

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ПОПЕРЕЧНЫХ СКВАЖИНАХ

Каюмов Абдурасул Шоназарович

Ташкентский государственных технических университет

Доктор философии по технический наук (PhD)

qayumov0611@mail.com

Саттаркулов Лазизбек Аброр угли

Ташкентский государственных технических университет

Студент 3 курса

lazizbeksattarkulov@gmail.com

Адилжонова Гулноза Сохибжон кизи

Ташкентский государственных технических университет

Студента 3 курса

gulnozaadiljonova@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Экспериментальное и теоретическое исследование гидродинамических процессов на экспериментальной модельной установке для выявления закономерности структуры выбуренных неоднородных сред. Большое место здесь уделяется экспериментальным исследованиям при принудительном притоке (оттоке) жидкости через пористые стенки.

Ключевые слова: гидравлика, бурение, осаднения, твердые частицы, горизанталные скважины.

ABSTRACT

Experimental and theoretical study of hydrodynamic processes on an experimental model installation to identify the regularities of the structure of drilled inhomogeneous media. Much attention is paid here to experimental studies with forced inflow (outflow) of liquid through porous walls.

Key words: hydraulics, drilling, sedimentation, solid particles, horizontal wells.

В настоящее время в мире обеспечение роста добычи нефти и газа будет осуществлено, в основном, за счет увеличения объема и темпов буровых работ и бурения вертикальных и горизонтальных скважин в глубокозалегающих продуктивных горизонтах. Мировой опыт показывает, что проводки горизонтальных скважин и исследование гидродинамическое движение много фазных жидкостей во время вращения внутренней буровой колонны, и проблемы эффективной промывки скважины изучены недостаточно.

Следовательно, изучение проблемы возникающих в процессе промывки горизонтальных скважин и транспортировка частицы выбуренной породы является приоритетной задачей и считается актуальным. Поэтому первостепенное значение приобретает необходимости более глубокого теоретического и экспериментального исследования процесса транспортирования выбуренных частиц горных пород по горизонтальному стволу скважины.

Вопросам гидродинамики и тепло массообмена пористых каналов и труб в последние годы уделяется значительное внимание. Большое место здесь уделяется экспериментальным исследованиям при принудительном притоке (оттоке) жидкости через пористые стенки. Специфика решаемых задач по гидродинамике и тепло массообмену (охлаждение ракетных двигателей, электро кабелей, бортовых приборов и др.) требовала принудительного подвода и отвода больших масс охладителей в пористых трубах. Поэтому основные экспериментальные исследования проводились на установках небольшого размера с высокими скоростями подвода и отвода охлаждающего агента. В работах А.С.Бермана, Р.М.Тейлора, С.В. Юаня, Г.Л. Вайсберга, С.М. Тарга, И.П. Гинзбурга и др. рассмотрены различные постановки и методы решения этих задач с граничными условиями, учитывающими подвод или отвод жидкости (газа) на поверхности. При этом течение жидкости в пористых каналах описывается уравнением Навье – Стокса в приближении теории пограничного слоя с учетом инерционных или вязких составляющих. Показано,

что течение жидкости в пористых трубах полностью определяются двумя критериями подобия. Это критерии Рейнольдса для течения внутри канала ($R_e = U \cdot d / Y$) и периферийного притока (оттока), который отнесен к диаметру трубы ($R_n = V \cdot d / Y$). Здесь U и V – продольная и поперечная скорости жидкости (м/с); Y – коэффициент кинематической вязкости ($\text{м}^2/\text{с}$); d – диаметр трубы (м)[1].

Используя вышеизложенное и учитывая гидродинамические особенности горизонтальных скважин, нами определены диапазоны изменения геометрических и динамических критериев по следующим исходным данным: длина горизонтального ствола $L = 50 \div 1000$ м; диаметр (ширина) горизонтального участка $d = 0,144$ м и $d = 0,168$ м; дебит скважины $Q = 50 \div 1000$ $\text{м}^3/\text{сут}$; кинематическая вязкость нефти $Y = 10^{-5} \div 10^{-6}$ $\text{м}^2/\text{с}$.

Тогда для добывающих скважин (притока) получаем: максимальная и минимальная продольная скорость $U_{\max} = 0,71$ м/с, $U_{\min} = 0,026$ м/с; максимальная и минимальная поперечная скорость притока $V_{\max} = 10^{-4}$ м/с, $V_{\min} = 10^{-6}$ м/с; числа Рейнольдса $R_e = 340 \div 120000$, $R_n = 0,014 \div 80$; число Эйлера $E = 0,25 \div 185$; отношение длины к диаметру $L/d = 300 \div 7000$.

По расчетам примерно те же порядки R_e , R_n , L/d и E соответствуют нагнетательным скважинам. Видно, что режим течения жидкости на горизонтальном участке охватывает широкий диапазон, а $L/d > 250$ превосходит размеры экспериментальных установок в упомянутых работах[2].

Далее в работе дается описание экспериментальной установки, гидродинамически подобной горизонтальным скважинам. Установка принципиально не отличается от установки Ф.А. Шавелева по исследованию гидравлики трубного течения. В качестве рабочего элемента применялись перфорированные полиэтиленовые трубки длиной 40 м и диаметром 4 см с перфорационными отверстиями диаметром 1 и 2 мм. Измерялся расход ($\text{см}^3/\text{с}$) в

начале трубки Q_A и конечный (транзитный) расход Q_T . Разность $Q_0 = Q_A - Q_T$ составляла расход через 40 отверстий, расположенных через 10 см.

Потери напора для перфорированной трубки определялись по формуле

$$\Delta H_1 = A_1 \cdot \ell \cdot \left(Q_A^2 - Q_A \cdot Q_0 + \frac{Q_0^2}{3} \right), \text{ а для неперфорированной трубки -}$$

$\Delta H_1 = A_2 \cdot \ell \cdot Q_A^2$ (где A_1 и A_2 – удельное сопротивление трубок; ℓ – длина трубки; Q_A и Q_0 – соответствующие расходы). Отношение $\Delta H_1 / \Delta H_2 = \lambda_n / \lambda_0$, т.е. равно отношению коэффициентов гидравлических сопротивлений. В таблице 1 приведены значения начального и конечного расхода и отношение λ_n / λ_0 .

Таблица 1 – Значения расхода и отношения коэффициентов гидравлических сопротивлений

№ n/n	Q_A	Q_0	Q_T	λ_n / λ_0	№ n/n	Q_A	Q_0	Q_T	λ_n / λ_0
1	10	8	2	0,358	9	73	57	16	0,422
2	17	14	3	0,401	10	76	57	19	0,437
3	22	17	5	0,436	11	78	56	22	0,454
4	37	25	12	0,476	12	84	57	27	0,475
5	48	35	13	0,448	13	89	58	31	0,499
6	53	40	13	0,435	14	96	63	33	0,487
7	63	48	15	0,431	15	98	64	34	0,489
8	74	58	16	0,421	16	108	71	37	0,487

Рассчитанное среднее значение отношения $(\lambda_n / \lambda_0) = 0,450$, среднеквадратичное отклонение $\sigma = 0,036$. Аналогичные эксперименты для трубок с перфорацией $\varnothing 1$ мм дали среднее значение $(\lambda_n / \lambda_0) = 0,683$, а $\sigma = 0,073$.

Для установления зависимости скорости оттока жидкости от диаметра перфорационных отверстий по длине трубки через каждые 5 м были

установлены микроманометры. Полученные результаты подтвердили предлагаемые в работах В.С. Генкина, В.В. Дильмана, В.Ф. Климкина и А.Д. Ренкина формулы для расчета скоростей принудительного вдува или оттока для коротких трубок. Для малых перепадов давления зависимость скорости линейна от ΔP , а для высоких скоростей зависит от $\sqrt{\Delta P}$ [3].

Предполагая движение жидкости в пористом канале установившимся и учитывая инерционные и частично вязкие составляющие движения жидкости, система уравнений Навье – Стокса может быть решена методом Слезкина – Тарга. В первом приближении для нагнетательных скважин продольная скорость равна

$$U = U_0 \cdot \text{Shk}(L - x) / \text{chkL}, \quad (3)$$

изменение давления

$$P - P_n = (P_0 - P_n) \cdot \text{Shk} \cdot (L - x) / \text{ShkL}, \quad (4)$$

где k – коэффициент, равный $k = \sqrt{3 \cdot \alpha \cdot \mu / h^3}$; P_0 и U_0 – давление и средняя скорость в начале горизонтального участка; P_n – пластовое давление; α – коэффициент, характеризующий проницаемость канала; μ – вязкость жидкости; h – половина диаметра трубы.

Для добывающих скважин в формулах (3) и (4) достаточно подставить $(-\alpha)$ с учетом того, что $\text{Shi kL} = i \cdot \sin kL$ $\text{chi kL} = \cos kL$.

Гидравлические сопротивления равны:

$$\lambda = \frac{8 \cdot \Delta P \cdot h}{\rho \cdot U^2 \cdot L}, \quad (5)$$

где ΔP – перепад давления по длине канала; ρ – плотность жидкости; U – средняя скорость течения жидкости в канале.

Используя формулы (3) и (4) и с учетом выражения (5), в работе получены формулы для определения коэффициентов гидравлических сопротивлений каналов с пористыми стенками в случае ламинарного и турбулентного течения. При турбулентном движении в случае квадратичного течения имеем:

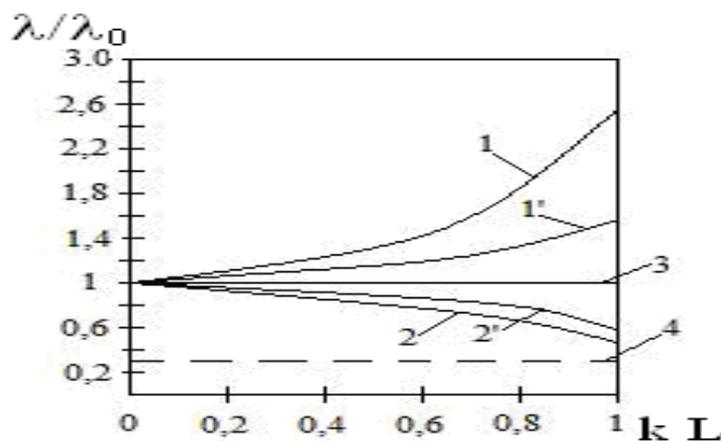
для нагнетательных скважин:

$$\lambda_n = \lambda_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{th \ kL}{kL} + 1 - th^2 \ kL \right), \quad (6)$$

для добывающих скважин:

$$\lambda_o = \lambda_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{tg \ kL}{kL} + 1 - tg^2 \ kL \right), \quad (7)$$

На рисунке 1 приведены кривые изменения коэффициента гидравлических



сопротивлений, построенные в безразмерных координатах $\lambda/\lambda_0 = f(k \cdot L)$.

Рис.1. Изменение коэффициента гидравлических сопротивлений в зависимости от kL

Графики построены для величин k и L в диапазоне $k = (10^{-4} \div 3 \cdot 10^{-3})$ 1/м, $L = 0 \div 500$ м. На рисунке 2 для добывающих (кривая 1') и нагнетательных скважин (кривая 2') относятся к ламинарным потокам, а кривые 1 и 2 – к квадратичному течению. Прямая 3 соответствует потоку в непроницаемом канале, а пунктирная прямая 4 соответствует равномерному оттоку и притоку. Видно, что при постоянном k (например, $2 \cdot 10^{-3}$ 1/м) увеличение L от 0 до 500 м приводит к увеличению гидравлических сопротивлений для добывающих скважин и трещин гидроразрыва в 1,5 раза для ламинарного потока и в 2,6 раз для квадратичного течения. Эти изменения (снижение гидравлических

сопротивлений) для нагнетательных скважин составляют 1,3 и 1,6 раз соответственно.

Полученные результаты показывают, что:

- потери давления в пористых каналах, работающих на приток выше, чем для непроницаемых каналов и каналов, работающих на нагнетание;
- принимаемые допущения о равномерном притоке флюида по всей длине горизонтальной скважины или трещины гидроразрыва приводят к значительному завышению (в 2 и более раза) расчетных дебитов;
- для обеспечения равномерного фронта вытеснения нефти горизонтальными нагнетательными скважинами необходимо проектировать их длину из условия $L = 1,718/k$.

Литература:

1. Могучев, А.И. Влияние трещиноватый горных пород на упруго вязкопластическое перемещение стенок скважин / А.И. Могучев, А.Г. Губайдуллин, В.М. Лобанков, А.С. Беляева // Нефтяное хозяйство. – 2016. – №5. - С. 41-43.

2. Каюмов А.Ш., Шакиров А.А., Муртазаев А.М., «Определение режима течения смесей без осаждения твердых частиц во вращающейся внутренней трубе» ТашГТУ, журнал “Вестник”, №3, - Т.2014, С.202-207.

3. Каюмов А.Ш. Исследование закономерностей изменение гидродинамического сопротивления в скважинах //X Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции развития образования, науки и технологий» г. Москва, 30 мая 2019 г. –С.142-145.