**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ ИМ. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО

**КАФЕДРА АЭРОГИДРОМЕХАНИКИ**

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**«ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ТРУБКИ ТОКА В НЕФТЯНОМ ПЛАСТЕ»**

**Работу выполнил**

Студент гр. 05-601

Гилязеев А. Р.  
05.05.2019

**Научный руководитель**

доц. каф.аэрогидромеханики

к.ф.-м.н. Поташев К. А.

**Оглавление**

[Введение 3](#_Toc7991305)

[I. Теоретические основы расчёта 4](#_Toc7991306)

[Одномерная задача однофазной стационарной фильтрации 4](#_Toc7991307)

[Переход к безразмерным переменным 4](#_Toc7991308)

[Метод конечных разностей 4](#_Toc7991309)

[Решение СЛАУ методом прогонки 6](#_Toc7991310)

[Нахождение скорости в полуузлах 7](#_Toc7991311)

[Задача двумерной однофазной стационарной фильтрации 7](#_Toc7991312)

[Метод огрубления сетки 10](#_Toc7991313)

[Ход решения задачи 11](#_Toc7991314)

[Применение метода конечных объёмов 12](#_Toc7991315)

[Заключение 13](#_Toc7991316)

[Список литературы 14](#_Toc7991317)

# Введение

Основные источники энергии XX века – нефть и газ добываются из глубоко залегающих подземных пластов. Накопление нефти и газа в этих пористых пластах-коллекторах и основные технологии извлечения (добычи) управляются законами теории фильтрации и служат одним из главных источников ее задач.

Теория фильтрации – раздел гидродинамики, посвященный исследованию движения жидкостей через пористые среды, то есть тела, пронизанные системой сообщающихся между собой пустот (пор). Пористыми являются многие тела: грунты, горные породы, древесина, кожа, кость, бетон и т.д. Пористой является почва, верхний слой грунта, служащий основой земледелия. Уже это простое перечисление показывает ту огромную роль, которую играют пористые среды в жизни людей. Характерная особенность всех этих материалов – способность накапливать в себе жидкость и позволять ей двигаться под действием внешних сил.

Закон Дарси – закон фильтрации жидкостей и газов в пористой среде. Выражает зависимость скорости фильтрации флюида от градиента давления . Где  – скорость фильтрации,  – коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды,  – динамическая вязкость жидкости,  – давление.

Уравнение несжимаемости .

# I. Теоретические основы расчёта

# Одномерная задача однофазной стационарной фильтрации

Закон Дарси для одномерного случая.

Уравнения несжимаемости жидкости.

Конечное уравнение.

# Переход к безразмерным переменным

Перейдём к безразмерным величинам:

.

Распишем требуемые дифференциалы:

Тогда имеющиеся уравнения перепишутся:

# Метод конечных разностей

Область решения покрывается узлами от 0 до N, где 0 левый крайний узел, а Nправый крайний узел.Запишем уравнение в узле:

Значение скорости в полуузлах:

- находится как среднее арифметическое

- находится как среднеегармоническое

В итоге получим уравнение в узле:

Можем сократить на расстояние между узлами и полуузлами, так как они подразумеваются везде одинаковыми

Сделаем замену:

Тогда уравнения перепишутся как:

Получаем СЛАУ с N-1 неизвестными и с N-1 уравнением

Остается решить эту СЛАУ

Матрица Aневырожденная. Поэтому мы всегда имеем решение. При условии, что параметры и положительны.

Для решения СЛАУ реализуем метод прогонки:

# Решение СЛАУ методом прогонки

Для этого вводим рекурсивную связь:

Используя это соотношение, выразим и через и подставим в уравнение:

Найдём через левое граничное условие:

Далее по формуле выше находим остальные коэффициенты aи b.

Потом, подставляя в формулу , находим все значения давлений.

# Нахождение скорости в полуузлах

# Задача двумерной однофазной стационарной фильтрации

Закон Дарси – закон фильтрации жидкостей и газов в пористой среде. Выражает зависимость скорости фильтрации флюида от градиента напора:

Где  – скорость фильтрации,  – коэффициент абсолютной проницаемости пористой среды,  – динамическая вязкость жидкости,  – давление.

Уравнение несжимаемости:

 – площадь поперечного сечения трубки тока.

 – координата длины трубки тока.

 – высота трубки тока.

 – ширина трубки тока.

Считается, что трубка тока уже каким-то образом определена:

Для простоты численной реализации считаем, что:

а)

б) трубка тока симметрична относительно

в) боковые грани трубки тока вертикальны

г) пласт постоянной толщины

Вертикальность объясняется спецификой задачи:  
- характер вскрытия пластов скважиной.  
- ограниченность пласта сверху и снизу непроницаемой кровлей и подошвой.

Слабая зависимость от вертикальности.

Вид сбоку:

# Метод огрубления сетки

Метод решения задачи – сравнение «точного» решения с решением осреднённым. Где «точное» решение, есть решение на детальной трехмерной сетке , а осреднённое решение, есть решение уравнения в двухмерной трубке тока

Фактически апскейлинг сводится к «осреднению» по оси .

Трехмерная граница описывается на регулярной сетке «ступеньками».

Сверху: (о сетке)

0

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

# Ход решения задачи

Решается трехмерная задача на детальной сетке.

Определяетсяобласть – набор целых «клеток» по.

Ставятся граничные условия.

Задаётся .

Собирается система линейных алгебраических уравнений.

Решаетсясичстема линейных алгебраических уравнений, откуда находятся.

Вычисляются скорости на гранях.

Проверяется дебит,, – сумма по всем граням на выходящей границе.

Подсчитываются осреднённые параметры вдоль для задачи в трубке тока: , , .

Подсчитываем проницаемость на гранях, считая, что, : .

Подсчитываем проницаемость в конечных объёмах:  
, .

Вводится тензор проницаемости, такой что:

.

# Применение метода конечных объёмов

На непроницаемых гранях

Попал на грань с граничным условием первого рода:

Сборка матрицы осуществляется в цикле по граням, а не по конечным объемам.

# Заключение

Таким образом, рассмотрены теоретические основы расчётов, которые предполагается выполнить в дальнейшем.

# Список литературы

Основы теории фильтрации: учебное пособие. 2-е изд. / Н. Е. Леонтьев. – Москва: МАКС Пресс, 2017. 88 с.

Басниев К. С., Кочина И. Н., Максимов В. М. Подземная гидромеханика. – М.: Недра, 1993. – 4156 с.