

На правах рукописи

Примеры и упражнения

Unifloc 7 VBA

Unifloc 7.22 VBA

Москва 2019

Оглавление

	Стр.
Глава 1. Упражнения по работе с пользовательскими функциями	
Unifloc 7.22 VBA	3
1.1 Трюки и лайфхаки при работе в excel с функциями Unifloc 7.22 VBA	3
1.2 Работа с таблично заданными кривыми	5
1.2.1 Интерполяция линейная и сплайнами	6
1.3 Расчет базовых PVT свойств флюидов	7
1.4 Расчет свойств потока флюидов	8
1.5 Расчет производительности скважины	10
1.6 Расчет штуцера	12
1.7 Расчет распределения давления в трубе	13
1.7.1 Расчет прямолинейного участка трубы. Простой вариант . .	13
1.7.2 Расчет участка трубопровода со сложным рельефом.	14
1.8 Расчет коэффициентов сепарации	15
1.9 Анализ работы ЭЦН	17
Словарь терминов	23

Глава 1. Упражнения по работе с пользовательскими функциями Unifloc 7.22 VBA

Освоить работу с расчетными функциями Unifloc 7.22 VBA можно выполняя упражнения описанные в данном разделе и изучая устройство тестовых расчетных модулей. Упражнения демонстрируют некоторые типовые приемы работы с пользовательскими функциями Unifloc 7.22 VBA. На основе этих приемов можно создать свои расчетные модули решающие специфические задачи пользователя. Примеры не являются исчерпывающими. Варианты работы с расчетными модулями Unifloc 7.22 VBA не ограничиваются описанными приемами. Цель данного описания - помочь сделать первые шаги в проведении расчетов. Упражнения помогут:

- освоить принципы работы с пользовательскими функциями Unifloc 7.22 VBA
- изучить основы проведения инженерных расчетов в области добычи нефти

1.1 Трюки и лайфхаки при работе в excel с функциями Unifloc 7.22 VBA

Знание некоторых трюков может сильно упростить работу с пользовательскими функциями Unifloc 7.22 VBA.

1. Для работы с примером должна быть запущена надстройка Unifloc 7.22 VBA. Убедиться, что надстройка запущена можно найдя вкладку Unifloc в панели меню Excel, рис. 1.1.

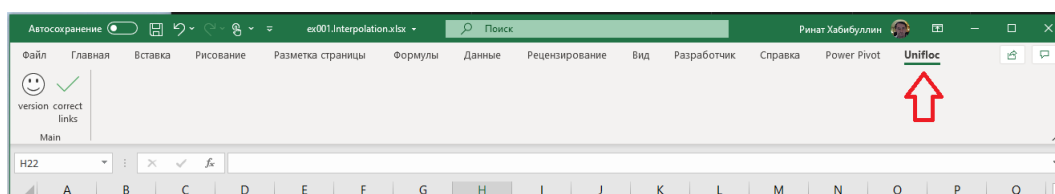


Рис. 1.1 — Открытая панель Unifloc

2. При необходимости вывести массив значений как результат расчета функций `crv_solve` или `crv_intersection` используйте комбина-

цию клавиш **Cntrl+Shift+Enter** или динамические массивы¹ (для новых версий Excel). Если для динамических массивов требуется подавить вывод массива - используйте знак **@** в строке вызова, например как **=@crv_solve(...)**.

3. Все названия функций Unifloc 7.22 VBA начинаются с префикса. Это позволяет быстро искать необходимые функции. 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. 1.2).

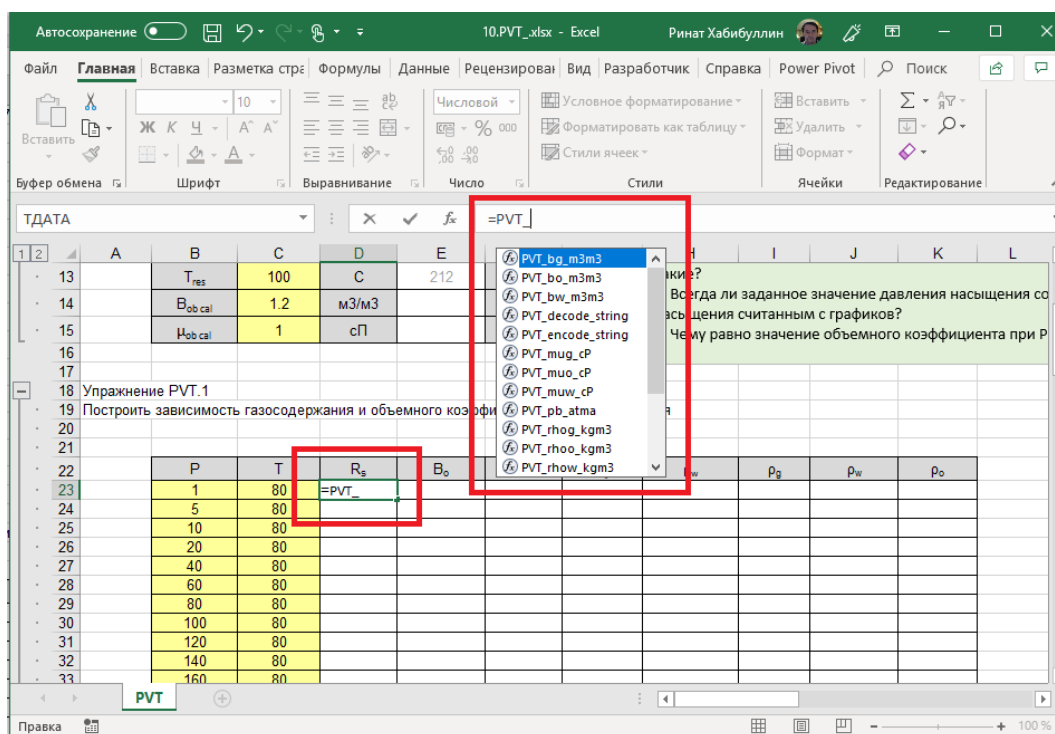


Рис. 1.2 — Выпадающий список с подсказками названий функции

4. 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 (смотри рис. 1.3). В этом окне можно задать необходимые значения параметров или указать ссылки на соответствующие ячейки. Для "хороших" функций в окне задания параметров функции будут подсказки. Также в окне задания параметров можно сразу видеть результат расчета если задан достаточный набор параметров.

¹ подробнее про динамические массивы (dynamic arrays) можно посмотреть в интернете, например - <https://www.planetaexcel.ru/techniques/2/9112/>

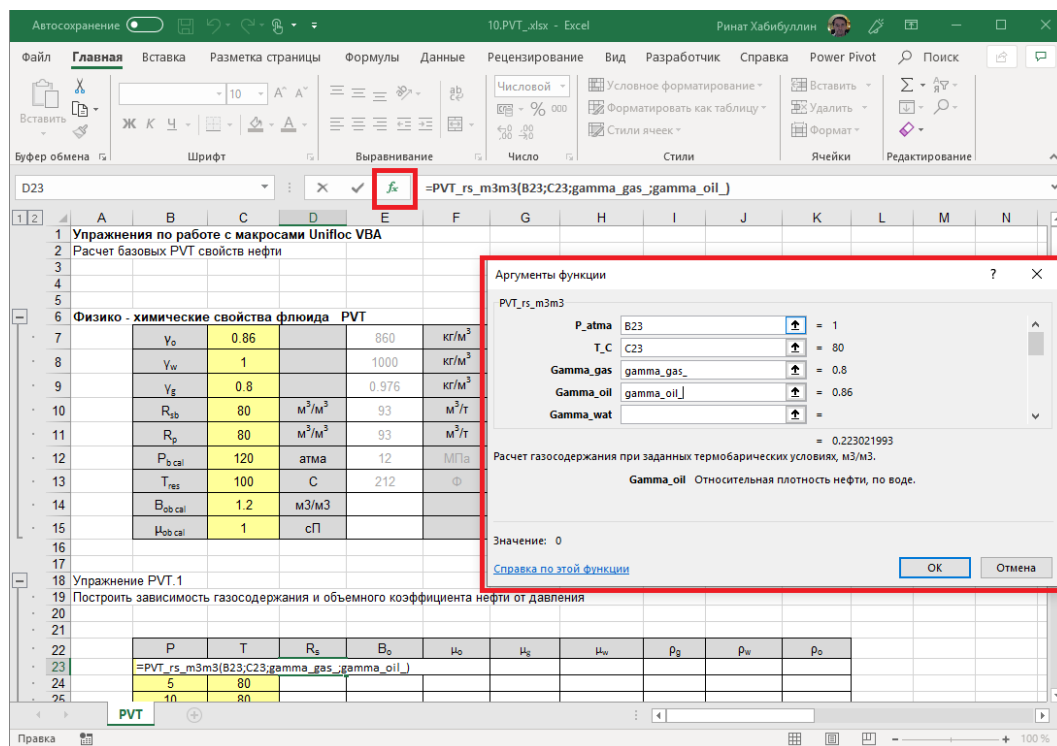


Рис. 1.3 — Окно ввода аргументов функции

- После ввода всех параметров и нажатия кнопки ОК в ячейке должен отобразиться результат расчета. Воспользовавшись инструментом "Влияющие ячейки" на вкладке "Формулы" можно отследить на какие ячейки ссылается введенная формула (смотри рис. 1.4)

1.2 Работа с таблично заданными кривыми

Инженерный анализ требует умения ловко работать с графическими данными - кривыми, картами, кросс плотами и графиками. Кроме отображения графических данных, что легко делается стандартными программами - часто требует проводить по ним расчеты. Набор функций Unifloc 7.22 VBA для работы с таблично заданными кривыми может оказать полезными для этих целей.

Функции Unifloc 7.22 VBA для работы с таблично заданными кривыми начинаются с префикса `crv_`, от слова *curve*. Доступна функциональность

- интерполяции различными методами (работает и экстраполяция)
- поиска решения уравнения вида $f(x) =$ где функция $f(x)$ задана таблицей (ищется решение для линейной аппроксимации)

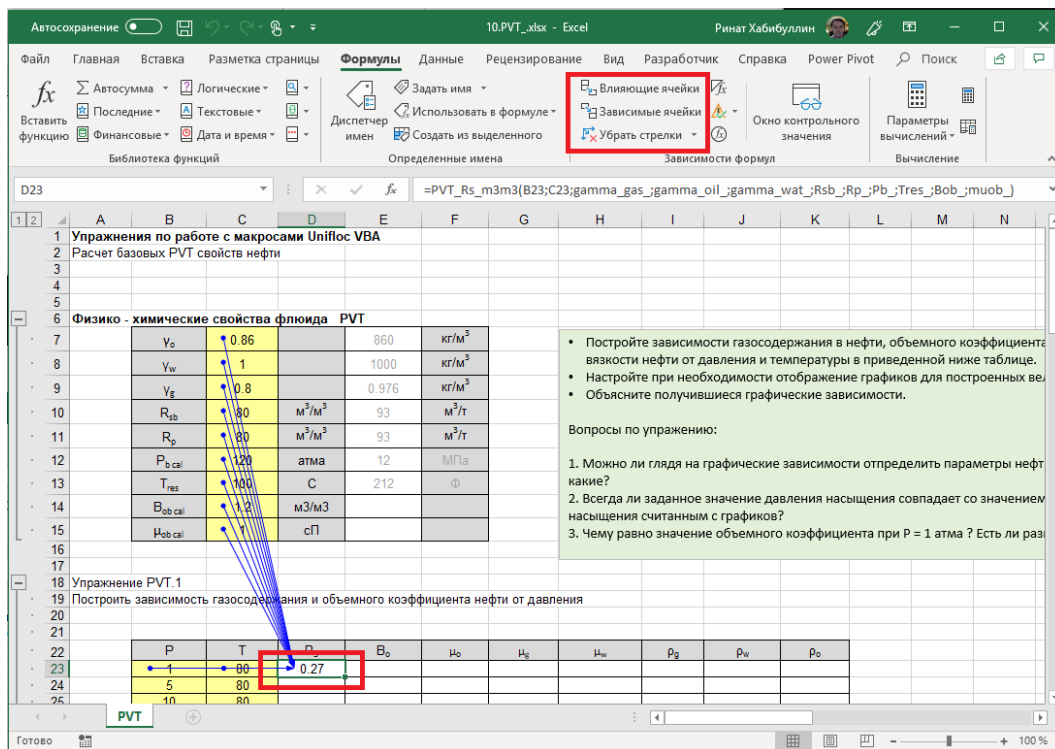


Рис. 1.4 — Результат вызова пользовательской функции с отображение влияющих ячеек

- поиска пересечений двух кривых заданных таблицами (ищется решение для линейно аппроксимации)

В коде можно обнаружить еще ряд функций, но они не будут описываться в данном руководстве, хотя по ним можно найти примеры в папке `examples` репозитория.

1.2.1 Интерполяция линейная и сплайнами

Файл примера `ex001.Interpolation.xlsx` можно найти в папке `examples` репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Для работы с примером должна быть запущена надстройка Unifloc 7.22 VBA. Убедиться, что надстройка запущена можно найдя вкладку Unifloc в панели меню Excel, рис. 1.1.
2. Откройте файл с упражнением `ex001.Interpolation.xlsx` (смотри рис. 1.5).

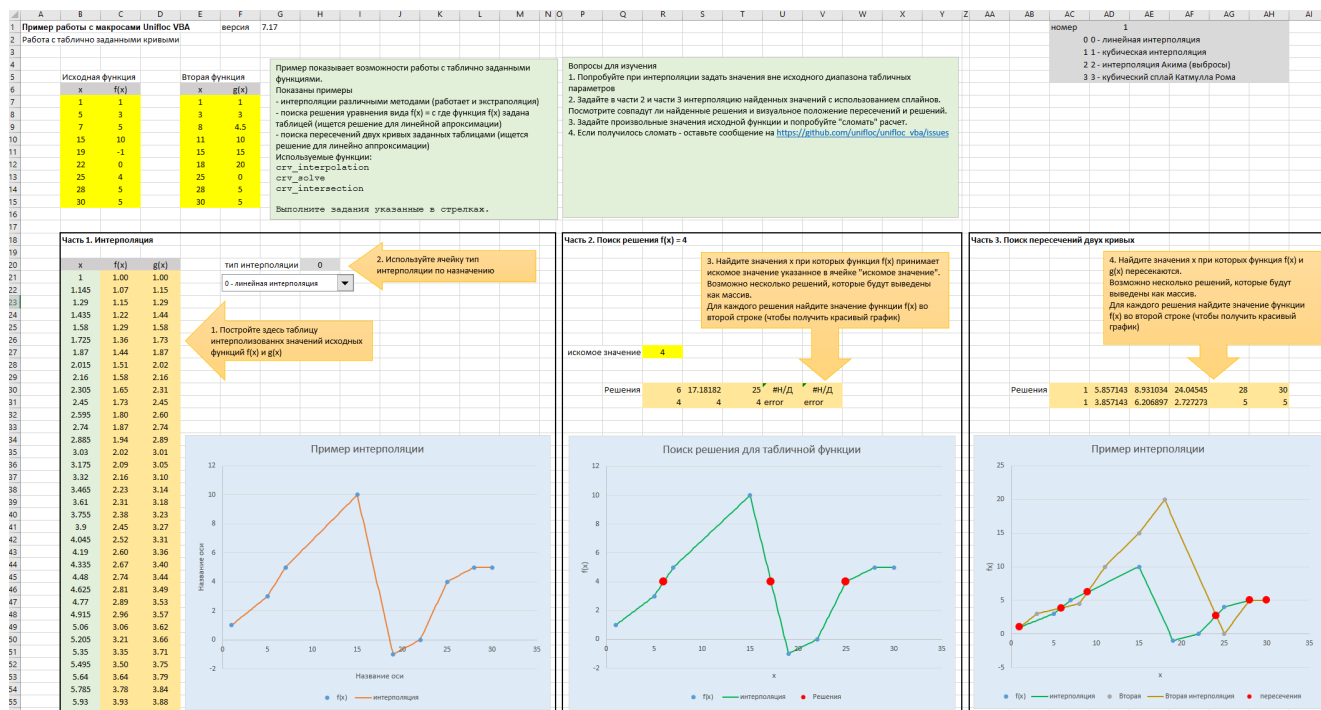


Рис. 1.5 — Упражнение ex001.Interpolation.xlsx со всеми заполненными полями

Пример разделен на три части: Часть 1. Интерполяция; Часть 2. Поиска решения $f(x) = c$; Часть 3. Поиск пересечения двух кривых.

3. Выполните задания указанные в стрелках (последовательность выполнения по номерам стрелок). При этом должны автоматически построиться графики как на рисунке 1.5).
4. Постарайтесь ответить на вопросы в блоке "Вопросы для изучения"

1.3 Расчет базовых PVT свойств флюидов

Расчет физико химических свойств пластовых флюидов (PVT параметров) 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.

Для выполнения упражнения используйте файл "ex010.PVT.xlsx"

1. Откройте файл с упражнением 10.PVT.xlsm (смотри рис. 1.6).

ном состоянии. На практике приходится иметь дело с флюидами двигающимися в скважине или трубопроводе - с потоком флюидов. В потоке флюидов добавляются дополнительные параметры – расход флюидов или дебит Q_{liq}, Q_g и обводненность f_w – показатель показывающий объемную долю воды в потоке. Функции работающие с потоками в Unifloc 7.22 VBA имеют префикс MF_. Префикс должен намекать на многофазность потока и на самом деле плох с лингвистической точки зрения (multiphase - has no F letter), но удобен с программистской точки зрения и уже поздно его менять.

Файл примера ex011.Gas_fraction.xlsx можно найти в папке examples репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Откройте файл с упражнением 10.PVT.xlsm (смотри рис. 1.7).

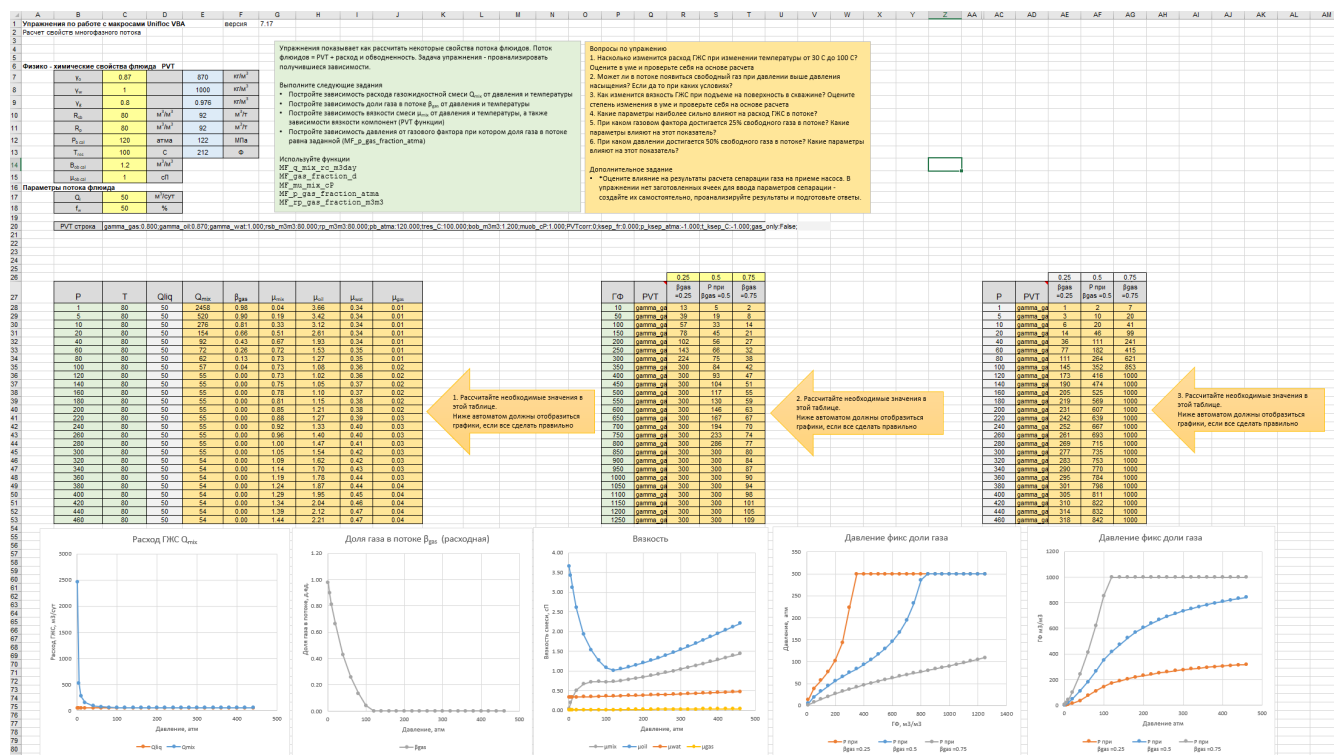


Рис. 1.7 — Упражнение ex011.Gas_fraction.xlsm со всеми заполненными полями

2. Выполните задания указанные в описании. Задания простые – требуется рассчитать три таблицы значений для построения графиков и провести анализ построенных графиков. Названия необходимых функций указаны в описании 1.7). Вопросы по упражнению помогут вам провести анализ. Текст заданий не приводится в описании, так как файлы упражнений пер-

вичны. Любые изменения скорее будут вноситься в файлы с заданиями, нежели в описание.

3. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.
4. Выполните дополнительное задание, если чувствуете силы. В дополнительном задании говорится о сепарации газа на приеме насоса. Имеется в виду следующее - если у нас есть пластовые флюиды, свойства которых мы знаем и можем задать, то после сепарации части свободного газа, что часто происходит на скважинном насосе, свойства флюида изменятся. Изменится его эффективное давление насыщения (потому что мы убрали часть газа) и газосодержание при давлении насыщения. И соответственно поплывут и остальные свойства. Это можно учесть задав в `PVT_Encode()` три параметра - коэффициент сепарации газа K_{sep} , давление при которой произошла сепарации P_{sep} и температуру при которой произошла сепарация T_{sep} . Подробнее про это можно найти в соответствующих разделах (поэтому тут это задание дополнительное).

1.5 Расчет производительности скважины

Стационарная модель притока к скважине (закон Дарси с поправкой Воге-ля) - одна из самых простых и распространенных моделей, широко применяемая в индустрии. Unifloc 7.22 VBA содержит функции позволяющие упростить расчет индикаторной кривой. Такие функции имеют префикс `IPR_` от Inflow Performance Relationship.

Файл примера `ex020.IPR.xlsx` можно найти в папке `examples` репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Откройте файл с упражнением `ex020.IPR.xlsm` (смотри рис. 1.8).
2. Выполните задания указанные в описании. Задания просты – требуется рассчитать три таблицы значений для построения графиков и провести анализ построенных графиков. Названия необходимых функций указаны в описании 1.7). Вопросы по упражнению помогут вам провести анализ. Текст заданий не приводится в описании, так как файлы упражнений первичны. Любые изменения скорее будут вноситься в файлы с заданиями, нежели в описание.

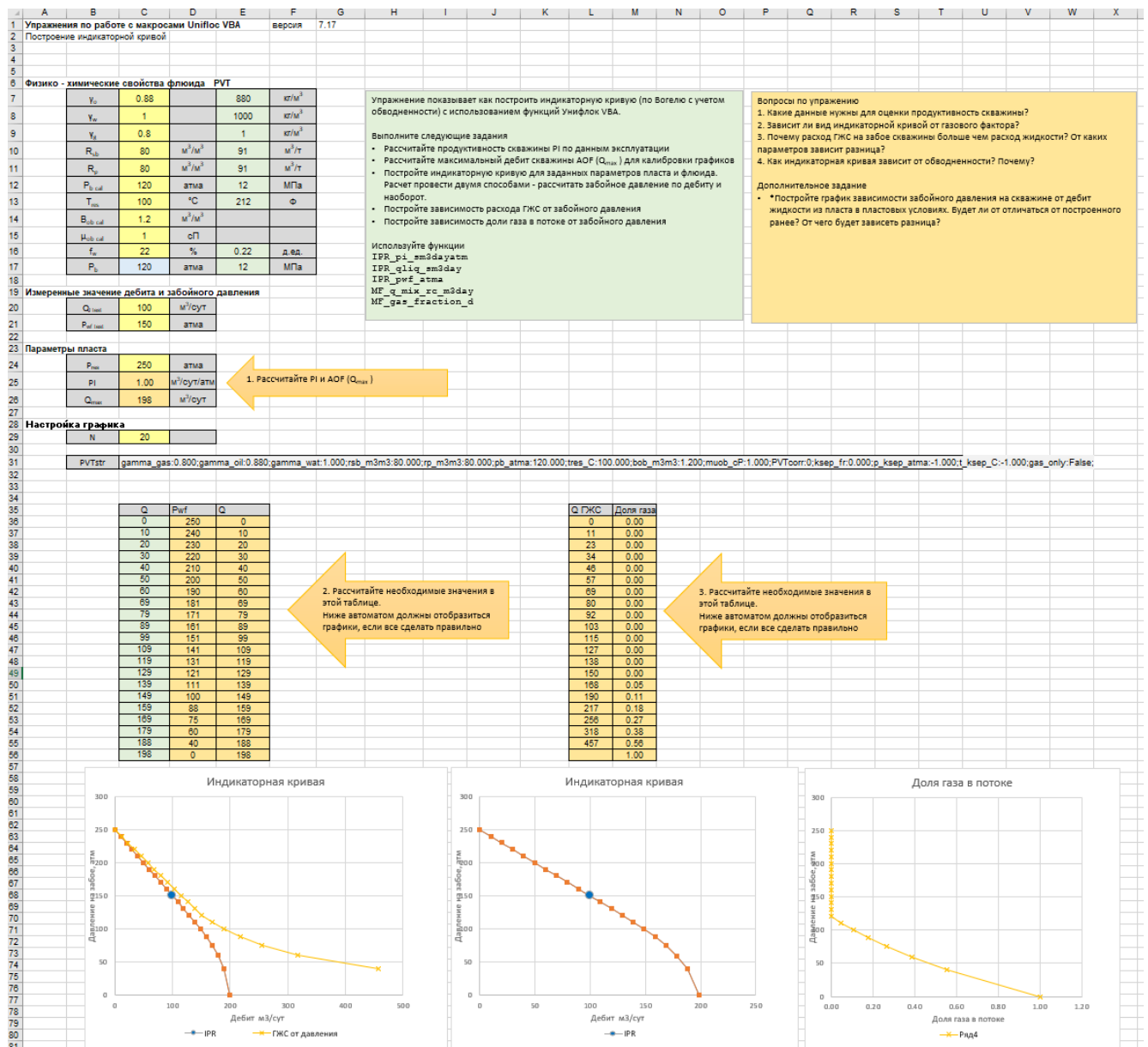


Рис. 1.8 — Упражнение ex020.IPR.xlsm со всеми заполненными полями

3. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.

4. Выполните дополнительное задание, если чувствуете силы.

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

$$=IPR_PI_sm3dayatm(qltest_;Pwftest_;Pres_;fw_;Pb_)$$

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

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

1.6 Расчет штуцера

Для контроля дебита и/или давления на добывающих скважинах вблизи устья может устанавливаться штуцер. Для штуцера, как для любого гидравлического элемента, возможно 4 варианта расчета - расчет давления по потоку, расчет давления против потока, расчет потока по давлениям и настройка модели штуцера по известным давлениям и потоку. В упражнении демонстрируются все варианты расчета.

Файл примера `ex040.MF_choke.xlsm` можно найти в папке `examples` репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Откройте файл с упражнением `ex040.MF_choke.xlsm` (смотри рис.1.9).

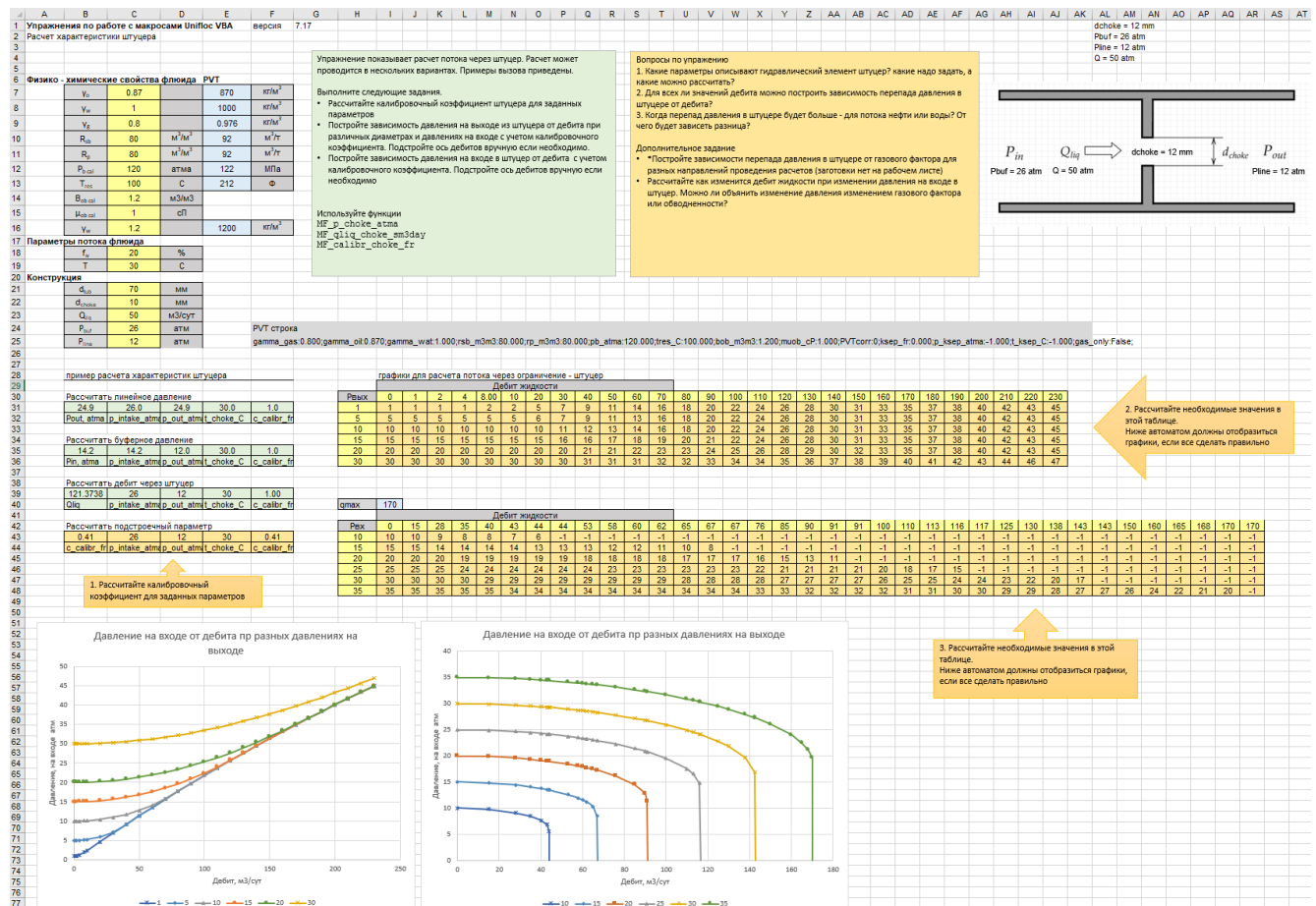


Рис. 1.9 — Упражнение `ex040.MF_choke.xlsm` со всеми заполненными полями

2. Выполните задания указанные в описании. Названия необходимых функций указаны в описании 1.7). При построении графиков может потребоваться изменить значения дебитов по которым проводится расчет для корректного отображения графиков. Текст заданий не приводится в описании, так как файлы упражнений первичны. Любые изменения скорее будут вноситься в файлы с заданиями, нежели в описание.
3. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.
4. Выполните дополнительное задание, если чувствуете силы.

1.7 Расчет распределения давления в трубе

Расчет многофазных потоков в трубе - ключевой для анализа работы скважин и скважинного оборудования. Под расчетов трубы подразумевается в первую очередь расчет распределения давления. Иногда требуется рассчитать и распределение температуры. На распределение давления в трубе среди прочих параметров влияют режим потока газожидкостной смеси и явление проскальзывание газа. Недоучет данных параметров может привести к значительным ошибкам. Методы для расчета распределения давления можно разделить на две категории: корреляции, полученные экспериментальным путем и механистические модели, в основе которых заложены физические модели.

В Unifloc 7.22 VBA есть два набора функций для работы с трубой - простые по работе с прямым участком трубы MF_p_pipe и более сложные по работе с участком трубопровода с учетом рельефа или инклинометрии MF_p_pipeline

1.7.1 Расчет прямолинейного участка трубы. Простой вариант

Файл примера ex050.MF_pipe.xlsm можно найти в папке examples репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Откройте файл с упражнением ex050.MF_pipe.xlsm (смотри рис.1.10).

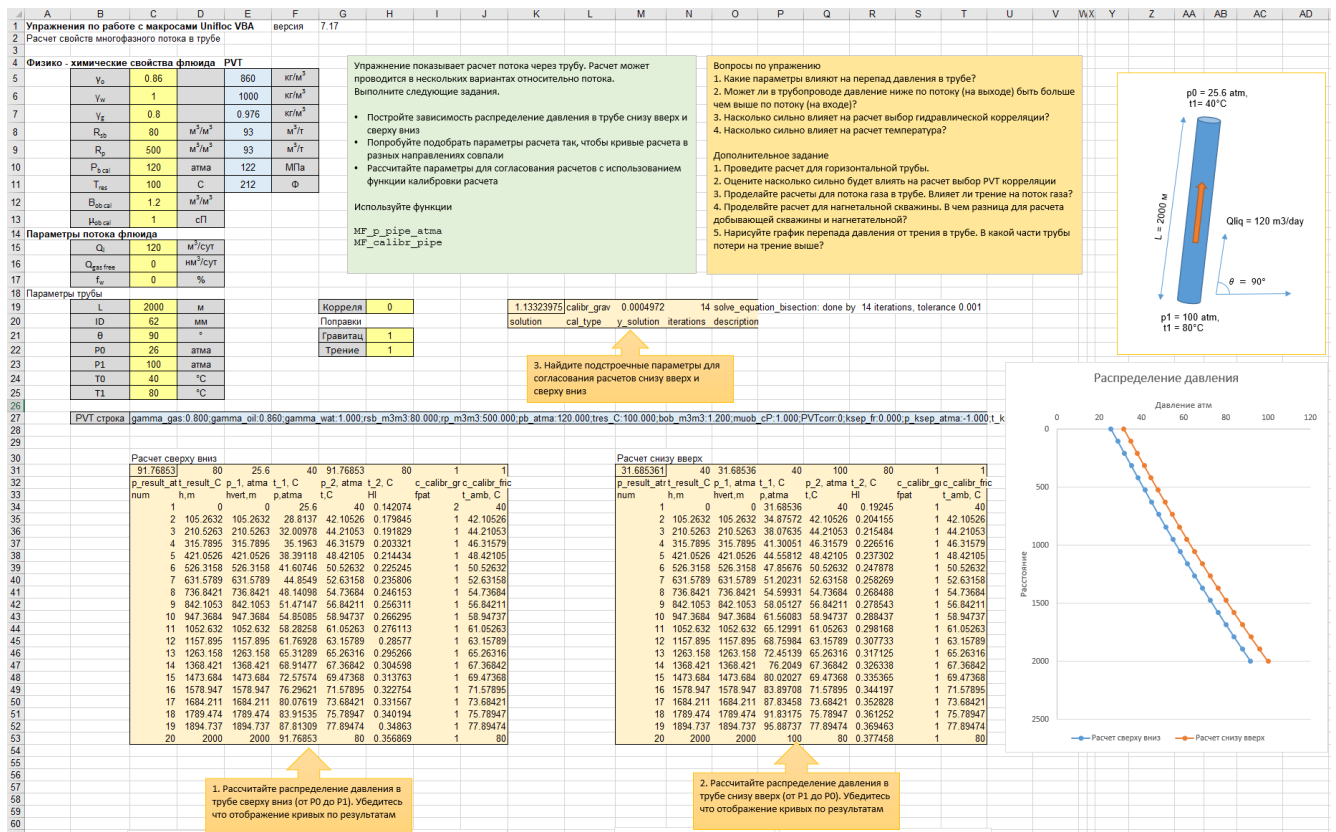


Рис. 1.10 — Упражнение ex050.MF_pipe.xlsm со всеми заполненными полями

2. Выполните задания указанные в описании. Названия необходимых функций указаны в описании 1.10). Текст заданий не приводится в описании, так как файлы упражнений первичны. Любые изменения скорее будут вноситься в файлы с заданиями, нежели в описание.
3. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.
4. Выполните дополнительное задание, если чувствуете силы.

1.7.2 Расчет участка трубопровода со сложным рельефом.

Файл примера ex051.MF_pipeline.xlsm можно найти в папке examples репозитория Unifloc 7.22 VBA.

1. Откройте файл с упражнением ex050.MF_pipe.xlsm (смотри рис.1.11).

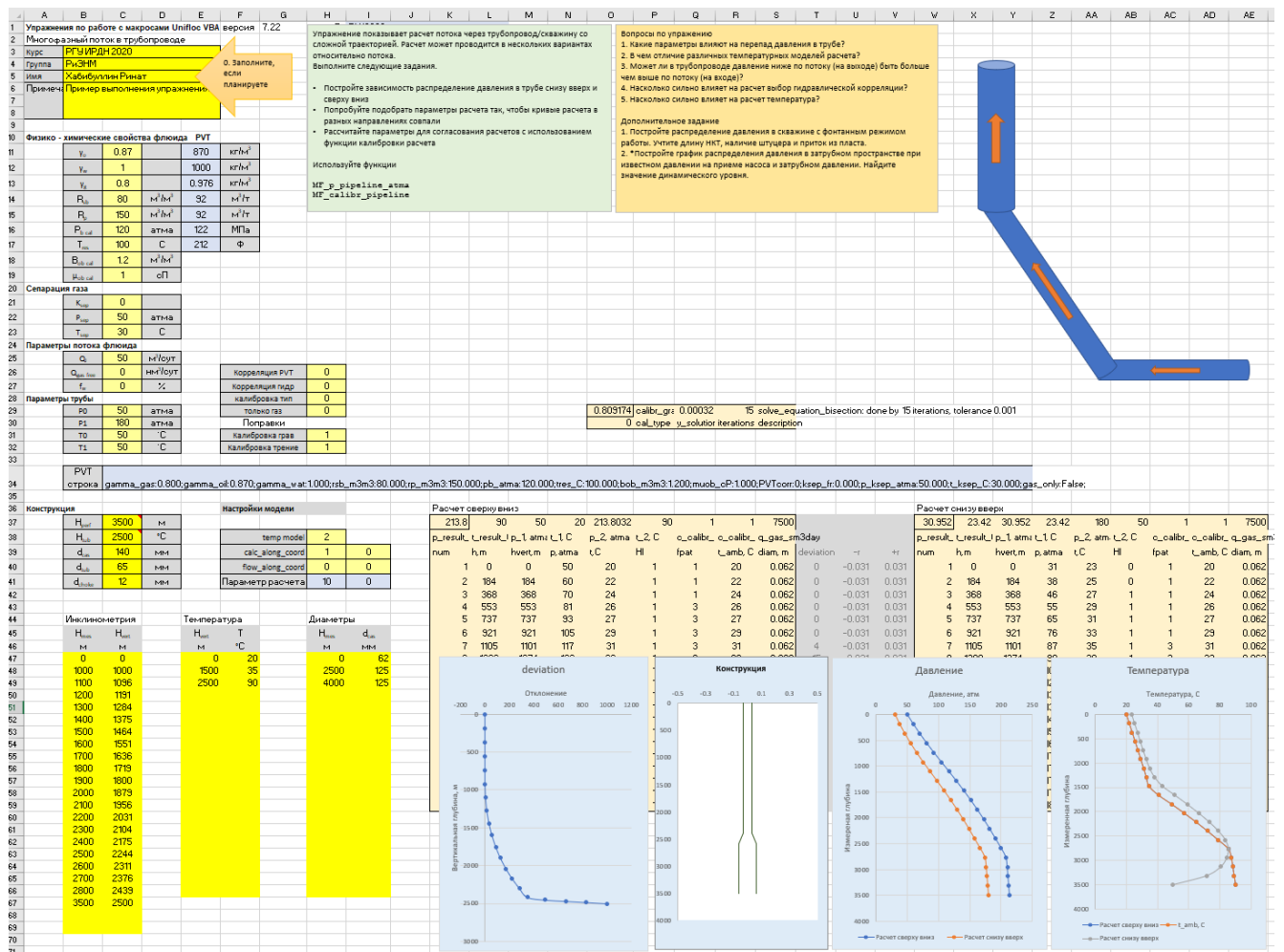


Рис. 1.11 — Упражнение ex051.MF_pipeline.xlsm со всеми заполненными полями

2. Выполните задания указанные в описании. Названия необходимых функций указаны в описании [1.10](#)). Текст заданий не приводится в описании, так как файлы упражнений первичны. Любые изменения скорее будут вноситься в файлы с заданиями, нежели в описание.
3. Ответьте на вопросы по упражнению приведенные в рабочей книге.
4. Выполните дополнительное задание, если чувствуете силы.

1.8 Расчет коэффициентов сепарации

Процессы сепарации на приеме погружного оборудования значительно влияют на процесс добычи. Как при естественной, так и при искусственной се-

парации (при применении газосепараторов) меняются свойства многофазного потока, уменьшается газлифтный эффект, изменяется режим работы центробежного насоса.

В данном упражнении помимо стандартного определения PVT свойств требуется задать термобарические условия на приеме погружного оборудования (в месте, где происходит сепарация) и конструктивные параметры

1

Упражнения по работе с макросами Unifloc VBA

2

Расчет коэффициентов сепарации

3

4

5

6

Физико - химические свойства флюида

7

Y_G	0.875			875	кг/м³
Y_W	1			1000	кг/м³
Y_E	0.9			1.098	кг/м³
R_{ob}	80	м³/м³	м³/м³	91	м³/т
R_p	80	м³/м³	м³/м³	91	м³/т
$P_{o,cal}$	120	атм	атм	122	МПа
T_{res}	120	С	С	248	Ф
$B_{ob,cal}$	1.2	м³/м³			
$\mu_{ob,cal}$	1	сР			
f_w	1	%			

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

Данные по скважине

19

d_{cas}	125	мм
d_{intake}	100	мм
P_{intake}	30	атм
T_{intake}	80	С

20

21

22

23

24

25

PVT строка

26

7.7

Дополнительные вопросы по упражнению (направления исследований)

1. От каких параметров будет зависеть коэффициент сепарации?

gamma_gas:0.900;gamma_oil:0.875;gamma_wat:1.000;rsb_m3m3:80.000;rp_m3m3:80.000;pb_atm:120.000;tres_C:120.000;bob_m3m3:1.200;muob_cP:1.000;PVTcorr:0;ksep_fr:0.000;pksep_atm:-1.000;tksep_C:-1.000;

Дополнительные вопросы по упражнению (направления исследований)

1. От каких параметров будет зависеть коэффициент сепарации?

Рис. 1.12 — Исходные данные для сепарации

где

d_{cas} - диаметр обсадной колонны, мм

d_{intake} - диаметр приема погружного оборудования, мм

P_{intake} - давление на приеме, атм

T_{intake} - температура на приеме, С

Для вычисления коэффициента естественной сепарации в зависимости от дебита вставьте в ячейку E32 следующую формулу

```
=MF_ksep_natural_d(C32; wc; Pintake_; Tintake_; Dintake_;  
Dcas_; PVT_str_)
```

Для проведения экспериментов по влиянию изменения диаметра обсадной колонны воспользуйтесь в ячейке F32 формулой

```
=MF_ksep_natural_d(C32; wc; Pintake_; Tintake_; Dintake_;  
Dcas_*cf_dcas_; PVT_str_)
```

При этом в ячейке F30 с помощью коэффициента V_G вы можете варьировать диаметр обсадной колонны

Для расчета доли газа в газосепараторе применяется функция

```
=MF_gas_fraction_d(Pintake_;Tintake_;0;PVT_str_)*(1-F32)
```


Коэффициент сепарации газосепаратора

=MF_ksep_gasseparator_d(gassep_type;G32;C32)

При этом можно менять тип газосепаратора в ячейке H30

Общий коэффициент сепарации

=MF_ksep_total_d(E32;H32)

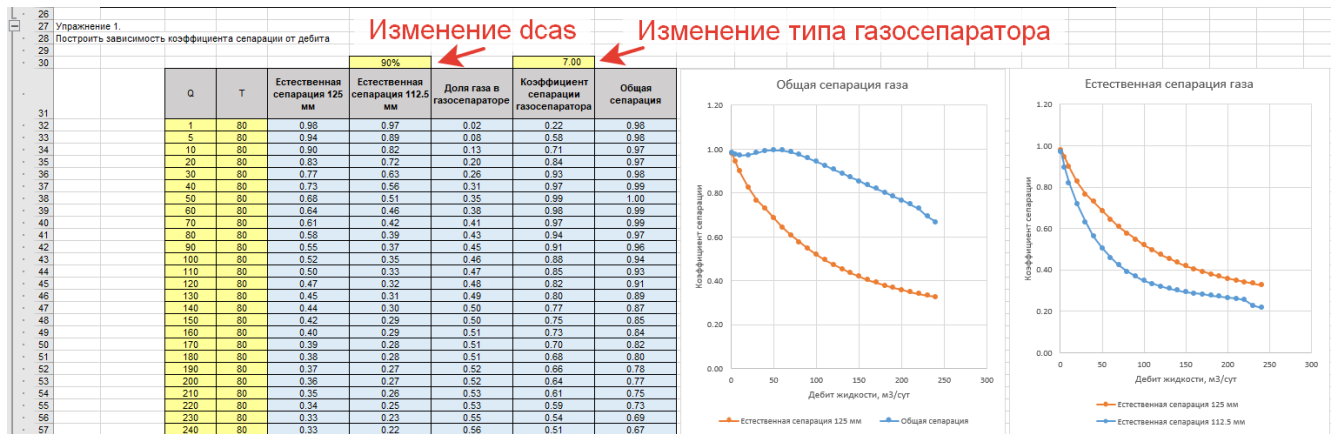


Рис. 1.13 — Результаты расчета естественной и искусственной сепарации

Вопросы к упражнению

1. От каких параметров будет зависеть коэффициент сепарации?
2. Как взаимосвязана естественная и искусственная сепарация?

1.9 Анализ работы ЭЦН

Сегодня доминирующая доля нефти в РФ добывается при помощи ЭЦН. Требуется детальное понимание основных особенностях эксплуатации данного оборудования, режимах работы, возможных осложнениях по причине высокой вязкости продукции, газосодержания, механических примесей и т.д.

Наиболее ценную информацию о работе насоса может дать его характеристика: зависимость параметров работы ЭЦН - напора, потребляемой мощности, перепада давления, КПД, от подачи (дебита скважины)

Для анализа работы скважины, оснащенной УЭЦН, требуются следующие исходные данные

1. Физико - химические свойства флюида
2. Данные по скважине

3. Данные по ЭЦН

4. Параметры пласта

PVT свойства задаются аналогично предыдущим упражнениям, а для параметров, характеризующих скважину, приняты следующие обозначения

 H_{mes} - глубина скважины измеренная (вдоль ствола скважины), м
$$H_{mes} - H_{vert}$$
 - удлинение ствола скважины, м
$$H_{pump}$$
 - глубина спуска насоса, м ID_{cas} - внутренний диаметр обсадной колонны, мм OD_{tub} - внешний диаметр НКТ, мм ID_{tub} - внутренний диаметр НКТ, мм D_{intake} - диаметр приемной сетки ЭЦН, мм P_{buf} - буферное давление, атм P_{intake} - давление на приеме ЭЦН, атм T_{intake} - температура на приеме ЭЦН, С P_{dis} - давление на выкиде ЭЦН, атм P_{wf} - давление на забое, атм Q_{liq} - дебит жидкости в поверхностных условиях, м³/сут

f_w - обводненность в поверхностных условиях, %

1	Упражнения по работе с макросами Unifloc VBA			версия	7.7
2	Анализ работы ЭЦН				
3					
4					
5					
6	Физико - химические свойства флюида				
7	V_o	0.87		870	кг/м ³
8	V_w	1		1000	кг/м ³
9	V_g	0.8		0.976	кг/м ³
10	R_{ob}	80	м ³ /м ³	92	м ³ /т
11	R_o	80	м ³ /м ³	92	м ³ /т
12	$P_{o cal}$	120	атма	122	МПа
13	T_{res}	100	С	212	Ф
14	$B_{ob cal}$	1.2	м ³ /м ³		
15	$\mu_{ob cal}$	20	сП		
16					
17	Данные по скважине				
18	H_{mos}	2000	м		
19	$H_{mos}-H_{vert}$	0	м		
20	H_{pump}	1500	м		
21	ID_{cas}	125	мм		
22	OD_{sub}	73	мм		
23	ID_{sub}	62	мм		
24	D_{intake}	100	мм		
25	P_{out}	20	атм		
26	P_{intake}	34	атм		
27	T_{intake}	80	С		
28	P_{dis}	150	атм		
29	P_{wf}	70	атм		
30	Q_{liq}	50	м3/сут		
31	$f_{..}$	0	%		

Дополнительные вопросы по упражнению (направления исследований)

1. Какие параметры влияют на перепад давления в насосе?

Рис. 1.14 — Исходные данные для свойств флюида и параметров скважины

Параметры, описывающие ЭЦН:

ЭЦН Q_{nom} - номинальная подача ЭЦН, м³/сут

ЭЦН H_{nom} - номинальная напор ЭЦН, м

F - частота питающего тока двигателя, Гц

ЭЦН ID - идентификационный номер насоса (по формуле, см. ниже), находящийся в базе Unifloc 7.22 VBA

ЭЦН имя - обозначение насоса: название, габарит и номинальная подача (по формуле, см. ниже)

ЭЦН Q_{max} - максимальная производительность насоса (по формуле, см. ниже), м3/сут

Ступени - количество ступеней, исходя из общего напора ЭЦН и напора одной ступени (по формуле, см. ниже), шт

 K_{sep} - коэффициент сепарации газосепаратора, % P_{sep} - давление сепарации, атм T_{sep} - температура сепарации, С

Данные о пласте:

 P_{res} - пластовое давление, атм

PI - коэффициент продуктивности скважины (по формуле, см. выше в упражнении IPR), м³/сут/атм

 $\frac{dT}{dL}$ - геотермический градиент, град / 100 м

33	ЭЦН								
34		ЭЦН Q _{ном}	110	м3/сут					
35		ЭЦН H _{ном}	2000	м					
36		F	50	Гц					
37		ЭЦН ID	737						
38		ЭЦН имя	ВНН5-125						
39		ЭЦН Q _{мах}	230						
40		Ступени	324	шт					
41		K _{сер} гс	90%						
42		P _{сер}	80.00	атм					
43		T _{сер}	80.00	С					
44									
45	Пласт								
46		P _{гс}	250	атм					
47		PI	0.29	м3/сут/атм					
48		dT/dL	3	град/100 м					
49		N	20						

Рис. 1.15 — Исходные данные для ЭЦН и пласта

Для получения идентификационного номера насоса в базе Unifloc 7.22 VBA была использована формула

$$= \text{ESP} \text{ id by rate } (Q \text{ ESP})$$

Для определения обозначения ЭЦН

=ESP_name(C37)

Расчет максимально возможного дебита

=esp_max_rate_m3day(Freq_; PumpID_) * 1

Количество ступеней

=ЦЕЛОЕ(Head_ESP_/ESP_head_m(Q_ESP_; 1;; PumpID_))

Также для удобства использования параметры насоса: ID, напор и рабочая частота, зашифровываются в строку с помощью функции

=ESP_Encode_string(PumpID_; Head_ESP_; Freq_)

Свободный газ негативно влияет на работу ЭЦН. В ячейке D51 вычисляется объемная доля газа на приеме газосепаратора с помощью формулы

=MF_gas_fraction_d(Pintake_; Tintake_; fw_; PVTstr)

В соседней ячейке D50 для удобного расположения задается вязкость в сПуаз

Построение напорной характеристики данного насоса выполняется с учетом вязкости перекачиваемой продукции. Реализованный метод пересчета характеристики с воды на вязкую жидкость Института Гидравлики позволяет учитывать изменение рабочих параметров из-за данного негативного влияния.

Для вычисления напора в метрах водного столба в ячейке D54 воспользуйтесь формулой

=ESP_head_m(C54; NumStage_; Freq_; PumpID_; mu)

КПД ЭЦН в долях единиц

=ESP_eff_fr(C54; NumStage_; Freq_; PumpID_; mu)

Потребляемую ЭЦН мощность в Вт

=ESP_Power_W(C54; NumStage_; Freq_; PumpID_; mu)

Расчет перепада давления, развиваемого насосом, может происходить методом "сверху-вниз" и "снизу-вверх", при этом расчет перепада температур только методом "снизу-вверх". Функция расчета перепада давления и температуры возвращает массив значений, т.е. одновременно перепад давления и температуры. Кроме того, входным параметром для данной функции является направление расчета. Для вычисления выделите диапазон G54:H54, наберите формулу

=ESP_dP_atm(C54; fw_; Pintake_; NumStage_; Freq_; PumpID_; PVTstr; Tintake_; 0)

и после нажмните сочетание клавиш Ctrl+Shift+Enter. Далее протяните результат до полного заполнения двух столбцов.

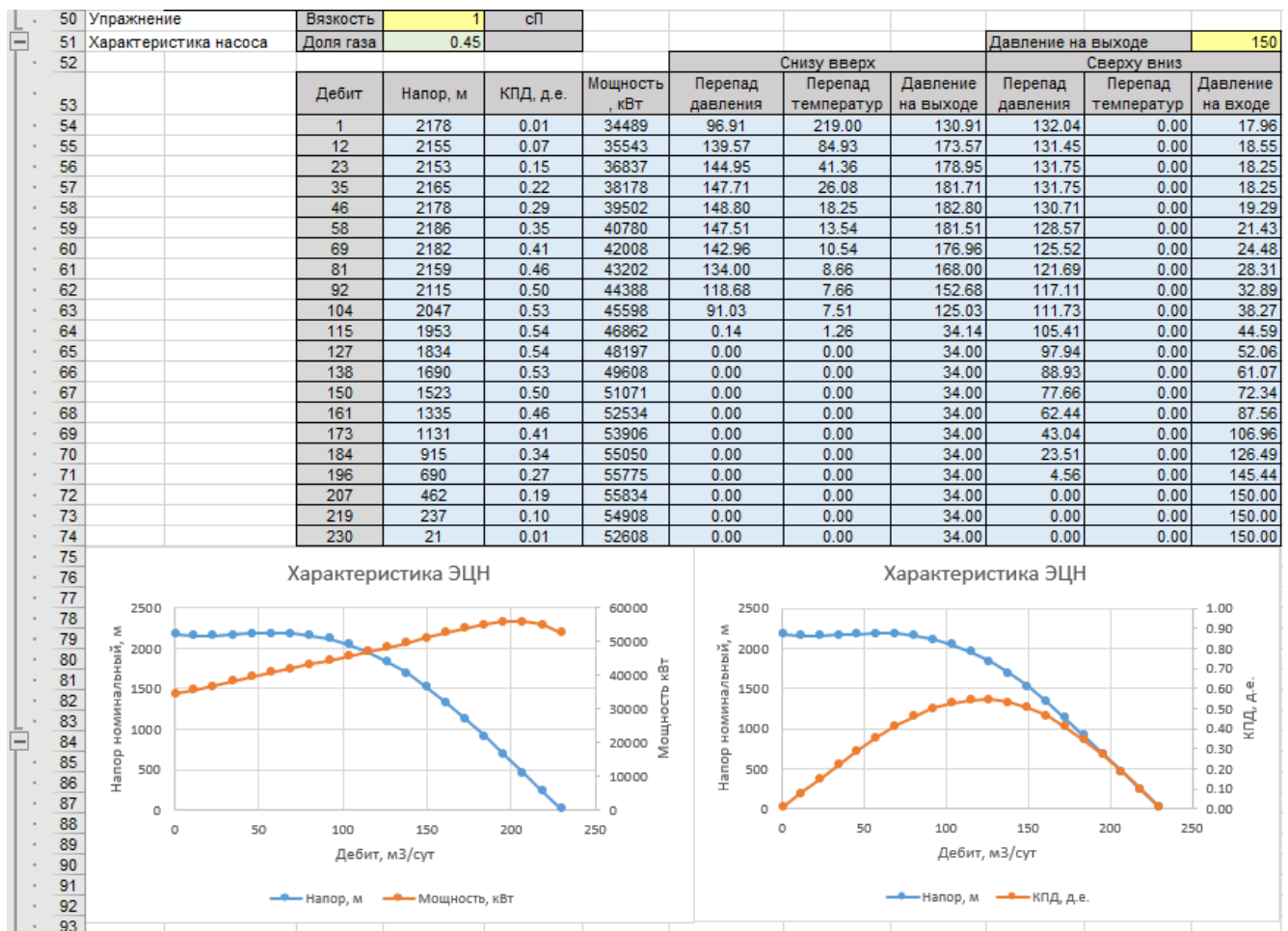


Рис. 1.16 — Напорные характеристики ЭЦН с поправкой на вязкость

Зная давление на приеме и перепад давления в ЭЦН, давление на выходе ЭЦН можно легко посчитать по формуле

$$=G54+P_{intake_}$$

Предварительно задав давление на выходе ЭЦН в ячейке L51 возможно посчитать перепад давления методом "сверху-вниз" аналогичным образом по формуле

$$=ESP_dP_atm(C54; fw_; Pdis_; NumStage_; Freq_; PumpID_; PVTstr; Tintake_; Tintake_; 0)$$

И давление на входе, зная давление на выходе и перепад давления

$$=Pdis-J54$$

Вопросы для упражнения:

1. Какие параметры влияют на перепад давления в насосе?
2. Насколько сильно влияет вязкость на напорные характеристики ЭЦН?
3. Как влияет на работу ЭЦН изменение частоты?

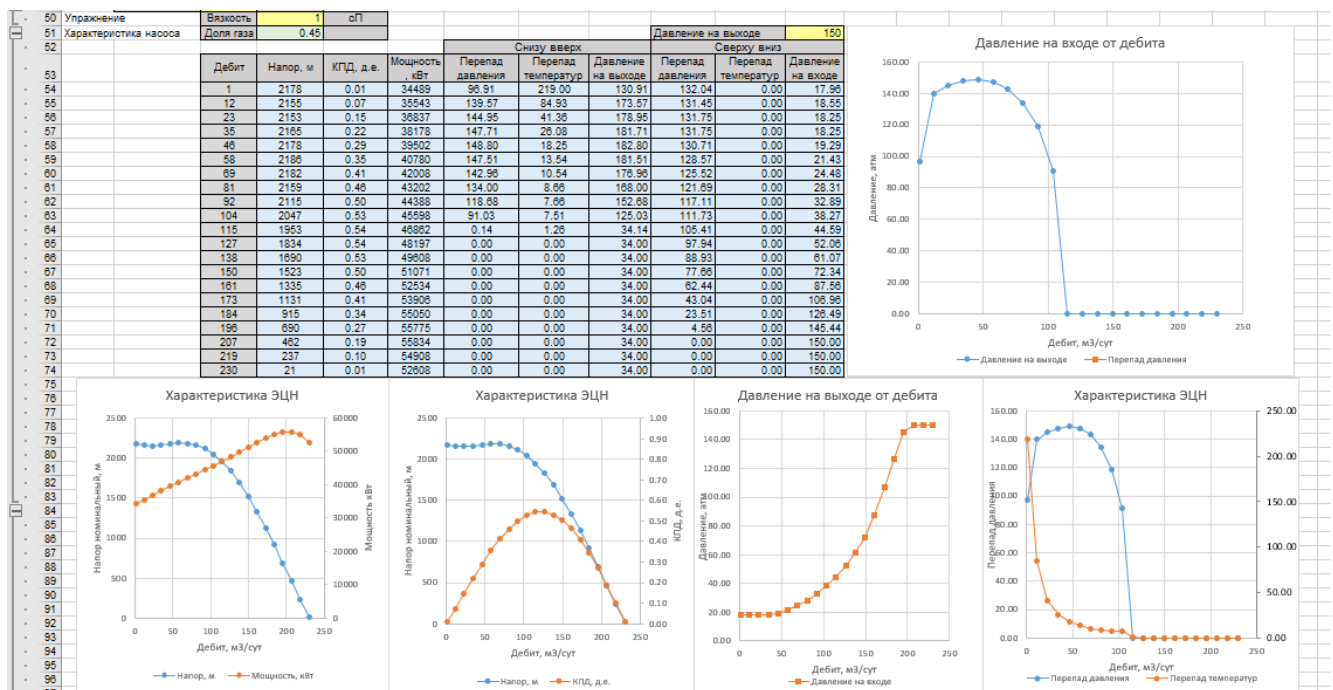


Рис. 1.17 — Расчет перепада давления и температур в ЭЦН в зависимости от дебита

Словарь терминов

Словарь описывает термины и сокращения широко используемые в описании и в системе Unifloc 7.22 VBA.

VBA — Visual Basic for Application язык программирования встроенный в Excel и использованный для написания макросов Unifloc 7.22 VBA.

VBE — Среда разработки для языка VBA. Встроена в Excel.

BHP, P_{wf} — Bottom hole pressure. Well flowing pressure. Забойное давление

BHT, T_{BH} — Bottom hole temperature. Забойная температура

WHP, P_{WH} — Well head pressure. Устьевое давление. Как правило, соответствует буферному давлению.

WHT, T_{WH} — Well head temperature. Устьевая температура. Температура флюида на устье скважины. Температура в точке замера буферного давления.

IPR — Inflow performance relationship. Индикаторная кривая. Зависимость забойного давления от дебита для пласта. Широко используется в узловом анализе.

VLP, VFP — Vertical lift performance, vertical flow performance, outflow curve. Кривая лифта, кривая оттока. Зависимость забойного давления от дебита для скважины. Широко используется в узловом анализе.

ESP — Electrical submersible pump. Электрический центробежный насос.

GL — Gas Lift. Газлифтный способ эксплуатации добывающих скважин.

RHX ЭЦН — Расходно напорная характеристика электрического центробежного насоса. Ключевая характеристика ЭЦН. Дается производителем в каталоге ЭЦН для новых насосов или определяется на стенде для ремонтных ЭЦН.

PVT — Pressure Volume Temperature. Общепринятое обозначение для физико-химических свойств пластовых флюидов - нефти, газа и воды.

MF — MultiPhase. Много Фазный поток. Префикс для функций имеющих дело с расчетом многофазного потока в трубах и скважине.

НКТ — Насосно компрессорная труба. Часть конструкции скважины. по колонне НКТ добывается скважинная продукция или закачивается вода. Может быть заменена в процессе эксплуатации при ремонте скважины.

ЭК — Эксплуатационная колонна. Часть конструкции скважины. Не может быть заменена в процессе эксплуатации при ремонте скважины.

ГЖС — Газо жидкостная смесь. Часто используется для обозначения совместно двигающихся флюидов в многофазном потоке - нефти, газа, воды.

Барботаж, ZNLF — Движение газа через неподвижный столб жидкости. ZNLF - zero net liquid flow. Встречается в скважинах с насосами - в межтрубном пространстве газ движется через неподвижный столб жидкости. Влияет на динамический уровень в скважине.

ЭЦН — Электрический центробежный насос.

УЭЦН — Установка электрического центробежного насоса. Включает весь комплекс погружного и поверхностного оборудования необходимого для работы насоса - насос (ЭЦН), погружной электрический двигатель (ПЭД), гидрозащита (ГЗ), входной модуль (ВМ) и газосепаратор (ГС), электрический кабель, станция управления (СУ) и другие элементы

ЧРП — Частотно регулируемый привод. Элемент УЭЦН обеспечивающий возможность вращения вала УЭЦН с различными частотами.