

Задача о кустовании

Задача представлена Инжиниринговым центром МФТИ по полезным ископаемым.

Чат задачи: https://t.me/cet_well_pad

Ссылка на актуальное описание и данные:

https://drive.google.com/drive/folders/1RLY8rjsNrQUEA0NoGY_Pe-l50cqUwL75?usp=sharing

Добыча нефти – сложный технологический процесс. А подготовка к добыче еще сложнее. Трехфазная смесь нефти, газа и воды (флюид) находится в порах проводящих пород (для лучшего понимания можно представить каменную губку) под большим давлением. Если пробурить скважину к области залегания флюида, то под действием энергии пласта (давления) флюид начнет поступать в забой скважины, а по скважине – к устью на поверхность. Со временем давление в пласте снижается, поэтому используют насосы (газлифты) и производят геолого-технологические мероприятия для поддержания уровня добычи.

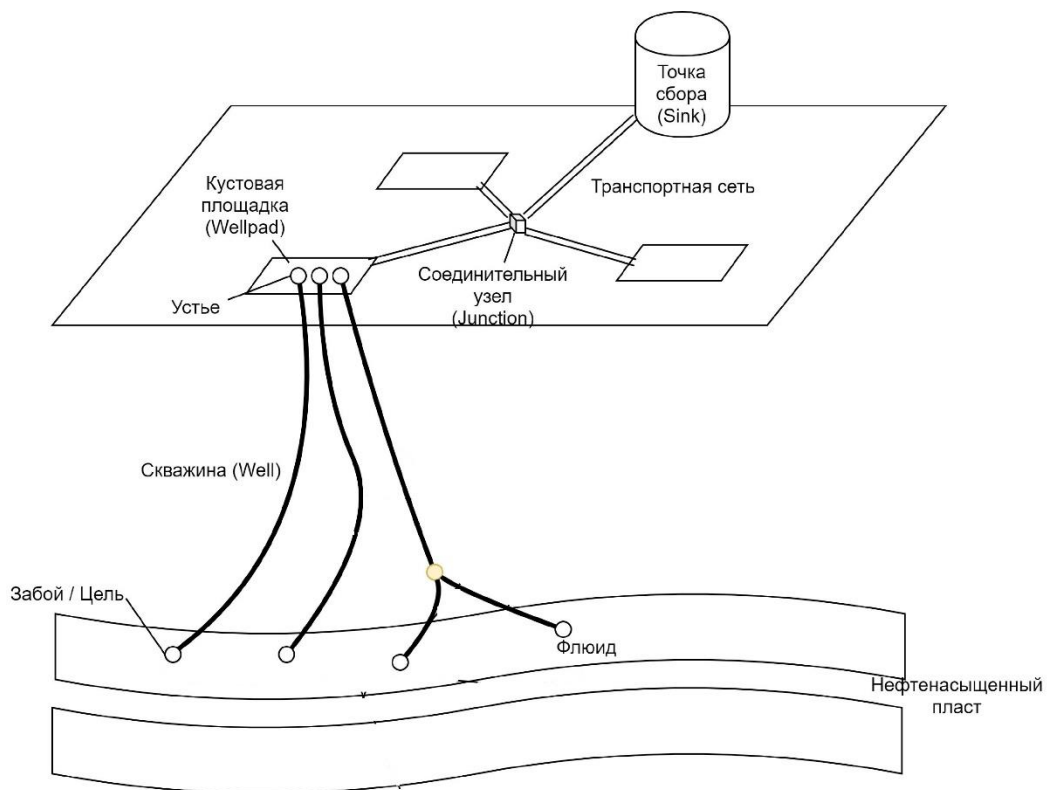


Рисунок 1. Схема расположения кустовой площадки, устьев скважин, геологических целей.

Скважины бывают как вертикальные (наклонно-направленные), так и горизонтальные, а в последнее время активно используются многозабойные скважины. Длина скважины может достигать нескольких километров. Бурение скважины – дорогой процесс, поэтому добывающие компании стремятся пробурить скважины меньшей длины в рамках технологических ограничений, но достаточной для того, чтобы достичь точки залегания флюида (геологической цели).

Необходимо собирать и транспортировать флюид, поступающий из устья скважины. Для этого строят наземную сеть трубопроводов, по которым углеводороды из

с устья каждой скважины собираются в магистральный трубопровод и транспортируются к местам переработки (Рисунок 1). Чтобы сэкономить на наземном обустройстве месторождения, устья скважин объединяют в группы (кустовые площадки). В каждой кустовой площадке скважины располагаются на расстоянии нескольких метров друг от друга. Выбор места кустовой площадки – ответственный процесс, поскольку требует учета наличие природных объектов (лесов, болот, рек, озер и др.), которые не позволяют расположить кустовую площадку вблизи них или влияют на стоимость размещения площадки.

Необходимо провести кустование с учетом карты стоимостей: распределить геологические цели по кустовым площадкам оптимальным по стоимости образом. Соединение кустовых площадок наземной транспортной сетью сбора углеводородов не учитывать. Кустовая площадка имеет квадратную форму. Узлы запретной зоны не должны попадать в границы кустовой площадки. Длина ребра a кустовой площадки пропорциональна количеству скважин N_m на данной площадке $a = aN_m$. Координатами кустовой площадки является координаты ее геометрического центра. Стоимость размещения кустовой площадки в разных зонах – различная. Коэффициент стоимости рассчитывается как среднее арифметическое коэффициентов всех узлов карты стоимостей, попадающих в границы кустовой площадки (Рисунок 2):

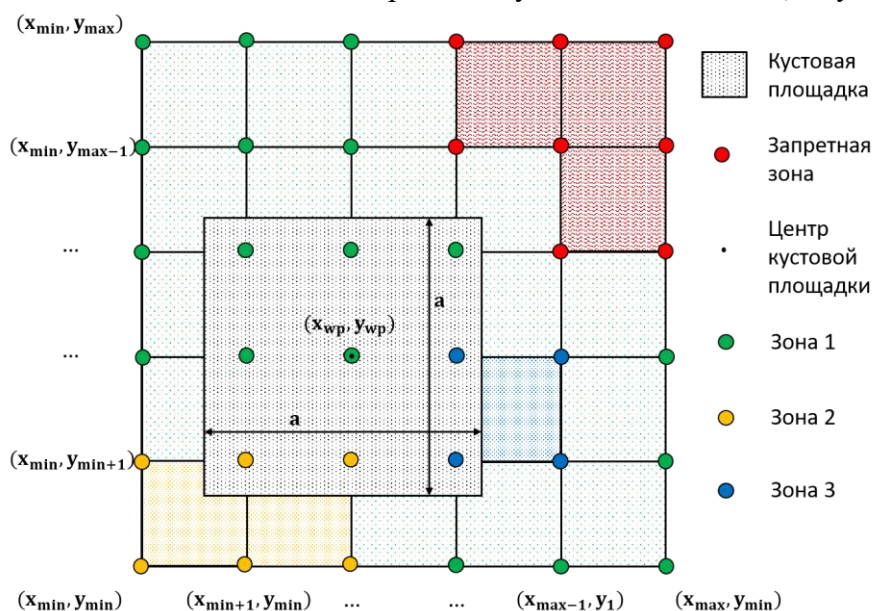


Рисунок 2. Сетка координат на карте допустимых областей с кустовой площадкой и запретными зонами. К примеру, для кустовой площадки и зон с коэффициентами k_1 (зеленая), k_2 (желтая), k_3 (синяя), изображенных на рисунке, коэффициент стоимости рассчитывается следующим образом $k = 1/9 (5k_1 + 2k_2 + 2k_3)$.

Скважиной считать два отрезка: первый отрезок соединяет устье скважины $(x_{wp}, y_{wp}, 0)$ с точкой входа в пласт Т1, вершины второго отрезка – точка входа в нефтеносный пласт Т1 и точка выхода из пласта нефтеносного пласта Т3 (Рисунок 3).

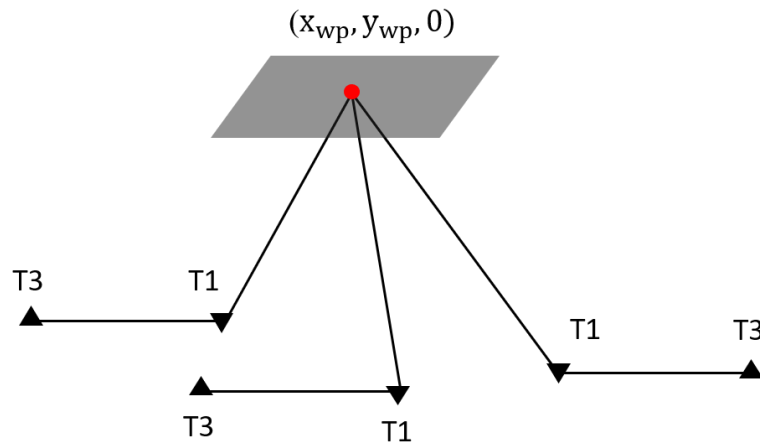


Рисунок 3. Кустовая площадка с тремя скважинами. $(x_{wp}, y_{wp}, 0)$ – координаты центра кустовой площадки. Геологическая цель имеет две координаты – T1 и T3. T1 – точка входа скважины в нефтеносный пласт. T3 – точка выхода скважины из нефтеносного пласта.

Длина скважины должна быть меньше предельной допустимой длины скважины l_{max} . Расстояние между двумя скважинами должно превышать d_{min} . Необходимо учитывать, что скважина должна быть введена в эксплуатацию (пробурена) в момент времени t . Возможно использование только одной буровой установки для бурения всех скважин. Монтаж буровой установки на кустовой площадке стоит C_0 . Стоимость передвижения буровой установки в пределах кустовой площадки для бурения скважины – C_2 . Демонтаж буровой установки с кустовой площадки после окончания бурения – C_1 . К примеру, если необходимо пробурить три скважины (устья первой и третьей принадлежат первой кустовой площадке, а устье второй скважины принадлежит второй кустовой площадке, причем время ввода в эксплуатацию второй скважины между временем ввода в эксплуатацию первой и третьей скважины), то сначала необходимо пробурить первую скважину, демонтировать буровую установку с первой кустовой площадки, смонтировать буровую установку на второй кустовой площадке, пробурить вторую скважину, демонтировать буровую установку, смонтировать ее на первой кустовой площадке и пробурить третью скважину. Стоимость бурения скважины рассчитывается по формуле $C_{wi} = C_3 l_{wi}$, где l_{wi} – длина i -той скважины. Общая стоимость всех скважин рассчитывается по формуле:

$$C_w = \sum_{i=1}^{N_w} C_{wi}.$$

Стоимость обустройства кустовой площадки рассчитывается по формуле:

$$C_{wpm} = C_0 + C_1 + C_2(N_m - 1).$$

Стоимость обустройства всех кустовых площадок рассчитывается по формуле:

$$C_{wp} = \sum_{m=1}^{N_{wp}} k_m C_{wpm}.$$

Необходимо минимизировать общую стоимость разработки и обустройства:

$$C = C_{wp} + C_w.$$

Следует учитывать, что в случае превышения предельной длины скважины l_{\max} или расположения скважин на расстоянии меньшем d_{\min} к друг другу, решение не будет засчитано.

1.1. Формат ввода

Вам предоставляются следующие файлы:

`wells#.csv` – координаты геологических целей в пласте

Столбец	Описание столбца
Name	уникальный идентификатор геологической цели
East T1	пространственная координата x геологической цели T1
North T1	пространственная координата y геологической цели T1
TVD T1	пространственная координата z геологической цели T1
East T3	пространственная координата x геологической цели T3
North T3	пространственная координата y геологической цели T3
TVD T3	пространственная координата z геологической цели T3
Date	время ввода скважины к данной цели в эксплуатацию

`map#.csv` – карта стоимостей

Столбец	Описание столбца
X	координата x на плоскости (поверхности)
Y	координата y на плоскости (поверхности)
Koeff	коэффициент стоимости работ в узле карты

Дополнительные данные:

`answer.json` – пример файла для отправки в систему.

`wrapper.py` – скрипт, который можно использовать для оценки стоимости своего решения.

`well_pad_baseline.ipynb` – базовое решение задачи с демонстрацией использования скрипта `wrapper.py`.

1.2. Формат вывода

Ответ принимается в формате `.json`. Смотри файл `answer.json`. Файл должен состоять из двух объектов. Пример генерации файла с ответом в базовом решении.

Объект	Описание объекта
<code>well_pad_#</code>	идентификатор кустовой площадки
<code>well_pad_x</code>	координата X центра кустовой площадки
<code>well_pad_y</code>	координата Y центра кустовой площадки
<code>wells</code>	массив уникальных идентификаторов геологических целей, к которым пробурены скважины этого куста

1.3. Описание обозначений

Обозначение	Характерное значение	Описание
-------------	----------------------	----------

C_{wp_m}	-	Стоимость обустройства m-ой кустовой площадки
C_0	4000	Стоимость монтажа буровой установки
C_1	2000	Стоимость демонтажа буровой установки
C_2	200	Стоимость передвижения буровой установки на кусте для бурения скважины
C_3	10	
k_m	-	Коэффициент стоимости m-ой кустовой площадки
$k(x_i, y_i)$	-	Коэффициент стоимости в узле (x_i, y_i) карты стоимостей
C_{w_i}	-	Стоимость бурения i-ой скважины
N_w	-	Число скважин
N_{wp}	-	Число кустов
α	50	Коэффициент ребра кустовой площадки
N_m	-	Число скважин в кусте
l_{max}	5000	Предельная допустимая длина скважины
d_{min}	10	

1.4. Комментарии

Результаты будут оцениваться с использованием скрипта, представленного в файле *wrapper.py*. Во время презентации задач и общения с экспертами будет уделено внимание скорости работы алгоритма, масштабируемости решения, числу вызовов расчета стоимости решения.

1.5. Идея решения

Базовое решение представлено в файле *well_pad_baseline.ipynb*. Для решения задачи возможно использование различных оптимизационных алгоритмов. Авторы задачи приветствуют любые другие подходы к решению данной задачи.