

М.А. Ершов, Д.А. Баранов, д-р техн. наук (МГУИЭ, г. Москва, Россия);
 М.С. Муллакаев, канд. техн. наук, В.О. Абрамов, д-р техн. наук
 (Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, г. Москва, Россия)

Снижение вязкости парафинистых нефтей в ультразвуковом поле

Тяжелыми нефтями принято считать нефти с плотностью 880–980 кг/м³ и вязкостью 10–100 мПа·с; нефти с вязкостью 100–10000 мПа·с и плотностью около или более 1000 кг/м³ — сверхтяжелыми. Тяжелые и сверхтяжелые нефти многие авторы объединяют под общим названием — тяжелые нефти или высоковязкие нефти [1].

Совершенствование технологий добычи тяжелых нефтей приобретает все большую актуальность, поскольку запасы этих ресурсов уже превышают запасы оставшейся легкой нефти, а по мере продолжающегося роста добычи легкой нефти доля тяжелой нефти в структуре запасов углеводородов будет возрастать.

По мнению отечественных и зарубежных специалистов, наиболее перспективные методы воздействия на нефть — воздействие физическими полями (магнитными, ультразвуковыми, вибрационными и др.), которые приводят к разрушению структур нефтяных ассоциатов и тем самым снижают вязкость нефти.

Использование упругих механических колебаний в нефтехимической технологии во многих случаях обеспечивает исключительно высокую интенсивность технологического процесса, недостижимую с помощью других методов. Анализ исследований по применению кавитации для интенсификации различных технологических процессов показывает перспективность этого метода [2, 3].

Задачей настоящего исследования являлось изучение воздействия кавитации и химических реагентов на вязкость нефтей месторождений Восточный Жетыбай и Ащисай.

Испытания проводились на парафинистых нефтях месторождений Восточный Жетыбай и Ащисай, свойства и групповой состав которых приведены в **таблице**.

Месторождение нефти	Динамическая вязкость при 20 °С, мПа·с	Содержание, % (масс.)		
		парафины	смолы	асфальтены
Восточный Жетыбай	575	28,3	19,3	3,8
Ащисай	360	18,9	15,2	4,0

На основе ранее проведенных экспериментов была разработана опытно-промышленная установка ГПР-2 производительностью 3 м³/ч, основой которой является гидродинамический проточный реактор (ГПР). Аппаратурно-технологическая схема установки представлена на **рис. 1**, а общий вид на **рис. 2**.

Из исходной емкости 1 (см. рис. 1) обрабатываемая нефть с помощью насоса 2 под давлением 8,0–12,0 МПа подается в ГПР, где в корпусе входной части происходит разгон потока нефти, возрастание скоростного напора, сопровождающегося падением статического напора ниже давления упругих паров, и начинается обильное выделение пузырьков газа. После увеличения сечения потока в камере скорость истечения уменьшается, статическое давление возрастает, пузырьки газа лопаются, что сопровождается многочисленными хаотическими микровзрывами. Сопутствующие при этом изменения давления на ограниченных участках массы жидкости или высокие градиенты давлений разрушают межмолекулярные связи

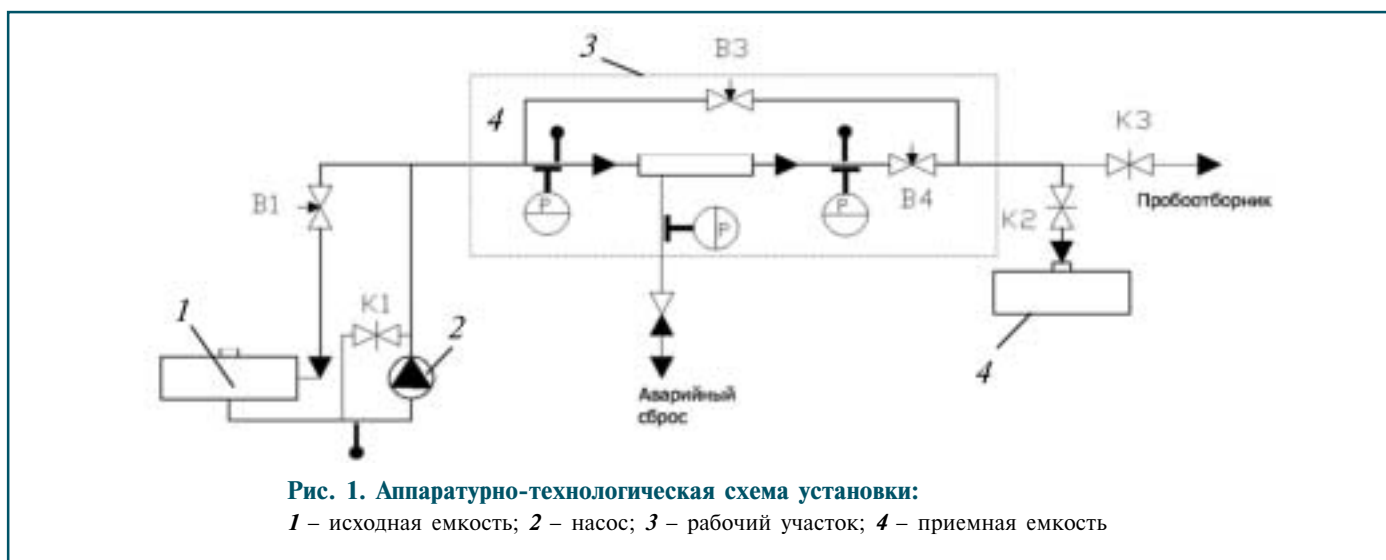




Рис. 2. Опытно-промышленная установка ГПР-2:

а – общий вид;

б – гидродинамический проточный реактор

в нефти, измельчая парафины и разрушая ассоциаты нефти, снижая тем самым ее вязкость.

Давление в системе регулируется вентилями В1, В3, В4 и измеряется манометрами. После обработки нефть поступает в приемный бак 4. Отбор проб осуществляется через пробоотборник. В установке также предусмотрен аварийный сброс.

Динамическая вязкость определялась на измерителе низкотемпературных показателей нефтепродуктов ИНПН SX 850 ИХН СО РАН, являющемся ротационным вискозиметром, в котором измеряется крутящий момент при постоянной скорости сдвига — 250 рад/с. Точность измерения температуры пробы составляет $\pm 0,2$ °С, точность определения динамической вязкости — 2%.

Перед измерением вязкости пробу нефти термостатировали при температуре 20 °С в течение 30 мин.

В методике измерения учтены требования международного стандарта ASTM D2602, международного стандарта ASTM D4684 и ГОСТ 1747–91. За результат испытания принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений. Полученный результат округлялся до целого числа.

Методика лабораторных экспериментов предусматривала обработку 50 л нефти, заливаемой в исходную емкость. Температура нефти в емкости поддерживалась постоянной за счет автоматического электронного нагревателя. Заданное количество реагента перемешивалось с нефтью при помощи механической мешалки. Далее смесь подавалась в рабочий участок, затем в приемную емкость.

В качестве реагентов в опытах использовались: толуол и бутилацетат.

В первой серии экспериментов оценивалось изменение вязкости нефти после кавитационной обработки. Эксперименты показали, что после кавитационной обработки динамическая вязкость нефти месторождения Восточный Жетыбай снижается на 7–8 %, месторождения Ащисай — на 10–11 %. Для обеих нефтей характерна релаксация свойств во времени, так, примерно, в течение двух суток наблюдается восстановление первоначального значения вязкости (рис. 3).

Кавитационная обработка приводит к разрушению парафинов и надмолекулярных структур (ассоциатов, мицелл) и уменьшению их размера, что способствует снижению вязкости нефти. С течением времени после обработки раздробленные частицы восстанавливают межмолекулярные связи, что приводит к релаксации динамической вязкости нефти.

Известно, что введение ароматических углеводородов изменяет молекулярную подвижность групповых компонентов нефтяных дисперсных систем (НДС), что приводит к снижению вязкости и агрегативной устойчивости НДС [4].

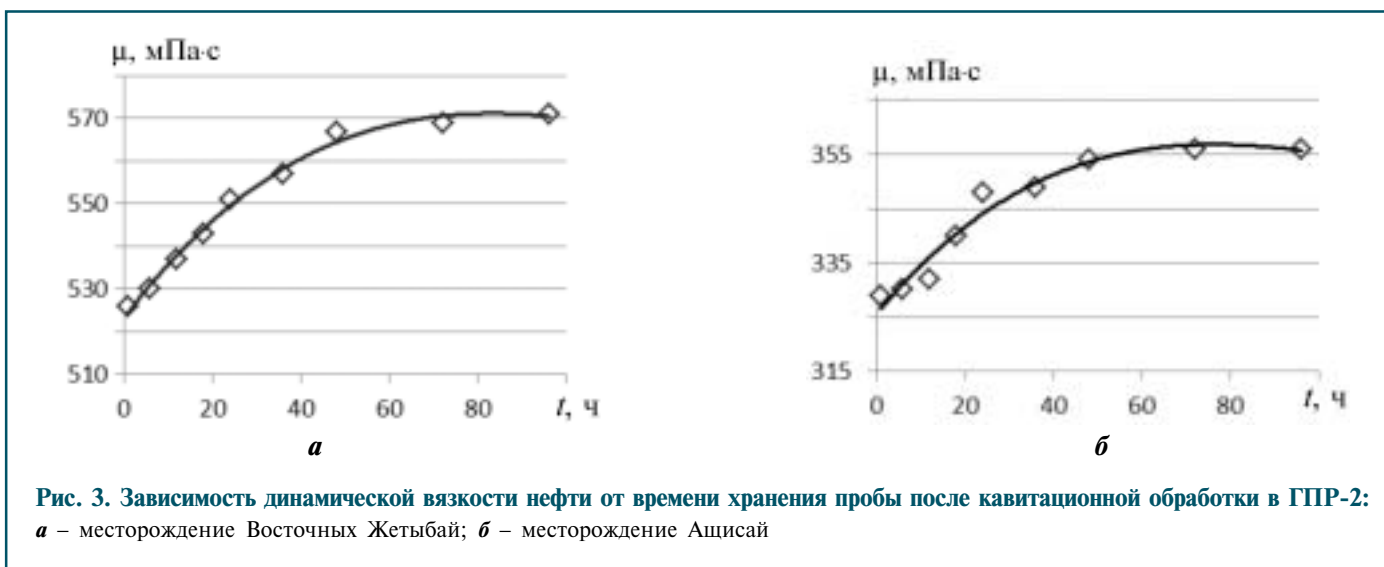


Рис. 3. Зависимость динамической вязкости нефти от времени хранения пробы после кавитационной обработки в ГПР-2:

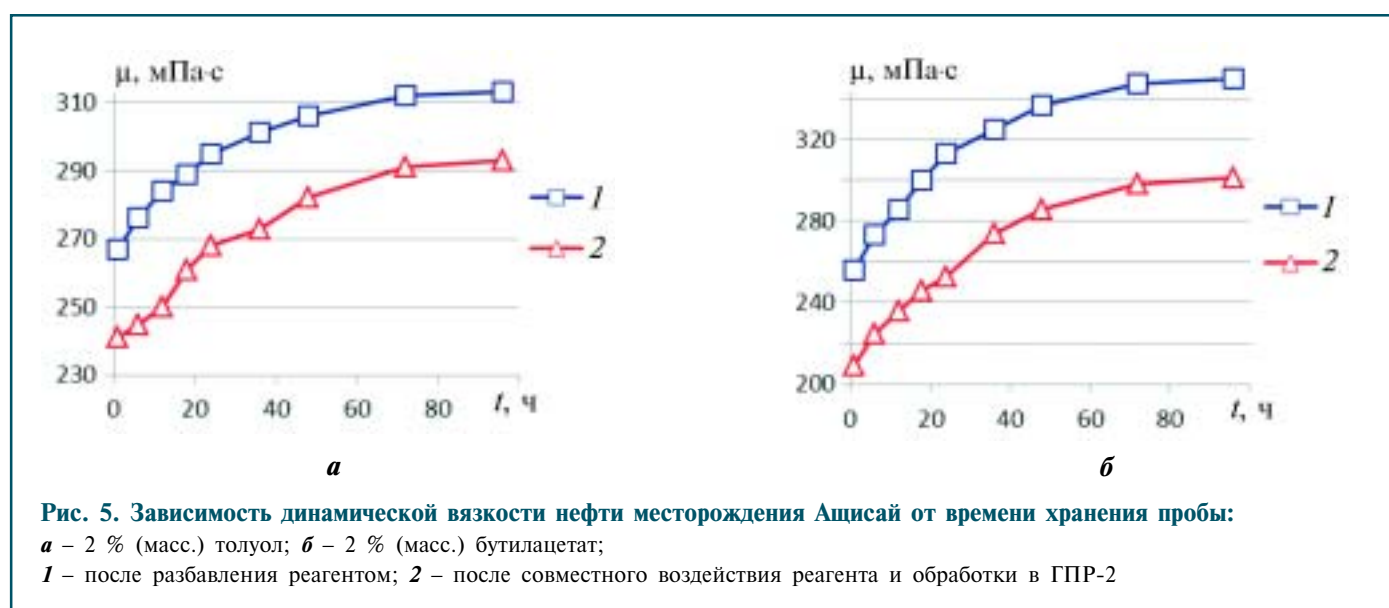
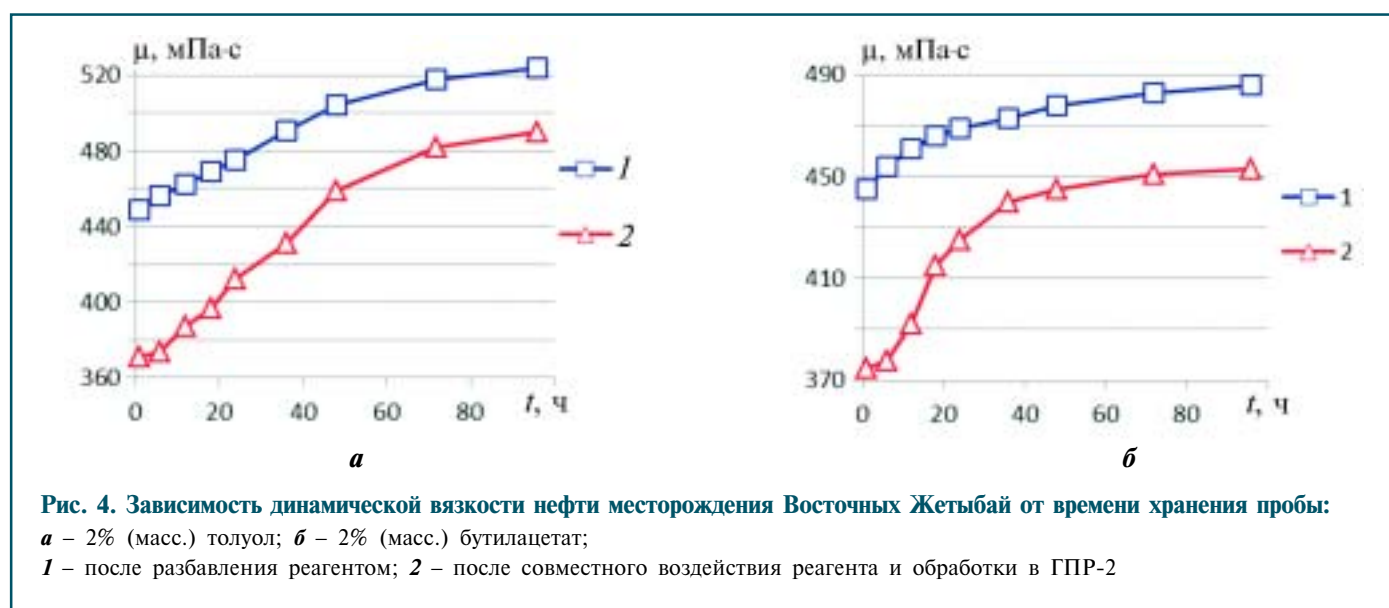
а – месторождение Восточных Жетыбай; *б* – месторождение Ащисай

Во второй серии экспериментальных работ определялось значение вязкости нефтей после введения реагентов. Проведенные ранее эксперименты показали эффективность применения толуола (2 % масс.) и бутилацетата (2 % масс.) для снижения вязкости исследуемых нефтей. Результаты второй серии экспериментов представлены на рис. 4 и 5. Введение 2 % (масс.) реагентов позволило снизить вязкость нефти месторождения Восточный Жетыбай на 22 %, а вязкость нефти месторождения Ащисай на 28 %. Последующие измерения вязкости показали, что со временем хранения пробы вязкости нефтей повышаются на 7–9 %. Эксперименты свидетельствуют, что введение реагентов препятствует восстановлению межмолекулярных связей и образованию надмолекулярных образований.

Наиболее значительные результаты по снижению динамической вязкости исследуемых нефтей удалось

достичь в третьей серии экспериментов при введении 2 % (масс.) толуола и бутилацетата с последующей кавитационной обработкой в ГПР-2. Так, вязкость нефти месторождения Восточный Жетыбай была снижена на 35 % (см. рис. 4), месторождения Ащисай — на 42 % (см. рис. 5).

Вязкость нефти после разбавления реагентом и последующей обработки в ГПР-2 дает дополнительный эффект снижения вязкости на 18–19 % в отличие от простого разбавления реагентом. Измерения вязкости нефти после третьей серии экспериментов показали, что в течение четырех суток наблюдается увеличение значения вязкости нефтей, но достигнутый совокупный эффект воздействия реагента и кавитации оказался выше по сравнению с эффектом достигнутым в результате воздействия кавитации и реагента отдельно:



для нефти месторождения Восточный Жетыбай раз-
ница составила 8 %, для нефти месторождения Аши-
сай — 14 %.

Выводы.

1. Проведенные исследования показали, что ди-
намическая вязкость нефти месторождения Восточный
Жетыбай снизилась:

- в результате кавитационной обработки на 8 %;
- в результате разбавления нефти бутилацетатом
(2 % масс.) на 22 %;
- в результате разбавления бутилацетатом (2 %
масс.) и последующей кавитационной обработкой на
35 %.

2. Вязкость нефти месторождения Восточный Же-
тыбай снизилась:

- в результате кавитационной обработки на 10 %;

— в результате разбавления нефти бутилацетатом
(2 % масс.) на 28 %;

— в результате разбавления бутилацетатом (2 % масс.)
и последующей кавитационной обработкой на 42 %.

Список литературы

1. Briggs, P.J., Baron, P.R., Fulleylove, R.J. Development of Heavy-Oil Reservoirs // Journal of Petroleum Technology. 1988. Februar. P. 206–214.
2. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Вестник ТГТУ. 2008. Том 14. № 4. С. 861–869.
3. Новицкий Л.А. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах. М.: Химия. 1983. С. 41.
4. Волкова Г.И., Прозорова И.В. Влияние растворителей на реологические свойства высоковязкой Усинской нефти // Матер. I Общерос. электр. науч. конф. «Актуальные вопросы современной науки и образования». Декабрь 2009 г. С. 961–965.

*А.В. Дмитриев, канд. техн. наук (Исследовательский центр проблем энергетики КазНЦ РАН, Россия);
О.С. Макушева, Н.А. Николаев, д-р техн. наук (ГОУ ВПО «Казанский государственный технологический
университет», Россия)*

Охлаждение оборотной воды промышленных установок в вихревых камерах*

Основная часть генерирующих мощностей энергетики РФ приходится на долю тепловых и атомных станций, в схемах оборотного водоснабжения которых широко применяются градирни. Как показывает практика, большая часть используемых градирен построена 20–40 лет назад и к настоящему времени все эти установки морально и физически устарели. Насадочные устройства не обеспечивают требуемой эффективности охлаждения воды, а каплеотбойные устройства имеют повышенный процент уноса капельной влаги. Кроме того, экологические проблемы работы градирен, такие как унос капельной влаги, выброс вредных веществ (CO_2 , NO_x , SO_2), паровой факел, шум, стали возникать по мере роста производительности этих сооружений и их числа на промышленной площадке, а также с приближением производственных объектов к жилой застройке и транспортным магистралям [1].

Возможным способом решения проблемы является использование вихревых камер с разбрызгивающим устройством [2] для охлаждения оборотной воды. В этих устройствах воздух, проходя через лопаточный тангенциальный завихритель, приобретает вращательное движение. Вращаясь, воздушный поток перемещается к центру аппарата и удаляется через патрубок. Обратная вода поступает в аппарат через патрубок, расположенный в нижней части аппарата. Попадая на

разбрызгивающее устройство, вода отбрасывается в разных направлениях, образуется объемный факел распыла. Кроме того, потоком воздуха вода дробится на капли, которые вовлекаются в совместное вращательное движение. Такой характер взаимодействия воздуха и капель воды приводит к образованию в рабочей зоне вихревой камеры мелкодисперсного вращающегося капельного слоя, что увеличивает площадь контакта фаз, интенсивность тепло- и массообмена.

С целью оценки эффективности охлаждения воды потоком воздуха в вихревой камере были выполнены теоретические исследования влияния конструктивных и технологических параметров. В рабочей зоне аппарата был условно выделен кольцевой элемент объема шириной dr (рис. 1).

Для выделенного элемента тепловой баланс по воздуху, с учетом его продольного перемешивания, можно представить в виде:

$$G_m C_G T_G + Q_1 + Q_2 + S \rho_G C_G D_G \frac{dT_G}{dr} = \\ = G_m C_G (T_G + dT_G) + S_1 \rho_G C_G D_G \left[\frac{dT_G}{dr} + \frac{d^2 T_G}{dr^2} dr \right], \quad (1)$$

где D_G — коэффициент молекулярной диффузии для воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; $C_G = C_h + C_s x$ — удельная массовая

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (гос. контракты на проведение НИР 02.740.11.0062, 02.740.11.0685, 02.740.11.0753; П560) и гранта президента РФ.