

Самостоятельная работа № 5 Выполнение расчетов по специальности в Excel

Практическая работа Гидравлический расчёт нефтепровода

1. Цель работы

Научиться рассчитывать пропускную способность выкидной линии

2. Обеспечивающие средства

- 2.1. Методические указания;
- 2.2. ПК, электронные таблицы Excel.

3. Литература

Лутошкин Г.С., Дунюшкин И.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти газа и воды на промыслах: Учебное пособие для вузов.- М.: ОООИД «Альянс», 2007. -135 с.

4. Задание

- 4.1. Разобрать решение примера, приведенного в п.5;
- 4.2. Организовать расчет в Excel пропускной способности выкидной линии, используя исходные данные к задаче таблица 2, согласно своему варианту;
- 4.3. Построить график зависимости напора от объемного расхода;
- 4.4. Построить график зависимости объемного расхода от полной (суммарной) потери напора.

5. Пояснения к работе

При течении жидкости по трубам ей приходится затрачивать энергию на преодоление сил внешнего и внутреннего трения. В прямых участках труб эти силы сопротивления действуют по всей длине потока и общая потеря энергии на их преодоление прямо пропорциональна длине трубы. Такие сопротивления называются линейными. Их величина (потеря давления) зависит от плотности и вязкости жидкости, а также от диаметра трубы (чем меньше диаметр, тем больше сопротивление), скорости течения (увеличение скорости увеличивает потери) и чистоты внутренней поверхности трубы (чем больше шероховатость стенок, тем больше сопротивление).

Режимы течения жидкости.

В практике наблюдаются два характерных режима течения жидкостей: ламинарный и турбулентный.

При ламинарном режиме элементарные струйки потока текут параллельно, не перемешиваясь. Если в такой поток ввести струйку окрашенной жидкости, то она будет продолжать свое течение в виде тонкой нити среди потока неокрашенной жидкости, не размываясь. Такой режим течения возможен при очень малых скоростях потока. С увеличением скорости выше определенного предела течение становится турбулентным, вихреобразным, при котором жидкость в пределах поперечного сечения трубопровода интенсивно перемешивается.

При гидравлическом расчете трубопровода обычно решается одна из двух задач: определение необходимого перепада давлений (напора) для пропуска данного расхода жидкости или определение расхода жидкости в системе при заданном перепаде давлений. В любом случае должна быть определена полная потеря напора в системе.

Пример

На устье фонтанной скважины поддерживают напор $H = 85$ м, (давление 0,67МПа). Нефть плотностью $\rho = 800$ кг/м³, динамической вязкостью $\mu = 20$ мПа·с транспортируется в

однофазном состоянии по выкидной линии длиной $l = 3000$ м, диаметром $d = 100$ мм к «Спутнику», находящемуся выше устья скважины на расстоянии $Z = 30$ м (Z - определяет высоту положения различных точек линии тока над плоскостью сравнения, геометрический напор, разность геодезических отметок, м). Определить пропускную способность выкидной линии.

Решение:

Последовательно задаем ряд произвольных значений объемного расхода жидкости Q , м³/с, представлены в таблице 1. Выполним расчет для Q_1 .

1. Определяем линейную скорость:

$$\omega_i = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2}; \quad \omega_1 = \frac{4 \cdot 0,001}{(3,14 \cdot 0,1^2)} = 0,12739 = 0,13 \text{ м/с}; \quad (1)$$

2. Определяем тип движения жидкости по числу Рейнольдса.

Re – это безразмерный комплекс, который называется числом (или критерием) Рейнольдса в честь английского физика Осборна Рейнольдса, в конце прошлого века экспериментально наблюдавшего наличие двух режимов течения. Малые значения чисел Рейнольдса соответствуют ламинарному течению. Большие значения соответствуют режиму течения.

Re < 2320, тип движения ламинарный.

Re > 2320, тип движения турбулентный.

Если дана динамическая вязкость μ

$$Re_i = \frac{\omega_i \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2)$$

Если дана кинематическая вязкость (сопротивление жидкости движению под действием гравитации) ν

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}; \quad (3)$$

Согласно условиям задачи дана динамическая вязкость, следовательно используем формулу (2):

$$Re_1 = \frac{0,13 \cdot 0,1 \cdot 800}{20 \cdot 10^{-3}} = 509,55 < 2320 \quad (4)$$

Тип движения жидкости ламинарный.

4. Определяем коэффициент линейного сопротивления λ , зависящий от числа Рейнольдса:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{при ламинарном движении жидкости}; \quad \lambda = \frac{64}{509,55} = 0,1256 = 0,13;$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} \quad \text{при турбулентном движении жидкости.}$$

5. Определяем потерю напора (на трение по длине):

$$\Delta h_i = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}; \quad \Delta h_1 = 0,126 \cdot \frac{3000}{0,1} \cdot \frac{0,13^2}{2 \cdot 9,81} = 3,12 \text{ м}; \quad (5)$$

6. Определяем полную потерю напора в системе:

$$\Delta H_{zi} = Z_i + \Delta h_i; \quad \Delta H_{zi} = 30 + 3,12 = 33,12 \text{ м}; \quad (6)$$

7. Определяем полный потребный напор

$$H_i = H + \Delta H_{zi} \quad (7)$$

$$H_i = 85 + 33,12 = 118,12 \text{ м}$$

Таблица 1 – Рекомендованные объемные расходы и полученные расчетные величины

$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$\omega_i, \text{ м/с}$	Re_i	λ_i	$\Delta h_{ги}, \text{ м}$	$\Delta H_{zi}, \text{ м}$	$H_i, \text{ м}$
0,001	0,127	509,554	0,126	3,117	33,117	118,117
0,003	0,382	1528,662	0,042	9,350	39,350	124,350
0,006	0,764	3057,325	0,043	38,009	68,009	153,009
0,008	1,019	4076,433	0,040	62,882	92,882	177,882
0,012	1,529	6114,650	0,036	127,847	157,847	242,847

По рассчитанным данным можно построить кривую потребного напора в зависимости от расхода, рис. 1. Пользуясь графиком, по заданному перепаду напора находим искомую производительность выкидной линии.

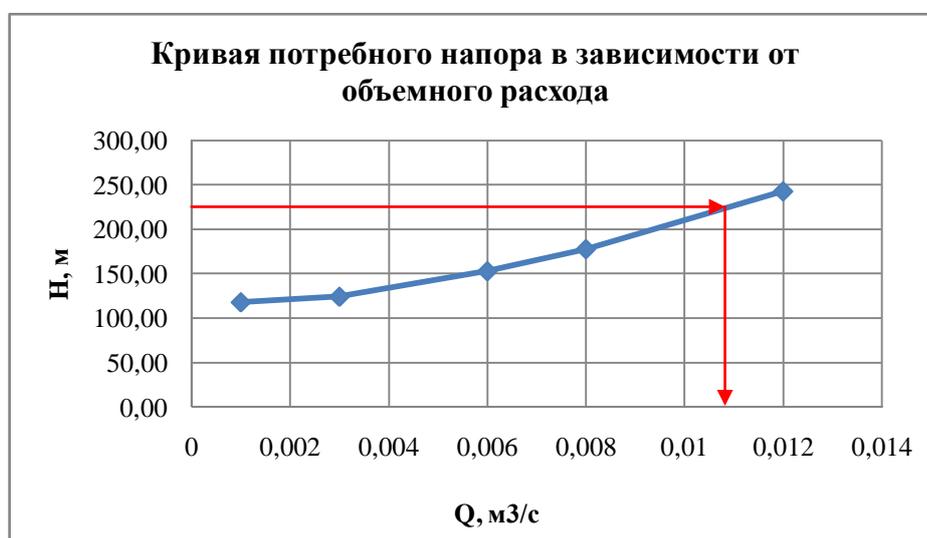


Рисунок 1 – Зависимость напора от объемного расхода

Чем больше расход Q , который необходимо обеспечить в трубопроводе, тем больше требуется потребный напор H . При ламинарном течении эта кривая изображается прямой линией, при турбулентном – параболой. Крутизна кривых потребного напора зависит от сопротивления трубопровода и возрастает с увеличением длины трубопровода и уменьшением диаметра, а также с увеличением местных гидравлических сопротивлений. Величина статического (геометрического) напора Z положительна в том случае, когда жидкость движется вверх или в полость с повышенным давлением, и отрицательна при опускании жидкости или движении в полость с пониженным давлением. Точка пересечения кривой потребного напора с осью абсцисс (если такая возникает) определяет расход при движении жидкости самотеком. Потребный напор в этом случае равен нулю.

Иногда вместо кривых потребного напора удобнее пользоваться характеристиками трубопровода. Характеристикой трубопровода называется зависимость суммарной потери напора (или давления) в трубопроводе от расхода, рис. 2.



Рисунок 2 – Зависимость расхода от потерь

Образец организации расчетов в электронных таблицах представлен в Приложении 1.
Задание для самостоятельного выполнения по вариантам – в Приложении 2.

Исходные данные	0 вар
Напор, м	85
Длина, м	3000
Диаметр, м	0,1
Разность геодезических отметок, м	30
Плотность нефти, кг/м ³	800
Динамическая вязкость нефти, Па	0,02
Объемные расходы, м³/с	
Q ₁	0,001
Q ₂	0,003
Q ₃	0,006
Q ₄	0,008
Q ₅	0,012

Диаграммы строятся аналогично, представленным на рис.1, 2

Данные для построения диаграмм

Полный потребный напор, м	Полная потеря напора, м	Объемные расходы, м³/с
118,12	33,12	0,001
124,35	39,35	0,003
153,01	68,01	0,006
177,88	92,88	0,008
242,85	157,85	0,012

В ячейках, где определяется тип движения, следует вставить подобную формулу
 =ЕСЛИ(B18>2320;"Турбулентный";"Ламинарный")

Расчетные величины	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅
Линейная скорость, м/с	0,127	0,382	0,764	1,019	1,529
число Re	509,554	1528,662	3057,325	4076,433	6114,650
Тип движения	Ламинарный	Ламинарный	Турбулентный	Турбулентный	Турбулентный
λ	0,126	0,042	0,043	0,040	0,036
Потеря напора, м	3,117	9,350	38,009	62,882	127,847
Полная потеря напора, м	33,117	39,350	68,009	92,882	157,847
Полный потребный напор, м	118,117	124,350	153,009	177,882	242,847

Задание для самостоятельного выполнения

Определить пропускную способность сборного коллектора, если известен начальный напор, длина коллектора, его внутренний диаметр, разность геодезических отметок, плотность и кинематическая вязкость перекачиваемой нефти.

Таблица 2 – Исходные данные

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Напор, м	160	120	110	90	105	115	175	180	110	106
Длина, м	2000	2500	2000	1000	1500	2000	1800	2000	1200	10000
Диаметр, мм	95	110	146	95	113	100	90	109	100	311
Разность геодезических отметок, м	15	9	-9	-13	-15	20	10	-5	18	12
Плотность нефти, кг/м ³	840	823	823	840	823	800	880	870	800	849
Кинематическая вязкость нефти*10 ⁻³ , м ² /с	0,076	0,2	0,2	0,076	0,2	0,25	1	0,59	0,25	0,1376
Объемные расходы, м³/с										
Q ₁	0,018	0,018	0,02	0,025	0,030	0,012	0,013	0,016	0,012	0,10
Q ₂	0,016	0,016	0,025	0,022	0,025	0,013	0,014	0,018	0,014	0,12
Q ₃	0,014	0,014	0,03	0,020	0,022	0,014	0,015	0,019	0,016	0,14
Q ₄	0,012	0,012	0,04	0,018	0,020	0,015	0,016	0,020	0,018	0,16
Q ₅	0,010	0,010	0,05	0,016	0,018	0,016	0,017	0,022	0,020	0,18