

Приложение А

Моделирование призабойной зоны вертикальной скважины (тест ЦКР №14)

А.1 Постановка задачи

Однородный пласт вскрывается системой с шахматным расположением добывающих и нагнетательных скважин (рис. А.1). У добывающих скважин поддерживается фиксированное забойное давление U_p , у нагнетательных — U_i . Скважины полностью вскрывают пласт и проперфорированы по всей длине.

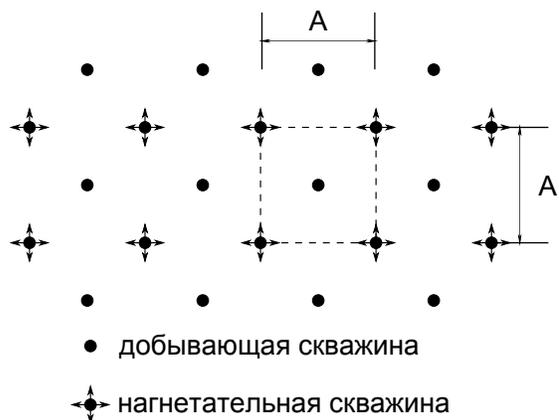


Рис. А.1: Схема размещения скважин

Основные параметры моделируемого пласта приведены в таблице А.1, свойства пластовых флюидов — в таблице А.2, характеристики скважин — в таблице А.3.

Таблица А.1: Свойства пласта

Параметр	Значение
Размер одной стороны элемента размещения скважин (A), м	1000.0
Толщина пласта (H), м	2.0
Пористость	0.2
Проницаемость по оси X, Y, Z ($k_x = k_y = k_z = k$), мкм ²	0.025
Сжимаемость порового объема, 1/ГПа	0

Таблица А.2: Свойства пластовых флюидов

Параметр	Значение
Плотность нефти в стандартных условиях, кг/м ³	1000.0
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м ³	1000.0
Вязкость нефти (μ), мПа · с	0.5
Сжимаемость нефти, 1/ГПа	0
Плотность воды в стандартных условиях, кг/м ³	1000.0
Плотность воды в пластовых условиях, кг/м ³	1000.0
Вязкость воды (μ), мПа · с	0.5
Сжимаемость воды, 1/ГПа	0

Таблица А.3: Характеристики скважин

Параметр	Значение
Радиус ствола скважины (r_w), м	0.1
Давление на забое добывающей скважины (U_p), МПа	15.0
Давление на забое нагнетательной скважины (U_i), МПа	35.0
Доля добывающей скважины, работающей на элемент A	1
Доля нагнетательной скважины, работающей на элемент A	0.25

Относительные фазовые проницаемости воды (k_{rw}) и нефти (k_{ro}) задаются в виде

$$k_{rw} = s, \quad k_{ro} = 1 - s,$$

где s — водонасыщенность. Насыщенности остаточной нефтью и водой равны нулю.

В начальный момент времени пласт, полностью насыщенный нефтью, находится в состоянии равновесия. Капиллярные силы отсутствуют.

А.2 Оценка качества решения

Точное решение задачи представимо в виде специальных функций (или бесконечных рядов элементарных функций), однако известно хорошее аналитическое приближение к нему (формула М. Маскета):

$$Q_{masket} = \frac{86.4\pi kH}{\mu} \frac{U_i - U_p}{\ln \frac{A}{r_w \sqrt{2}}} = 65.84385, \quad [\text{м}^3/\text{сут}] \quad (\text{A.1})$$

Результат численного решения оценивается путём сравнения решения Маскета (А.1) и рассчитанного дебита жидкости одной скважины.