Моделирование задач двухфазной фильтрации.

Модифицированное уравнение непрерывности (с учетом минимальных размеров)



Закон Дарси для каждой фазы в общей постановке



Знак минус стоит перед из-за того, что направление оси совпадает с направлением **g.**

Учет слабой сжимаемости для каждой фазы



Насыщенности



Обозначения фаз



Капиллярное давление



Эффективная насыщенность

, где  - остаточная насыщенность

Относительные проницаемости



Если умножить на , получается система уравнений для определения значений на следующем шаге по времени.



Из уравнения получается формула для расчета  на следующем шаге по времени:



В программе используется формула

,

где 





Подставляя значения из или в , получаем систему, которая решается методом Ньютона.

Метод Ньютона.



где .

Начальные условия:



Граничные условия:

*1) на боковых поверхностях:*



*2) на нижней поверхности:*



*3) на верхней поверхности:*



Используемые значения параметров

Ускорение свободного падения

g=9.807 м/с²

Характеристический размер зерен породы

м

Временной характеристический размер



Учитывается, что .

Параметры фазовых жидкостей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Вода | Нефть |
| Скорость звука | 1000 | 1500 |
| Коэффициент сжатия | 10-6 |  |
| Вязкость , кг/(мс) | 0.001 | 0.0009 |
| Начальная плотность , кг/м3 | 1000 | 1460 |

Параметры пористых сред:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Первая среда | Вторая среда |
| Абсолютная проницаемость , м2 | 6.64e-11 | 7.15e-12 |
| Остаточная насыщенность | 0.09 | 0.12 |
| Пороговое давление воды | 755 | 2060 |
| Коэффициент пористости | 0.4 | 0.39 |
| Показатель распределения размеров пористой среды | 2.7 | 2.0 |
|  |  |  |



Полученные ускорения:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 2503 | 2500x2502 | 25000x2502 | 25000x2502 |  |  |  |
|  | 5 шагов | 5 шагов | 5 шагов | 100 шагов |  |  |  |
| CPU1 | 188.78 |  |  |  |  |  |  |
| CPU6 | 35.54 |  |  |  |  |  |  |
| GPU1 | 1.74 |  |  |  |  |  |  |
| GPU3 | 1.27 |  |  |  |  |  |  |
| CPU12 | 17.81 |  |  |  |  |  |  |
| GPU12 |  | 4.32 |  |  |  |  |  |
| GPU36 |  | 2.35 |  |  |  |  |  |
| GPU80 |  |  | 4.00 |  |  |  |  |
| CPU80 |  |  | 290.90 |  |  |  |  |
| GPU100 |  |  |  | 40.80 |  |  |  |
| CPU100 |  |  |  | 4378.50 |  |  |  |