



**Курмакаева
Алсу**

– СпбПУ Петра Великого, «механика и математическое моделирование», 3 курс

– ИМиФИ СФУ, «вычислительная математика», 1М курс

**Голубев
Роман**

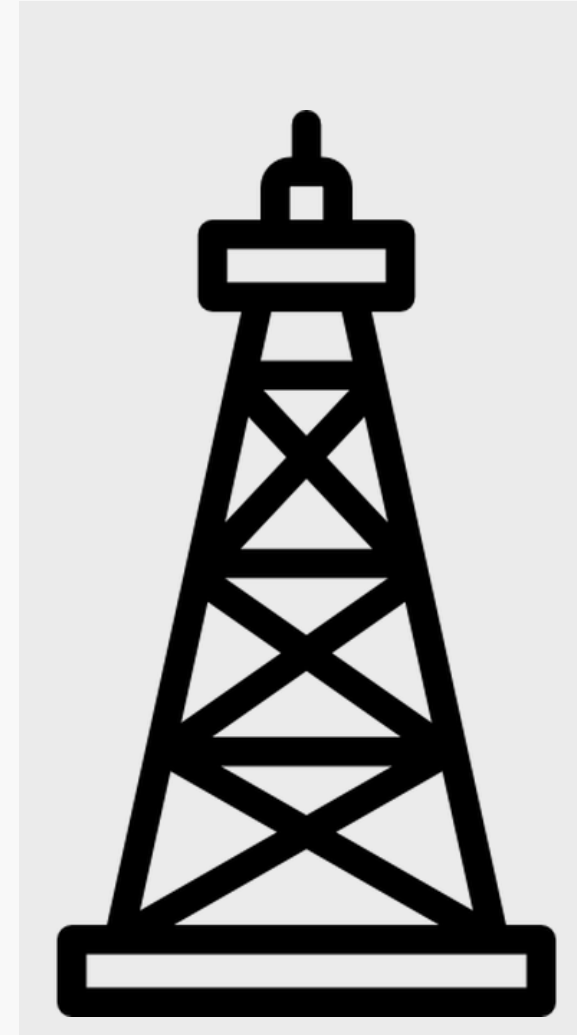




Разработка алгоритма для расчета режимов работы добывающих скважин на основе интегрированной модели

Постановка задачи

- Разработать алгоритм поиска режимов работы добывающих скважин



Исходные данные: IPR

Модель пласта в виде функций притока нефти/газа со стороны пласта в каждую скважину

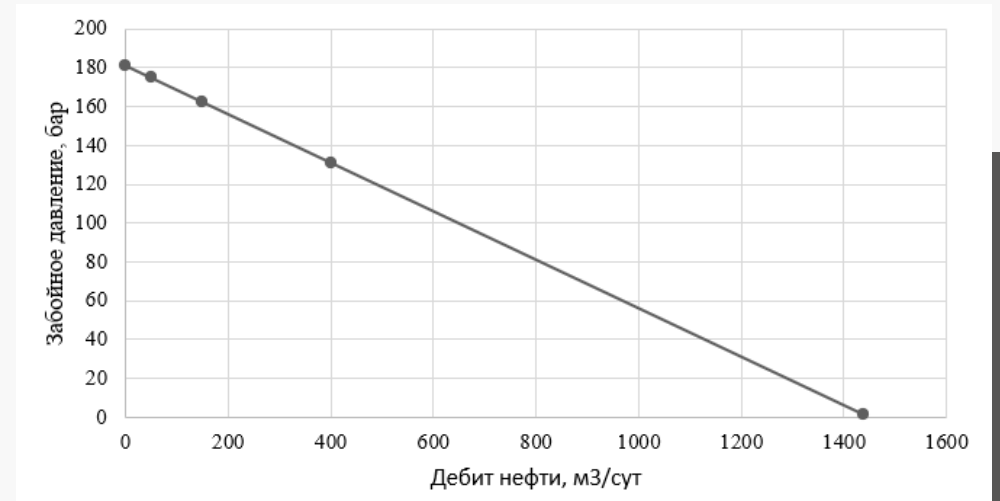
$$P_{\text{заб}} = P_{\text{пл}} - \frac{Q}{PI},$$

$P_{\text{заб}}$ - забойное давление

$P_{\text{пл}}$ - пластовое давление

Q – дебит

PI – коэффициент продуктивности



Исходные данные: VFP

Модели скважины в виде
таблично заданных
многопараметрических функций,
описывающих перепад давления
по стволу каждой скважины

Модель наземной сети сбора в виде
таблично заданных
многопараметрических функций,
описывающих перепад давления на
каждом участке трубопровода

Исходные данные: VFP

$$F(LIQ, THP, WCT, GOR) = BHP$$

LIQ – дебит нефти,

THP – устьевое давление,

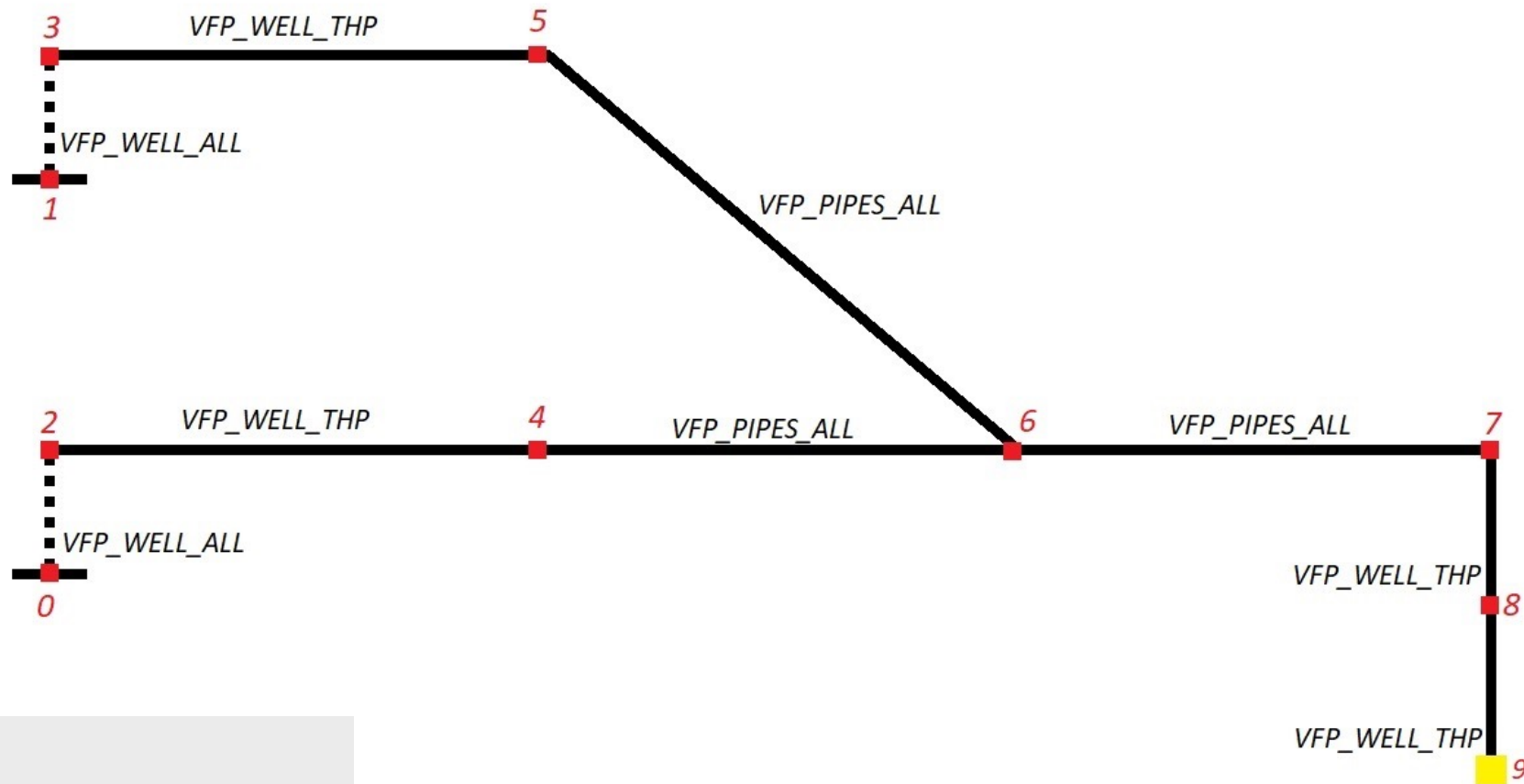
WCT – обводнённость,

GOR – газовый фактор,

BHP – забойное давление.

```
VFPPROD
 1  0.0000      'LIQ'  'WCT'  'GOR'  'THP'  ' '  'METRIC'  'BHP' /
-- LIQ flowrate values, units are SM3/DAY
 149.9998      250.0075      349.9947      449.9977      550.0007      /
-- THP values, units are BARSA
 10.00016      15.00023      24.99970      29.99978      34.99986      /
-- WCT values, units are ratio o to 1
 0.1000000      0.2500000      0.3500000      0.5000000      /
-- GOR values, units are SM3/SM3
 74.99933      124.9995      159.9994      /
-- ALQ (not supplied)
 0.1000000E+11 /
-- Table body: BHP values, units are BARSA
 1  1  1  1      10.32150      10.88538      11.67852      12.60413      13.67288
 1  1  2  1      10.58467      11.43549      12.59663      13.96057      15.50587
 1  1  3  1      10.72944      11.79605      13.24124      14.94185      16.85058
 1  2  1  1      10.32150      10.88538      11.50243      12.33648      13.30170
 1  2  2  1      10.50272      11.26415      12.29175      13.53160      14.93136
 1  2  3  1      10.62602      11.57243      12.83648      14.35481      16.03454
 1  3  1  1      10.32150      10.74461      11.37351      12.13748      13.02210
 1  3  2  1      10.50272      11.14120      12.07233      13.19914      14.47820
 1  3  3  1      10.62602      11.41150      12.55236      13.91585      15.47208
```

Модель сети



VFP_WELL_ALL - VFP таблицы для скважин;

VFP_WELL_THP - VFP таблицы трубопроводов длиной 400 м. $D_{\text{внутр.}} = 9 \text{ мм}$;

VFP_PIPES_ALL - VFP таблицы трубопроводов длиной 1000м. $D_{\text{внутр.}} = 160 \text{ мм}$;

Модель сети

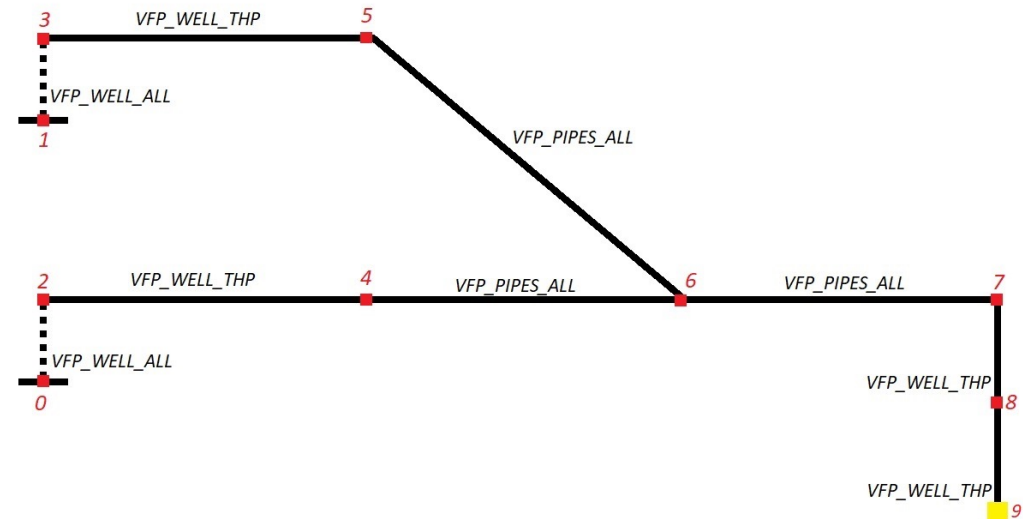
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0 - отсутствие связи i и j узлов;

1 - изменение давления между узлами i и j вычисляется по VFP_WELL_ALL;

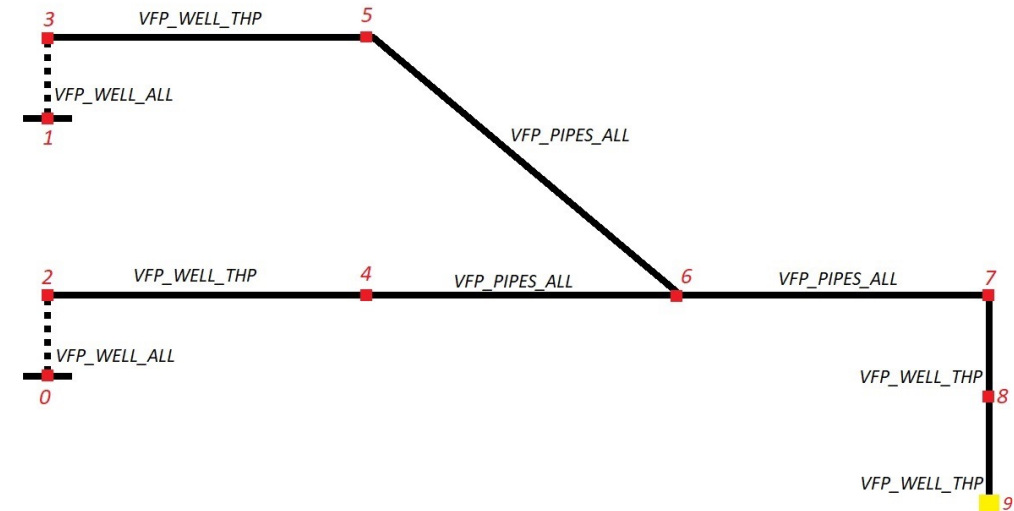
2 - изменение давления между узлами i и j вычисляется по VFP_WELL_THP;

3 - изменение давления между узлами i и j , вычисляется по VFP_PIPES_ALL;



Алгоритм

1. Чтение VFP файлов
2. Восстановление функций по VFP
3. Выбор дебита по IPR для каждой скважины и вычисление соответствующего ему забойного давления
4. Расчет баланса жидкости на всей сети
5. Вычисление забойного давления в узлах сети
6. Сравнение полученного на скважинах забойных давлений с вычисленными по IPR
7. Если необходимая точность забойного давления не достигнута, повторить шаги 3-7



Результаты вычислений

Узел	Давление P	Дебит Q
9	10.132	786.737
8	14.407	786.737
7	18.648	786.737
6	19.183	786.737
5	19.377	380.457
4	19.399	406.279
3	20.641	380.457
2	20.828	406.279
1	134.379	380.457
0	134.876	406.279

Входные параметры:

THP = 10.132 (бар)

WCT = 75 (%)

GOR = 97 (см³/см³)

P_{пл} = 181 (бар)

PI₁ = 9

PI₂ = 8

Время работы программы (сек): 0.2188

Число итераций: 679

Точность для скважины 1 (%): 0.72294

Точность для скважины 2 (%): 0.70129

Сравнение полученных результатов

Узел	Давление P	Дебит Q
9	7	860.625
8	12.018	860.625
7	16.768	860.625
6	17.373	860.625
5	17.595	405
4	17.637	455.625
3	19.112	405
2	19.478	455.625
1	130.671	405
0	131.645	455.625

Время расчета: 0.0781(с)

Узел	Давление P	Дебит Q
9	7	838.86
8	12	838.86
7	16.712	838.86
6	17.295	838.86
5	17.559	400.46
4	17.793	438.4
3	19.063	400.46
2	19.571	438.4
1	130.941	400.46
0	132.114	438.4

Время расчета: 0.1611(с)

—

— Допустимые улучшения

- представление сети в виде N-арного дерева
- замена линейной регрессии
- внедрение DL для «чтения» схем модели сети
- обобщение на произвольное число скважин

Сириус / 2021

Спасибо за внимание

—