

«ХП». – 2006. – № 37. – С. 113-118. 5. В.В.Рудаков, О.Ю.Дубийчук, В.П.Кравченко Предельные удельные характеристики высоковольтных импульсных конденсаторов // Вестник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Тематичний випуск. Електроенергетика і перетворююча техніка. – Харків: НТУ «ХП». – 2004. – № 7. – С. 142-147. 6. Дубийчук О.Ю., Рудаков В.В. Экспериментальное определение показателей надежности секций конденсаторов с бумажно-касторовой изоляцией // Электротехника і електромеханіка. – 2006. – № 1. – С. 71-75.

Поступила в редколлегию 15.05.2007

УДК 622.24.537.528

О.Н.СИЗОНЕНКО, докт.техн.наук, Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины

О ВЛИЯНИИ УДАРНО-ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДОВ

Наведено результати експериментальних досліджень впливу ударно-хвильової електророзрядної дії на нафтову дисперсну систем. Встановлено закономірності зв'язку параметрів дії зі зміною реологічних характеристик вуглеводневого флюїда.

The results of experimental researches of influencing of shock-waving electric discharge on the oil dispersion syste. For the regularities of connection of the electric discharge impact parameters with time dependence of the change of rheological characteristics of hydrocarbon fluid have been determined.

Постановка задачи. Нефть характеризуется довольно обширным комплексом свойств, которые определяют ее поведение при первичной подготовке, транспортировке, в ходе переработки, и существенно влияют на свойства продуктов ее переработки, являющихся то ли полуфабрикатами, то ли конечными материалами, используемыми в различных отраслях производства, в транспорте, в быту. В сложных по составу многокомпонентных нефтяных системах происходят коллективные взаимодействия низко- и высокомолекулярных соединений, в результате чего происходит формирование структурных элементов разных типов.

В частности, аномалии вязкости наблюдаются из-за присутствия в нефти кристалликов высокомолекулярных парафиновых углеводородов или мицелл асфальтенов. Аномалии вязкости усиливаются с увеличением концентрации твердой фазы в нефти и оказывают отрицательное влияние на фильтрацию в пористых средах.

Поэтому разработка научных основ метода изменения структуры угле-

водородных флюидов, заполняющих пористые материалы, с целью улучшения их фильтрационных характеристик является актуальной темой для решения научно-технической проблемы разработки научных основ новых методов и технологических средств для наиболее полного извлечения углеводородов из недр Земли, повышения их свойств, как исходных материалов для дальнейшей переработки

Условия фильтрации улучшаются, если понизить каким-либо способом ее предельное напряжение сдвига. В работах [1-3] было показано, что при использовании растворов ПАВ можно ослабить структурно-механические свойства нефти, а если ПАВ активирован высоковольтным электрическим разрядом, то и полностью разрушить структуру. Такие изменения будут происходить в зоне контакта ПАВ с нефтью, находящейся в порах породы.

Цель настоящей работы – исследовать влияние ударно-волнового воздействия высоковольтного электрического разряда на углеводородные флюиды и разработать научные основы метода изменения их структуры.

Методика эксперимента. Исследования проводились на экспериментальном стенде, состоящем из энергетической и технологической частей. Энергетическая часть стенда, которая предназначена для формирования импульсов тока в разрядном промежутке технологической камеры, включает в себя пульт управления и генератор импульсных токов.

Технологическая часть стенда представляет собой камеру (рис. 1), которая позволяла отделять исследуемую нефтяную дисперсную систему (1) в рабочей камере (2) упругой резиновой мембраной (3) от контакта с плазменным каналом, который создается при высоковольтном разряде в жидкости, находящейся в разрядной камере (4). Камеры (2) и (4), объемом 10^{-3} м^3 каждая выполнены из нержавеющей стали, что позволяло исключить дополнительное загрязнение жидких сред.

Исследования выполнялись при исходных параметрах экспериментальной установки, близких к номинальным параметрам устройств типа «Скиф» [4, 5]: емкость накопительной батареи конденсаторов $C_{EH} = 2,4 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$; зарядное напряжение $U_3 = 3 \cdot 10^4 \text{ В}$; индуктивность разрядной цепи $L = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Гн}$; радиус электрода-анода $r_3 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$; частота посылки импульсов $f = 0,2 \text{ Гц}$.

Реологические свойства смолистой нефти месторождения Малодевица Черниговской области (плотность $\rho = 849 \text{ кг/м}^3$ (при 20° C); вязкость $\eta = 9,36 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ (при 20° C)) исследовались до и после воздействия на ротационном вязкозиметре «Полимер РПЭ-1М.2» согласно инструкции [6] путем определения зависимости вязкости от скорости сдвига.

Основная часть. Результаты исследований показывают (рис. 2), что перед электроразрядным воздействием реологические свойства нефти ти-

пичны для структурированных жидкостей. В определенном интервале изменения градиента скорости и напряжения сдвига зависимость между ними нелинейная. При малых скоростях вращения ротора динамическая вязкость нефти высокая, а с ее повышением наблюдается снижение вязкости (рис. 3).

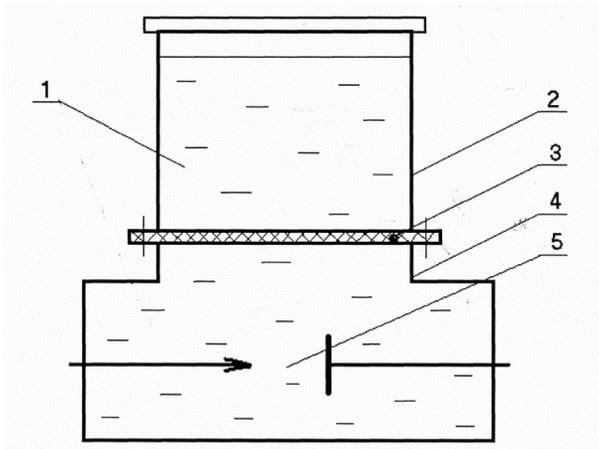


Рисунок 1 – Схема технологической части стенда для исследований:
1 – исследуемая среда; 2 – рабочая камера; 3 – резиновая мембрана;
4 – разрядная камера; 5 – электродная система

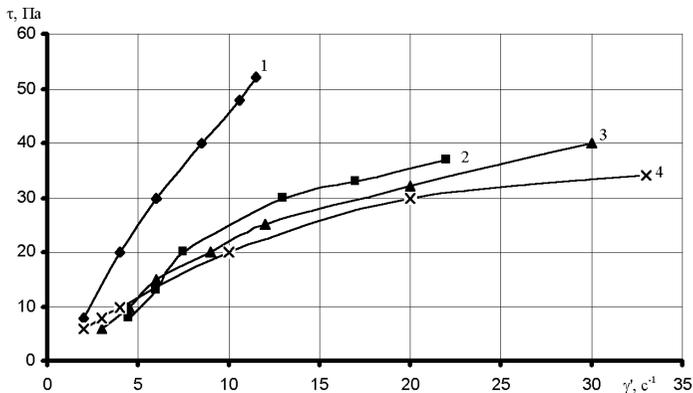


Рисунок 2 – Влияние суммы удельных импульсов давления J_C на зависимость напряжения сдвига нефти от скорости сдвига: 1 – исходная нефть;
2 – $J_C = 45$ МПа · с/м³; 3 – $J_C = 90$ МПа · с/м³; 4 – $J_C = 135$ МПа · с/м³

После электроразрядного воздействия вязкость нефти ~ на 30 % снижается, эта тенденция проявляется при малых скоростях деформации и сохраняется при увеличении скорости деформации. Эффективность снижения ди-

намической вязкости зависит от суммы удельных импульсов давления J_C , приложенных к эмульсии. Сумму удельных импульсов давления можно представить в следующем виде:

$$J_C = (P_{\text{ср}} \cdot \tau_p) \cdot n / V_{\text{ж}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средняя величина амплитуды импульсов давления, Па;

τ_p – длительность импульса давления, с;

n – число импульсов;

$V_{\text{ж}}$ – объем нефти, на которую оказывают ударно-волновое воздействие, м³.

Как видно из зависимостей, представленных на рис. 2, увеличение суммы удельных импульсов давления приводит к снижению предельного напряжения сдвига примерно на 20 %, а напряжения сдвига (при скорости сдвига 10 с⁻¹) примерно в 2 раза. Аналогичная тенденция наблюдается и с динамической вязкостью (рис. 3).

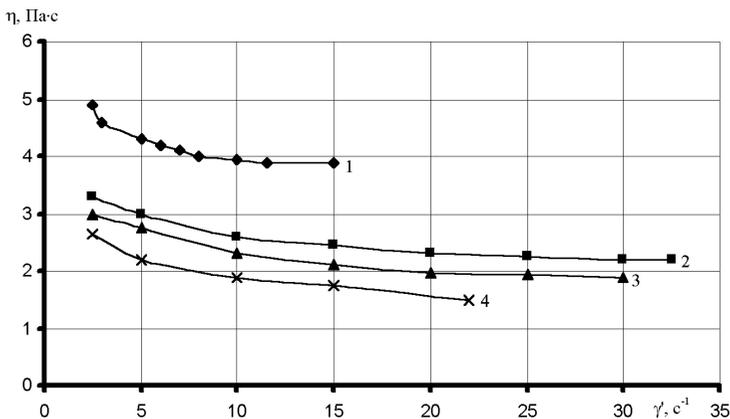


Рисунок 3 – Влияние суммы удельных импульсов давления J_C на зависимость динамической вязкости нефти от скорости сдвига: 1 – исходная нефть; 2 – $J_C = 45$ МПа · с/м³; 3 – $J_C = 90$ МПа · с/м³; 4 – $J_C = 135$ МПа · с/м³

На рис. 4 представлена монотонно убывающая зависимость изменения напряжений сдвига нефти от величины удельных импульсов давления, которая показывает, что наиболее существенные изменения в нефти (напряжение сдвига снижается в 2 раза) происходят в начале процесса воздействия от момента приложения нагрузки до значений $J_C = 50$ МПа·с/м³. Затем при увеличении J_C в 3 раза напряжение сдвига снижается в 1,3 раза, а далее процесс стабилизируется. Необходимо отметить, что с течением времени, прошедшего после воздействия, нефть сохранила свойства разрушенной структуры. Оценка кривых течения нефти производилась после шести дней при той же температуре (20⁰ С). При этом все точки укладывались на кривых, практиче-

ски совпадающих с кривыми 2-4 на рис. 2 и 3, что позволяет считать изменения в нефти после ударно-волнового электроразрядного воздействия достаточно устойчивыми во времени.

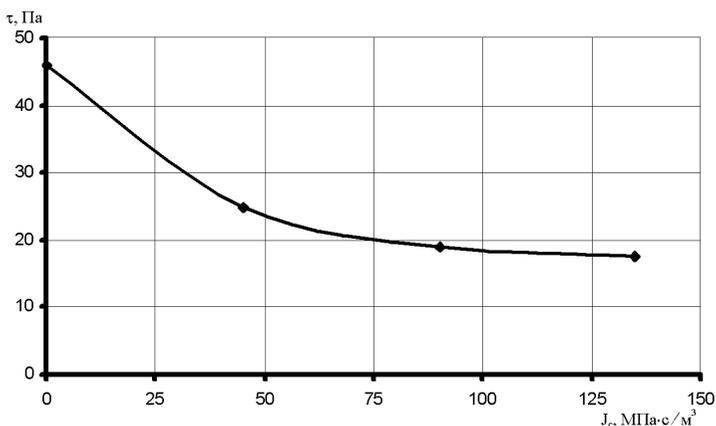


Рисунок 4 – Кинетика изменения напряжений сдвига нефти (скорость сдвига $\dot{\gamma} = 10$ с-1) при воздействии импульсов давления электроразряда

Микроструктурные исследования (рис. 5), выполненные на оптическом микроскопе подтверждают данные реологических исследований. Так, нефть до воздействия (рис. 5, а) имеет ярко выраженный структурированный вид. Приложение импульсов давления электроразряда уже в начале процесса (рис. 5, б) приводит к разрушению структуры (напряжение сдвига снизилось в 2 раза), а дальнейшее воздействие не оказывает столь существенных изменений в структуре нефти (рис. 5, в и г).

Для интерпретации факта разрушения структуры при ударно-волновом воздействии, возникающем в результате высоковольтного электрического разряда в среде, непосредственно не контактирующей с нефтью, можно предложить следующее объяснение.

Наличие у нефти аномалии вязкости свидетельствует о том, что дисперсная фаза, состоящая из мицелл асфальтенов и кристалликов парафина образует в дисперсионной среде структуру твердой фазы, которая при распространении в ней знакопеременных волн сжатия диспергируется. По мере ослабления неньютоновских характеристик среды влияние периодического деформирования ослабевает.

Изменение реологических свойств нефти при ударно-волновом электроразрядном воздействии оказалось сравнимым с воздействием на нее растворов ПАВ [3], которые были активированы электроразрядом. Следовательно, можно прогнозировать усиление эффекта изменения структуры дисперсных систем при комплексном ударно-волновом воздействии высоко-

вольного электрического разряда и активированных разрядом растворов ПАВ.

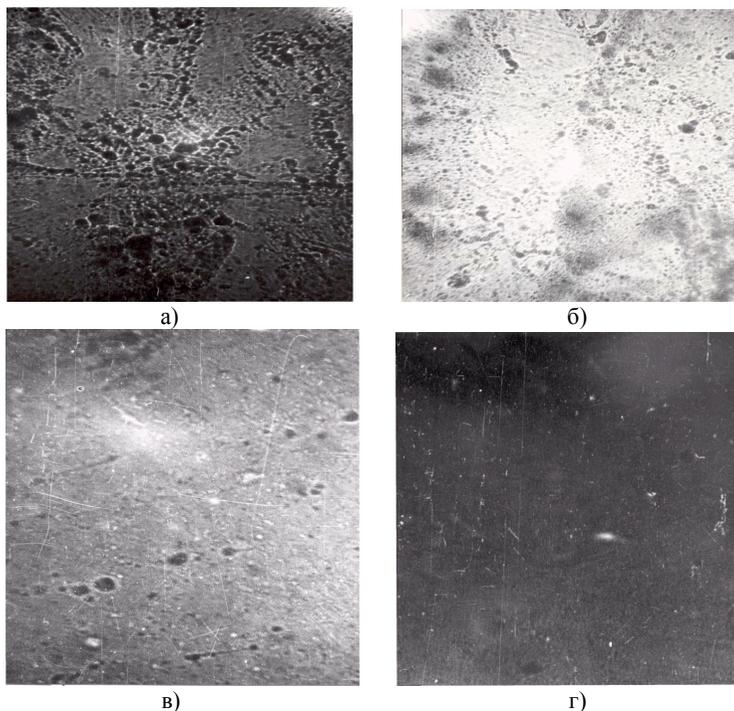


Рисунок 5 – Микроструктура нефти (оптический микроскоп $\times 200$):

а) Структурированная нефть; б) Нефть после воздействия импульсов давления электроразряда ($J_c = 45 \text{ МПа}\cdot\text{с}/\text{м}^3$); в) Нефть после воздействия импульсов давления электроразряда ($J_c = 90 \text{ МПа}\cdot\text{с}/\text{м}^3$); г) Нефть после воздействия импульсов давления электроразряда ($J_c = 135 \text{ МПа}\cdot\text{с}/\text{м}^3$)

Выводы. Установлены закономерности связи параметров электроразрядного воздействия с изменением реологических характеристик углеводородного флюида – монотонно убывающей зависимостью динамической вязкости (снижается в 2 раза при скорости сдвига 15 с^{-1}), предельным напряжением сдвига (снижается на 40 %) и изменением структуры этого флюида (знакопеременными волнами сжатия-растяжения диспергируется твердая дисперсная фаза, состоящая из мицелл асфальтенов и кристалликов парафина) при увеличении суммы удельных импульсов давления от момента приложения нагрузки до $50 \text{ МПа}\cdot\text{с}/\text{м}^3$.

Разработанные научные основы электроразрядного метода изменения структуры углеводородных флюидов использованы для создания технологии

интенсификации фильтрационных процессов в продуктивных нефтяных пластах электроразрядными устройствами типа «Скиф» (приток нефти увеличивается более чем в 3 раза) в различных геолого-технических условиях Украины, России, Казахстана и Китая (более 300 скважин).

Список литературы: 1. Сизоненко О.Н., Колмогорова Р.П., Тафтай Э.И. и др. Влияние добавок поверхностно-активных веществ, обработанных электроразрядом, на реологические параметры нефти // Нефтяное хозяйство. – 2003. – № 11. – С. 79-81. 2. Сизоненко О.Н. Влияние высоковольтного электрического разряда на поверхностные явления в дисперсных системах // Материалы Межд. конф. «Современное материаловедение: достижения и проблемы» (26-30 сентября 2005 г.). – Киев. – 2005. – С. 536-537. 3. Сизоненко О.Н., Райченко А.И. Влияние высоковольтного электрического разряда на поведение композиции углеводородно-минеральная смесь / раствор ПАВ. // Тр. четвертой межд. конференции «Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования, применение, экологически чистые технологии производства и утилизации изделий», 18-22 сентября 2006 г. – Жуковка, Автономная республика Крым (Украина). – 2006. – С.155-156. 4. Сизоненко О.Н., Швець И.С., Кучернюк А.В. Применение электроразрядного воздействия для обработки добывающих и нагнетательных скважин // Нефтяное хозяйство. – 2000. – № 12. – С. 133-135. 5. Сизоненко О.Н. Синергетический эффект в изменении фильтрационных характеристик пористых насыщенных жидкостью сред при электроразрядном воздействии // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск: Ин-т геотехн. механики НАН Украины. – 2003. – Вып. 42. – С.173-186.

Поступила в редколлегию 29.05.2007

УДК 533.951

Е.И.СКИБЕНКО, канд.физ.-мат.наук; **Ю.В.КОВТУН**;
В.Б.ЮФЕРОВ, докт.техн.наук.; ННЦ ХФТИ, Харьков

ФОР-ИНЖЕКТОР РАЗДЕЛЯЕМОГО ВЕЩЕСТВА НА ОСНОВЕ ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ИОННО-АТОМНЫХ СЕПАРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ. ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

Розглянута можливість створення плазмового інжектора на основі пучково-плазмового розряду для іонно-атомних сепараційних технологій. Визначені основні принципи його створення та умови збереження безперервності і постійності потоку розподіляємої речовини по довжині фор-інжектора, включаючи область блоку фазових перетворень та область іонізатора.

The opportunity of creation plasma injector is considered on the basis of the plasma-beam interaction for ionic-nuclear separating technologies. Main principles of his creation and a condition of preservation of a continuity and a constancy of a stream of divided substance on length for-injector, including area of the block of phase transformations and area of an ionizer are determined.