

Краевая научно-практическая конференция
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Математическое моделирование

**Математическая модель добычи энергетических ресурсов с помощью
скважин и оценивание эффективности их методов**

Гневашев Алексей Дмитриевич,
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,
Анфёров Сергей Дмитриевич,
учитель физики и информатики.

Пермь. 2015

Введение

Это исследование посвящено проблеме связанной с добычей ресурса, в данной работе изучается добыча нефти.

Основным предметом исследования является гидродинамика и разработка нефтяных месторождений

Цели

Построить математическую модель:

- выявляющую свойства метода добычи нефти
- параметры задачи, в которой приближены к реальным условиям добычи нефти

Построить математическую модель в среде разработки MATLAB.

Актуальность

- добыча энергетических ресурсов играет огромную роль в мировой экономике.
- часто встречается проблема оценки эффективности метода добычи ресурса в новом месторождении.
- существует вероятность того что добыча ресурса может обойтись дороже чем сам добытый ресурс.

Содержательная постановка

- Мы рассмотрим добычу нефти с помощью скважин
- Построим стандартную ситуацию- к месторождению пробурена скважина из которой фонтанирует нефть и после того как нефть перестанет фонтанировать будет пробурена нагнетательная скважина для поддержания давления в пласте
- Оценим эффективность рассматриваемых методов добычи

Математическая постановка:

- $P(t) = p_2 - (a * t)$ -линейный закон изменения давления в нижнем конце скважины в течении времени
- $Q = \frac{\pi a^4}{8\mu} \frac{p_1 - p_2}{L}$ – закон Пуазейля
- $Re = \frac{\rho u L}{\mu}$ – число Рейнольдса

Концептуальная постановка

Гипотезы:

- Давление в нагнетательной скважине постоянно
- начальная скорость движение вещества по скважине не учитывается
- месторождение на 100% заполнено вязкой жидкостью
- скважина непроницаемая, круглая трубка
- Температура не учитывается
- нефть рассматривается как вязкая жидкость
- В добывающей и нагнетательной скважинах проходит ламинарное движение вязкой жидкости
- Силы тяжести не учитываются

Фонтанирующий метод добычи нефти

- В процессе освоения скважины в нее опускается колонна насосно-компрессорных труб (НКТ).
- На поверхности устанавливают специальное оборудование – фонтанную арматуру.
- После того, когда давление в скважине уменьшится, и скважина начнет давать совсем мало нефти, как посчитают специалисты, ее переведут на другой способ эксплуатации.

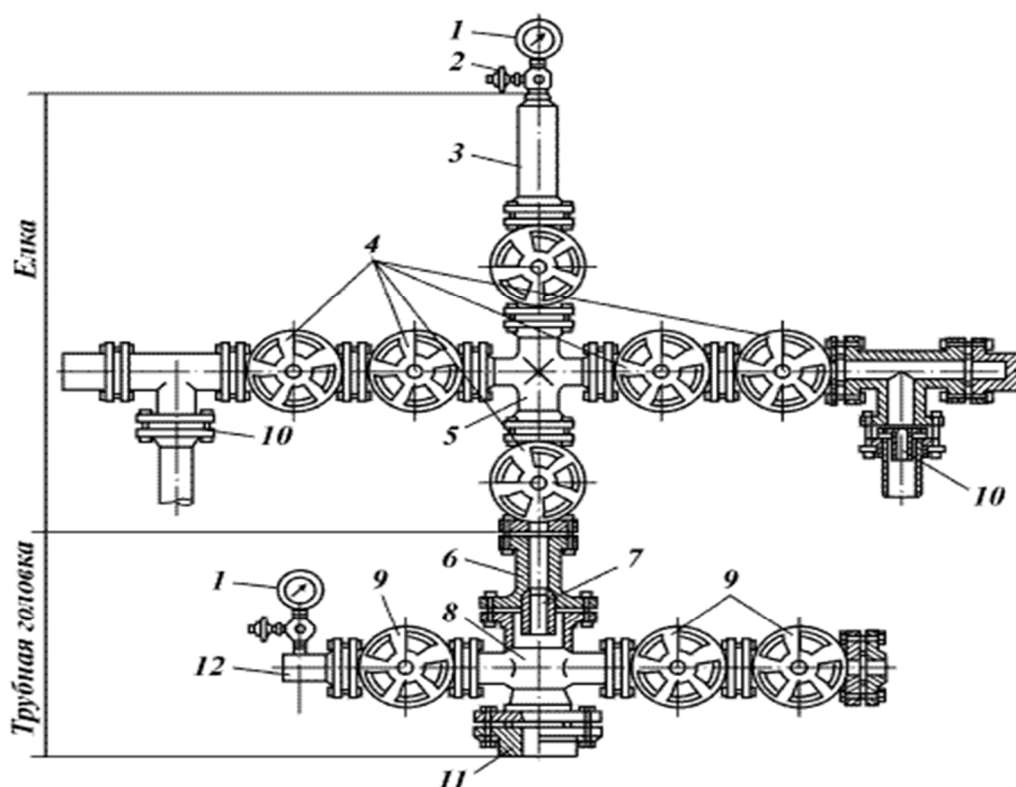


Рис. 3.2. Арматура фонтанная крестовая для однорядного подъемника:
1 – манометры; 2 – трехходовой кран; 3 – буфер; 4, 9 – задвижки; 5 – крестовик елки; 6 – переводная катушка; 7 – переводная втулка; 8 – крестовик трубной головки; 10 – штуцеры; 11 – фланец колонны; 12 – буфер

Параметры задачи

По данным Г.Ф. Требина вязкость нефти в пластовых условиях различных месторождений изменяется от сотен мПа×с до десятых долей мПа×с (около 25 % залежей), от 1 до 7 мПа×с (около 50 % залежей) и от 5 до 30 мПа×с (около 25 %).

$$\mu = 1 \text{ мПа} \times \text{с};$$

$$p_1 = 10^6 \text{ Па};$$

$$p_2 = 10^5 \text{ Па (атмосферное давление);}$$

$$r = 0,12 \text{ м};$$

$$L = 1000 \text{ м};$$

$$t = 3000 \text{ сек. (50 мин);}$$

Аналитическое решение модели.

- Так как нефть будет фонтанировать: то давление на нижнем конце скважине будет стремиться к давлению в верхнем конце (атмосферное давление)
- Исходя из заданных параметров задачи:
 1. вычислим зависимость давления от времени
 2. вычислим зависимость дебита от времени

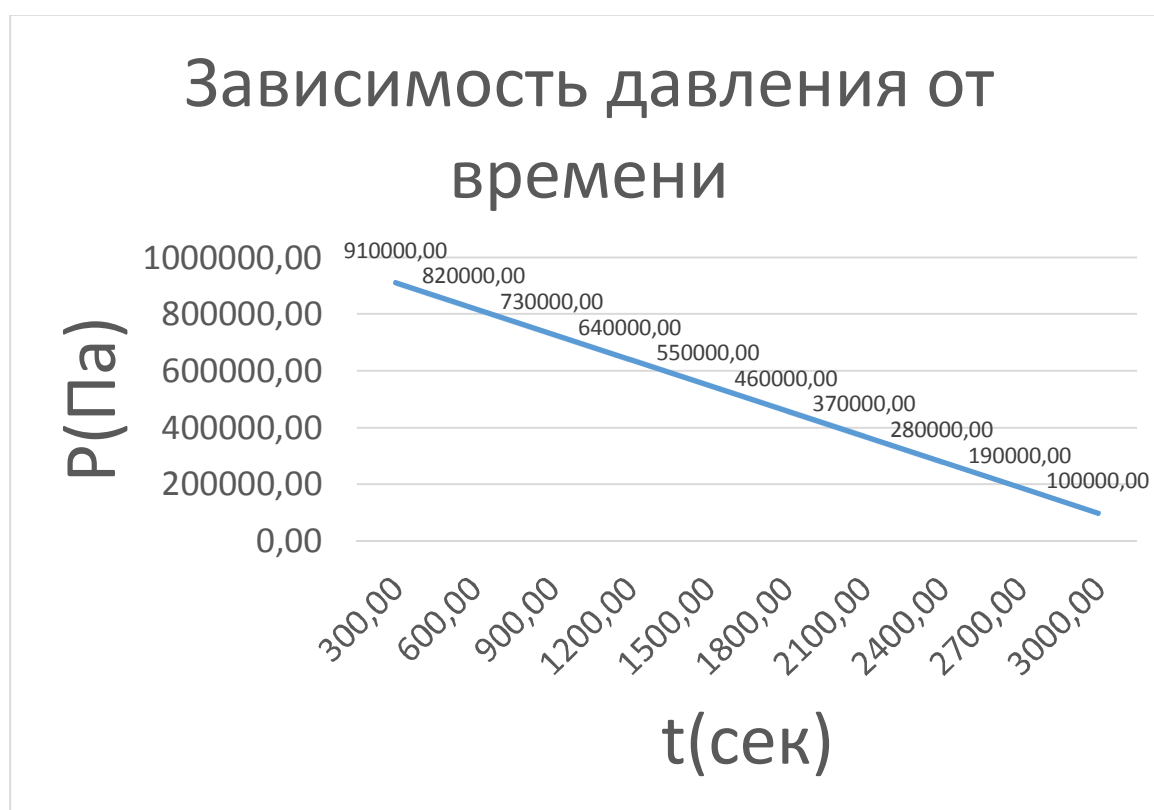
Зависимость давления от времени

Предположим, что давление в нижнем конце скважины изменяется линейно по закону:

$$P(t) = p_2 - (a * t) \text{ где, } P_0\text{-начальное давление; } a\text{-константа;}$$

t - время;

$$a = 300 \text{ Па;}$$



Закон движения вязкой жидкости

$$\text{уравнение Пуазейля (расчет дебита)} = Q = \frac{\pi a^4 p_1 - p_2}{8\mu L}$$

μ – коэффициент вязкости жидкости;

p_{12} -давление на концах скважины;

$$Q_0 = 6,592493$$

a – диаметр скважины

L -глубина скважины;

начальный дебит =

закон зависимости дебита от времени =
$$Q = \frac{\pi a^4 p_1 - P(t)}{8\mu L}$$



Проверка адекватности модели

- При проведении гидравлических расчётов цилиндрических труб обычно принимают $Re = 250 \dots 500$, $Re_{кр} = 575$
- При $Re < Re_{кр}$ наблюдается устойчивый ламинарный режим течения жидкости, при $Re > Re_{кр}$ - устойчивый турбулентный режим.

Чтобы удостовериться в адекватности модели воспользуемся числом Рейнольдса, для этого предположим, что давление в нижнем конце скважины не изменяется:

$Re = \frac{\rho u L}{\mu}$ где ρ - это плотность нефти; u – характерная скорость нефти по скважине.

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$u = \frac{Q_0}{S} = 0,17 \text{ м/с}$$

вывод: $Re = 362,80 \Rightarrow$ модель адекватна.

Таблицы расчётов аналитического решения и вычисления адекватности модели

t(мин)	Q(л*с)	dP(Па)	t(с)
5 мин	6,592493	910000	300
10 мин	5,859994	820000	600
15 мин	5,127494	730000	900

20 мин	4,394995	640000	1200
25 мин	3,662496	550000	1500
30 мин	2,929997	460000	1800
35 мин	2,197498	370000	2100
40 мин	1,464998	280000	2400
45 мин	0,732499	190000	2700
50 мин	0	100000	3000

$p_1(\text{Па})$ 100000,00

$p_2(\text{Па})$ 1000000,00

$L(\text{м})$ 1000,00

$q(\text{кг}/(\text{м}^3\cdot\text{с}))$ 0,01

$r(\text{м})$ 0,12

P_i 3,14

$a(\text{Па})$ 300,00

Re 362,80

$p_l(\text{Н}\cdot\text{м})$ 1000,00

$V(\text{м}^3\cdot\text{с})$ 0,03

Метод законтурного заводнения

- После того как давление в пласте приравняется к атмосферному нефть перестанет фонтанировать.

- Для того чтобы нефть продолжала фонтанировать пользуются методом законтурного заводнения. Этот метод заключается в закачке воды в пласт через нагнетательную скважину.

Аналитическое решение метода

- Вычислим коэффициент проницаемости среды из закона Дарси для того чтобы описать метод в среде разработки MATLAB.
- Так как давление в пласте будет поддерживаться нагнетательной скважиной, нам нужно, чтобы в пласт поступало количество водяного дебита равное нефтяному дебиту в начале фонтанирования нефти.
- Предположим, что фонтанирующим методом было добыто 20% нефти из пласта, вычислим объём месторождения, и время, за которое был добыт оставшийся объём.

Закон движения

$V_{\phi} = \frac{k_{\text{пр}}}{\mu} \frac{p_1 - p_2}{L}$ -закон Дарси где:

- V_{ϕ} -скорость фильтрации;
- $k_{\text{пр}}$ - коэффициент проницаемости среды

- μ – коэффициент вязкости жидкости
- p_{12} -давление на концах скважины
- a – диаметр скважины
- L -глубина скважины

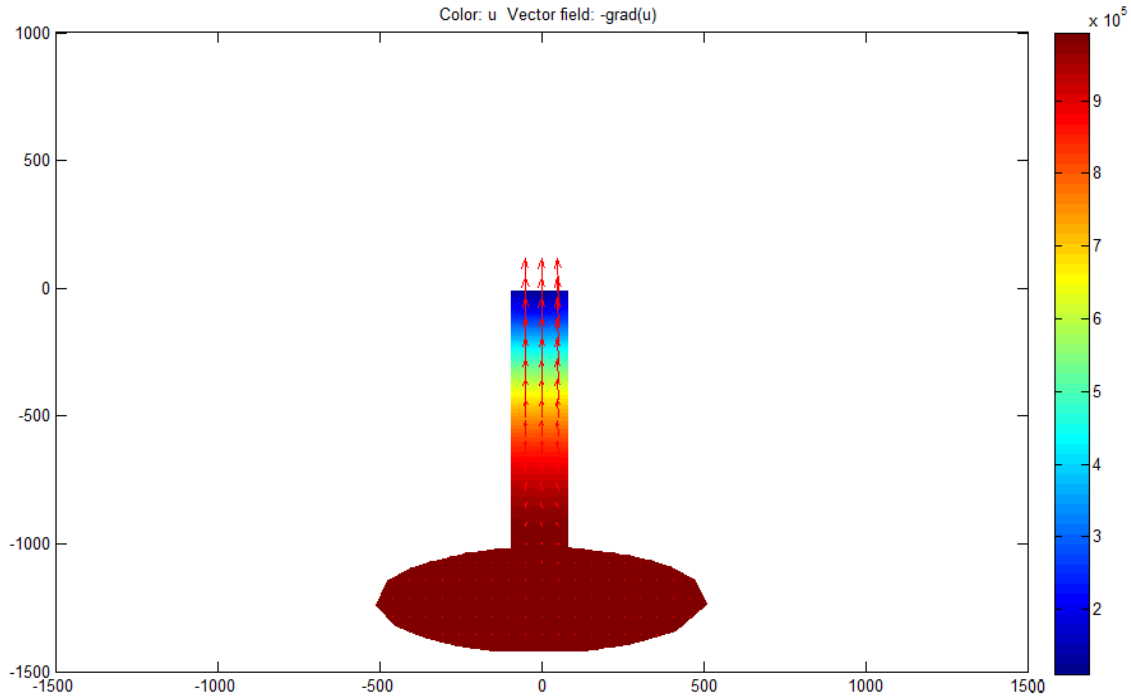
Вывод: $k_{пр}=0,03$

Таблица расчётов аналитического решения метода

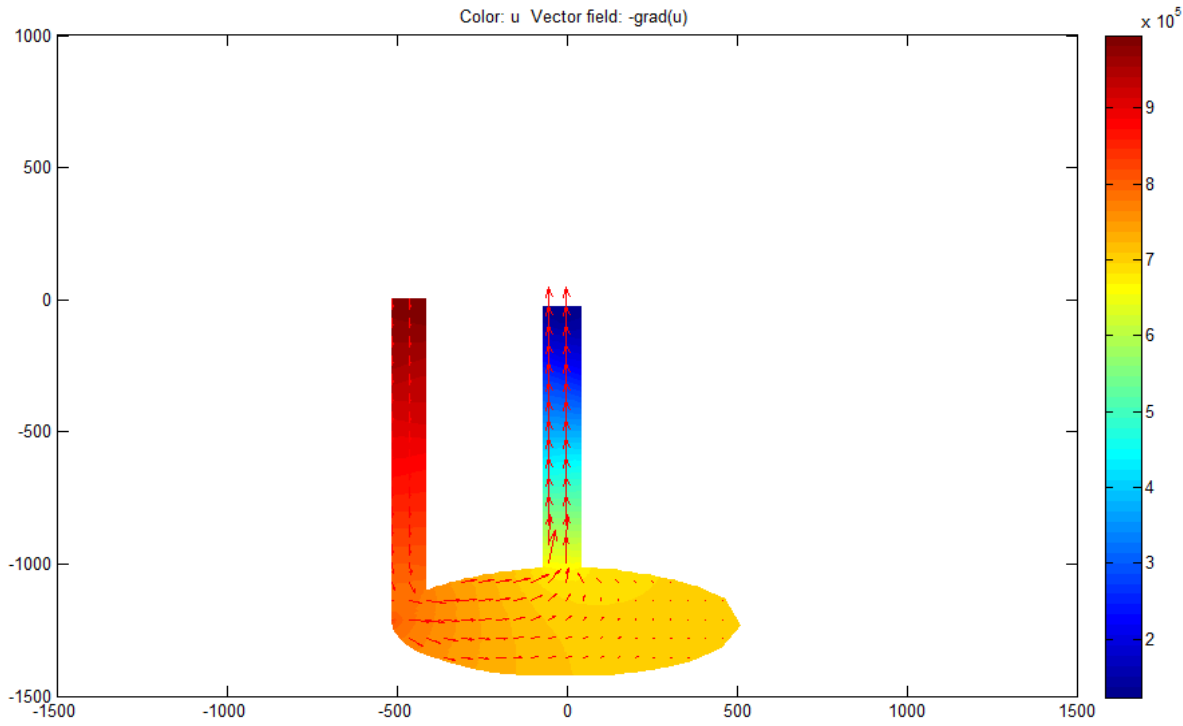
Q(л*с)	8,24
V1(м ³)	41,20
u(м*с)	0,04
kпр	0,03
V2(м ³)	164,81
Vобщ(м ³)	206,02
t1(с)	3000,00
t2(с)	6000,45
tобщ(с)	9000,45

Результаты разработки методов в среде MATLAB

Фонтанный метод:



Метод законтурного заводнения



Оценка фонтанного метода добычи

При изучении данного метода можно сделать такие выводы как:

- Данный метод является основным при добыче газа (т.к. плотность газа меньше плотности воздуха)
- Нефть добывается фонтанным методом только в том случае, если давление в пласте превышает атмосферное давление-т.е. после того как давление в пласте приравняется к атмосферному, нефть перестанет поступать.
- При использовании фонтанного метода можно добыть не более 20% жидкости в пласте (следуя из первого пункта).
- После того как давление в пласте сравняется с атмосферным с фонтанного метода добычи переходят на другой метод (например: газлифтный)
- Данный метод добычи самый дешёвый.

Оценка метода законтурного заводнения

- Данный метод добычи в отличии от фонтанирующего может извлечь 100% нефти из пласта
- Данный метод возобновляет действие фонтанного метода
- Для того чтобы привести этот метод в действие нужно знать контур нефтяного пласта

Выводы

На данный момент выполнено две из трёх поставленных целей в постройке математической модели это:

- выявлены свойства метода добычи нефти
- параметры задачи приближены к реальным условиям добычи нефти

Перспективы развития:

1. Рассматривать затраты энергии не только для опустошения месторождения, а для всего процесса разработки нефтяного пласта.
2. Создать финансовую оценку выбранного метода.
3. Изучить газлифтный способ добычи нефти.

Список литературы/источников.

- Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе «Теоретическая гидромеханика, часть 2»
- Нигматулин Р.И. «Динамика многофазных сред, часть 1»
- Нигматулин Р.И. «Динамика многофазных сред, часть 2»
- http://fshq.ru/Equations_Navier_Stokes.html
- <http://www.dslib.net/sys-analiz/upravlenie-processom-dobychi-nefti-na-osnove-matematicheskogo-modelirovaniya.html#549913>
- <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1328079>
- <http://www.docme.ru/doc/120712/zheltoy-razrabotka-neftyanyh-mestorozhdenij>
- <http://portal.tpu.ru/science/konf/usovma/trud-13/sec8-09.pdf>
- <http://www.dissercat.com/content/upravlenie-protsessom-dobychi-nefti-na-osnove-matematicheskogo-modelirovaniya>
- http://www.powerunit.ru/catalog/diesel_pumpset/VD_pumps/
- <http://www.ngfr.ru/ngd.html?neft13>
- <http://www.svoruem.com/forum/5352.html>