

Модификация Уравнений для Ячейки Хеле-Шоу

Научный руководитель – Скрылева Евгения Игоревна

Галиуллина Аделя Рустамовна

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Механико-математический факультет, Кафедра газовой и волновой динамики, Москва,
Россия

E-mail: adelia.gali@gmail.com

Ячейка Хеле-Шоу изначально была разработана для изучения обтекания цилиндрических тел с различными формами поперечного сечения. Кроме того, эта экспериментальная установка широко используется для аналогового моделирования вытеснения жидкостей из пористой среды. Благодаря своей простоте и способности обеспечивать наглядную визуализацию течений, ячейка Хеле-Шоу является идеальной двумерной моделью пористой среды с однородной проницаемостью. Основные уравнения, описывающие течение жидкости в ячейке Хеле-Шоу, аналогичны уравнениям течения в пористой среде, что делает её важным инструментом для изучения динамики многофазных потоков. Кроме того, эта система позволяет контролировать экспериментальные условия, что способствует исследованию межфазных неустойчивостей, явления вязких пальцев и эффективности вытеснения при различных свойствах жидкостей.

Одним из наиболее значимых приложений течения жидкостей в пористой среде является движение нефти вблизи нагнетательной скважины. Этот процесс можно эффективно описать с помощью ячейки Хеле-Шоу с радиальной геометрией и источником в центре (Рис. 1). Радиальная конфигурация течения воспроизводит процесс вытеснения несмачивающей жидкости, что позволяет подробно изучать соотношение подвижностей и устойчивость фронта. Возможность контролировать отношение вязкости, капиллярные эффекты и скорость нагнетания в ячейке Хеле-Шоу дает ценные сведения о методах увеличения нефтеотдачи и эффективности вторичной добычи.

В данной работе рассматривается радиальное течение несмешивающихся жидкостей. Жидкость нагнетается в источник при постоянном давлении, вытесняя воздух из ячейки. Эти флюиды не смешиваются, что позволяет наблюдать четкую межфазную границу и позволяет упростить уравнения. Будет проведена серия натурных экспериментов для оценки точности теоретических предсказаний в сравнении с экспериментальными результатами. Предварительные наблюдения показывают, что теоретические расчеты не всегда точно приближают эмпирические данные. На основе полученных результатов будет введен коэффициент коррекции для уточнения теоретической модели. Влияние этих коэффициентов на теоретические предсказания будет исследовано при различных условиях давления и значениях вязкости вытесняющей жидкости.

Модифицируя уравнения, описывающие течение в ячейке Хеле-Шоу, с учетом экспериментально полученных коэффициентов коррекции, данное исследование направлено на повышение предсказательной способности теоретических моделей. Полученные результаты могут иметь широкое применение для оптимизации промышленных процессов, таких как добыча нефти, очистка грунтовых вод и микрофлюидические технологии, где важно контролируемое вытеснение жидкостей в ограниченных геометриях.

Источники и литература

- 1) Зубков А. Ф., Логвинов О. А. – Вытеснение вязкой жидкости из ячейки Хеле-Шоу. // Москва: Издательство Московского Университета, 2019. – 20 с;
- 2) Скрылёва Е. И., Никитин В. Ф., Логвинов О. А., Смирнов Н. Н. – Фильтрационные течения в пористых средах. Монография. // Москва: Изд-во ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, 2020. – 73 с;
- 3) Басниев К. С., Власов А. М., Кочина И. Н., Максимов В. М. – Подземная гидравлика: Учебник для вузов. // Москва: Недра, 1986. – 303 с;

Иллюстрации

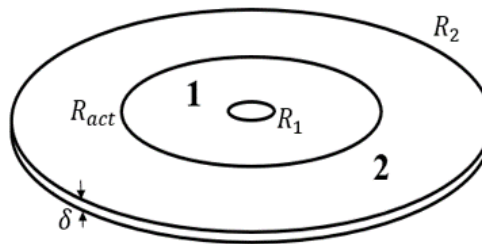


Рис. : Рисунок 1. Схема радиальной ячейки Хеле-Шоу при устойчивом вытеснении двух жидкостей.