

3. Монин А.С., Яглом А.М. Статистическая гидромеханика. М.: Наука, 1965. – 640 с.
4. Марчук Г.И., Алоян А.Е. Динамика и кинетика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере и их значение для биосферы // Изв. РАН: Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера», 2009. – Т.1. №1 – С.49-57.
5. Пененко В.В., Алоян А.Е. Модели и методы для задач охраны окружающей среды. М.: Наука, 1985. – 224 с.
6. Aloyan A.E., Arutyunyan V.O., and Marchuk G.I. Dynamics of mesoscale boundary atmospheric layer and impurity spreading with the photochemical transformation // Russ. J. Num. Anal. Math. Model. – 1995. Vol.10, No.2. – P. 93 – 114.
7. Businger J.A., Wyngard I.C., Izumi Y., and Bradley E.F. Flux-profile relationships in the atmospheric surface layer//J. Atm.Sci. – 1971. – Vol.28. – P.181 – 189.
8. Gery M.W., Whitten G.Z., Killus J.P., and Dodge M.C. A photochemical mechanism for urban and regional scale computer modeling // J. Geophys. Res. – 1989. – Vol. 94. – P. 12,925 – 12,956.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЫШЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СКВАЖИНЕ ПРИ ИМПЛОЗИОННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА ПЛАСТ

Д.А. Городилов

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель: анализ аппаратов для ударно-депресссионного воздействия на пласт с целью интенсификации добычи нефти и описания его математической модели.

В отечественной и зарубежной практике освоена масса различных технологий воздействия на скважины с целью повышения их нефтеотдачи. Ежегодно на нефтяных и газовых месторождениях проводятся десятки тысяч таких обработок, которые позволяют поддерживать необходимый уровень добычи. Однако успешность этих операций остается недостаточной по ряду объективных и субъективных обстоятельств, что, в свою очередь, приводит к слабому использованию потенциала одних методов и низкой эффективности других, недооценке сложности и трудоемкости процессов, отсутствию необходимых материалов, оборудования и техники [2].

Все вышеперечисленное вызывает поиск менее энергоемких и более универсальных высокотехнологических методов, которые будут воздействовать на призабойную зону скважин. Одним из таких методов, остающихся на данный момент мало оценёнными, является внутрискважинный метод имплозионной обработки призабойной зоны нефтяного пласта, вызывающий интенсификацию отбора добываемого продукта. Основная сущность метода – создание мгновенного гидравлического удара жидкости (заполняющей ствол скважины) на призабойную зону, поровый коллектор, который заполнен скважинным флюидом. Восприняв гидравлически удар, этот флюид получает мгновенный силовой импульс, которые далее передается его скелету порового коллектора. За счет этого в коллекторе возникают трещины. Данный метод воздействия на пласт осуществляется благодаря скважинным аппаратам, называемым гидрогенераторами давления [1].

Гидрогенераторы давления могут создавать не только имплозионное, но и депрессионное влияние на пласт, что, в свою очередь, расширяет их возможности применения и дает им большое преимущество.

Наиболее приемлемым из всех существующих на данный момент устройств имплозионного воздействия является устройство С. И. Севостьянова (Рис. 1), которое нашло широкое промышленное применение для интенсификации добычи нефти. Главными его преимуществами является простота конструкции, его изготовление возможно в условиях любого промысла [3].

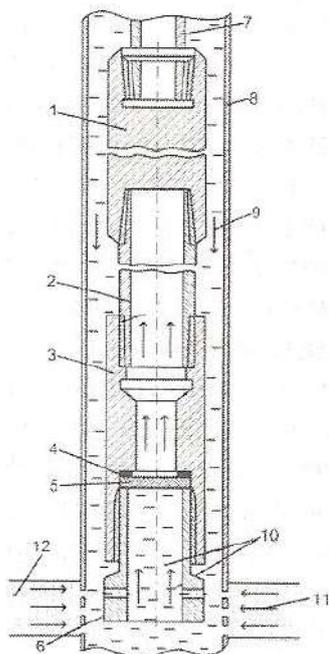


Рис.1 Устройство для обработки скважин методом имплозии [3]:

- 1 – заглушка-переходник; 2 – имплозионная камера; 3 – специальная муфта; 4 – прокладка; 5 – мембрана; 6 – ниппель; 7 – насосно-компрессорные трубы; 8 – эксплуатационная колонна (скважина); 9 – столб продавочной жидкости; 10 – восходящий депрессионный поток; 11 – пластовый флюид; 12 – обрабатываемый пласт.

**СЕКЦИЯ 17. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ
И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА. ПОДСЕКЦИЯ 1. МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА И ХРАНЕНИЯ
УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

В период до 1979 г. по этой технологии проведено: 114 обработок скважин Тимано-Печорского комплекса месторождений. Из них 51 обработка, или 45 % от общего числа операций, оказалась успешной. За счет имплозии с применением устройства Севостьянова получено дополнительно 11,3 тыс. т нефти.

Рассмотрим математическую модель повышения давления в скважине.

Пусть w_2, p_2 - скорость и давление жидкости в камере (выше ударной волны); w_3, p_3 - скорость и давление (ниже ударной волны); w_4, p_4 - скорость и давление в скважине между камерой и двигающейся вниз ударной волной. Ниже последней волны давление равно p_0 , скорость равна $w_0 = 0$.

Для нахождения p_4 составим систему уравнений:

уравнение неразрывности жидкости –

$$w_4 = \alpha w_3 \quad (1)$$

где α – отношение площади сечения камеры к площади сечения скважины;
уравнение Н.Е. Жуковского -

$$\begin{aligned} p_3 - p_2 &= \rho c (w_3 - w_2) \\ p_0 - p_4 &= \rho c (w_4 - w_0) \end{aligned} \quad (2)$$

где c - скорость распространения ударной волны.

Полагая $p_3 = p_4$ (при пренебрежении сопротивлением на конце камеры) и считая, что $p_2 = 0, w_0 = 0$, находим

$$\begin{aligned} p_4 &= \rho c (w_3 - w_2) = \rho c \left(\frac{1}{\alpha} w_4 - w_2 \right) \\ p_4 &= p_0 - \rho c w_4 \end{aligned} \quad (3)$$

отсюда

$$\begin{aligned} \rho c \left(\frac{1}{\alpha} w_4 - w_2 \right) &= p_0 - \rho c w_4 \\ \frac{(\rho c w_4)}{\alpha} + \rho c w_4 &= p_0 + \rho c w_2 \\ \rho c w_4 \left(\frac{1}{\alpha} + 1 \right) &= p_0 + \rho c w_2 \\ \rho c w_4 \left(\frac{1 + \alpha}{\alpha} \right) &= p_0 + \rho c w_2 \end{aligned} \quad (4)$$

откуда

$$w_4 = \frac{\alpha}{1 + \alpha} \left(\frac{p_0}{\rho c} + w_2 \right) \quad (5)$$

Подставляя полученное значение w_4 в равенство (6), находим

$$p_4 = p_0 - \frac{\alpha}{1 + \alpha} (p_0 - \rho c w_2) \quad (6)$$

или

$$p_4 - p_0 = \frac{\alpha}{1 + \alpha} (-p_0 + \rho c w_2) \quad (7)$$

Прделанные расчеты скорости рабочего агента при движении в камере и увеличения давления в зоне воздействия на пласт, при разных конструктивных параметрах аппарата и свойствах рабочих жидкостей, показали следующее:

1. При эффекте имплозии в призабойной зоне создается давление (в 2 раза и более), превышающее горное давление. Это обеспечивает лучшие фильтрационные свойства обрабатываемых пластов за счет возникновения новых трещин или расширения естественных.

2. Чем выше плотность рабочего агента и больше диаметр имплозионной камеры генератора, тем большее, при тех же условиях, давление можно создать при таком методе воздействия.

3. При длине генератора 1,5-2,0 м достигается максимальное давление, при увеличении этой длины давление уменьшается, вследствие потерь давления на гидравлическое сопротивление при движении нисходящего потока рабочей жидкости, которые достаточно превосходят создаваемые при этом инерционные давления.

На практике, если мы имеем величину давления раскрытия трещин по месторождению, мы можем подобрать оптимальную длину имплозионной камеры, которая обеспечит необходимый гидравлический удар на призабойную зону пласта [1].

Литература

1. Быков И.Ю., Попов А.А. Гидрогенераторы давления для интенсификации добычи нефти: Учебное пособие. - М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2011. - 246 с.

2. Крупей С. А., Полихат З.С. Обработка призабойных зон скважин методом имплозии // Нефтяное хозяйство. 1995. № 2. с. 41-45
3. А.С. 156127 СССР, МКИЗ E21B43/18 Сосуд для обработки призабойной зоны скважины методом имплозии / С.И. Севостьянов, П.А. Радкевич, И.М. Павленков. № 801759/22-3; Заявлено 09.11.62; Опубл. в 1963 г. Бюл. №15. 2с.: ил.

О ГИДРОДИНАМИКЕ ВЯЗКОГО ПОТОКА В КРИВОЛИНЕЙНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ТРУБЕ

В.П. Диденко

Научный руководитель - профессор С.Н. Харламов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Цель - в работе проведен анализ по данным эксперимента [3] особенностей математического моделирования пространственно развивающегося турбулентного потока в трубе с изгибом 90°.

В работе проведен анализ по данным эксперимента [3] по математическому моделированию пространственно развивающегося турбулентного потока в трубе с изгибом 90°.

Введение. Хорошо известно, что почти все реальные течения высоковязких сред в промышленных энергетических устройствах турбулентные. Они часто сопровождаются сложными переходными процессами, вызванными изменениями внутренней поверхности стенки и молекулярной структуры потока, интенсивными пульсациями теплогидродинамических параметров, перемешиванием и химической активностью компонент смеси в отдельных рабочих участках трубопроводных систем произвольного поперечного сечения.

Турбулентное течение в изгибах трубы под углом 90° встречается во многих инженерных областях и вызывает значительный интерес в последние годы. В последние годы многие экспериментальные исследования [2] были посвящены колебаниям потока, связанным с термической и механической усталостью в промышленных трубопроводных системах, а численные исследования ориентированы на более фундаментальные вопросы, касающиеся колебаний вторичного потока при изгибе трубы.

Будем рассматривать течение в рамках прямого численного моделирования на базе уравнений подобия в трубах, [3]:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{1}{Re_D} \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j} \quad (2)$$

Некоторые результаты представлены на рис. 1 и 2 (сведения взяты из [3]). Для изучения эффектов течения и его развития вводится дополнительная координата: S определяется как расстояние в направлении потока после выхода из изгиба. Начало координат находится на выходе потока из изгиба (S/D = 0), как показано на рис. 1. Условие прилипания было применено к стенке трубы, а условие истечения при нулевом напряжении - на выходе. [3]

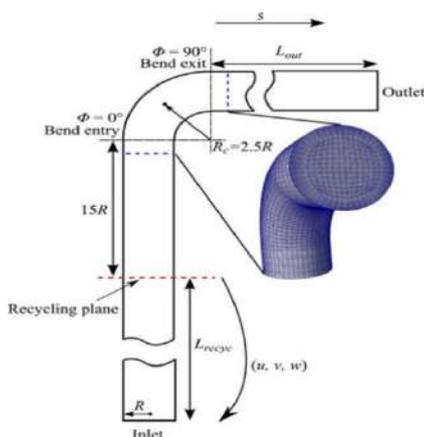


Рис.1 Схема области вычислений [3]

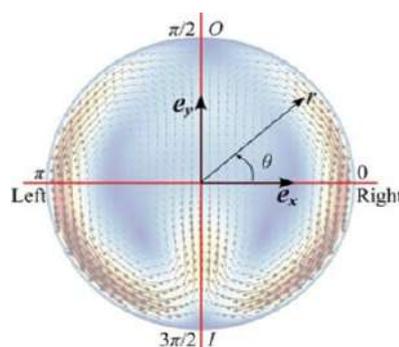


Рис.2 Усредненная по времени величина движения потока в плоскости скорости ($\sqrt{u_x^2 + u_y^2}$) и векторы скорости на 1D ниже изгиба трубы (S/D=1) [3]

Анализ данных [3] показывает, что усредненное по времени движение потока на расстоянии 1D после выхода из изгиба трубы (рис. 1) имеет пару встречно вращающихся вихрей. Эти вихри симметричны относительно оси симметрии. Вихревые потоки по очереди доминируют в поле мгновенного потока. Также, в [3] было исследовано нестационарное движение потока после прохождения изгиба трубы.

Установлено, что в усредненном по времени поле потока (рис. 2) имеются точки застоя движений потока в плоскости. Из-за колебаний вихрей точки застоя также меняются. На рис. 3 и 4 показаны изменения во