

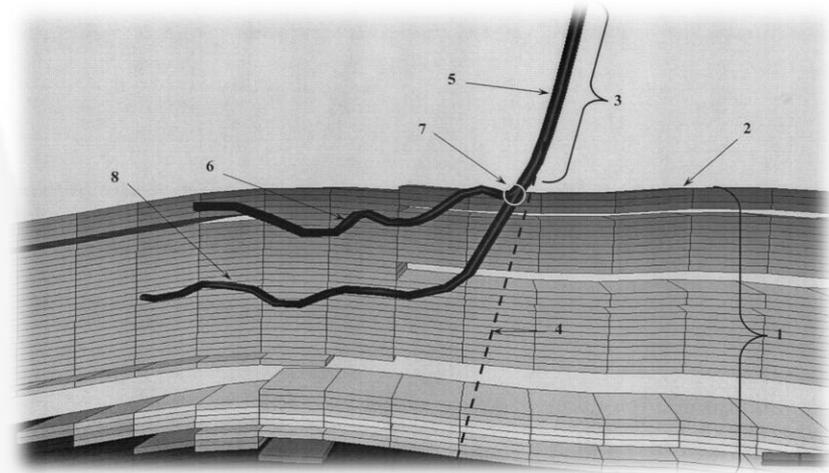
## Расчет давлений в скважинах

2013 год

Дмитрий Клийменко  
Департамент технической поддержки

# Задание перфорации

При задании перфорации в модели любыми способами (используя вскрытие по ячейкам или при помощи задания интервалов глубин) всегда создается много отдельных соединений с пластом (каждый участок скважины, находящийся в отдельной ячейке всегда рассматривается отдельно).



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

Для каждой вскрытой ячейки производится расчет сообщаемости по формуле:

$$WI_l = \frac{\theta \cdot k_l \cdot h_l \cdot f_l}{\ln(r_{ol}/r_w) + S_l}$$

где:

$\theta$  –  $\pi/2$ ,  $\pi$  или  $2\pi$  для скважин, расположенных соответственно в углу, на границе или в центре блока прямоугольной сетки.

для блока I, где  $k_1$  и  $k_2$  проницаемости в направлениях, перпендикулярных направлению скважины.

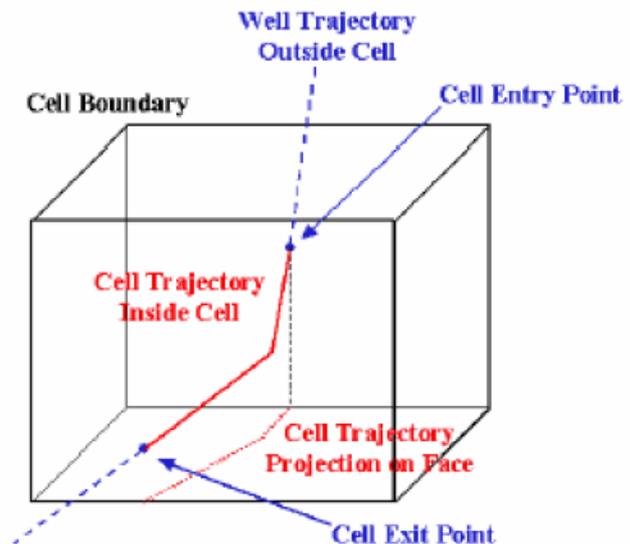
$h_l$  – мощность интервала перфорации в блоке I.

$f_l$  – множитель для перфорации в блоке I.

$r_{ol}$  – эквивалентный радиус блока I.

$r_w$  – радиус скважины.

$S_l$  – скин-фактор в блоке I.



Дебит скважин рассчитывается также для каждой вскрытой ячейки, затем суммируется:

$$q_{il} = \lambda_{il} \cdot WI_l \cdot (p_l - p_{bh})$$

где:

$q_{il}$  – дебит  $i$ -го компонента из вскрытого скважиной блока  $l$ .

$\lambda_{il}$  – подвижность  $i$ -го компонента в блоке  $l$ . Для нагнетательных скважин используется подвижность закачиваемого флюида.

$WI_l$  – сообщаемость скважина-пласт в блоке  $l$

$p_l$  – давление в блоке  $l$ , приведенное к глубине приведения давления (DATUM)

$p_{bh}$  – забойное давление в скважине, приведенное к глубине приведения забойного давления (DATUM)



В результате, для каждой вскрытой ячейки есть свои значения забойного давления и давления на эквивалентном радиусе.

Однако, в Tempest VIEW мы можем увидеть, что есть только одно значение каждого из давлений. Эти значения осредняются по всем вскрытым ячейкам. Попытаемся разобраться откуда ноги растут.

Для просмотра всех возможных давлений для скважин необходимо рассчитать пакет показателей WELL (ключевое слово **RATE** в секции **RECU**).



## Давления для скважин:

- 1-, 4-, 9-Point Pressure Average – осредненные давления по 1, 4 и 9 ячейкам вокруг скважины
- Bottom Hole Pressure – забойное давление
- Draw Down Pressure – депрессия
- Neighboring Block Pressure – осредненное давление по 5 ячейкам вокруг скважины
- Pressure at External Radius – давление на внешнем радиусе
- Tubing Head Pressure – устьевое давление



Забойное давление – это давление в стволе скважины с поправкой на глубину приведения забойного давления ( $D_{ref}$ ).

Глубина приведения забойного давления задается ключевым словом **DATUM** в секции **GRID**. Задание глубины приведения забойных давлений обусловлено значительным изменением их значений с изменением глубины.

Давление на глубине перфорации рассчитывается следующим образом:

$$P_{wc} = P_{bhp} + G \cdot \rho \cdot (d_c - d_{ref})$$

Где  $d_c$  – глубина перфорации,  $G$  – гравитационная постоянная,  $\rho$  – плотность флюида (способ расчета плотности флюида выбирается ключевым словом **WDOP** в секции **INPU**)



# Забойное давление (wbhp)

В out-файл можно вывести информацию по перфорациям (добавив опцию CMPL в ключевом слове **GENE** в секции **RECU**).

Забойные давления находятся в столбце P<sub>bhp</sub>. Значения приведены к глубине D<sub>ref</sub> и одинаковы для всех перфораций.

Well W3 :completion properties

| I | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv   | P <sub>bhp</sub> | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin   | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |  |
|---|---|---|-----|--------|--------|--------|------------------|-------|---------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|--|
|   |   |   |     | metre  | metre  | metre  | barsa            | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |        |       |        | md-m   | metre   | metre   | metre      |  |
| 6 | 9 | 1 | Gen | 0.152  | 1510.0 | 59.552 | 156.606          | -4.93 | 159.768 | 17.953      | 8.094 | 0.0    | 1.000 | 1999.8 | 10.001 | 0.001   | 20.000  |            |  |
| 6 | 9 | 2 | Gen | 0.152  | 1530.0 | 59.552 | 156.606          | -3.52 | 161.220 | 9.769       | 8.137 | 5.000  | 1.000 | 1999.8 | 30.001 | 20.001  | 40.000  |            |  |
| 6 | 9 | 3 | Gen | 0.152  | 1550.0 | 59.552 | 156.606          | -2.11 | 162.683 | 6.710       | 8.191 | 10.000 | 1.000 | 1999.8 | 50.001 | 40.001  | 60.000  |            |  |

Значения Head показывают разницу давлений между глубиной вскрытой ячейки и глубиной приведения D<sub>ref</sub>. Знак «-» означает, что ячейка находится выше, чем глубина приведения.

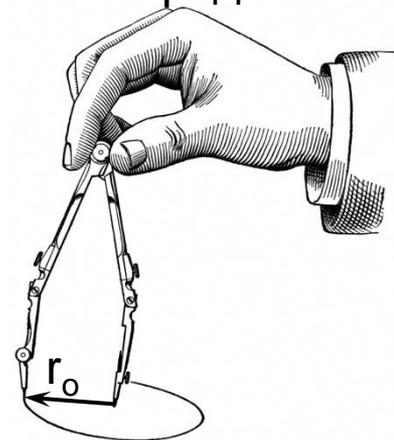


Этот параметр показывает средние давления во всех вскрытых ячейках. Для каждой конкретной перфорации это давление в ячейке (совпадает с давлением по 3D VIEW). Это давление есть давление на эквивалентном радиусе.

## Эквивалентный радиус (радиус Писмана (Peaceman))

Для расчета притока используется забойное давление и давление в ячейке (взамен давления на контуре питания). В связи с этим возникла необходимость введения расстояния, на котором будет рассчитываться это самое давление в ячейке. Это расстояние и есть эквивалентный радиус. Радиус Писмана зависит от размеров ячеек и соотношения проницаемостей по X и Y и составляет порядка 19 м для ячейки 100x100 м (при  $K_x=K_y$ ).

$$r_o = 0.28 \frac{\left[ \Delta X^2 \cdot \sqrt{K_y / K_x} + \Delta Y^2 \cdot \sqrt{K_x / K_y} \right]^{1/2}}{\left( K_y / K_x \right)^{1/4} + \left( K_x / K_y \right)^{1/4}}$$



Значения давления во вскрытых ячейках можно найти либо в 3D VIEW либо в out-файле в таблице completion properties:

Well W3 :completion properties

| I | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv   | Pbhp    | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin   | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|---|---|---|-----|--------|--------|--------|---------|-------|---------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
|   |   |   |     | metre  | metre  | metre  | barsa   | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |        |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 6 | 9 | 1 | Gen | 0.152  | 1510.0 | 59.552 | 156.606 | -4.93 | 159.768 | 17.953      | 8.094 | 0.0    | 1.000 | 1999.8 | 10.001 | 0.001   | 20.000  |            |
| 6 | 9 | 2 | Gen | 0.152  | 1530.0 | 59.552 | 156.606 | -3.52 | 161.220 | 9.769       | 8.137 | 5.000  | 1.000 | 1999.8 | 30.001 | 20.001  | 40.000  |            |
| 6 | 9 | 3 | Gen | 0.152  | 1550.0 | 59.552 | 156.606 | -2.11 | 162.683 | 6.710       | 8.191 | 10.000 | 1.000 | 1999.8 | 50.001 | 40.001  | 60.000  |            |

Следует отметить, что в этой таблице не всегда отображаются значения давления во вскрытой ячейке (более подробно об этом будет сказано в дальнейшем).

Значения wbp рассчитываются путем приведения их к глубине Dref (вычетом значения Head) и простого осреднения получившихся значений (осреднение производится по умолчанию. Можно выбрать один из способов взвешивания (**DWPW**)).

К слайду 11



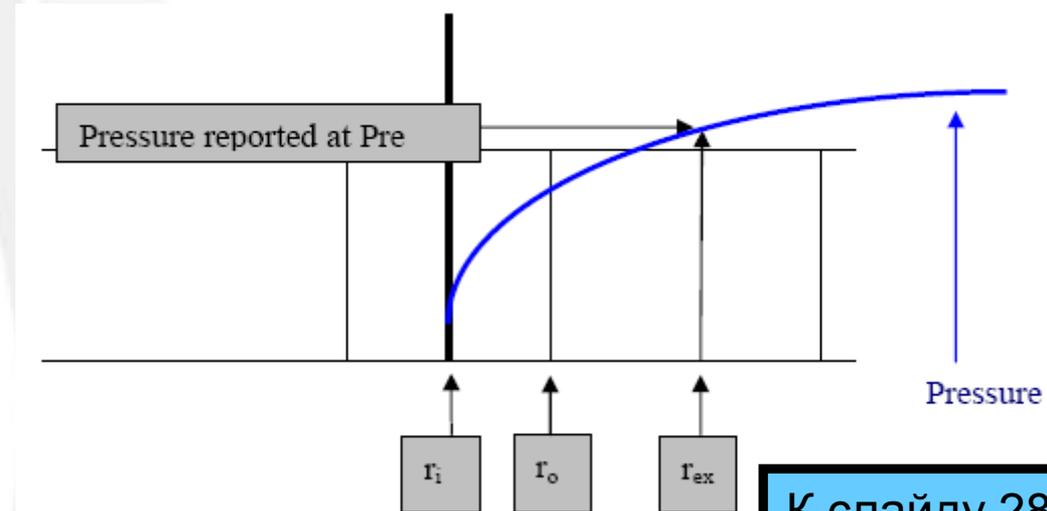
Давление на внешнем радиусе используется если:

- необходимо знать давление на некотором радиусе, отличном от эквивалентного;
- необходимо сопоставить значения депрессии модельные и фактические.

По умолчанию, внешний радиус совпадает с эквивалентным радиусом ячейки.

Задать значение внешнего радиуса можно при помощи события **PREX** (или ключевого слова **P-RE** в старом формате).

Зная давление на радиусах  $r_i$  (збойное) и  $r_o$  (в ячейке) строится логарифмическая кривая распределения давления. С применением этой кривой можно найти давление на любом другом радиусе, таком как  $r_{ex}$ .



Давление на внешнем радиусе вычисляется для каждой ячейки отдельно. При задании внешнего радиуса (**PREX**) в таблице completion properties в out-файле в столбце Pcell отображается давление именно на внешнем радиусе.

| Well W3 :completion properties |   |   |     |        |        |        |         |       |         |             |       |        |       |        |        |         |         |            |
|--------------------------------|---|---|-----|--------|--------|--------|---------|-------|---------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
| I                              | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv   | Pbhp    | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin   | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|                                |   |   |     | metre  | metre  | metre  | barsa   | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |        |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 6                              | 9 | 1 | Gen | 0.152  | 1510.0 | 59.552 | 156.606 | -4.93 | 159.768 | 17.953      | 8.094 | 0.0    | 1.000 | 1999.8 | 10.001 | 0.001   | 20.000  |            |
| 6                              | 9 | 2 | Gen | 0.152  | 1530.0 | 59.552 | 156.606 | -3.52 | 161.220 | 9.769       | 8.137 | 5.000  | 1.000 | 1999.8 | 30.001 | 20.001  | 40.000  |            |
| 6                              | 9 | 3 | Gen | 0.152  | 1550.0 | 59.552 | 156.606 | -2.11 | 162.683 | 6.710       | 8.191 | 10.000 | 1.000 | 1999.8 | 50.001 | 40.001  | 60.000  |            |

Значения wbpr рассчитываются путем приведения значений Pcell к глубине Dref (вычетом значения Head) и простого осреднения получившихся значений (осреднение производится по умолчанию. Можно выбрать один из способов взвешивания (**DWPW**)).

При этом, для расчета давлений wbr будут использоваться значения давления в ячейках взамен Pcell ([слайд 9](#))



В теории депрессия – разница между пластовым и забойным давлением.

MORE рассчитывает депрессию как разность между давлением на внешнем радиусе (wbpr) и забойным давлением (wbhp).

$$wpdd = wbpr - wbhp$$

В out-файле можно также найти значения депрессии для каждой вскрытой ячейки (таблица completion properties, столбец Pdd). Это разница между давлением Pcell, приведенным на глубину Dref и забойным давлением Pbhp.

Well W3 :completion properties

| I | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv   | Pbhp    | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin   | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |  |
|---|---|---|-----|--------|--------|--------|---------|-------|---------|-------------|-------|--------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|--|
|   |   |   |     | metre  | metre  | metre  | barsa   | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |        |       |        | md-m   | metre   | metre   | metre      |  |
| 6 | 9 | 1 | Gen | 0.152  | 1510.0 | 59.552 | 156.606 | -4.93 | 159.768 | 17.953      | 8.094 | 0.0    | 1.000 | 1999.8 | 10.001 | 0.001   | 20.000  |            |  |
| 6 | 9 | 2 | Gen | 0.152  | 1530.0 | 59.552 | 156.606 | -3.52 | 161.220 | 9.769       | 8.137 | 5.000  | 1.000 | 1999.8 | 30.001 | 20.001  | 40.000  |            |  |
| 6 | 9 | 3 | Gen | 0.152  | 1550.0 | 59.552 | 156.606 | -2.11 | 162.683 | 6.710       | 8.191 | 10.000 | 1.000 | 1999.8 | 50.001 | 40.001  | 60.000  |            |  |



# Осредненное давление по 4, 5 и 9 ячейкам ( $wbp_4$ , $wbp_9$ , $wbp_9$ )

Для расчета этих давлений используются давления вокруг вскрытых ячеек.

Для каждой вскрытой ячейки эти давления рассчитываются по формулам:

$$wbp_4_i = \frac{(P_2 + P_6 + P_8 + P_4)}{4}$$

$$wbp_9_i = \frac{(P_2 + P_6 + P_8 + P_4 + P_5)}{5}$$

$$wbp_9_i = \frac{\sum_{j=1}^9 P_j}{9}$$

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| $P_1$ | $P_2$ | $P_3$ |
| $P_4$ | $P_5$ | $P_6$ |
| $P_7$ | $P_8$ | $P_9$ |

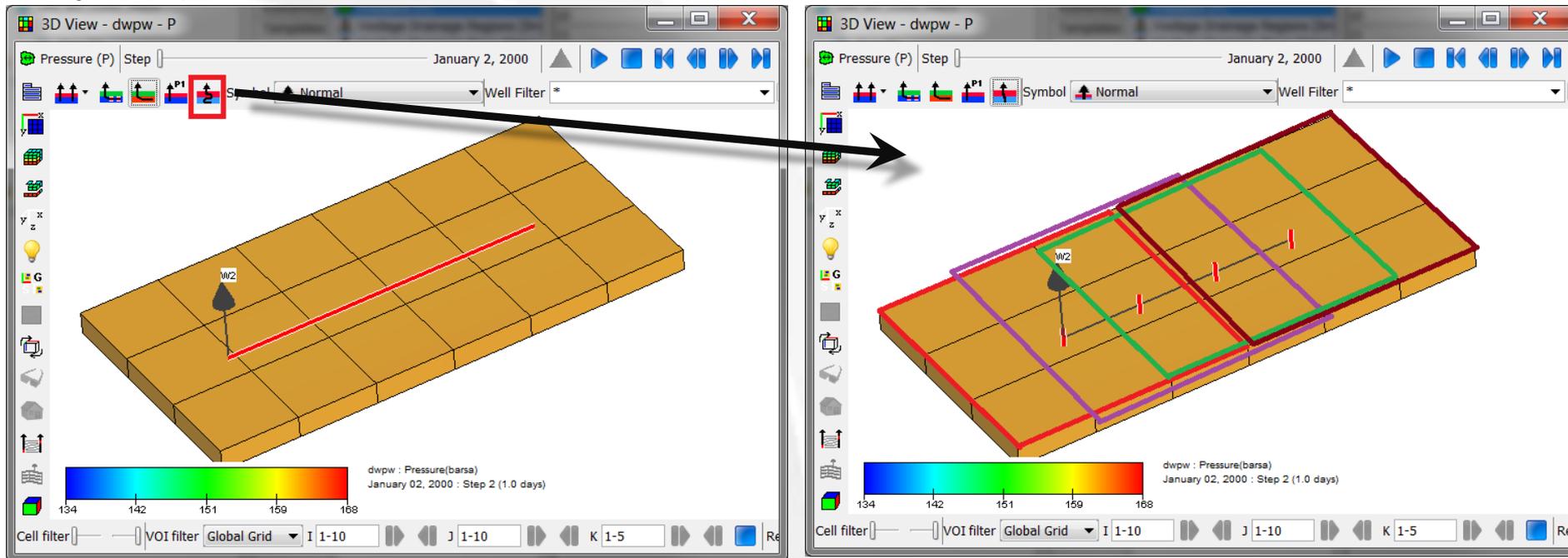
где  $i$  – индекс вскрытой ячейки. На рисунке, вскрытая ячейка находится в самом центре (с давлением  $P_5$ ).

Значения  $wbp_4$ ,  $wbp_9$ ,  $wbp_9$  рассчитываются путем приведения их к глубине  $D_{ref}$  (вычетом значения Head) и простого осреднения получившихся значений (осреднение производится по умолчанию. Можно выбрать один из способов взвешивания (**DWPW**)).



# Осредненное давление по 4, 5 и 9 ячейкам (wbr4, wbrn, wbr9)

Для вертикальных скважин все понятно. Каким образом рассчитываются эти давления для горизонтальных скважин позволяет понять нижеприведенная схема. Для начала необходимо визуализировать скважину так, как ее воспринимает симулятор:



Для расчета давлений для каждой вскрытой ячейки по приведенной на предыдущем слайде схеме, симулятор выбирает 9 ячеек так, как показано на рисунке



Значения устьевого давления доступны только в том случае, если для скважины задана лифтовая таблица (ключевое слово **TUBI** в секции **RECU**). Эта таблица связывает между собой значения технологических показателей работы скважины (таких как дебит, обводненность, забойное давление...) и потерь давления по стволу скважины.

Такие таблицы можно создать с применением Tempest Lift Table Generator.

Пример лифтовой таблицы (**TUBI**):



```
TUBI      lift1      0.00 LONG
FLOW GAS
1 5 10 20 100 500
1000 10000 /
THP
1 20 50 100 200 /
RATI OGR
0 /
RATI WGR
0 /
ALQ
0 /
BHP OGR      0.00000 WGR      0.00000
1.0006631 1.0109477 1.0369434 1.1224014 2.4001992 9.5047865
17.751388 124.89313 / thp=1
20.000030 20.000501 20.001710 20.005898 20.107892 21.962521
26.333496 122.04736 / thp=20
50.000010 50.000165 50.000561 50.001931 50.035240 50.665309
52.341400 127.52446 / thp=50
100.00000 100.00006 100.00021 100.00072 100.01296 100.24218
100.86350 154.59711 / thp=100
200.00000 200.00005 200.00017 200.00057 200.00996 200.18359
200.65228 245.71448 / thp=200
/
```



Уже не раз было сказано, что при помощи ключевого слова **DWPW** можно выбрать опцию осреднения давлений между вскрытыми ячейками.

**DWPW** {ACT PV CCF KH MOB **NONE**} {**DDRC** NODD}

## 1. Опции осреднения давлений:

- ACT – осреднение с применением взвешивания по CCF только по активным перфорациям
- PV – осреднение с применением взвешивания по поровому объему вскрытых ячеек
- CCF – осреднение с применением взвешивания по CCF вскрытых ячеек
- KH – осреднение с применением взвешивания по значениям KH
- MOB – осреднение с применением взвешивания по значениям подвижности
- NONE – простое осреднение (по умолчанию)

**Пример:**

**DWPW** ACT

## 2. Опции для контроля скважин по депрессии:

- DDRC – значение депрессии, по которому будет производиться контроль работы скважины, будет рассчитываться используя значение давления на внешнем радиусе (по умолчанию)
- NODD – значение депрессии, по которому будет производиться контроль работы скважины, будет рассчитываться используя значение давления в ячейке (на эквивалентном радиусе)

К слайду 28



Рассчитывая пакет показателей WELL (ключевое слово **RATE** в секции **RECU**) в результатах можно найти дополнительно 4 вектора:

- Productivity Index based on Value of WBP (wPI1)
- Productivity Index based on Value of WBP4 (wPI4)
- Productivity Index based on Value of WBP5 (wPI5)
- Productivity Index based on Value of WBP9 (wPI9)

Это вектора, показывающие продуктивность скважины. Их расчет производится по формуле:

$$wPIk = \frac{wvpr}{wbpk - wbhp}$$

где

k принимает значения 1, 4, 5, 9 (для давления wbp5 используется значение wbp9);  
wvpr – это вектор Res Volume Production Rate (дебит добычи флюида при пластовых условиях); wbhp – забойное давление.



Очень часто в процессе расчета можно встретить подобные предупреждения:

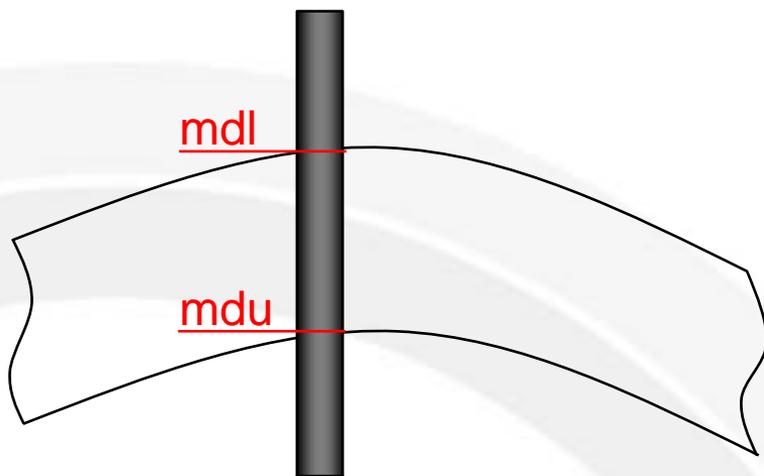
```
Warn(695):Well datum depth gives negative bhp target:  
  completion depth=1134.020, datum depth=1784.000  
  bhp limit at completion= -5.164 for well      PROD_3
```

Причина – большая разница между глубиной интервала вскрытия пласта (MDL MDU) и глубиной приведения забойных давлений (DATUM).

Задавая ограничения на забойные давления (BHPT) значения устанавливаются на глубине приведения. Для расчета депрессии необходимо значение забойного давления на глубине вскрываемых ячеек. При пересчете давления на эту глубину возникают отрицательные значения.



# Warning 695



Для иллюстрации примем:

mdl=1500 м

mdu=1560 м

datum=3000 м

ВНРТ=70 бар

При такой разнице глубин значение HEAD составляет -103.01 бар.

Well WPRD :completion properties

| I  | J  | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv   | Pbhp    | Head    | Pcell   | ... |
|----|----|---|-----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|-----|
|    |    |   |     | metre  | metre  | metre  | barsa   | bars    | barsa   | ... |
| 10 | 10 | 1 | Gen | 0.152  | 1530.0 | 59.552 | 173.350 | -103.01 | 111.079 | ... |

datum

ВНРТ

В результате при расчете ВНРТ на уровень пласта по формуле

$ВНРТ_r = ВНРТ + HEAD = 70 - 103.01 = -33.01$  бар

получаем отрицательные значения



Побочные эффекты:

Большая разница глубин может привести к значительным значениям HEAD, что влечет за собой изменение депрессии, и, как следствие, изменение дебита скважины.

Варианты действий:

1. Если глубина задана ошибочно, исправить на необходимое значение (ключевое слово **DATUM** в секции **GRID**).
2. Если глубина указана корректно, но ввиду большого разброса по глубинам скважин все же возникает данное предупреждение, то необходимо либо добавить аргумент TOPC в ключевое слово **DATUM** в секции **GRID** (тогда глубина приведения для каждой скважины будет находиться на уровне первой вскрытой ячейки), либо задать глубину приведения для каждой скважины индивидуально (событие **DREF** в секции **RECU**).



# Горизонтальные скважины

---



INTERPRETATION



MODELING



SIMULATION



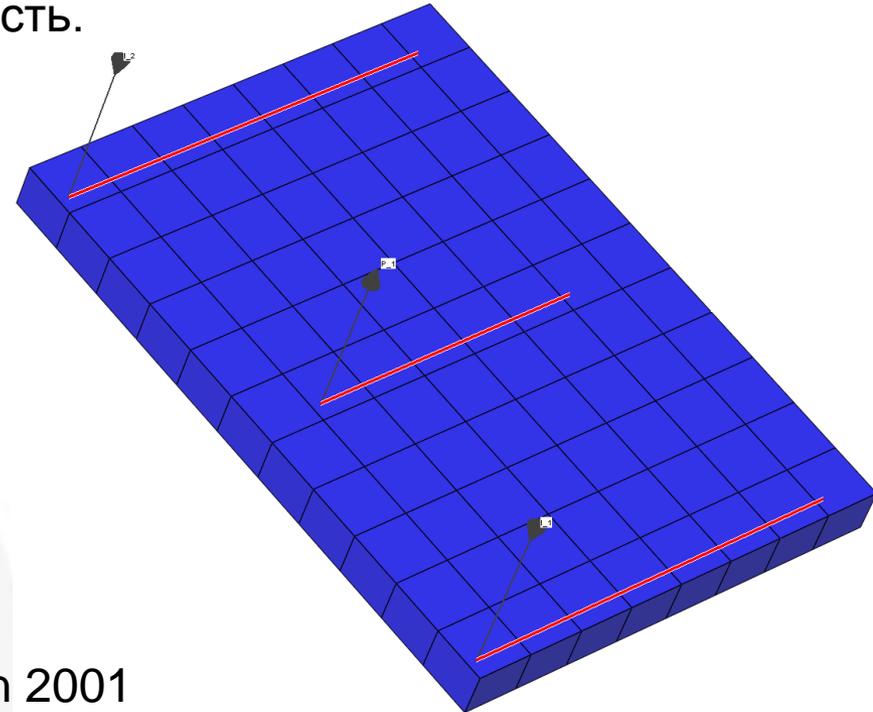
WELL & COMPLETION



PRODUCTION & PROCESS

Рассмотрим на примере горизонтальной скважины такие показатели ее работы, как пластовое давление, депрессия, продуктивность.

Глубина приведения забойных давлений находится на уровне первой вскрытой ячейки (глубина 2602,5 м) и совпадает с глубиной скважины.



P\_1

01/Jan/2000 **PROD**  
 01/Jan/2000 **PERF** 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 **OPT** 1000  
 01/Jan/2000 **ВНРТ** 150

Получаем следующую таблицу CMPL на 1 Jan 2001

| Well P_1 :completion properties |   |   |     |        |        |       |         |      |         |             |       |      |       |        |        |         |         |            |  |  |
|---------------------------------|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|--|--|
| I                               | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |  |  |
|                                 |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       |        | md-m   | metre   | metre   | metre      |  |  |
| 2                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.624 | 22.348      | 1.624 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |  |  |
| 3                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.154 | 22.348      | 1.154 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |  |  |
| 4                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.083 | 22.348      | 1.083 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |  |  |
| 5                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.083 | 22.348      | 1.083 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |  |  |
| 6                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.154 | 22.348      | 1.154 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |  |  |
| 7                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.624 | 22.348      | 1.624 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |  |  |



## Скважина «сидит» на забойном давлении. Таблица CMPL на 1 Jan 2001

| Well P_1 :completion properties |   |   |     |        |        |       |         |      |         |             |       |      |       |        |        |         |         |            |
|---------------------------------|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
| I                               | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|                                 |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 2                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.624 | 22.348      | 1.624 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |
| 3                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.154 | 22.348      | 1.154 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |
| 4                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.083 | 22.348      | 1.083 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |
| 5                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.083 | 22.348      | 1.083 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |
| 6                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.154 | 22.348      | 1.154 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |
| 7                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | 0.0  | 151.624 | 22.348      | 1.624 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |

Без задания дополнительных настроек:

столбец Pcell – давление в вскрываемой ячейке.

столбец Pdd=Pcell-Pbhp-Head

### Средние параметры работы скважины:

$$w_{pdd} = \frac{1.624 + 1.154 + 1.083 + 1.083 + 1.154 + 1.624}{6} = 1.287$$

$$w_{bhp} = \frac{6 \cdot 150}{6} = 150$$

$$w_{bp} = \frac{151.624 + 151.154 + 151.083 + 151.083 + 151.154 + 151.624}{6} = 151.287$$



Увеличение глубины DATUM приводит к изменению показателей работы скважин.  
Скважина «сидит» на забойном давлении. Таблица CMPL на 1 Jan 2001

| Well P_1 :completion properties |   |   |     |        |        |       |         |       |         |             |       |      |       |        |        |         |         |            |
|---------------------------------|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|-------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
| I                               | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|                                 |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 2                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.622 | 22.348      | 1.556 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |
| 3                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.172 | 22.348      | 1.106 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |
| 4                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.104 | 22.348      | 1.037 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |
| 5                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.104 | 22.348      | 1.037 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |
| 6                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.172 | 22.348      | 1.106 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |
| 7                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 150.000 | -0.94 | 150.622 | 22.348      | 1.556 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |

Без задания дополнительных настроек:  
столбец Pcell – давление в вскрываемой ячейке.  
столбец Pdd=Pcell-Pbhp-Head

## Средние параметры работы скважины:

$$w_{pdd} = \frac{1.556 + 1.106 + 1.037 + 1.037 + 1.106 + 1.556}{6} = 1.233$$

$$w_{bp} = \frac{150.622 + 150.172 + 150.104 + 150.104 + 150.172 + 150.622}{6} + 0.94 = 151.233$$

$$w_{bhp} = \frac{6 \cdot 150}{6} = 150$$

Ввиду меньшего значения депрессии дебит скважины также будет меньше.



При тех же условиях зададим ограничение по депрессии в 1 атм.

P\_1

```
01/Jan/2000  PROD
01/Jan/2000  PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0
01/Jan/2000  OPT 1000
01/Jan/2000  BHPT 150 DRAW 1
```

Получаем следующую таблицу CMPL на 1 Jan 2001

| Well P_1 :completion properties |   |   |     |        |        |       |         |      |         |             |       |      |       |        |        |         |         |            |
|---------------------------------|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
| I                               | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|                                 |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 2                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |
| 3                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |
| 4                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |
| 5                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |
| 6                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |
| 7                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |

Депрессия по ячейкам в отдельности не равна 1.



## Скважина «сидит» на депрессии. Таблица CMPL на 1 Jan 2001

Well P\_1 :completion properties

| I | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|---|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
|   |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 2 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |
| 3 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |
| 4 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |
| 5 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |
| 6 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |
| 7 | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 235.709 | 0.0  | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |

Без задания дополнительных настроек:

столбец Pcell – давление в вскрываемой ячейке.

столбец Pdd=Pcell-Pbhp-Head

### Средние параметры работы скважины:

$$wpdd = \frac{1.249 + 0.900 + 0.851 + 0.851 + 0.900 + 1.249}{6} = 1$$

$$wbhp = \frac{6 \cdot 235.709}{6} = 235.709$$

$$wbp = \frac{236.958 + 236.609 + 236.56 + 236.56 + 236.609 + 236.958}{6} = 236.709$$



Увеличение глубины DATUM приводит к изменению показателей работы скважин.  
Скважина «сидит» на депрессии. Таблица CMPL на 1 Jan 2001

| Well P_1 :completion properties |   |   |     |        |        |       |         |       |         |             |       |      |       |        |        |         |         |            |
|---------------------------------|---|---|-----|--------|--------|-------|---------|-------|---------|-------------|-------|------|-------|--------|--------|---------|---------|------------|
| I                               | J | K | Dir | Radius | Depth  | Reqv  | Pbhp    | Head  | Pcell   | CCF         | Pdd   | Skin | Mult  | Kh     | Md     | MdLower | MdUpper | Local grid |
|                                 |   |   |     | metre  | metre  | metre | barsa   | bars  | barsa   | m3.cp/d/bar | bars  |      |       | md-m   | metre  | metre   | metre   |            |
| 2                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3050.0 | 3000.0  | 3100.0  |            |
| 3                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3150.0 | 3100.0  | 3200.0  |            |
| 4                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3250.0 | 3200.0  | 3300.0  |            |
| 5                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.560 | 22.348      | 0.851 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3350.0 | 3300.0  | 3400.0  |            |
| 6                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.609 | 22.348      | 0.900 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3450.0 | 3400.0  | 3500.0  |            |
| 7                               | 6 | 3 | Gen | 0.152  | 2602.5 | 6.748 | 236.651 | -0.94 | 236.958 | 22.348      | 1.249 | 0.0  | 1.000 | 1581.1 | 3550.0 | 3500.0  | 3600.0  |            |

Без задания дополнительных настроек:  
столбец Pcell – давление в вскрываемой ячейке.  
столбец Pdd=Pcell-Pbhp-Head

## Средние параметры работы скважины:

$$wpdd = \frac{1.249 + 0.900 + 0.851 + 0.851 + 0.900 + 1.249}{6} = 1$$

$$wbp = \frac{236.958 + 236.609 + 236.56 + 236.56 + 236.609 + 236.958}{6} + 0.94 = 237.651$$

$$wbhp = \frac{6 \cdot 236.651}{6} = 236.651$$

При этом, дебит останется прежним.



## Изменение внешнего радиуса.

Часто необходимо знать значение пластового давления для скважины. Однако, значение давления во вскрываемых ячейках (давление на радиусе Писмана) не подходит для этих целей: расстояние от скважины до контура питания, на котором определяется это давление как правило составляет 20-30 м ( $\approx 19$  м для ячейки 100x100 м (при  $K_x=K_y$ ). Этого недостаточно для того, чтобы судить о величине пластового давления.

Альтернативным вариантом является задания внешнего радиуса, на котором будет рассчитываться пластовое давление ([слайд 10](#)).

Если не использовать контроль по депрессии, то никаких изменений в технологическом режиме работы скважины происходить не будет.

Депрессия есть разница между  $w_{bpr}$  и  $w_{bhr}$ . Изменение внешнего радиуса приведет к изменению значения  $w_{bpr}$ , и, как следствие, изменению депрессии.

При задании контроля по депрессии необходимо выбрать, какую депрессию использовать для контроля: разницу между  $w_{bpr}$  и  $w_{bhr}$  или разницу между  $w_{br}$  и  $w_{bhr}$ . Выбрать соответствующую опцию можно при помощи ключевого слова

DWPW.



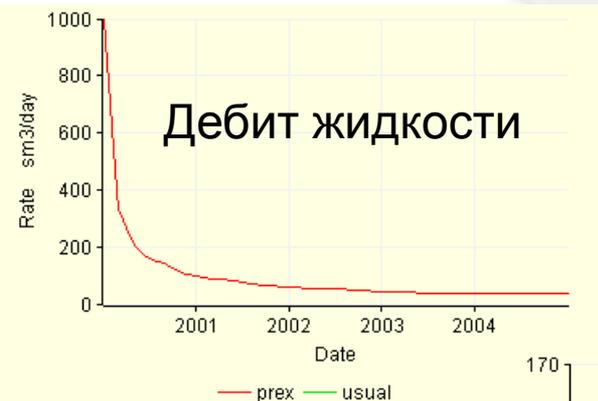
## Изменение внешнего радиуса. Скважина «сидит» на забойном давлении.

Контроль работы скважины. *Usual*

P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150

Контроль работы скважины. *Prex*

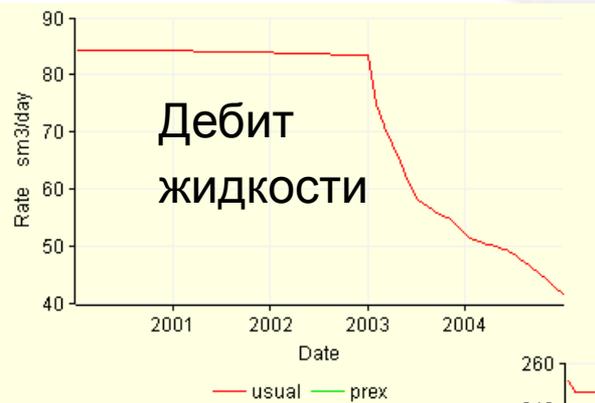
P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150  
 01/Jan/2000 PREX 100



## Изменение внешнего радиуса. Скважина «сидит» на депрессии.

Контроль работы скважины. *Usual*

P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150 DRAW 1



Контроль работы скважины. *Prex*

P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150 DRAW 1  
 01/Jan/2000 PREX 100



Используется  
**DWPW** NONE NODD



## Изменение внешнего радиуса. Скважина «сидит» на депрессии.

Контроль работы скважины. *Usual*

P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150 DRAW 1



Контроль работы скважины. *Prex*

P\_1  
 01/Jan/2000 PROD  
 01/Jan/2000 PERF 0 5000 0.15240 0.0 1.0  
 01/Jan/2000 OPT 1000  
 01/Jan/2000 BHPT 150 DRAW 1  
 01/Jan/2000 PREX 100



Используется  
**DWPW** NONE DDRC



## Вывод:

Задание внешнего радиуса позволяет без дополнительных затрат времени выводить значение пластового давления по скважине на графики, которое будет ближе к давлению на контуре питания. Основная задача – правильно определить значение внешнего радиуса, т.е. расстояние от скважины до контура питания.

При задании контроля работы скважины без использования депрессии, изменение внешнего радиуса приведет лишь к изменению таких показателей, как давление на внешнем радиусе и депрессия без изменения дебита жидкости и других показателей работы скважины.

При задании контроля работы скважины по депрессии, изменение внешнего радиуса может повлиять на работу скважины в целом. Главное – указать, что является контрольной депрессией – разница  $w_{bp}-w_{bhp}$  или  $w_{bpr}-w_{bhp}$ . В первом случае все показатели, кроме давления на внешнем радиусе и депрессии, останутся без изменений, а во втором изменение внешнего радиуса изменит работу скважину целиком.

