

Моделирование фильтрации двухкомпонентной смеси жидкости и идеального газа

С.Б. Лопес Висенс, В.В. Писарев

Московский физико-технический институт (национальный исследовательский
университет)

29-11-2021

План

Введение

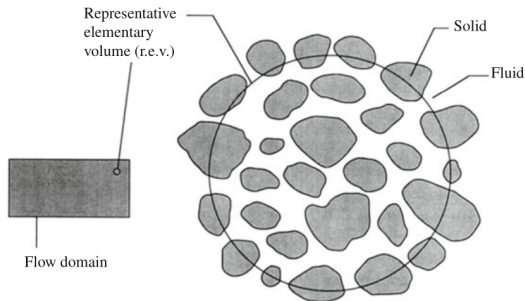
Постановка задачи

Методы, применяемые в работе

Основная часть

Выводы

Течение через пористую среду



Макроскопические уравнения течения получаются усреднением обычных уравнений по объёмам, содержащим много пор.

Скорость фильтрации и уравнения непрерывности

Скорость фильтрации - средняя скорость жидкости в свободном пространстве внутри пор.

$$\vec{v} = \varphi \vec{V}_f$$

где φ - пористость среды, \vec{V}_f - средняя скорость течения через объем, не содержащий поров.

Уравнение непрерывности для каждого компонента

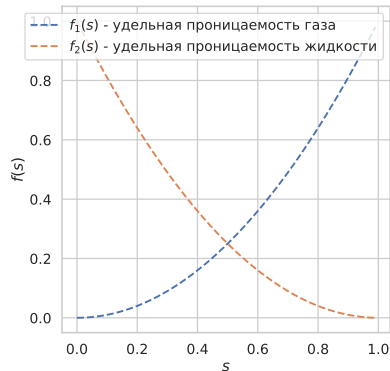
$$\varphi \frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho_i \mathbf{v}_i) = 0 \quad (1)$$

Закон Дарси: проницаемость

Закон Дарси для каждого компонента

$$v_i = -\frac{1}{\mu_i} K \cdot f_i(s) \cdot \nabla P \quad (2)$$

K — коэффициент проницаемости,
 f — относительная фазовая проницаемость,
 μ — динамическая вязкость,
 s — газонасыщенность.



План

Введение

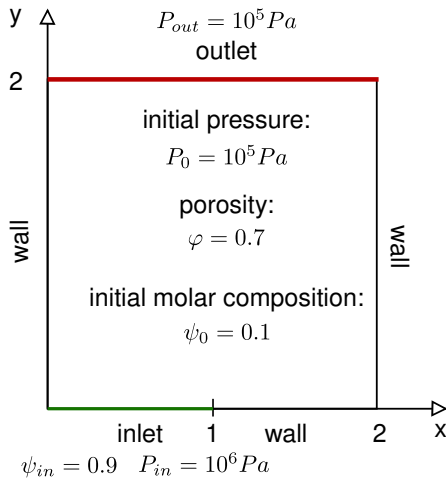
Постановка задачи

Методы, применяемые в работе

Основная часть

Выводы

Постановка задачи



2-мерная задача:
Моделирование
фильтрации
двухкомпонентной смеси
азота и пентана при
предположении, что
компоненты не
смешиваются.
Изотермическая задача.

План

Введение

Постановка задачи

Методы, применяемые в работе

Основная часть

Выводы

Уравнения состояния

[

Уравнение Тейта для жидкости]

$$\frac{\hat{\rho} - \rho_0}{\hat{\rho}} = C \log_{10} \frac{B + P}{B + P_0} \quad (3)$$

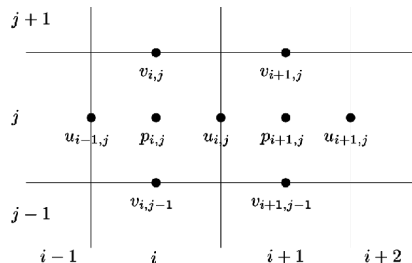
[

Уравнение идеального газа]

$$P = \frac{RT}{M} \hat{\rho} \quad (4)$$

Методы, применяемые в работе

1. Метод конечных разностей второго порядка для дискретизации по пространству с использованием шахматной сеткой.
2. Явный метод предиктор-корректор по схеме Хойна для интегрирования по времени.
3. Метод Ньютона-Рафсона для нахождения давления и газонасыщенности.



План

Введение

Постановка задачи

Методы, применяемые в работе

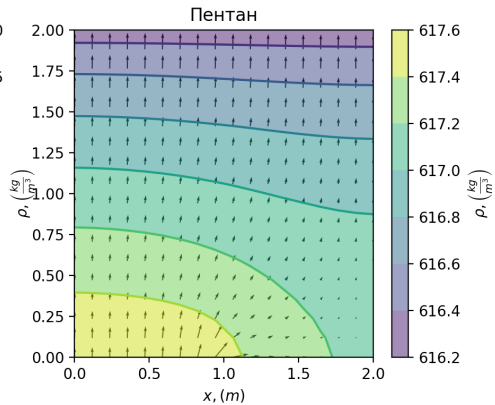
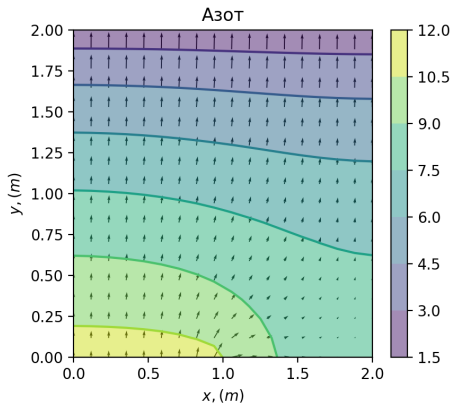
Основная часть

Выводы

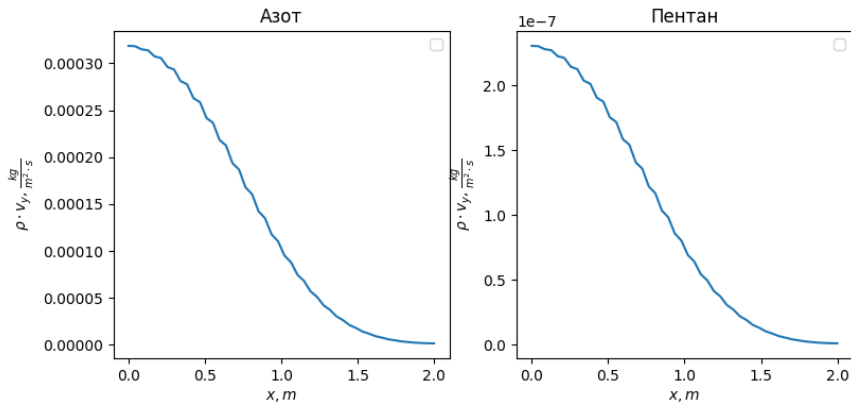
Алгоритм

1. Вычисление плотностей при помощи уравнений состояния.
2. Нахождение давления и газонасыщенности методом Ньютона-Рафсона из условия равенства давления газа и жидкости.
3. Вычисление скоростей законом Дарси.
4. Переход на следующий шаг по времени согласно численной схеме.

Результаты



Результаты



План

Введение

Постановка задачи

Методы, применяемые в работе

Основная часть

Выводы

Для указанных начальных и граничных условий решается задача вытеснения смеси газа и жидкости обогащенной по газу смесью с большой газонасыщенностью.