



Рис. 1.5. Расчётная схема к задаче о распределении давлений по сечению.

Формула $T = f_0 Q$, для среды, лишённой связности (склеивания частиц), всегда справедлива. Вопрос лишь в том, как установить величину $\frac{m}{n}$. На оси цилиндра в силу осевой симметрии, среднее смещения равны нулю, поэтому $f = 0$. С увеличением текущего радиуса средние смещения возрастают и f возрастает. Видим, что имеет место зависимость $f(r)$.

$$\text{Тогда } k = \frac{\xi u f}{F} = \frac{\xi 2\pi r}{2r^2} f(r) = \frac{2\xi f(r)}{r}. \quad (4.1)$$

Используя при найденном k формулу (3.9), найдем среднее по кругу радиуса r давление $\bar{\sigma}_y(r)$ которое будет являться функцией радиуса r .

С другой стороны, если $\bar{\sigma}_y(r)$ – давление в точке r , то имеем

$$\bar{\sigma}_y(r) = \frac{1}{\pi r^2} \int_0^r 2\pi r \sigma_r(r) dr \quad \text{или} \\ r^2 \bar{\sigma}_y(r) = 2 \int_0^r r \sigma_y(r) dr.$$

Дифференцируя обе части последнего равенства по r , получим:

$$\sigma_y(r) = \bar{\sigma}_y(r) + \frac{r}{2} \frac{d\bar{\sigma}_y(r)}{dr}. \quad (4.2)$$

Формула (4.2) в которой $\bar{\sigma}_y$ определяется из (3.9) при (4.1) даёт закон изменения нормального давления в поперечном сечении формы.

Литература

1. Гутьяр Е.М. Распределение давления по стенке силосной башни/ Труды Московского железнодорожного института. Сборник №2.-1935.
2. Колёскин В.Н. Структура и организация неподвижного зернистого слоя в цилиндрических аппаратах: Дисс. канд. техн. наук. М.: 1992. - 245 с.
3. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М.:Физматгиз.1956. 468с.
4. Штерн П.Г. Построение методов расчёта промышленных химических реакторов. Дисс. доктора. техн. наук. М.: 1995. - 460 с.

УДК 622.276.031:532.11

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАЛОПРОНИЦАЕМЫХ И ТРЕЩИННЫХ ПЛАСТОВ

Мамедова М.А.

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Azerbaijan

АННОТАЦИЯ. Впервые экспериментально было выявлено, что причиной проявления аномальных свойств вязких жидкостей, и в частности воды и усиление этих свойств для аномальных жидкостей, в щелях, является микротрещинный эффект системы «жидкость - среда» аналог эффекта Жамена в пористой среде.

Для осуществления эффективного процесса разработки трещиноватых месторождений рекомендуется учесть выявленный новый микротрещинный эффект в системе «жидкость - среда».

Ключевые слова: раскрытость трещины, коэффициент проницаемости пористой среды, вязкость жидкости, направление потока.

Введение. На основе анализа мирового опыта выявлено, что независимо от способа и объёма существующих мероприятий применяемых в разработке нефтяных месторождений коэффициент нефтеотдачи пластов в большинстве случаев составляет около 30%, а в зоне действия каждой скважины составляет около 33%. Значит 70% геологических запасов нефти остается в низкопроницаемых пористых и трещинных средах пласта не

извлеченными, а этот запас составители проектов разработки называют «не извлекаемыми запасами нефти».

На основе анализа показателей разработки многочисленных нефтяных месторождений Азербайджана было выявлено, что независимо от применения существующих эффективных мероприятий коэффициент нефтеотдачи не превышал 50%.

Анализ отмеченного, дает основание предполагать, что создание новых или модернизация существующих методов повышения нефтеотдачи не являются путем решения задачи повышения нефтеотдачи пластов. Ее можно решить путем определения застойных зон залегания нефтей и участков, не попавших в зону действия скважин. В связи с тем, что не существованием новых технологических меры, 70% запасов нефти остается в неподвижном состоянии, вероятно с первоначальными параметрами в пористые среды.

Для выявления причин «неизвлекаемых запасов нефти» были проведены экспериментальные исследования движения различных жидкостей (вода, ньютоновские и неньютоновские нефти) в плоских и плоскорадиальных трещинах с раскрытостью 10-240 мкм и установлено, что существуют критические значения раскрытости трещины или низкого коэффициента проницаемости, ниже которого при движении вязкой жидкости заметно проявляется аномальные свойства, а при движении неньютоновских жидкостей увеличивается реофизические параметры.

Для ввода в разработку нефтеносных участков с «неизвлекаемыми запасами» имеющие величины раскрытости трещины ниже критического, необходимо применять меры по увеличению раскрытости щели выше критической.

Целью работы является исследование эффекта в трещинах с микронной раскрытостью и в низкопроницаемых пористых средах и попытка разработки метода максимального извлечения «геологических запасов нефтей».

Полученный микротрещинный эффект, являющийся аналогом эффекта Жамена, известного в физике нефтяного пласта, можно называть новым эффектом жидкость-среда и, в частности, «нефть-среда».

Впервые, выявленные факторы, о влиянии микротрещинных эффектов на свойства жидкости, будут обеспечивать благоприятные условия для разработки месторождений трещиноватых пород и приобретать большую актуальность. Для полного извлечения нефти необходимо изучить вопросы механики движения аномальных жидкостей в микротрещинах.

2. Методика проведения опытов.

Конструкция щелевой модели, имитирующая движение жидкости в недеформируемой плоской и плоскорадиальной среде, представлена в работе [1,2].

Плиты трещины изготовлены из стали 40Х, имеют поверхностную твердость 40-50 единиц по Роквеллу. Внутренняя поверхность плит обработана и отшлифована с точностью, соответствующей 10 классу.

Трещины были получены установкой между плитами несмачиваемых прокладок размерами 5x7 мм, которые расположены в точках плоскорадиальной щели с центральными углами 120°. При этом погрешность определения величины раскрытости равна 0,5 мкм. Для контроля деформации щели на верхней плите модели были установлен индикатор

часового типа. Длина трещины L равна 84 мм. Радиусы окружностей, на которых расположены отверстия, для контроля давления равняются 34 и 57 мм и вблизи этих отверстий на расстояниях 43 мм от центра трещины было расположено еще по одному отверстию.

Экспериментальные исследования в плоскорадиальных щелях проводились в микротрещине различной раскрытости в двух сериях: моделировалось движение жидкости - первая серия от центра плоскорадиальной щели её контуру, а вторая серия от контура щели к центру. В обеих сериях эксперименты проводились при установившемся режиме движения жидкости.

Опыты проводились с водой, вязкой и аномальными нефтями при изотермических условиях. Постоянство температуры в термованне поддерживалось ультратермостатом.

Для исключения эффекта Жамена производилось насыщение щели исследуемой жидкостью под небольшим давлением с одновременным вакуумированием.

В процессе опытов создавались различные перепады давления, замерялись соответствующие объемные расходы жидкости и строились график зависимости $Q = Q(\Delta P)$.

Экспериментальные исследования показали, что зависимости течения для воды и вязкой жидкости в микротрещине ($h < h_{кр}$), характерны для аномальных систем, которые описываются двухпараметрическим моделям при большом значении раскрытости ($h \geq h_{кр}$) течение характерно моделью для однопараметрических систем.

Результаты опытов для плоскорадиальных щелей обрабатывались в координатах $\gamma - \tau$, где

$$\gamma = \frac{Q}{4\pi r h^2} - \text{средний градиент скорости и}$$

$$\tau = \frac{\Delta P h}{L} - \text{касательное напряжение сдвига.}$$

3. Результаты экспериментальных исследований, их обработка и обобщение

При экспериментальных исследованиях воды, вязких и неньютоновских нефтей в микротрещинах выявлен новый определяющий параметр - впервые выявленный эффект, «жидкость-среда» без учета которого невозможно осуществление эффективного процесса разработки трещиноватых месторождений.

В результате экспериментального исследования движения жидкости в микротрещине установлено что, при величинах раскрытости трещины 30 и 35 мкм соответственно при температурах 293 и 303К, вода ведет себе как неньютоновская жидкость. Таких свойства установлены для вязких и неньютоновских жидкостей. Такая раскрытость названа критической раскрытостью.

В случае движения неньютоновской нефти в плоских и плоскорадиальных трещинах с увеличением раскрытости предельное напряжение сдвига и

структурная вязкость нефти уменьшаются до определенного значения раскрытости трещины. При значениях раскрытости 180 мкм при температуре 303К предельное напряжение сдвига и структурная вязкость не зависят от h и остаются постоянными.

Таким образом, впервые, на основе экспериментальных данных, нами была установлена критическая величина раскрытости – $h_{кр}$, т.е., найдено, что при $h \geq h_{кр}$ изменения в реологических свойствах жидкости практически отсутствуют. При движении вязких жидкостей в трещине при $h < h_{кр}$ проявляются аномальные свойства, а при движении аномальных жидкостей усиливаются реологические параметры, а при $h > h_{кр}$ указанные эффекты исчезают.

Полученный эффект использован для прогнозирования успешности проведенных методов воздействия на ПЗП.

В данной работе также разработана методика определения таких параметров пластовой системы, как раскрытость трещины, коэффициент проницаемости пласта в призабойной зоне и вязкость нефти в пластовых условиях с проявлением микротрещинного эффекта.

Одной из основных задач нефтедобычи является поддержание ПЗС в состоянии, позволяющем достаточно полно использовать потенциальные возможности пласта по притоку и приемистости. И, поэтому, всегда есть необходимость в диагностировании состояния призабойной зоны пласта.

Сделаны обобщения результатов экспериментальных исследований стационарного движения ньютоновской и неньютоновской жидкостей в плоскорadiaльных трещинах [2-4].

На основе исследования параметров призабойной зоны трещиноватых пластов при установленном режиме установлено, что расход жидкости зависит от перепада давления $-\Delta P$, раскрытости – h , критической раскрытости – $h_{кр}$, структурной вязкости при различных величинах раскрытости щели – μ_h и проницаемости пласта – k , т.е.

$$Q = f(\Delta P, h, h_{кр}, \mu_h, k) \quad (1)$$

На основе P -теоремы зависимость (1) может быть представлена так:

$$f\left(\frac{Q \cdot \mu_h}{\Delta P \cdot h_{кр}}, \frac{h}{h_{кр}}, \frac{\sqrt{k}}{h_{кр}}\right) = 0 \quad (2)$$

На основе обработки результатов исследования стационарного движения ньютоновских и неньютоновских жидкостей в плоскорadiaльной трещине, построены зависимости в координатах

$$\frac{Q \cdot \mu_h}{\Delta P \cdot h_{кр}} = f\left(\frac{h}{h_{кр}}\right) \text{ и } \frac{\sqrt{k}}{h_{кр}} = f\left(\frac{h}{h_{кр}}\right) \text{ при темпера-}$$

туре 303К. Отметим, что для различных величин раскрытости трещины и перепада давления, экспериментальные данные, как ньютоновских так и неньютоновских жидкостей, соответственно

$$\frac{Q \cdot \mu_h}{\Delta P \cdot h_{кр}} = f\left(\frac{h}{h_{кр}}\right) \text{ и } \frac{\sqrt{k}}{h_{кр}} = f\left(\frac{h}{h_{кр}}\right) \text{ укладываются}$$

на одну прямую. Результаты обработки экспериментальных данных и получение зависимости для определения раскрытости трещины, соответственно при нагнетании и добыче при стационарном движении ньютоновских и неньютоновских жидкостей в плоскорadiaльных трещинах, представленные ниже:

для вязких жидкостей

при нагнетании

$$h = \frac{0,1224 \cdot h_{кр} \cdot \mu_{кр} \cdot Q + 0,3921 \cdot h_{кр}^4 \cdot \Delta P}{\Delta P \cdot h_{кр}^3 + 0,0787 \cdot \mu_{кр} \cdot Q} \quad (3)$$

при добыче

$$h = \frac{0,1868 \cdot h_{кр} \cdot \mu_{кр} \cdot Q + 0,4032 \cdot h_{кр}^4 \cdot \Delta P}{\Delta P \cdot h_{кр}^3 + 0,1219 \cdot \mu_{кр} \cdot Q} \quad (4)$$

для неньютоновских жидкостей

при нагнетании

$$h = \frac{0,63243 \cdot h_{кр} \cdot \mu_{кр} \cdot Q + 0,50116 \cdot h_{кр}^4 \cdot \Delta P}{\Delta P \cdot h_{кр}^3 + 0,62135 \cdot \mu_{кр} \cdot Q} \quad (5)$$

при добыче

$$h = \frac{0,65686 \cdot h_{кр} \cdot \mu_{кр} \cdot Q + 0,52477 \cdot h_{кр}^4 \cdot \Delta P}{\Delta P \cdot h_{кр}^3 + 0,64858 \cdot \mu_{кр} \cdot Q} \quad (6)$$

Для вязких и неньютоновских жидкостей, соответственно, при нагнетании и добыче, для коэффициента проницаемости зависящих от раскрытости трещины получим следующие формулы:

для вязких жидкостей

при нагнетании

$$\sqrt{k} = 0,0709h - 0,0181h_{кр}; \quad (7)$$

при добыче

$$\sqrt{k} = 0,0667h - 0,0180h_{кр} \quad (8)$$

Для ньютоновских жидкостей
при нагнетании

$$\sqrt{k} = 0,1761h - 0,06801h_{кр}; \quad (9)$$

при добыче

$$\sqrt{k} = 0,1637h - 0,0638h_{кр}. \quad (10)$$

где μ_0 — структурная вязкость при критическом значении раскрытости щели, Пас.

$h_{кр}$ — значение раскрытости щели, при котором практически отсутствует молекулярное взаимодействие между жидкостью и стенкой щели, м;

Отметим, что оценка коэффициента проницаемости ПЗС по формулам (7), (8) и (9), (10), соответственно, для ньютоновских и неньютоновских жидкостей при нагнетании и добыче дает возможность косвенно судить о состоянии призабойной зоны, что имеет большое значение для повышения успешности проведенных различных методов воздействия на пласт, а также избежать проведения необоснованных мероприятий.

С этой целью на основе исследования скважины строят индикаторную диаграмму и определяют величину раскрытости трещины и коэффициент проницаемости пласта в ПЗС.

Сравнением найденных значений h и $h_{кр}$ принимается решение о целесообразности проведения мероприятия по воздействию на ПЗС. Если $h < h_{кр}$ то мероприятие по воздействию на ПЗС проводится, а в противном случае нет.

Выводы:

1. С целью привлечения в разработку геологических запасов нефти необходимо обеспечивать условие, что бы в ПЗП раскрытость трещины была бы больше критического значения для данной пластовой жидкости.

2. Для достижения цели требуется применение в качестве аналога площадного заводнения полезных мероприятий по воздействию на пласт мощными ультразвуковыми, гидродинамическими, акустическими и другими волнами.

3. Установлено, что для увеличения коэффициента нефтеотдачи, необходимо не совершенствование существующих или и разработке новых мероприятий, а определение в процессе разработки местонахождения зон «не входящих в разработку», которые расположен между скважинами (на суше) и между платформами (в море) и обеспечению пути извлечения остаточных нефтей из этих зон.

4. Разработаны приближенные способы расчета добычи и запасов нефтей для определения местонахождения «Застойных» зон.

Литература

1. Гурбанов Р.С., Мамедова М.А., Мириев Г.М. Методическое руководство по определению параметров пластовых систем и эффективности применения полимерного воздействия в трещинных коллекторах. — Баку: АзНИПИнефть, 1986. — 35с.

2. Мамедова М.А., Гурбанов Р.С. Исследование реологии жидкостей в трещинных и поровых каналах и определение их раскрытости // Инженерно-физический журнал 2015, Том 88, №4, с.790-799. (Journal of Engineering Physics and Thermophysics: Volume 88, Issue 4 (2015), Page 815-824.) <http://link.springer.com/article/10.1007/s10891-015-1256-9>

3. Мамедова М.А. Экспериментальное исследование движения неньютоновских жидкостей в плоскорадиальной микротрещине // Научное обозрение. — 2010. — №5. С. — 51—57.

4. Мамедова М.А. Исследование параметров призабойной зоны трещинных пластов при установившемся режиме. Изв. вузов. «Нефть, Газ и Бизнес» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. — 2013. — №1. — С.39-43.

УСТАНОВКА ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛИМЕРОВ*

* Данная работа проводилась в рамках государственного контракта № 14.Z56.17.21.49-МК от 22 февраля 2017 г.

ЧАСТЬ 1

Назаров Алексей Петрович^{1, а}, Скорняков Иннокентий Алексеевич^{1, б},
Шишковский Игорь Владимирович^{2, с}

¹ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Россия 127055, Москва, Вадковский пер. 1

²ФГБУН Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

АННОТАЦИЯ: В данной работе представлена конструкция аддитивной установки для селективного лазерного спекания высокотемпературных полимерных материалов, отличающаяся оригинальной системой контроля юстировки устройства нанесения слоев порошка полиэфирэфиркетона. Приведены ее кинематическая и лазерно-оптическая схемы. Описаны основные контуры охлаждения. Технические и конструкторские решения, предложенные нами, позволяют проводить селективное лазерное спекание целого