

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОПАРАФИНИСТОЙ НЕФТИ

Н.С. Рыжова¹, Ю.В. Лоскутова¹, В.В. Лоскутов²

Научный руководитель доцент, канд.тех.наук Е.В. Попок¹

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

²Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии нефти
Сибирского отделения Российской академии наук,
г. Томск, Россия

Основные проблемы, возникающие при добыче и перекачке парафинистых нефтей, связаны с их пониженной подвижностью, высокой температурой застывания и отложениями парафина на стенках трубопровода. Разработка новых высокоэффективных энергосберегающих технологий освоения нефтяных месторождений, добычи и транспорта проблемных нефтей для улучшения их текучести и стабильности при хранении тесно связана с изучением особенностей их вязкостно-температурного поведения при воздействии внешних факторов в условиях пониженных температур. На сегодняшний день физические методы находят все более широкое применение в нефтяной промышленности из-за их эффективности, экономичности и доступности.

В работе исследовали влияние присадок комплексного действия и низкочастотного акустического воздействия на вязкостно-температурные и энергетические характеристики высокопарафинистой высоkozастывающей нефти Восточно-Уренгойского месторождения (АО «РОСПАН ИНТЕРНЕШНЛ», Тюменская область).

По физико-химическим характеристикам нефть является легкой, в ней содержится менее 0,01 % мас. асфальтенов, порядка 0,13 % мас. смол. Однако за счет повышенного содержания парафиновых углеводородов (0,82 % мас.) она характеризуется высокими значениями вязкости в области отрицательных температур и повышенной температурой застывания.

В ходе эксперимента в нефть при комнатной температуре вводили 0,05 % мас. присадок Difron3004 (D04) и Flexoil WM 1470, обладающих как депрессорными, диспергирующими, так и ингибирующими парафинообразование свойствами. Низкочастотную акустическую обработку нетермостатированной нефти проводили на лабораторном вибраторе в течение 1, 3 и 5 мин.

Исследование вязкостно-температурных свойств осуществляли на ротационном вискозиметре Brookfield LVDV III+ (USA) при температуре 24 °C через фиксированные промежутки времени (20 с) при нарастании сдвиговой скорости до 90 с⁻¹, что соответствует линейным скоростям течения нефти при перекачке по трубопроводу в реальных условиях. Температуру застывания T_з изучали на приборе измерителе низкотемпературных показателей нефтепродуктов «Кристалл». Расчет энергетических параметров гидромеханического разрушения надмолекулярной структуры нефти проводился по методике, описанной в [1, 2].

Для расчета площадей петель гистерезиса прямого и обратного хода кривых зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига было разработано приложение на языке C++ с использованием кроссплатформенного инструментария Qt. Библиотеки Qt позволяют осуществлять компиляцию программы на большинство современных платформ без модификации исходного кода. Функционал разработанного приложения позволяет загружать и удалять таблицы со значениями напряжения и скорости сдвига, настраивать параметры вискозиметра и лабораторного вибратора, рассчитывать внутреннюю энергию системы и выводить график зависимости на экран (рис. 1). Вкладка вывода позволяет пользователю в подробностях проследить процесс расчета энергии системы на каждом шаге для прямого и обратного хода. Данные о петлях гистерезиса хранятся в базе SQLite, удобной для небольших портативных приложений – файлы базы хранятся вместе с приложением и легко меняются для новых входных данных.

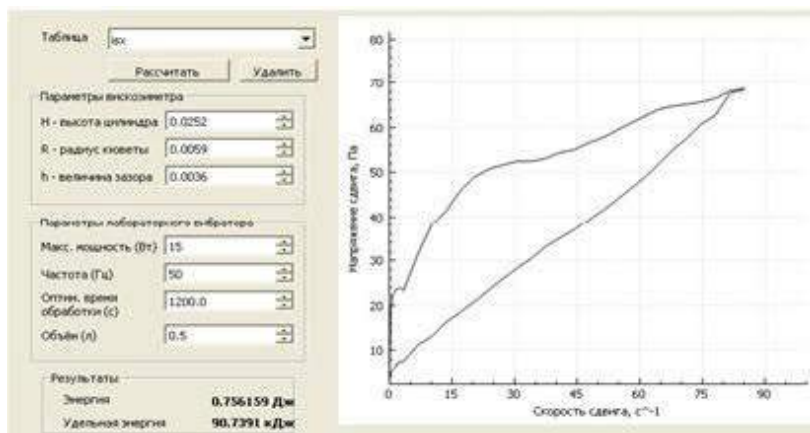


Рис. 1. Скриншот интерфейса приложения для расчета внутренней энергии системы для исходного образца нефти

Показано, что после 1 мин акустической обработки наблюдается незначительное понижение вязкости η и температуры застывания T_з, предельное напряжение сдвига τ_0 при этом возрастает (табл. 1). Ввод присадки

Flexoil в обработанную в нефть снижает значения реологических параметров. Увеличение времени воздействия до 3 – 5 мин не только не улучшает реологические параметры, но и, напротив, приводит к их росту. Максимальный депрессорный эффект получен при совместном использовании низкочастотной акустической обработки в течение 3 мин и вводе в нефть присадки D04: Тз обработанной нефти сдвигается в низкотемпературную область почти на 20 °С, динамическая вязкость понижается в 1,5 раза, а τ_0 – почти в 4 раза.

Таблица 1

Физико-химические и энергетические параметры исследуемой нефти

Образец нефти	Тз, °С	τ_0 , Па	η , мПа·с	ΔW , Дж	D
исходная	9,4	9,3	84,3	0,756	90,3
1 мин НАО	7,9	11,8	70,1	0,409	46,2
1 мин НАО+D04	-4,4	6,0	69,8	0,241	27,2
1 мин НАО+Flexoil	-1,8	3,5	59,7	0,117	13,2
3 мин НАО	7,5	7,0	79,3	0,441	53,0
3 мин НАО+ D04	-10,0	2,4	58,0	0,196	23,5
3 мин НАО+Flexoil	-1,0	8,3	75,2	0,284	45,6
5 мин НАО	11,3	32,4	116,2	0,336	40,3
5 мин НАО+ D04	9,0	4,1	62,0	0,246	29,5
5 мин НАО+Flexoil	9,2	4,2	78,0	0,623	74,8

С помощью разработанного компьютерного приложения по площадям петель гистерезиса прямого и обратного хода кривых зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига (рис. 1 и 2) рассчитаны величины изменения внутренней энергии ΔW и удельной энергии D U , необходимой для разрушения существующей нефтяной структуры с помощью низкочастотной акустической обработки и присадок. После комплексной физико-химической обработки скорости разрушения и восстановления тиксотропной структуры выравниваются, размеры петель гистерезиса уменьшаются, а значения энергии ΔW снижаются в 4-6,5 раз до минимальных. Удельная энергия U, затрачиваемая лабораторной установкой на обработку 1 дм³ нефти, также уменьшается с 90,3 кДж до 23, 5 кДж после 3 мин акустической обработки и добавке 0,05 % мас. присадки Difron 3004 и до 13,2 кДж после 1 мин НАО и вводе 0,05 % мас. присадки Flexoil WM 1470.

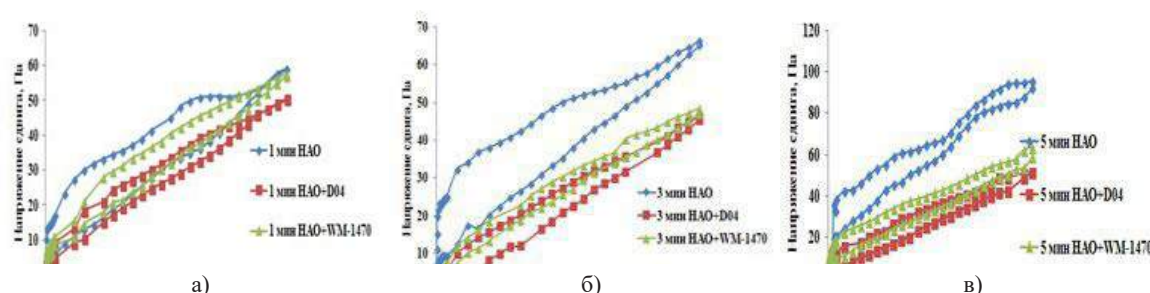


Рис. 2. Зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига при совместной физико-химической обработке нефти

Таким образом, обработка только низкочастотным акустическим полем в течение 1 и 3 мин высокопарафинистой нефти Уренгойского месторождения приводит к незначительному снижению температуры застывания на 1,5-2 °С, а при увеличении времени низкочастотной акустической обработки до 5 мин наблюдается повышение температуры застывания. Комплексная физико-химическая обработка сопровождается разрушением тиксотропной структуры нефтяной дисперсной структуры и, как следствие, снижением вязкостно-температурных характеристик, а также уменьшением энергетических параметров. Температура застывания снижается почти на 20 °С, вязкость – на 30%, предельное сдвиговое напряжение – в 4 раза, а внутренняя энергия системы – в 4-6 раз.

Полученные результаты лабораторных исследований комплексного физико-химического воздействия будут использованы при проведении опытно-промышленных испытаний на Ондатровом месторождении (Томская область).

Литература

1. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы в химической технологии. – М.: Химия, 1974. – 288 с.
2. Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности: Сб.статей / Под ред. А.К. Хорькова. - Томск: Изд-во ТГУ, 2002. – Т. 2. – С. 224 - 229.