические свойства, нагрев.

В настоящее время существуют методы воздействия на реологические свойства вязкой нефти, нефтепродуктов такие как: термические, механические, химические, электрические и т.д. [1]. Наиболее распространенным является тепловой метод, основанный на изменении вязкости при нагревании. В последние годы основное внимание уделяется повышению энергоэффективности не только подведением тепла напрямую, но и комбинированием различных гидродинамических и физических явлений. На сегодняшний день наиболее распространенным методом уменьшения вязкости и увеличения текучести темных нефтепродуктов является термический, в котором применяются разные типы теплоносителей и способы подвода тепла, например, горячие газы, водяной пар, горячий воздух, электронагрев.

Горячий воздух, как тепловой агент, пожаробезопасен, его начальная температура поддается регулировке, нетоксичен. К недостаткам следует отнести низкую плотность и низкую теплоемкость. Горячий воздух целесообразно применять при наличии подогревателей воздуха большого объема.

Наиболее удобным для использования теплоносителем является водяной пар - это легко вырабатываемый теплоноситель с высоким теплосодержанием и теплоотдачей. Использование этого теплоносителя позволяет обеспечивать постоянство температуры нагрева. Недостатком является риск замерзания конденсата в зимних условиях.

В качестве теплоносителя также используется горячая вода. Ее целесообразно применять для рекуперации тепла технологических вод, а также при использовании для подогрева нефтепродукта системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания. По теплосодержанию горячая вода уступает пару примерно в 6 раз, поэтому площадь поверхности теплообменных устройств значительно больше.

Всё чаще для воздействия на реологические свойства нефтей применяют электричество. Различают несколько видов электронагрева: с помощью электрического сопротивления, индукции, высокочастотные (диэлектрические). У электронагревателей сопротивления высокая температура греющих проводников, что ограничивает их использование. Они допустимы для подогрева вязких нефтей с высокой температурой вспышки и коксования. Энергопотребление для подогрева нефтепродуктов в железнодорожных цистернах равно 3 - 3,5 (кВт/ч)/т. При использовании электрического тока для подогрева нефтепродукта высок коэффициент полезного действия нагревателя (до 94%). Электронагреватели малогабаритны и удобны в обслуживании, однако сложны в изготовлении и пожароопасны, а в условиях отсутствия источников электроэнергии их применение и вовсе невозможно.

Высокочастотное нагревание основано на свойствах молекул диэлектриков (включая нефтепродукты) поляризоваться в поле высокой частоты. Этот метод обладает такими преимуществами, как отсутствие пускового периода, отсутствие местных перегревов, селективность нагрева неоднородного материала путем соответствующего подбора частоты. При высокочастотном нагреве в стенках резервуара индуцируется вторичный электрический ток, который выделяет тепло. При диэлектрическом нагреве выделение тепла происходит не за счет магнитной, а за счет электрической составляющей электромагнитного поля. Так как нагреваемое оборудование (резервуар, цистерна, сосуд и т.д.) находится между обкладками конденсатора, этот способ получил также название конденсаторного. Для нагревания используется ток с частотой 0,6 - 105 МГц, получаемый при помощи генератора, который превращает подведенный к нему ток в ток с колебаниями любой частоты.

В настоящее время разрабатывают виброподогрев темных продуктов нефти. Использование вибрационных нагревателей помогает ускорить процесс теплообмена путем создания вынужденной конвекции при стационарном режиме. Эффективность применения вибронагревателя объясняется

высокой тепловой мощностью, которая в 15-20 раз больше мощности неподвижного подогревателя, от которого отводится тепло свободной конвекцией. Вибраторы бывают резонансными и непосредственного действия. Резонансные устанавливаются на пружинах, амортизаторах и др., а вибронагреватели непосредственного действия связаны с подвижной частью вибратора. Вибронагреватели достаточно сложны в изготовлении, необходимы дополнительные меры и устройства для снижения вибронагрузок на емкостное оборудование – все это ограничивает повсеместное распространение нагревателей данного типа.

Большое значение для повышения эффективности отгрузки нефтепродуктов из железнодорожных цистерн имеет технология прогрева. При нагревании нефтепродукта в нижней части возникают конвективные токи, которые способствуют перемешиванию продукта и более равномерному нагреванию. В связи с тем, что железнодорожные цистерны [2, 6, 7], используемые для транспорта вязких нефтепродуктов различаются типом и конструкцией [3], нагревающие устройства так же многообразны по конструктивному исполнению. Они делятся на три группы по типу конвективного теплообмена: естественный, вынужденный или комбинированный (совместное применение естественного и вынужденного конвективного теплообмена).

Слив продукта осуществляется двумя способами: после предварительного нагрева и одновременно с нагревом. Построение модели температурных полей темных нефтепродуктов, нагреваемых в железнодорожной цистерне [7, 4], показало, что нагрев продукта происходит неравномерно. В нижних зонах резервуара остаются области недостаточно прогретого продукта, который, не обладая достаточной текучестью, не перемещается в сторону сливного патрубка, а остается в цистерне. Стремление повысить температуру в этих зонах до значений, обеспечивающих своевременный слив нефтепродукта из цистерны приводит к перегреву основной массы, а, следовательно, к неоправданному повышенному расходу тепловой энергии и значительному увеличению времени простоя резервуара для выгрузки. Удаление остатков вязких нефтепродуктов из цистерн - трудоемкий процесс, сопряженный с большими непроизводительными затратами и простоем резервуаров.

Улучшение реологических характеристик высоковязких нефтей и нефтепродуктов связано с изменением размера кристаллов парафина и способности их слипания. На сегодняшний день вопросы механического воздействия на реологические свойства высокопарафинистых нефтей, изучены весьма ограничено, поэтому наибольшее распространение имеют термические методы, для которых актуальным вопросом является увеличение энергоэффективности.

#### **Список литературы**

1. *Банатов В.В.* Реологические свойства вязких нефтей и нефтепродуктов и их регулирование комплексными методами воздействия: дис. канд. техн. наук. М.: Наука, 2011. 144 с.
2. *Булкин П.П.* Железнодорожные цистерны. М.: Недра, 2012. 304 с.
3. *Бунчук В.А.* Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа. М.: Недра, 2011. 366 с.
4. *Гоманков Ф.С.* Технология и организация перевозок на ж.д. транспорте. М.: Транспорт, 2011. 122 с.
5. *Жуйко П.В.* Разработка принципов управления реологическими свойствами аномальных нефтей: дисс. канд. техн. наук. М.: Наука, 2011. 278 с.
6. *Коршак А.А.* Нефтебазы и АЗС: Учебное пособие / А.А. Коршак, Г.Е. Коробков, Е.М. Муфтахов. – М.: ДизайнПолиграфСервис, 2011. 416 с.
7. *Савченко И.Е.* Железнодорожные станции и узлы / И.Е. Савченко, С.В. Земблинов. М.: Транспорт, 2011. 321 с.