

2.6 Расчет многофазного потока в пласте

Для анализа работы скважины и скважинного оборудования в большинстве случаев достаточно простейшего подхода для описания производительности пласта. На текущий момент в Unifloc 7.7 VBA используется линейная индикаторная кривая с поправкой Вогеля для учета разгазирования в призабойной зоне пласта с учетом обводненности [0].

Пользовательские функции для расчета производительности пласта начинаются с префикса `IPR_`.

Для расчета притока из пласта необходимо определить связь между дебитом жидкости Q_{liq} (притоком) и забойным давлением работающей скважины P_{wf} . Линейная индикаторная кривая на основе закона Дарси задает такую связь через коэффициент продуктивности скважины, который определяется как

$$PI = \frac{Q_{liq}}{P_{res} - P_{wf}} \quad (2.1)$$

где P_{res} - пластовое давление - давление на контуре питания скважины. Закон Дарси описывает установившийся приток несжимаемой жидкости в однородном пласте.

Соответственно уравнение притока будет иметь вид

$$Q_{liq} = PI(P_{res} - P_{wf})$$

Для линейного притока по закону Дарси коэффициент продуктивности может быть оценен либо по данным эксплуатации из уравнения 2.1 либо по аналитической зависимости по характеристикам пласта и системы заканчивания. Например для радиального притока к вертикальной скважине широко известна формула Дюпюи согласно которой

$$PI = f \cdot \frac{kh}{\mu B} \frac{1}{\ln \frac{r_e}{r_w} + S} \quad (2.2)$$

здесь f - размерный коэффициент, зависящий от выбранной системы единиц для остальных параметров. Так для системы единиц

При снижении забойного давления добывающей скважины ниже давления насыщения, выражение оценка дебита жидкости по закону Дарси оказывается

Таблица 1 — Размерности параметров выражения 2.2

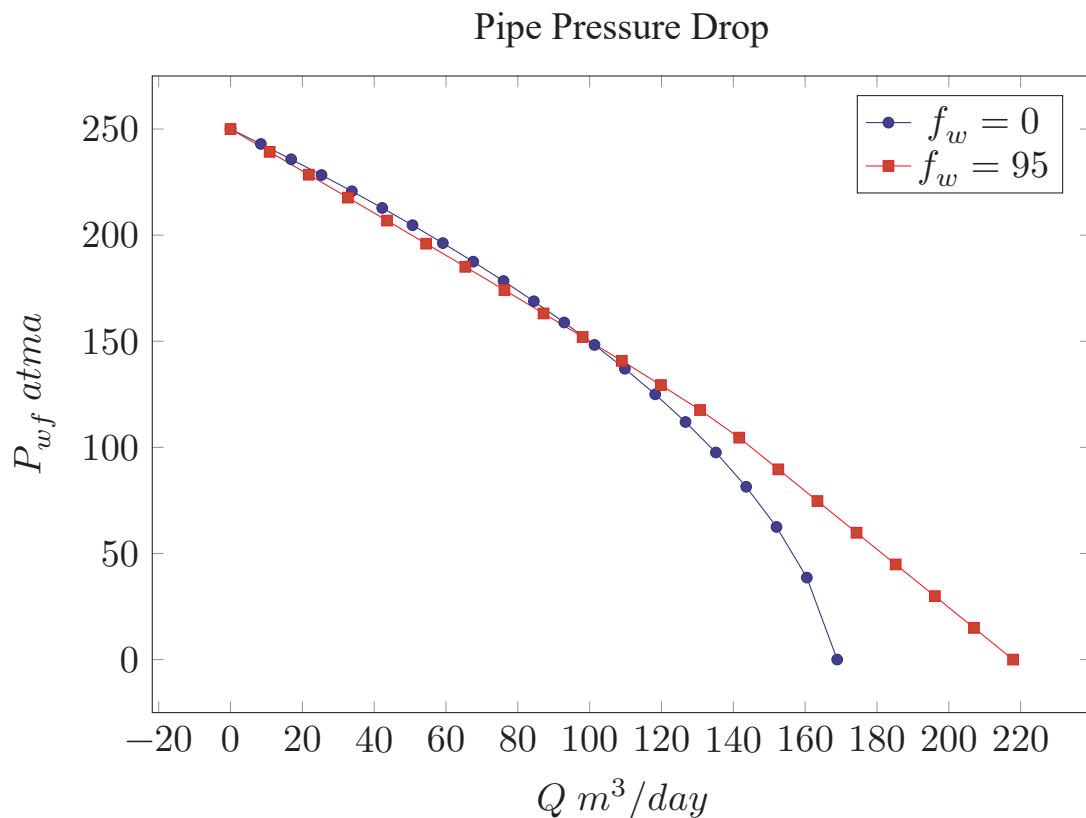
Обозначение	Параметр	СИ	Практические метрические	Американские промысловые
f	размерный коэффициент	2π	$\frac{1}{18.41}$	$\frac{1}{141.2}$
k	проницаемость	м^2	мД	mD
h	мощность пласта	м	м	ft
B	объемный коэффициент	$\text{м}^3/\text{м}^3$	$\text{м}^3/\text{м}^3$	<i>scf/bbl</i>
μ	вязкость	Па · с	сП	cP
r_e	радиус зоны дренирования	м	м	ft
r_w	радиус скважины	м	м	ft
S	скин фактор	безразмерный		

завышенной. Газ выделяющийся в призабойной зоне пласта создает дополнительное гидравлическое сопротивление. В Unifloc 7.7 VBA поправка на снижение забойного давления ниже давления насыщения реализована на основе поправки Вогеля. Для безводной нефти по Вогелю продуктивности скважины по данным тестовой эксплуатации - дебите жидкости Q_{liq} и соответствующем забойном давлении P_{wf} может быть оценен по выражению 2.3.

$$PI = \frac{Q_{liq}}{P_{res} - P_b + \frac{P_b}{1.8} \left[1.0 - 0.2 \frac{P_{wf}}{P_b} - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right]} \quad (2.3)$$

При наличии обводненности зависимость усложняется.

В Unifloc 7.7 VBA реализована модель определения коэффициента продуктивности по данным эксплуатации. Сравнение индикаторных кривых, построенных по тестовым данным $Q_{liq} = 100$ и $P_{wf} = 150$ при наличии и отсутствии воды приведено на рисунке.



2.6.1 IPR_pi_sm3dayatm – расчёт продуктивности

Функция позволяет рассчитать коэффициент продуктивности скважины по данным тестовой эксплуатации. Особенность линейной модели притока к скважине с поправкой Волега заключается в минимальном наборе исходных данных, необходимых для построения индикаторной кривой. Достаточно знать пластовое давление и дебит и забойное давление в одной точке.

```
' расчет коэффициента продуктивности пласта
' по данным тестовой эксплуатации
Public Function IPR_pi_sm3dayatm( _
    ByVal Qtest_sm3day As Double, _
    ByVal Pwfctest_atma As Double, _
    ByVal Pres_atma As Double, _
    Optional ByVal fw_perc As Double = 0, _
    Optional ByVal pb_atma As Double = -1)
' Qtest_sm3day    - тестовый дебит скважины
' Pwfctest_atma   - тестовое забойное давление
' Pres_atma       - пластовое давление, атм
```

```
' необязательные параметры
' fw_perc          - обводненность
' pb_atma          - давление насыщения
```

2.6.2 IPR_pwf_atm – расчёт забойного давления по дебиту и продуктивности

Функция позволяет рассчитать забойное давление скважины по известным значениям дебита и продуктивности.

```
' расчет забойного давления по дебиту и продуктивности
Public Function IPR_pwf_atma( _
    ByVal pi_sm3dayatm As Double, _
    ByVal Pres_atma As Double, _
    ByVal qliq_sm3day As Double, _
    Optional ByVal fw_perc As Double = 0, _
    Optional ByVal pb_atma As Double = -1)
' pi_sm3dayatm      - коэффициент продуктивности
' Pres_atma         - пластовое давление, атм
' qliq_sm3day       - дебит жидкости скважины на поверхности
' необязательные параметры
' fw_perc           - обводненность
' pb_atma           - давление насыщения
```

2.6.3 IPR_qliq_sm3day – расчёт дебита по забойному давлению и продуктивности

Функция позволяет рассчитать дебит жидкости скважины на поверхности по забойному давлению и продуктивности.

```
' расчет дебита по давлению и продуктивности
Public Function IPR_qliq_sm3day( _
    ByVal pi_sm3dayatm As Double, _
    ByVal Pres_atma As Double, _
```

```

        ByVal pwf_atma As Double, _
        Optional ByVal fw_perc As Double = 0, _
        Optional ByVal pb_atma As Double = -1)
'
' pi_sm3dayatm    - коэффициент продуктивности
' Pres_atma       - пластовое давление, атм
' pwf_atma        - забойное давление
'
' необязательные параметры
' fw_perc         - обводненность
' pb_atma         - давление насыщения

```