

ОБЗОР АЛГОРИТМА ГРАФИЧЕСКОГО ПОСТРОЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ВОРОНОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРУПП СКВАЖИН ПО ПРИНЦИПУ «НАГНЕТАТЕЛЬНАЯ – РЕАГИРУЮЩИЕ ДОБЫВАЮЩИЕ»

Якимов Е. П.

Кафедра вычислительной техники и инженерной кибернетики, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Уфа, Российская Федерация
E-mail: ryanreymorris@gmail.com

При разработке и эксплуатации нефтяных месторождений важную роль играет структура взаимодействия между скважинами. От качественного определения взаимодействующих нагнетательных и добывающих скважин в значительной мере зависит решение следующих вопросов рациональной разработки месторождений: создание наиболее выгодной сетки размещения скважин, регулирование продвижения контура краевых вод, определение положения остаточных запасов углеводородов и грамотная оптимизация системы заводнения. В работе рассмотрен алгоритм определения групп взаимодействующих между собой скважин путем построения карт областей Вороного.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день в нефтедобывающей отрасли с целью оптимизации анализа взаимодействия скважин проводится разделение всей площади залежи на блоки. Формирование блоков предполагает распределение всего фонда скважин на группы, по принципу «нагнетательная – реагирующие добывающие», на данном этапе определение реагирующих добывающих скважин производится геометрическим путем.

В работе [1] автор предлагает формировать группы на основании областей Вороного, где в качестве точек используется весь фонд скважин.

Недостаток данного метода проявляется при нерегулярной сетке эксплуатационных скважин. При высокой плотности сетки некое количество скважин может не попасть в группу к нагнетательной, даже при условии близкого расположения, и, наоборот, могут быть отнесены добывающие, на большом удалении.

А.А. Анкудиновым [2] был разработан метод группировки, позволяющий минимизировать риски получения нелогичных связей. Принцип формирования групп основан на построении двух карт областей Вороного.

I. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ОБЛАСТЕЙ ВОРОНОГО

Построение областей Вороного предполагается производить следующим образом.

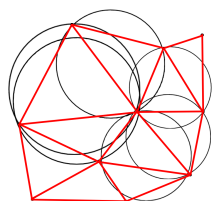


Рис. 1 – Триангуляции Делоне

Производится построение треугольников Делоне (см. рис. 1).

Вокруг треугольника, вершинами которого являются скважины, описывается окружность с условием что внутри неё не содержится прочих скважин.

В результате построения получим треугольники, внутри которых вписаны окружности, не содержащие точек. Триангуляция Делоне позволяет строить области Вороного избегая так называемых «тонких» треугольников.

Следующий шаг – построение областей Вороного. Алгоритм построения областей Вороного следующий.

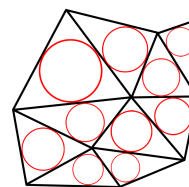


Рис. 2 – Определение вписанных окружностей

Вначале внутрь каждого из треугольников Делоне вписывается окружность (см. рис. 2).

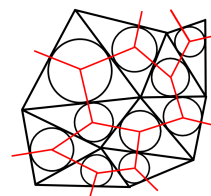


Рис. 3 – Соединение центров окружностей

Далее, центры вписанных окружностей соседних треугольников Делоне соединяются отрезками (см. рис. 3).

Полученные многоугольники, сосредоточенные вокруг конкретных скважин, и представляют собой области Вороного (см. рис. 4).

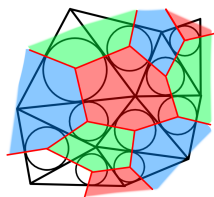


Рис. 4 – Области Вороного

II. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУПП ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ СКВАЖИН

С целью определения групп взаимодействующих скважин А.А. Анкудиновым был разработан метод, позволяющий минимизировать риски получения не логичных связей [2].

Принцип формирования групп основан на построении двух карт областей Вороного [3, 4]. Скважины объединяются в группы, если при совмещении данных карт условные области дренирования добывающих скважин пересекаются с условными областями закачки нагнетательных.

Первым этапом является построение областей Вороного по скважинам, имеющим накопленную закачку (нагнетательные скважины). Вторым этапом является построение областей Вороного по всему фонду объекта или залежи. Далее построенные области накладываются друг на друга, что и является формированием групп (см. рис. 5).

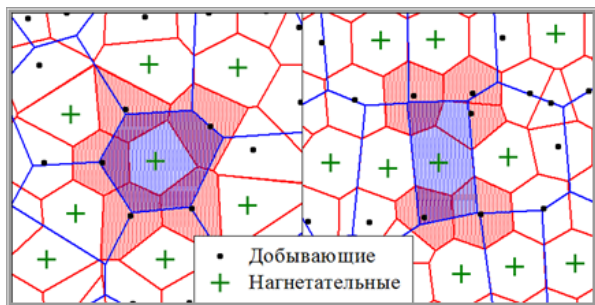


Рис. 5 – Формирование групп нагнетательных и добывающих скважин для площадной системы (слева) и для рядной (справа)

Данный метод является геометрическим способом определения зависимых добывающих скважин от закачки каждой нагнетательной скважины.

Рассматриваемый метод также имеет свои недостатки. Процесс построения областей Вороного, их наложения и последующего анализа достаточно затратен по времени. И без того сложные геометрические построения усугубляются спецификой нефтегазовой области, а именно большим объемом информации на входе. Бо-

лее того, при ручном выполнении построения областей имеется вероятность графических неточностей, которые в результате могут привести к большому вычислительному погрешностям

Определение групп реагирующих скважин необходимо производить отдельно для каждого пласта, количество которых может составлять более 10 для одной залежи. Также, количество скважин варьируется в широком диапазоне значений и в среднем составляет не менее 100-150 единиц добывающего и нагнетательного фондов. Так, например, фонд Самотлорского месторождения составляет 13904 скважины. Очевидно, что производить построение областей Вороного вручную крайне трудозатратно (см. рис. 6).

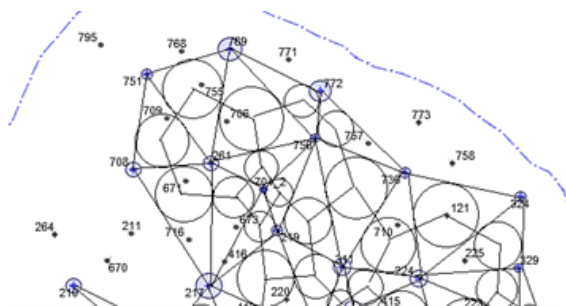


Рис. 6 – Ручное построение областей Вороного

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе был рассмотрен алгоритм построения карт областей Вороного для определения групп взаимодействующих скважин. Применяемый метод позволяет обеспечить высокую представительность полученных данных о структуре взаимодействия между скважинами. Однако метод имеет свои недостатки, такие как сложность геометрических построений при большом количестве исходных данных, затратность по времени. С целью решения данной проблемы предлагается создание программного обеспечения, которое будет осуществлять не только построение двух видов карт, а также их последующее наложение и определение групп взаимодействующих скважин.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонов, М. С. Компенсационное регулирование заводнения с целью повышения эффективности энергетического поля нефтяного пласта: дис. канд. техн. наук: 25.00.17. – Уфа, 2011. – 107 с.
2. Анкудинов, А. А. Совершенствование методов анализа системы заводнения и повышения эффективности закачки воды в нефтяной пласт: дис. канд. техн. наук: 25.00.17. – Тюмень, 2017. – 114 с.
3. Скворцов, А. В. Триангуляция Делоне и ее применение. Томск: Томский университет, 2002. – 128 с.
4. Реализация эффективного алгоритма построения диаграмм Вороного на плоскости / Карабцев С. Н., Рейн Т. С., Стуколов С. В. // Труды V Всероссийской научно-практической конференции «Недра Кузбасса. Инновации». Кемерово: ИНТ, 2006. – С. 114–120.