

Глава 3. Упражнения по работе с пользовательскими функциями Unifloc 7.7 VBA

Освоить работу с расчетными функциями Unifloc 7.7 VBA можно выполняя упражнения описанные в данном разделе и изучая устройство тестовых расчетных модулей. Упражнения демонстрируют некоторые подходы к использованию Unifloc 7.7 VBA. На основе этих подходов можно создать свои расчетные модули решающие специфические задачи пользователя.

3.1 Расчет PVT свойств

Расчет физико химических свойств пластовых флюидов лежит в основе всех расчетов систем нефтедобычи. При решении прикладных задач редко возникает необходимость расчета PVT свойств непосредственно, однако понимание принципа их расчета, а особенно зависимости результатов расчета от исходных данных важно.

Цель упражнений по расчету PVT свойств:

- освоить принципы работы с пользовательскими функций Unifloc 7.7 VBA
- изучить влияние исходных PVT данных на результаты расчета PVT свойств
- изучить влияние выбора PVT корреляций на результаты расчета PVT свойств
- изучить механизм калибровки PVT корреляций на результаты измерений

3.1.1 Построение простых PVT зависимостей

Для выполнения упражнения используйте файл "10.PVT.xlsx"

1. Запустите файл с надстройкой Unifloc 7.7 VBA. Для того чтобы убедиться, что надстройка запущена откройте редактор VBE

(Alt+F11). В дереве проектов должен отображаться файл надстройки UniflocVBA_7.xlam, рис. 3.1.

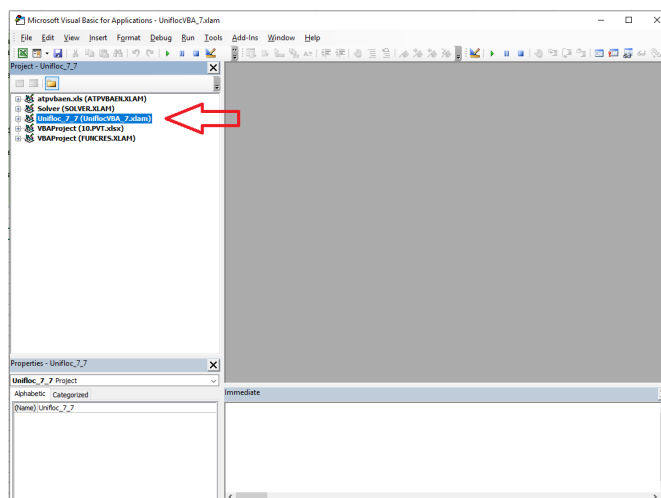


Рис. 3.1 — Окно редактора VBE с загруженной надстройкой Unifloc 7.7 VBA

2. Откройте файл с упражнением 10 . PVT . xlsx (смотри рис. 3.2).

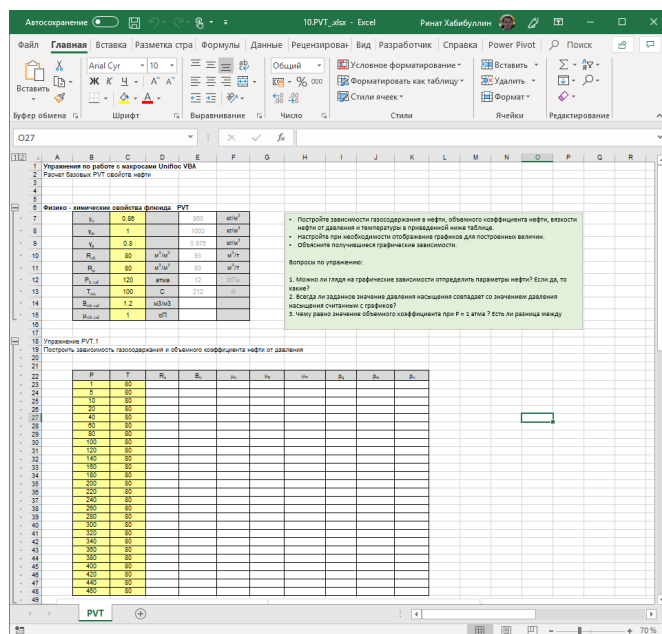


Рис. 3.2 — Открытый файл с упражнением 10 . PVT . xlsx

3. Для расчета первого элемента таблицы в ячейках D23:D48 - газосодержания в нефти при давлении 1 атм и температуре 80 °C - введите в ячейку D23 строку

`=PVT_Rs_m3m3(B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_; gamma_wat_; Rsb_; Rp_; Pb_; Tres_; Bob_; muob_)`

Обратите внимание – при запущенной надстройке достаточно начать вводить в ячейку формулу, например ввести =PVT как Excel откроет

выпадающий список с подсказкой, показывающий возможные варианты названий функций (смотри рис. 3.3).

В приведенной строке B23;C23 - ссылки на соответствующие ячейки, gamma_gas; gamma_oil - также ссылки на ячейки, которые предварительно были поименованы.

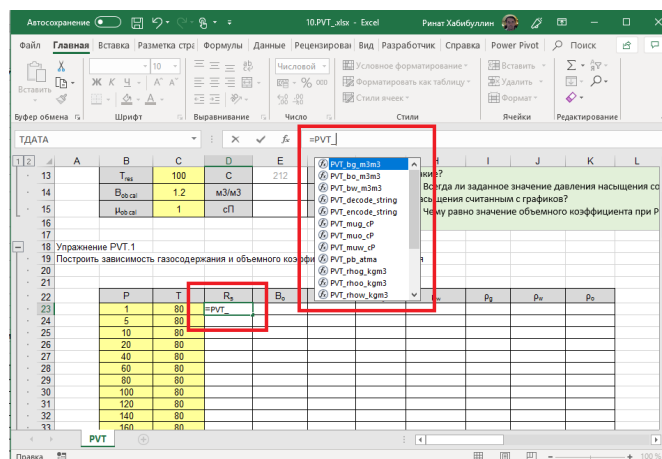


Рис. 3.3 — Выпадающий список с подсказками названий функции

Из выпадающего списка выберите функцию =PVT_Rs_m3m3 (после чего нажмите кнопку f_x ”вставить функцию”слева от строки формул. Это вызовет окно задания параметров функции, в котором будут указаны все параметры, которые необходимо ввести. В этом окне можно ввести необходимые значения параметров или указать ссылки на соответствующие ячейки.

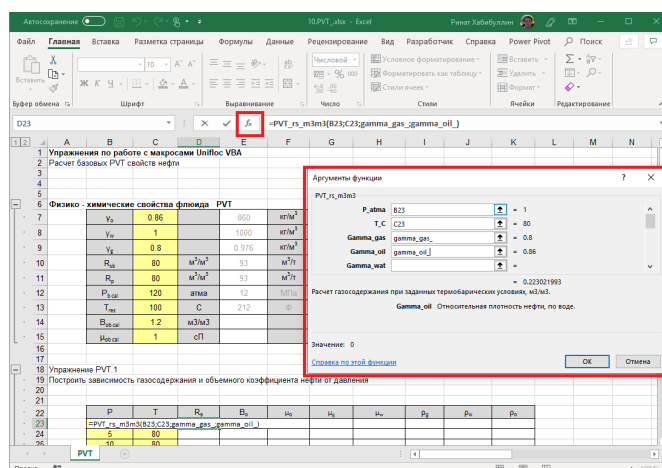


Рис. 3.4 — Окно ввода аргументов функции

4. После ввода всех параметров и нажатия кнопки ОК в ячейке должен отобразиться результат расчета. Воспользовавшись инструментом ”Вли-

яющие ячейки” на вкладке ”Формулы” можно отследить на какие ячейки ссылается введенная формула

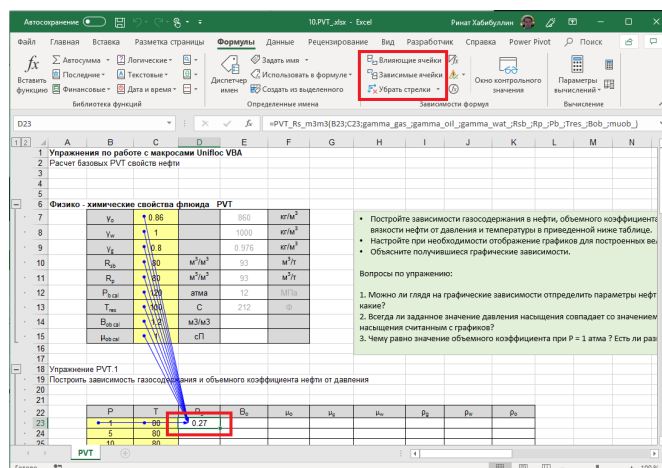


Рис. 3.5 — Результат вызова пользовательской функции с отображение влияющих ячеек

5. Аналогично заполните все ячейки таблицы D23 : D48 вызовами функции =PVT_Rs_m3m3 () с соответствующими параметрами. Это можно сделать ”протянув” ранее введенную функцию в ячейке D23.

Обратите внимание, что при ”протягивании” поименованные ячейки оказываются закрепленными, а ссылки на значения давления и температуры съезжают вместе с протягиваемой ячейкой. Результат показан на рисунке

3.6

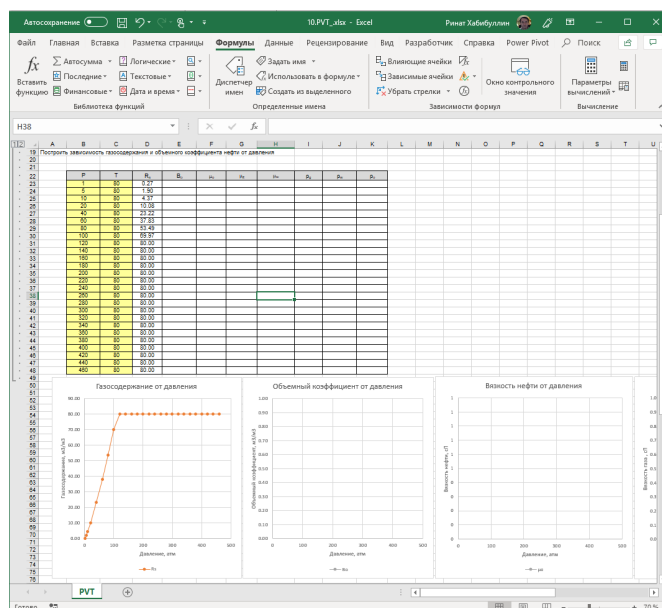


Рис. 3.6 — Результат расчета зависимости газосодержания от давления

6. По аналогии с зависимостью газосодержания от давления постройте графики зависимости других параметров от давления. Используйте следующие функции для проведения расчетов:

функция расчета объемного коэффициента нефти

```
=PVT_Bo_m3m3 (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_; Rsb_;  
Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

функция расчета вязкости нефти при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Muo_cP (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_; Rsb_;  
Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

функция расчета вязкости газа при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Mug_cP (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_; Rsb_;  
Rp_; Pb_;Pb_;Bob_;muob_)
```

функция расчета вязкости воды при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Muw_cP (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_; Rsb_;  
Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

функция расчета плотности газа при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Rhog_kgm3 (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;  
Rsb_; Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

функция расчета плотности воды при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Rhow_kgm3 (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;  
Rsb_; Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

функция расчета плотности нефти при заданных термобарических условиях

```
=PVT_Rhoo_kgm3 (B23;C23;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;  
Rsb_; Rp_; Pb_;Tres_;Bob_;muob_)
```

Результаты приведены на рисунке 3.7

7. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.
- Можно ли глядя на графические зависимости определить параметры нефти? Если да, то какие?
 - Всегда ли заданное значение давления насыщения совпадает со значением давления насыщения считанным с графиков?

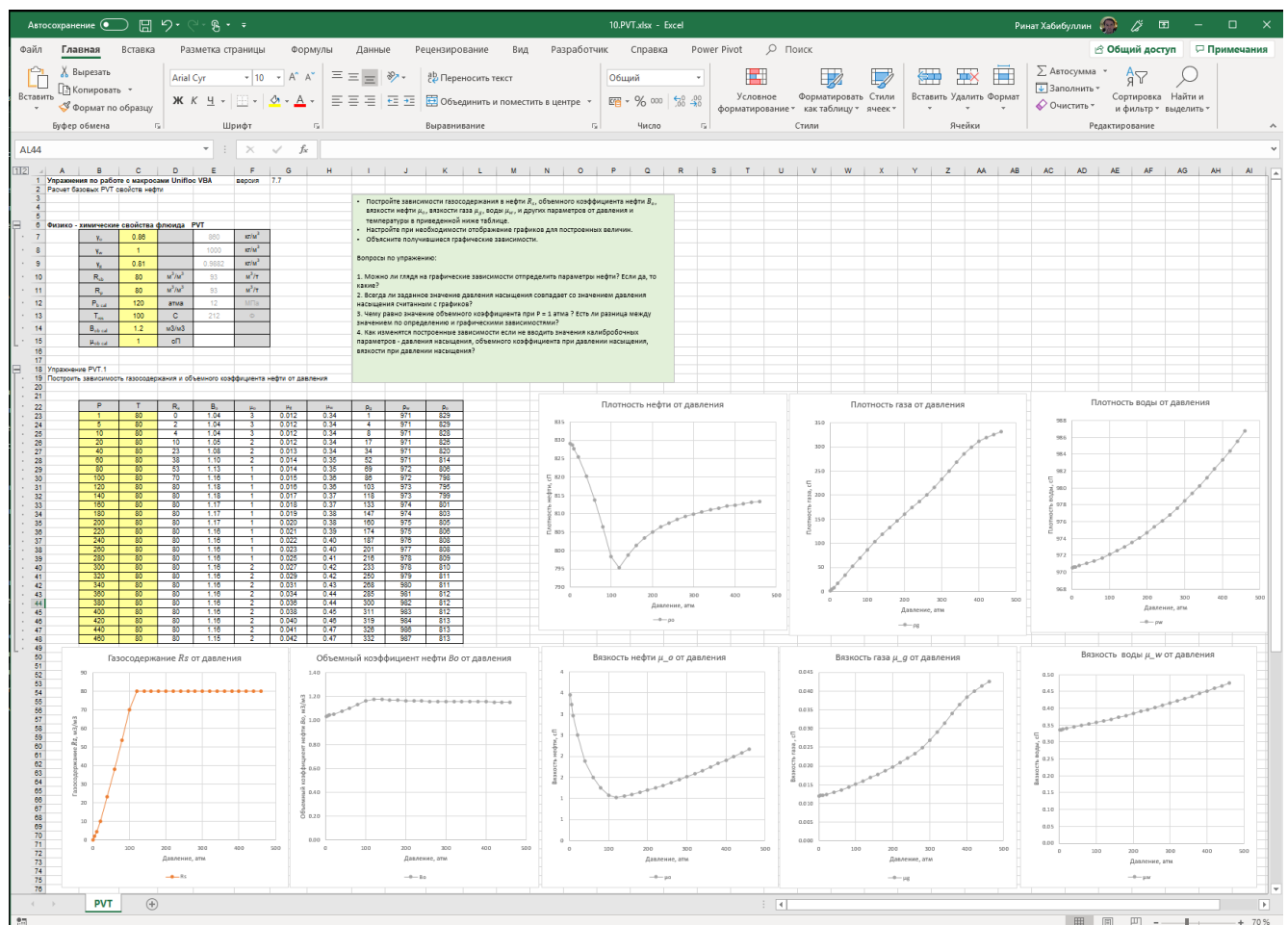


Рис. 3.7 — Результат расчета зависимости свойств пластовых флюидов от давления

- в) Чему равно значение объемного коэффициента при $P = 1$ атма? Есть ли разница между исходным значением и значением определенным по графическими зависимостями?
- г) Как изменятся построенные зависимости если не вводить значения калибровочных параметров - давления насыщения, объемного коэффициента при давлении насыщения, вязкости при давлении насыщения?

3.2 Расчет производительности скважины

Модель притока к скважине является достаточно простой и одновременно полезной, позволяя оперативно оценивать добычные возможности скважины. Для

индикаторной диаграммы Вогеля зависимость забойного давления от дебита ниже давления насыщения перестает быть линейной.

Для выполнения упражнения необходимо задать:

1. PVT свойства флюидов
2. Параметры работы скважины на установившемся режиме
3. Пластовое давление

R14																			
1	Упражнения по работе с макросами Unifloc VBA	версия	7.7																
2	Построение индикаторной кривой																		
3																			
4																			
5																			
6	Физико - химические свойства флюида PVT																		
7	V_o	0.87		870	кг/м ³														
8	V_w	1		1000	кг/м ³														
9	V_g	0.8		1	кг/м ³														
10	R_{sb}	80	м ³ /м ³	92	м ³ /л														
11	R_{sp}	80	м ³ /м ³	92	м ³ /л														
12	$P_{b\text{ cal}}$	120	атма	12	МПа														
13	T_{res}	100	°C	212	°F														
14	$B_{ob\text{ cal}}$	1.2	м ³ /м ³																
15	$\mu_{ob\text{ cal}}$	1	сП																
16	f_w	22	%	0.22	д.ед.														
17	P_b	120	атма	12	МПа														
18																			
19	Измеренные значение дебита и забойного давления																		
20	$Q_{l\text{ test}}$	100	м ³ /сут																
21	$P_{wf\text{ test}}$	150	атма																
22																			
23	Параметры пласта																		
24	P_{res}	250	атма																
25	PI	1.00	м ³ /сут/атм																
26	Q_{max}	198	м ³ /сут																
27																			
28	Настройка графика																		
29	N	20																	

Рис. 3.8 — Исходные данные для построения индикаторной кривой

Коэффициент продуктивности PI скважины рассчитывается в ячейке C25 по замеренным данным с помощью функции

`=IPR_PI_sm3dayatm(qltest_;Pwf test_;Pres_;fw_;Pb_)`

А максимальный дебит Q_{max} при максимальной депрессии с забойным давлением равно нулю

`=IPR_Qliq_sm3Day(PI_;Pres_;0;fw_;Pb_)`

После задания всех необходимых параметров перейдем к построению индикаторной кривой.

Для расчета забойного давления в зависимости от дебита введите в ячейку D40 строку

`=IPR_Pwf_atma(PI_;Pres_;C40;fw_;Pb_)`

Для вычисления дебита в зависимости от давления Вы можете воспользоваться функцией

=IPR_Qliq_sm3Day(PI_;Pres_;D40;fw_;Pb_)

поместив ее в ячейку E40.

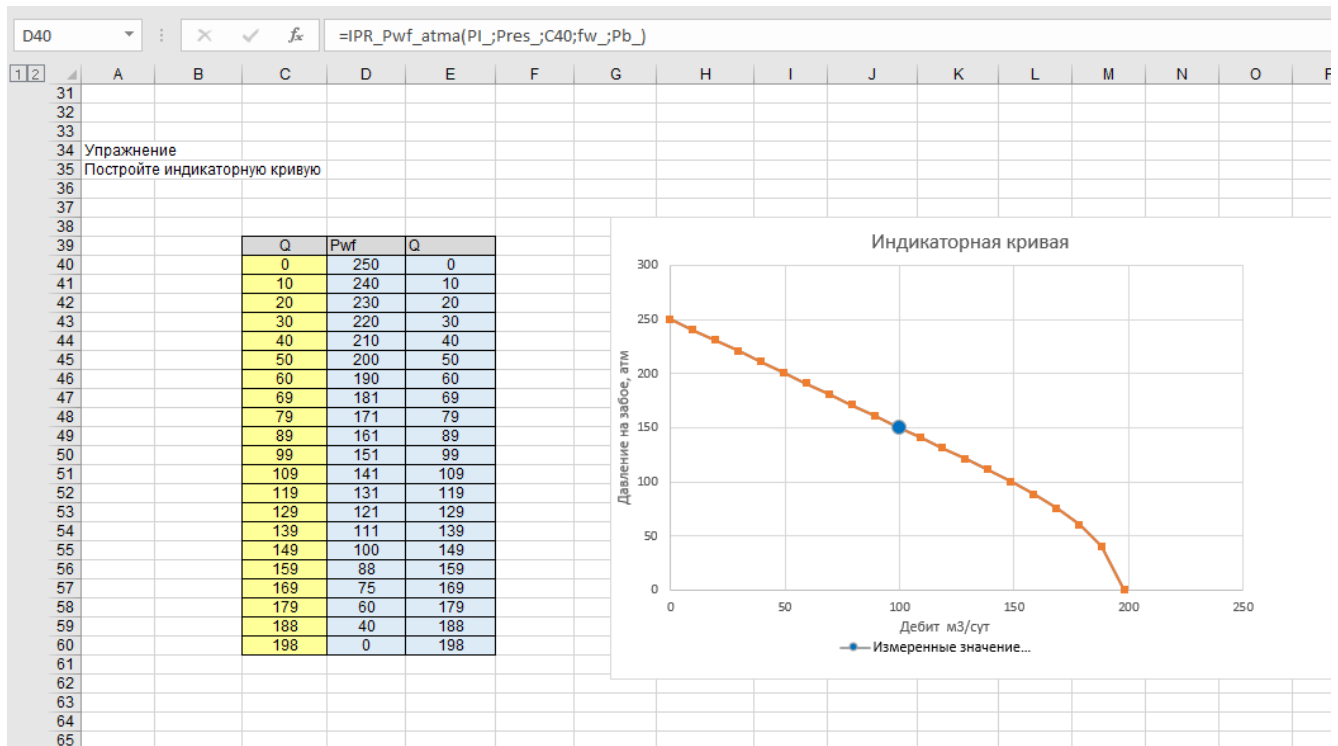


Рис. 3.9 — Результат построения индикаторной кривой

Применяя функции, строя дополнительные графики, ответьте на вопросы по упражнению, приведенные в рабочей книге.

1. Как можно оценить продуктивность скважины?
2. Зависит ли вид индикаторной кривой от газового фактора?

3.3 Набор расчетных модулей анализа скважины

Пример использования алгоритмов Unifloc 7.7 VBA приведен в файле UF7_calc_well.xlsm.

Файл содержит набор расчетных модулей позволяющих провести анализ данных описывающих работу скважины с применением различных методов добычи.

3.4 Расчет свойств многофазного потока

Расчет характеристики потока, состоящего из двух или более фаз, является более сложным, чем вычисление параметров однофазного потока. Вследствие разности плотностей и вязкостей, поведение фаз в потоке может существенно различаться. Расчет параметров газожидкостной смеси необходим для прогнозирования распределения давления в скважине, анализа работы погружного оборудования и т.д.

Аналогично предыдущим упражнениям сперва необходимо задать:

1. PVT свойства флюидов

2. Параметры потока флюида - Q_l - расход жидкости и f_w - обводненность.

После этого в ячейке C20 для удобства использования все PVT свойства сгруппируются в единую строку с помощью функции

=PVT_encode_string(gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;Rsb_;Rp_;Pb_;Tre

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И	Ж	К	Л	М	Н	О	Р	С	Т
1	Упражнения по работе с макросами Unifloc VBA																
2	Расчет свойств многофазного потока																
3																	
4																	
5																	
6	Физико-химические свойства флюида PVT																
7	γ_g	0.87			870	кг/м ³											
8	γ_w	1			1000	кг/м ³											
9	γ_o	0.8			0.976	кг/м ³											
10	R_{sb}	80	м ³ /м ³		92	м ³ /т											
11	R_p	80	м ³ /м ³		92	м ³ /т											
12	$P_{b\text{ sat}}$	120	атма		122	МПа											
13	T_{res}	100	С		212	Ф											
14	$B_{ob\text{ sat}}$	1.2	м ³ /м ³														
15	$\mu_{ob\text{ sat}}$	1	сП														
16	Параметры потока флюида																
17	Q_l	50	м ³ /сут														
18	f_w	10	%														
19																	
20	PVT строка	gamma_gas:0.800;gamma_oil:0.870;gamma_wat:1.000;rsb_m3m3:80.000;rp_m3m3:80.000;pb_atma:120.000;tres_C:100.000;bob_m3m3:1.200;muob_cP:1.000;PVTcorr:0;ksep_fr:0.000;pksep_atma:-1.000;tksep_C:-1.000															
21																	

• Постройте зависимость расхода газожидкостной смеси от давления и температуры

• Постройте зависимость доли газа в потоке от давления и температуры

• Постройте зависимость вязкости смеси от давления и температуры

• Постройте зависимость давления от газового фактора при котором доля газа в потоке равна заданной

Вопросы по упражнению

1. Насколько изменится расход ГЖС при изменении температуры от 30 С до 100 С. Оцените в уме и проверьте себя на основе расчета

2. Может ли в потоке появиться свободный газ при давлении выше давления насыщения? Если да то при каких условиях?

3. Как изменится вязкость ГЖС при подъеме на поверхность в скважине? Оцените степень изменения в уме и проверьте себя на основе расчета

Рис. 3.10 — Исходные данные для расчета параметров многофазного потока

Для расчета параметров смеси при разных термобарических условиях вставьте следующие функции в таблицу и "протяните" их для полного заполнения.

Для расчета Q_{mix} - объемного расхода смеси воспользуйтесь в ячейке E28 функцией

=MF_Qmix_m3day(Q_;fw_;C28;D28;PVRstr1_)

Вычисление β_{gas} - объемной доли газа в потоке в ячейке F28 производится с помощью функции

=MF_gas_fraction_d(C28;D28;fw_;PVRstr1_)

А вязкости газожидкостной смеси μ_{mix} в G28

=MF_Mumix_cP(Q_;fw_;C28;D28;PVRstr1_)

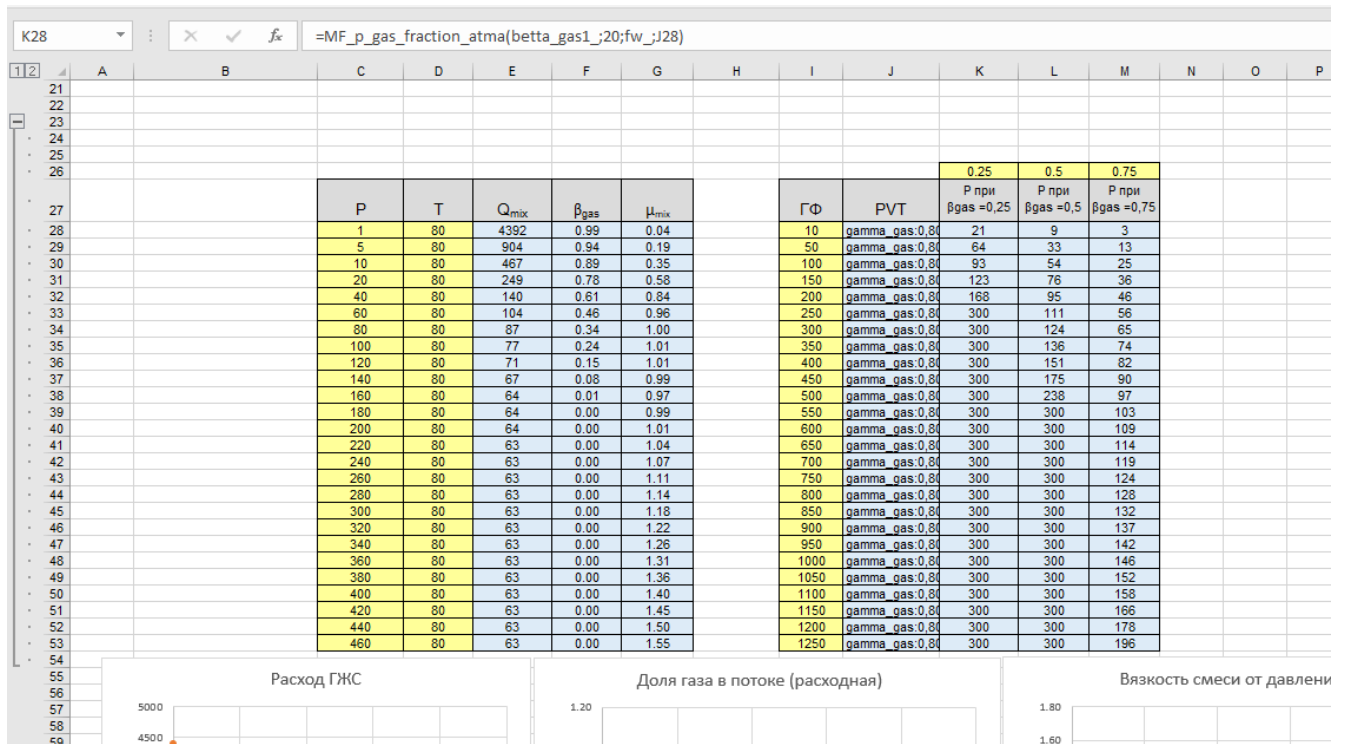


Рис. 3.11 — Расчет параметров многофазного потока

Для вычисления давления в зависимости от газового фактора и объемного содержания газа в потоке β_{gas}

Поместите в ячейку J28 строку:

=PVT_encode_string(gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;Rsb_;I28;Pb_;Tre

А в ячейки K28, L28, M28 функцию для вычисления давления

=MF_p_gas_fraction_atma(X;20;fw_;J28)

где X соответствующие ссылки на ячейки с β_{gas} - K26, L26, M26

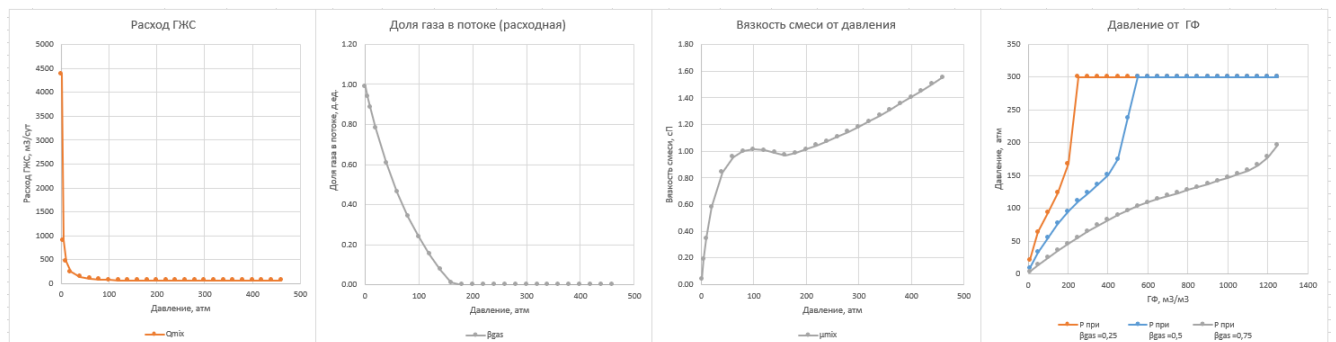


Рис. 3.12 — Графики для параметров многофазного потока

Далее для расчета вязкости отдельных фаз потока при различных Р,Т аналогично воспользуйтесь функциями.

Вязкость смеси μ_{mix} в E98

=MF_Mumix_cP(Q_;fw_;C98;D98;PVRstr1_)

Вязкость газа μ_{gas} в F98

=PVT_Mug_cP(C98;D98;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;Rsb_;Rp_;Pb_;Tr

Вязкость нефти μ_o в G98

=PVT_Muo_cP(C98;D98;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;Rsb_;Rp_;Pb_;Tr

И вязкость воды μ_w в H98

=PVT_Muw_cP(C98;D98;gamma_gas_;gamma_oil_;gamma_wat_;Rsb_;Rp_;Pb_;Tr

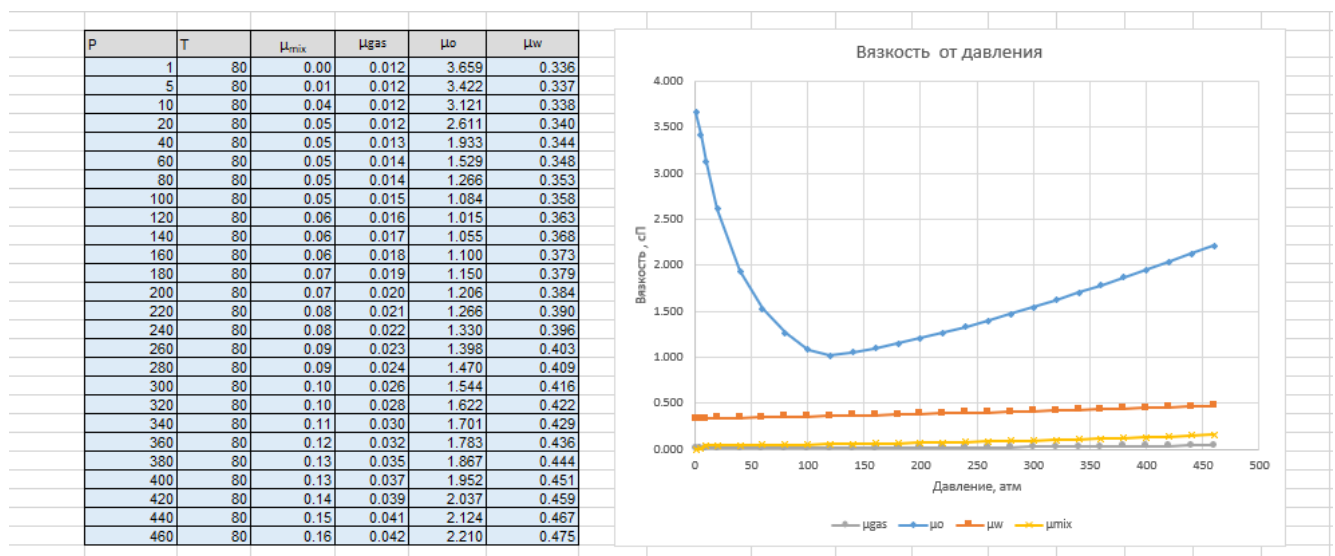


Рис. 3.13 — Разложение вязкости смеси на отдельные компоненты

Для самопроверки ответьте на следующие вопросы

1. Насколько изменится расход ГЖС при изменении температуры от 30 С до 100 С? Оцените в уме и проверьте себя на основе расчета
2. Может ли в потоке появиться свободный газ при давлении выше давления насыщения? Если да то при каких условиях?
3. Как изменится вязкость ГЖС при подъеме на поверхность в скважине? Оцените степень изменения в уме и проверьте себя на основе расчета

Стоит отметить, что некоторые функции возвращают результат в виде массивов, которые занимают несколько ячеек. (Это можно определить по наличию фигурных скобок в строке формул). Поэтому для выдачи правильного результата необходимо выделить диапазон ячеек для будущего расположения массива. (Он выделен синим цветом; если диапазон окажется большим, в лишних ячейках появится сообщение "Н/Д"). После выделения диапазона наберите необходимую формулу и нажмите сочетание клавиш CTR+Shift+Enter.

Пользуясь инструкцией выше для расчета линейного давления по буферному выделите диапазон C29:G30 и вставьте функцию в строку формул

```
=MF_p_choke_atma(Qliq;fw;d_choke;Pbuf;1;d_pipe;T_choke;;PVTstr_)
```

Если Вы все сделали правильно, то Вы увидите массив значений из двух строк: строка названий параметров и их значения.

Аналогично для расчета перепада давления

```
=MF_p_choke_atma(Qliq;fw;d_choke;Pbuf;1;d_pipe;T_choke;;PVTstr_)
```

Расчет буферного давления по линейному

```
=MF_p_choke_atma(Qliq;fw;d_choke;Plin;0;d_pipe;T_choke;;PVTstr_)
```

И перепад давления для данного случая

```
=MF_dp_choke_atm(Qliq;fw;d_choke;Plin;0;d_pipe;T_choke;;PVTstr_)
```

Для вычисления дебита с помощью давлений предварительно необходимо рассчитать подстроечный параметр

```
=MF_cf_choke_fr(Qliq;fw;d_choke;Pbuf;Plin;d_pipe;T_choke;PVTstr_)
```

После возможно рассчитать уже сам дебит через штуцер

```
=MF_qliq_choke_sm3day(fw;d_choke;Pbuf;Plin;d_pipe;T_choke;C37;PVTstr_)
```

Чтобы построить график давление на входе штуцера от дебита при разных давлениях на выходе воспользуйтесь функцией для полного заполнения таблицы

```
=MF_p_choke_atma(C49;fw;d_choke;B50;0;d_pipe;T_choke;0;PVTstr_)
```

Теперь Вы можете ответить на следующие вопросы:

1. Какие параметры описывают гидравлический элемент штуцер? какие надо задать, а какие можно рассчитать?
2. Постройте зависимость давления на входе в штуцер от дебита. Для всех ли значений дебита можно построить такую зависимость?
3. Настройте модель штуцера по известному дебиту и перепаду давления.

Как изменится дебит в этом случае при уменьшении диаметра штуцера

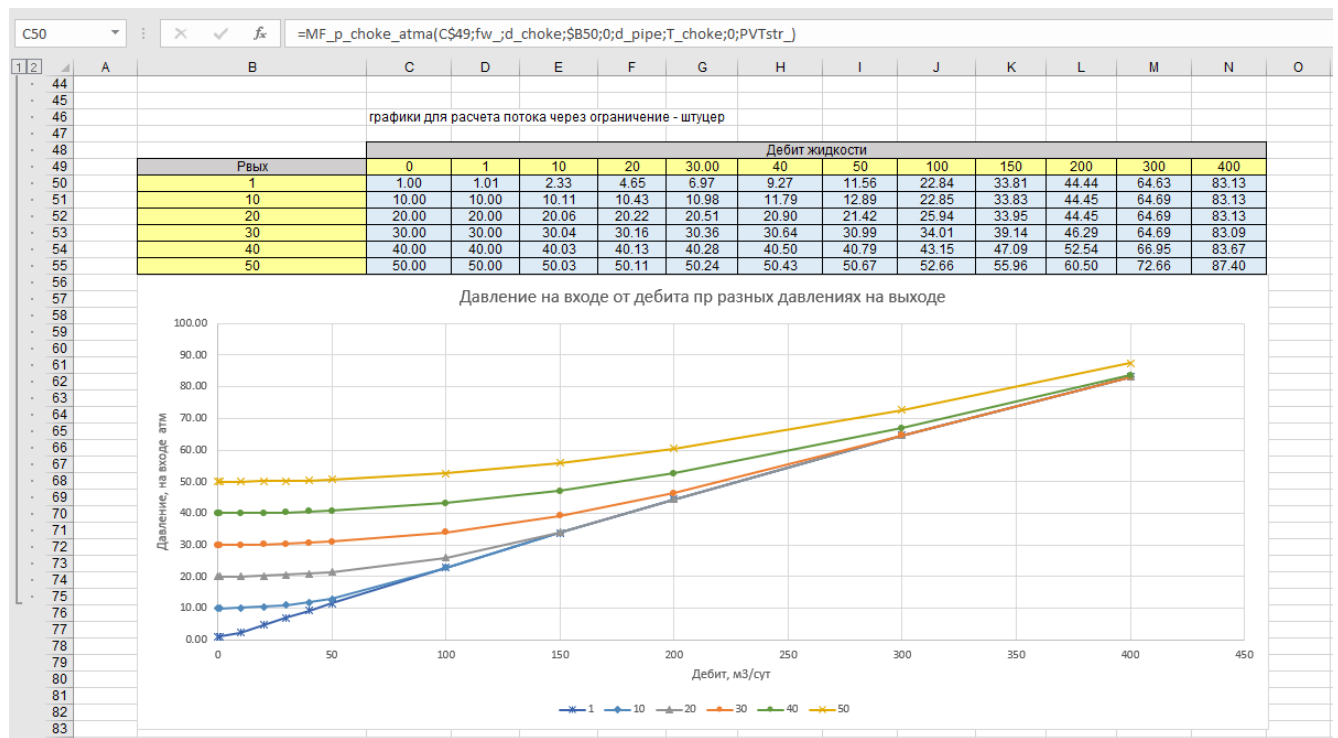


Рис. 3.16 — Давление на входе штуцера в зависимости от различных дебитов на выходе и давлений

3.5.1 Расчетный модуль анализа и настройки PVT свойств