

# ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В НЕФТЯНОЙ СКВАЖИНЕ

*Тайланов Низом Абдуразақович, Бабаназаров Дилишод Имомкул угли*

*Джизакский государственный педагогический университет,*

*Джизак, Узбекистан*

*e-mail: [taylanov@yandex.ru](mailto:taylanov@yandex.ru)*

*Аннотация.* Прогнозирование распределения давления в нефтяном резервуаре имеет принципиальное значение для его оценки и обслуживания, поскольку давление меняется в пространстве с течением времени. В данной работе рассматривалось одномерное слабосжимаемое течение жидкости в нефтяном пласте. Мы проводили численные решения с использованием метода явных конечных разностей при помощи MATLAB для определения распределения давления для одной фазы. Полученные результаты показывают, что эффективность данного метода зависит от выбранного временного шага и времени моделирования.

*Ключевые слова:* эффективность явный метод, временной шаг и время моделирования, матлаб, пористая среда, давление и температуры, скважина, нефтяной пласт.

## *Numerical solution of the problem of pressure distribution in oil well*

*Abstract.* Predicting the distribution of pressure in an oil reservoir is of fundamental importance for its evaluation and maintenance, since the pressure varies in space over time. In this paper, we considered a one-dimensional weakly compressible fluid flow in an oil reservoir. We performed numerical solutions using the explicit finite difference method using MATLAB to determine the pressure distribution for one phase. The results obtained show that the effectiveness of this method depends on the chosen time step and simulation time.

*Keywords:* efficiency explicit method, time step and simulation time, matlab, porous media, pressure and temperatures, well, oil reservoir.

## *Neft qudugidagi bosim tarqalish muammosini son yechimi*

*Annotatsiya.* Neft omboridagi bosimning taqsimlanishini bashorat qilish uni baholash va saqlash uchun muhim ahamiyatga ega, chunki bosim vaqt o'tishi bilan fazoda o'zgarib turadi. Ushbu maqolada biz neft rezervuaridagi bir o'lchovli zaif siqilgan suyuqlik oqimini ko'rib chiqdik. Bir faza uchun bosim taqsimotini aniqlash uchun MATLAB yordamida aniq chekli farqlar usuli yordamida raqamli yechimlarni bajardik. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, bu usulning samaradorligi tanlangan vaqt bosqichiga va simulyatsiya vaqtiga bog'liq.

*Kalit so'zlar:* samaradorlik aniq usuli, vaqt bosqichi va simulyatsiya vaqti, matlab, g'ovakli muhit, bosim va harorat, quduq, neft rezervuari.

## ВВЕДЕНИЕ

Нефтяной коллектор представляет собой подземную пористую среду, содержащую углеводороды, захваченные либо структурно, либо стратиграфически. Поэтому описание течения жидкости через такую среду чрезвычайно сложно по сравнению с описанием течения через трубы или трубопроводы. В отличие от потока в трубах или каналах, в пористых средах нет определенных путей потока, их пропускную способность как функцию давления трудно оценить. Однако анализ течения в пористой среде продвинулся вперед. годами по двум направлениям; экспериментальные и аналитические. Была проведена обширная серия исследований, направленных на экспериментально анализировать поведение многочисленных жидкостей через пористую среду. Для сравнения, было предпринято много попыток формулировать законы и корреляции, чтобы аналитически прогнозировать аналогичные системы. Как правило, аналитические решения математических моделей могут быть достигнуты путем предоставления различных базовых предположений, учитывающих свойства коллектора, геометрию и условия на границах.

1. Рассмотрим горизонтальный, одномерный, слегка сжимаемый поток жидкости (нефти).

2. Пласт имеет две внешние границы, закрытые для потока, но имеет внутреннюю границу в виде добывающей скважины.

Разработка симуляторов коллектора начинается с формулировки конечно-разностной модели для уравнений, которые регулируют течение жидкости в пористых средах. Эти уравнения описывают представляющие интерес физические процессы в резервуаре и представлены в виде систем уравнений (СУ), которые учитывают динамическую взаимосвязь между жидкостью, пористой средой и условия течения системы. Эти СУ сформулированы в соответствии с тремя основными физическими принципами, такими как уравнение неразрывности, закон Дарси и уравнение состояния. Общая форма уравнения течения однофазной жидкости имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial \Phi}{\partial x} \right) \Delta x + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\beta_c A_y k_y}{\mu B} \frac{\partial \Phi}{\partial y} \right) \Delta y + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\beta_c A_z k_z}{\mu B} \frac{\partial \Phi}{\partial z} \right) \Delta z + q_{sc} = \frac{v_b}{a_c} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\Phi}{B} \right) \quad (1)$$

где  $\Phi$  - жидкостный потенциал,  $k_x$  - проницаемость породы-коллектора в направлении  $x$  (Дарси),  $\mu$  - вязкость масла,  $v_b$  - общий объем блока (куб. фут),  $\phi$  - пористость породы-коллектора,  $C_t$  - суммарная сжимаемость нефти и породы,  $B$  - объемный коэффициент нефтеносности,  $\beta_c$  - коэффициент преобразования проницаемости,  $a_c$  - коэффициент преобразования объема,  $q$  - расход масла (STB/день),  $\Delta x$  - длина сетки (футы),  $A_x$  - площадь ячейки сетки в направлении  $x$  (кв. фут). Исходя из рассматриваемой проблемы, уравнение (1) упрощается с использованием нижеследующих основных допущений, чтобы получить:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right) \Delta x + q_{sc} = \frac{v_b}{a_c} \left( \frac{\phi}{B} \right) C_t \frac{\partial P}{\partial t}. \quad (2)$$

Обратное конечно-разностное приближение к слегка сжимаемому потоку приводит к явной процедуре расчета для давления нового уровня времени. Следовательно, он используется для поиска решений путем решения уравнения, включающего как текущее состояние системы, так и в более позднее время. Процедура явной конечно-разностной формулировки иллюстрируется следующими шагами; Решение уравнения (2), выражая первый член левой части в неявной форме, дает:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right) \Delta x \approx \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right)_{i+\frac{1}{2}} - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right)_{i-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Расширяя правую часть членов уравнения (3) и выражение их в неявной форме обратной разности дает:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right) \Delta x = \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i+\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial P}{\partial x} \right)_{i+\frac{1}{2}} - \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i-\frac{1}{2}} \left( \frac{\partial P}{\partial x} \right)_{i-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

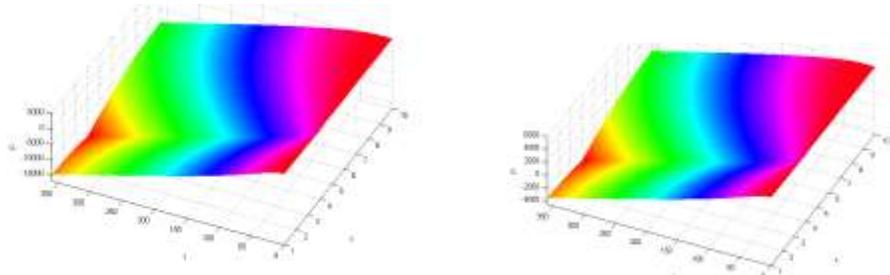
Выражая изменение давления с течением времени в правой части уравнения (2) в явной форме дает:

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{P_{i+1}^{n+1} - P_i^n}{\Delta t} \quad (5)$$

Подставляя уравнения. (4) и (5) в уравнение (2) дает:

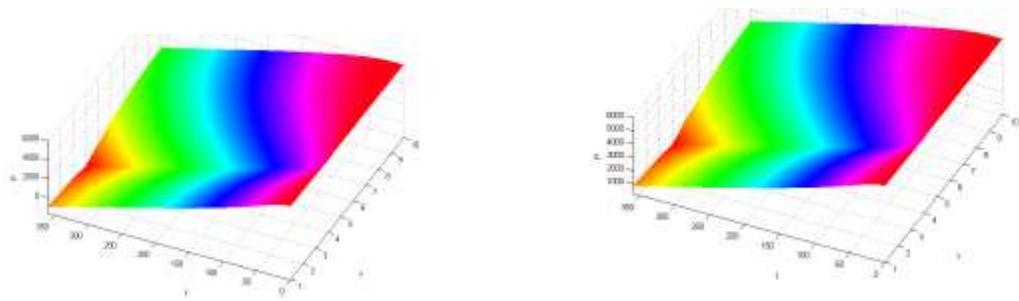
$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \frac{\partial P}{\partial x} \right) \Delta x = \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i+\frac{1}{2}} P_{i+1}^{n+1} - \left[ \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i+\frac{1}{2}} + \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i-\frac{1}{2}} \right] P_i^{n+1} + \left( \frac{\beta_c A_x k_x}{\mu B} \right)_{i-\frac{1}{2}} P_{i-1}^{n+1}$$

## Результаты и обсуждение



**Рис. 1.** Трехмерное изображение распределения давления с течением времени (например за год) с временным шагом 1 день ( $t=25, 55$ )

На рис. 1 показано распределение давления в течение определенного времени с временным шагом  $t=1.0$ . Из рисунка следует, что давление оставалось неизменным с начала моделирования (т.е. день 1) до некоторого времени  $t_1=3$  и начал снижаться постепенно до  $t_2=4$ . Это связано с тем, что в этот период переходное давление от добывающей скважины из-за отбора жидкости, так как она перемещается за каждый шаг времени.



**Рис. 2.** Трехмерное изображение распределения давления с течением времени (например за год) с временным шагом 1 день ( $t=75,100$ )

Был выбран различный временной шаг, и моделирование было повторено, чтобы исследовать поведение распределения давления на этих временных шагах. Результаты моделирования дали довольно удовлетворительный результат, как показано на рис. 1 и 2 соответственно.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Явная схема продемонстрировала нерегулярное поведение (отрицательные значения давлений) для временного шага 1 сутки, но дала довольно удовлетворительные результаты для дальнейшего временного шага, что можно объяснить его условно стабильным характером. Это делает погрешности решения этого метода при одних условиях стремятся к нулю, а при других условиях эти самые погрешности бесконтрольно распространяться во время последующих расчетов временного шага. Однако формулировка считается эффективной, поскольку требует меньше вычислений.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Aphu, ES, Brantson, ET, Addo, BJ, Akunda, D., 2018. Разработка явных и неявных численных методов конечных разностей. симулятор резервуара для моделирования однофазного потока в пористой среде, Науки о Земле , Vol. 7, № 6, стр. 242-259.
2. Азиз, К., Сеттари, А., 1979. Моделирование нефтяного пласта, издательство Applied Science Publishers,
3. Чен З., 2007 г. Моделирование коллектора: математические методы добычи нефти, серия региональных конференций CBMS-NSF в

Прикладная математика, Vol. 77, СИАМ, Филадельфия, Пенсильвания, США.

4. Чен, З., Хуан, Г., Ма, Ю. 2006. Методы расчета многофазных потоков в пористой среде. Вычислительная наука и Инженерная серия, Vol. 2, СИАМ, Филадельфия, Пенсильвания, США.

5. Хогарт, В.Л., Нойе, Б.Дж., Стагнитти, Дж., Парланж, Дж.Й., Болт, Г. 1990. Сравнительное исследование методов конечных разностей для решения одномерное уравнение переноса с разрывом начально-краевого значения. Компьютеры и математика с Приложения , Том. 20, № 11, с. 67 – 82.