

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Индустриальный институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Югорский государственный университет»
(ИнДИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ»)

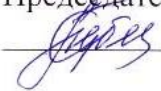
Методические указания и контрольные задания
для обучающихся заочной формы обучения
ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования
МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования
Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов
21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Нефтеюганск
2022

РАССМОТРЕНЫ
Предметной (цикловой)
комиссией специальных нефтегазовых
дисциплин

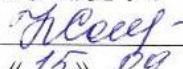
Протокол № 1 от 08.09 2022г.

Председатель ПЦК

 Г.А. Ребенко

УТВЕРЖДЕНЫ

Председатель Методического
совета ИнДИ (филиал) ФГБОУ
ВО «ЮГУ»

 Н.И. Савватеева
«15» 09 2022 г.

Методические указания и контрольные задания для обучающихся заочной формы обучения по теме **«Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов»** разработаны в соответствии с рабочей программой ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования для специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Организация-разработчик: Индустриальный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Югорский государственный университет»

Разработчик: Шумскис В.В. – преподаватель ИнДИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЮГУ».

Оглавление

1. Пояснительная записка.....	3
2. Тематический план и содержание МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазового оборудования Тема 1 «Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов	5
3. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы	8
4. Варианты контрольной работы.....	10
5. Вопросы для подготовки к экзамену.....	21
6. Список рекомендуемой литературы.....	22

1. Пояснительная записка

Методические указания и задания к контрольной работе по МДК 02.01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования, тема «Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов» разработаны в соответствии с рабочей программой ПМ.02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования.

Изучение материала базируется на знаниях, полученных при изучении физики, математики, химии, технической механики, геологии и является основой при изучении темы 1 «Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов» МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования ПМ.02 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования.

В данной теме предусматривается изучение физической сущности основ гидравлики, выполнение гидравлических расчётов трубопроводов на нефтебазах, нефтеперекачивающих и компрессорных станциях.

В результате освоения темы студент должен:

уметь:

- определять физические свойства жидкости;
- выполнять гидравлические расчёты трубопроводов;

знать:

- основные физические свойства жидкости;
- общие законы и уравнения гидростатики и гидродинамики;
- методы расчёта гидравлических сопротивлений движущейся жидкости;

В результате освоения МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования обучающийся должен овладеть общими и профессиональными компетенциями, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды, за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ПК 2.1. Выполнять основные технологические расчеты по выбору наземного и скважинного оборудования.

ПК 2.2. Производить техническое обслуживание нефтегазопромыслового оборудования.

ПК 2.3. Осуществлять контроль за работой наземного и скважинного оборудования на стадии эксплуатации.

ПК 2.4. Осуществлять текущий и плановый ремонт нефтегазопромыслового оборудования.

ПК 2.5. Оформлять технологическую и техническую документацию по эксплуатации нефтегазопромыслового оборудования.

Изучение темы рассчитано на 144 часа, в том числе 48 часов отведено на выполнение практических работ и 48 часов на внеаудиторную самостоятельную работу.

Для заочной формы обучения предусмотрено проведение **20** часов аудиторных занятий, в том числе **10** часов отведено на выполнение практических работ, на самостоятельное изучение отводится **124** часа.

Учебным планом предусмотрено выполнение **1 контрольной работы.**

Итоговой формой контроля является **экзамен.**

2. Тематический план и содержание МДК 02.01 Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования Тема 1 «Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов»

Наименование разделов профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК) и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работ (проект)	Объем часов
Раздел ПМ 02. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования		
МДК 02. 01. Эксплуатация нефтегазопромыслового оборудования		
Тема 1. Выполнение гидравлических расчетов трубопроводов		
	1. Физические свойства жидкости	26
	Основные физические свойства жидкости: плотность, вязкость, сжимаемость, температурное расширение Приборы для измерения плотности и вязкости: ареометр и вискозиметр	6
	Молекулярно-поверхностные и физические свойства системы «нефть-газ-вода-порода».	2
	Лабораторная работа №1.1 Определение физических свойств жидкости	4
	Лабораторная работа №1.2 Определение вязкости вискозиметром Энглера	2
	Практическая работа №1.1 Решение задач на определение физических свойств жидкости	4
	Самостоятельная работа №1.1 Изучение методики определения основных физических свойств жидкости	4
	Самостоятельная работа №1.2 Расчетно-графическое оформление лабораторной работы № 1,2	4
	2. Законы гидростатики	20
	Гидростатическое давление и его свойства. Основное уравнение гидростатики	2
	Приборы для измерения давления.	2

	Силы давления. Закон Архимеда. Простые гидравлические машины и устройства.	4
	Практическая работа №1.2 Решение задач на законы гидростатики	4
	Самостоятельная работа №1.3 Изучение приборов для измерения давления	2
	Самостоятельная работа №1.4 Графическое изображение простых гидравлических машин	4
	Самостоятельная работа №1.5 Ответы на контрольные вопросы	2
	3. Законы гидродинамики	50
	Основные понятия и определения гидродинамики. Гидравлические элементы потока жидкости.	4
	Уравнение Бернулли для потока идеальной и реальной жидкости	4
	Измерение расхода и скорости жидкости. Напор и мощность насоса.	4
	Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса. Потери напора на трение и на местные сопротивления	6
	Лабораторная работа №1.3 Геометрическая иллюстрация уравнения Бернулли	4
	Лабораторная работа №1.4 Изучение режимов движения жидкости	2
	Лабораторная работа №1.5 Определение потерь напора в трубопроводах	4
	Практическая работа №1.3 Решение задач на законы гидродинамики	4
	Практическая работа №1.4 Решение задач на определение напора и мощности насоса	4
	Практическая работа №1.5 Решение задач на режимы движения и потери напора	4
	Самостоятельная работа №1.6 Графическое построение уравнения Бернулли	4
	Самостоятельная работа №1.7 Расчетно-графическое оформление лабораторной работы №1.4-1.5	2
	Самостоятельная работа №1.8 Оформление и решение вариативных задач	4
	4. Движение жидкости в трубопроводах	48
	Классификация трубопроводов. Гидравлическая характеристика трубопровода	2
	Гидравлический удар в трубопроводах	2
	Истечение жидкости из отверстий и насадок	2
	Движение неньютоновских жидкостей в трубопроводах и в пористой среде	4
	Практическая работа №1.6 Расчет простого трубопровода	2
	Практическая работа №1.7 Расчет сложного трубопровода	4
	Практическая работа №1.8 Решение задач на гидроудар и сифонный трубопровод	6
	Практическая работа №1.9 Решение задач на фильтрацию и определение дебита скважины	4
	Практическая работа №1.10 Расчет неньютоновских жидкостей	2
	Самостоятельная работа №1.9 Составление таблицы классификации трубопроводов	2

	Самостоятельная работа №1.10 Графическое построение параллельного и последовательного соединения трубопроводов	6
	Самостоятельная работа №1.11 Совместная работа насоса и сети	6
	Самостоятельная работа №1.12 Подготовка презентаций по курсу	4
	Самостоятельная работа №1.13 Подготовка к тестированию	4
	ИТОГО:	144

3. Требования к выполнению и оформлению контрольной работы

1. Обучающийся, для освоения требуемых знаний и умений по изучаемой теме, перед выполнением контрольной работы должен изучить учебный материал, указанный в тематическом плане.

2. Контрольная работа должна быть правильно оформлена: на обложке тетради указывается тема, по которой выполняется контрольная работа, междисциплинарный курс (МДК) и профессиональный модуль (ПМ), номер варианта, ФИО обучающегося и преподавателя.

3. В тетради необходимо оставлять поля шириной 3 - 4 см, в конце 1-2 страницы для рецензии.

4. Контрольная работа должна быть написана грамотно (без стилистических и грамматических ошибок), а также не должно быть ошибок по существу предмета.

5. Задания контрольной работы необходимо переписывать полностью, отвечать конкретно и только на поставленный вопрос. При необходимости записи сопровождать схемами, рисунками, таблицами. Записи выполняются пастой черного (фиолетового) цвета, четко и разборчиво.

6. Выполнение каждого действия должно быть прокомментировано. При расчетах следует записать формулу, а только затем числовые вычисления. Выполнение расчетов и их запись должны носить последовательный характер. Не допускается подставлять в формулу значения какой-либо величины, а ниже производить вычисления этого числа. Каждое задание начинать с новой страницы.

7. Графическая часть контрольной работы выполняется аккуратно, с использованием чертежных инструментов. Все рисунки и схемы должны быть пронумерованы в порядке их расположения. По тексту при оформлении каждой из задач необходимо делать ссылку на номер рисунка или схемы. На рисунках (схемах) необходимо нанести известные и искомые параметры.

8. При оформлении заданий контрольной работы должна соблюдаться следующая последовательность (каждый пункт выполняется с красной строки):

- задание контрольной работы;
- исходные данные для решения задачи (единицы измерения перевести в систему СИ);
- рисунок (схема);
- по центру строки слово «Решение», ниже изложение хода решения задачи с пояснениями;
- ответ.

9. Отвечать на теоретические вопросы контрольной работы необходимо коротко и по существу.

10. В конце контрольной работы указывается перечень литературы, которой обучающийся пользовался при выполнении контрольной работы (фамилия автора, название книги, название издательства и год издания).

11. При возврате контрольной работы обучающийся должен внимательно прочитать рецензию преподавателя, выполнить все его рекомендации и советы. Исправления необходимо выполнить в той же тетради и сдать контрольную работу повторно.

12. Контрольная работа должна быть предоставлена в учебную часть в срок, указанный в учебном графике.

13. Выполненные контрольные работы оцениваются оценкой «зачтено» или «не зачтено». Контрольные работы, выполненные небрежно, не по-своему варианту возвращаются обучающемуся без проверки.

14. Обучающиеся, не выполнившие контрольную работу, к экзамену не допускаются.

15. Каждым вариантом предусматривается письменные ответы на два теоретических вопроса и решение трех задач.

16. Контрольная работа рассчитана на 30 вариантов. Индивидуальный вариант для выполнения работы соответствует порядковому номеру списочного состава обучающегося в журнале.

17. Номера теоретических вопросов контрольной работы помещены в таблицу. В первом вертикальном столбце таблицы необходимо найти цифру, соответствующую предпоследней цифре варианта обучающегося в горизонтальном – последнюю цифру варианта и на пересечении строк, соответствующих этим цифрам, находятся номера вопросов, на которые необходимо письменно ответить.

18. По всем неясным вопросам, которые возникают в процессе изучения материала и выполнения контрольной работы, следует обратиться к преподавателю за консультацией.

4. Варианты контрольной работы

Номера вопросов теоретической части контрольной работы

Предпоследняя цифра варианта	Последняя цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 38	2, 39	3, 40	4, 41	5, 42	6, 43	7, 44	8, 45	9, 46	10, 47
1	11, 48	12, 49	13, 50	14, 51	15, 52	16, 53	17, 54	18, 55	19, 56	20, 57
2	21, 58	22, 59	23, 60	24, 54	25, 55	26, 56	27, 1	28, 2	29, 3	30, 4
3	31, 5	32, 6	33, 7	34, 8	35, 9	36, 10	37, 11	38, 12	39, 13	40, 14
4	41, 15	42, 16	43, 17	44, 18	45, 19	46, 20	47, 21	48, 22	49, 23	50, 24
5	51, 25	52, 26	53, 27	54, 28	55, 29	56, 30	57, 31	58, 32	59, 33	60, 34
6	60, 35	56, 36	57, 37	1, 38	2, 39	3, 40	4, 41	5, 42	6, 43	7, 44
7	8, 45	9, 46	10, 47	11, 48	12, 49	13, 50	14, 51	15, 52	46, 53	17, 54
8	18, 55	19, 56	20, 57	21, 58	22, 59	23, 60	24, 54	25, 55	26, 56	27, 57
9	28, 4	29, 5	30, 6	31, 7	32, 8	33, 9	34, 10	35, 11	36, 12	37, 2

Теоретические вопросы

1. Предмет «Гидравлика» и краткий очерк ее развития.
2. Основные понятия и определения по предмету.
3. Физические величины и единицы их измерения.
4. Понятие плотности и ее единицы измерения.
5. Понятие сжимаемости и температурного расширения жидкости.
6. Понятия давления насыщенных паров и поверхностного натяжения.
7. Приборы для определения плотности жидкости.
8. Приборы для определения вязкости жидкости.
9. Приборы для измерения давления.
10. Гидростатическое давление. Понятия избыточного давления и вакуума. Расчетные формулы.
11. Сжимающее давление. Закон Паскаля.
12. Основное уравнение гидростатики.
13. Свойства поверхностей равного давления.
14. Определение давления жидкости на плоские поверхности.
15. Центр давления. Определение точки приложения давления жидкости.
16. Давление жидкости на криволинейные поверхности.
17. Горизонтальная и вертикальная составляющие силы давления жидкости.
18. Определение центра водоизмещения. Закон Архимеда.
19. Устройство и принцип работы гидравлического пресса и гидравлического домкрата.
20. Устройство и принцип работы гидравлического аккумулятора, мультипликатора, динамометра.
21. Гидродинамическое давление. Установившееся и неустановившееся движение жидкости.
22. Схема движения жидкости.
23. Гидравлические элементы потока.
24. Вывод уравнения неразрывности для потока жидкости. Равномерное и неравномерное движение.
25. Определение массового и объемного расхода жидкости.
26. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости.
27. Энергетический смысл уравнения Бернулли.
28. Уравнение Бернулли для реальной жидкости.
29. Понятие линейные и местные потери, гидравлический уклон.
30. Конструкция расходомера Вентури. Его назначение.
31. Определение расхода и скорости жидкости.
32. Конструкция и принцип работы расходомеров дроссельного типа.
33. Определение мощности насоса.
34. Режимы движения жидкости.
35. Число Рейнольдса.
36. Вывод основного уравнения равномерного движения.
37. Определение коэффициентов гидравлического трения и гидравлического сопротивления.
38. Пульсация скоростей. График пульсаций.
39. Механизм турбулентного потока.
40. Влияние гладкости и шероховатости на гидравлические сопротивления.
41. График И.Никурадзе для определения гидравлических сопротивлений.
42. Распределение скоростей при турбулентном режиме.
43. Способы снижения потерь напора в трубах.
44. Местные сопротивления.
45. Коэффициенты местных сопротивлений.
46. Интерференция местных сопротивлений.
47. Определение полной потери напора и коэффициента сопротивления системы.
48. Сопротивление при обтекании тел. Лобовое сопротивление.

49. Движение твердых тел в восходящем потоке жидкости.
50. Назначение и классификация трубопроводов.
51. Расчет и проектирование трубопроводов.
52. Трубопроводы, работающие под вакуумом.
53. Явление кавитации. Причины возникновения. Условия безкавитационной работы.
54. Сифонные трубопровода. Проверка условий работоспособности.
55. Гидравлический удар в трубах.
56. Истечение жидкостей через отверстия.
57. Истечение жидкости из насадков.
58. Движение жидкости в пористой среде. Основные понятия и определения.
59. Основной закон фильтрации.
60. Общие понятия и классификация неньютоновских жидкостей.

Практические задачи

Задача 1

Определить разность уровней (h) жидкости в вертикальных трубках А и Б, установленных на большом и малом цилиндрах, если усилия обоих поршней направлены навстречу друг другу и равны между собой. D, d – диаметры большого и малого поршней в цилиндрах, H – уровень жидкости в трубке Б.

Исходные данные к задаче 1

Параметры	Цифра варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
H, мм	Предпоследняя									
	100	400	200	800	120	300	700	900	280	500
D/d	Последняя									
	3	4	2	7	6	8	5	10	12	9

Методические указания

Алгоритм решения задачи

1. Модуль силы F_1 , действующей на правый поршень определяется по формуле

$$F_1 = P_{ж} S ; n \quad (1)$$

где S – площадь правого поршня, m^2
 $P_{ж}$ – давление столба жидкости, Па

$$P_{ж} = \rho q H ; Pa \quad (2)$$

следовательно:

$$P_1 = \frac{\pi d^2}{4} \rho q H ; n \quad (3)$$

где ρ – плотность жидкости, $кг/м^3$.

2. Модуль силы, действующей на левый поршень

$$F_2 = \rho q (H - h) S ; n \quad (4)$$

где S – площадь левого поршня, m^2

$$S = \frac{\pi D^2}{4} ; m^2 \quad (5)$$

3. Так как по условию задачи $F_1 = F_2$, приравниваем полученные выражения, производим преобразование формул и определяем разность уровней жидкости h .

Задача 2

Определить режим движения жидкости и общие потери напора в трубопроводе длиной 1000м с установленным в начале трубопровода обратным клапаном и фильтром. У четных

вариантов известен массовый расход жидкости Q_m , У нечетных вариантов известен объемный расход жидкости Q . Интерференцией местных гидравлических сопротивлений пренебречь.
Четные варианты – в канале прямоугольного сечения размером b, h .
Нечетные варианты – в трубе диаметром d .

Исходные данные к задаче 2

№ вар.	d мм	b см	h см	Q м ³ \ с	Q _m кг \ с	ρ кг \ м ³	ν Ст	Δ, мм	ξ _ф	ξ _{кл}
1	25				0,42	850	0,02	0,001	2	0,1
2		50	10	0,096		860	0,017	0,002	3	0,5
3	40				0,31	870	0,022	0,003	2	0,2
4		60	20	0,03		820	0,035	0,004	3	0,6
5	65				0,22	890	0,15	0,005	2	0,4
6		70	30	0,16		900	0,20	0,009	3	0,5
7	100				7,15	910	0,25	0,010	2,2	0,6
8		80	40	0,08		920	0,30	0,011	2,4	0,7
9	200				8,50	930	0,35	0,008	2	0,3
10		90	50	0,07		940	0,10	0,005	3	0,1
11	200				6,33	950	0,01	0,004	2,5	0,4
12		100	50	0,06		960	0,02	0,003	2,5	0,5
13	150				7,50	970	0,03	0,015	2,4	0,4
14		110	60	0,05		980	0,04	0,016	2,3	0,3
15	100				6,50	990	0,05	0,017	2	0,1
16		120	70	0,055		1000	0,06	0,001	2	0,2
17	80				2,5	1000	0,018	0,004	2	0,3
18		130	80	0,081		990	0,020	0,001	2	0,4
19	65				0,36	980	0,022	0,2	2	0,15
20		120	60	0,077		970	0,024	0,15	2	0,20
21	50				0,44	960	0,011	0,11	2	0,15
22		110	50	0,066		950	0,012	0,15	2	0,20
23	40				0,51	940	0,013	0,10	2	0,4
24		100	40	0,015		930	0,014	0,005	2	0,5
25	32				0,65	920	0,015	0,015	2	0,5
26		90	50	0,018		910	0,020	0,18	2	0,4
27	25				0,44	900	0,025	0,2	1,5	0,5
28		80	45	0,020		890	0,030	0,03	2,0	0,6
29	32				0,25	880	0,018	0,02	1,5	0,5
30		75	35	0,080		870	0,010	0,03	2,0	0,6

Методические указания

1. Гидравлический радиус сооружения:

$$R_r = \frac{S}{\chi}; \quad (6)$$

S – площадь сечения потока жидкости, [м²]

χ – смоченный периметр сооружения, [м]

2. Гидравлический диаметр:

$$d_r = 4R_r = 4 \frac{S}{\chi}; [M] \quad (7)$$

3. Режим движения жидкости определяется числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d}{\nu}; \quad (8)$$

если $Re > 2320$, режим турбулентный;

если $Re < 2320$, режим ламинарный.

4. Общие потери напора в трубопроводе:

$$\Sigma h = h_l + h_{m.c}; \quad (9)$$

h_l - потери на трение

$$h_l = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}; \quad (10)$$

λ - коэффициент трения

$$\lambda = \frac{64}{Re} - \text{для ламинарного режима}$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}} - \text{при турбулентном режиме для области гидравлически гладких труб при } Re < 10^5$$

(формула Блазиуса)

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,5)^2} - \text{при турбулентном режиме для области гидравлически гладких труб}$$

(формула Конакова)

$$\lambda = 0,11 \times \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re}} - \text{при турбулентном режиме для докватричной области (формула}$$

Альтшуля)

$$\lambda = 0,11 \times \sqrt[4]{\frac{\Delta}{d}} - \text{при турбулентном режиме для квадратичной области (формула}$$

Шифринсона)

Для определения области рассчитать $\frac{10d}{\Delta}$ и $\frac{500d}{\Delta}$ и сравнить с Re (область гидравлически

гладких труб при турбулентном режиме и $Re < \frac{10d}{\Delta}$, докватричная область при $\frac{10d}{\Delta} < Re <$

$\frac{500d}{\Delta}$, квадратичная при $\frac{500d}{\Delta} < Re$)

$h_{м.с}$ - потери на местные сопротивления

$$h_{м.с} = \sum \xi \cdot \frac{\omega^2}{2g} \quad (11)$$

Перед решением задачи целесообразно перевести в СИ единицы измерения.

Задача 3

Из резервуара М в резервуар N вода, температура которой t °С, перетекает по трубопроводу, состоящему из двух участков (рис 1), характеристика которых приведена в таблице по вариантам. Определить разность уровней h в резервуарах, построить напорную и пьезометрическую линии, считая уровни жидкости в резервуарах постоянными. Форма входа для четных вариантов – 1, для нечетных вариантов – 2.

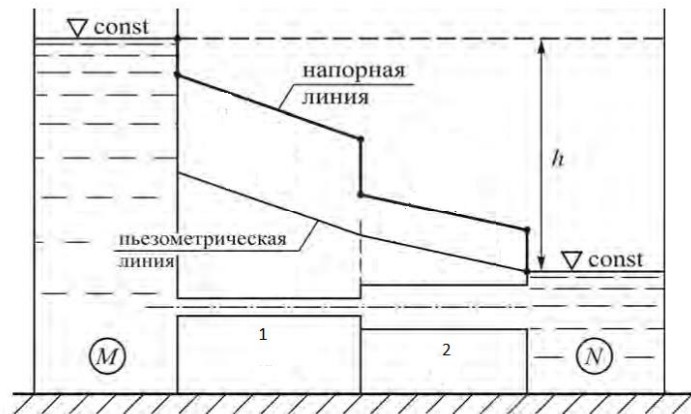


Рис 1

Примечание: вязкости воды при заданной температуре смотреть соответствующей таблице в методических указаниях к решению данной задачи. Форма входа –

1. (прямой вход с острыми кромками)
2. (прямой вход с закругленными кромками)

Исходные данные к задаче 3

Вариант	$d_1, \text{мм}$	$d_2, \text{мм}$	$\delta_1, \text{мм}$	$\delta_2, \text{мм}$	$L_1, \text{м}$	$L_2, \text{м}$	$t, \text{°С}$	$Q, \text{л/с}$
1.	75	110	0,1	0,1	2	5	60	1
2.	76	120	0,2	0,2	3	7	55	2
3.	77	130	0,3	0,1	4	8	40	3
4.	78	140	0,4	0,2	2,5	6	45	4
5.	79	115	0,5	0,3	3,5	6,5	35	5
6.	80	125	0,01	0,4	4,5	7,5	30	6
7.	81	135	0,02	0,5	5,5	2	28	7
8.	82	145	0,03	0,01	5	3	26	8

Вариант	d ₁ , мм	d ₂ , мм	δ ₁ , мм	δ ₂ , мм	L ₁ , м	L ₂ , м	t, °С	Q, л/с
9.	83	110	0,04	0,02	7	4	24	9
10.	84	120	0,05	0,03	8	2,5	22	10
11.	85	130	0,06	0,04	6	3,5	20	11
12.	86	140	0,07	0,05	6,5	4,5	18	12
13.	87	115	0,08	0,06	7,5	5,5	16	13
14.	88	125	0,09	0,07	2	5	14	14
15.	89	135	0,1	0,08	3	7	12	15
16.	90	145	0,2	0,09	4	8	10	1
17.	75	110	0,3	0,1	2,5	6	8	2
18.	76	120	0,4	0,2	3,5	6,5	6	3
19.	77	130	0,5	0,3	4,5	7,5	2	4
20.	78	140	0,01	0,4	5,5	2	35	5
21.	79	115	0,02	0,5	5	3	30	6
22.	80	125	0,03	0,01	7	4	28	7
23.	81	135	0,04	0,02	8	2,5	26	8
24.	82	145	0,05	0,03	6	3,5	24	9
25.	83	110	0,06	0,04	6,5	4,5	22	10
26.	84	120	0,07	0,05	7,5	5,5	20	11
27.	85	130	0,08	0,06	2	5	18	12
28.	86	140	0,09	0,07	3	7	16	13
29.	87	115	0,1	0,08	4	8	14	14
30.	88	125	0,2	0,09	2,5	6	12	15

Методические указания

Напорной линией, или линией энергии, называется график изменения полного напора вдоль потока. Из уравнения Бернулли следует, что полный напор изменяется только за счет потерь по длине и на местных сопротивлениях. Поэтому напорная линия вдоль потока всегда понижается. Пьезометрической линией называется график изменения пьезометрического напора вдоль потока. Поскольку пьезометрический напор отличается от полного на величину скоростного напора, пьезометрическая линия всегда располагается ниже напорной на расстоянии, равном $\frac{v^2}{2g}$ (в выбранном масштабе)

Решая задачи, по условию которых требуется построить напорную и пьезометрическую линии, целесообразно начинать построение с напорной линии и строить ее по течению. При этом начало напорной линии всегда будет в точке, соответствующей полному напору перед входом в трубопровод. Пьезометрическую линию лучше строить против течения, начиная с точки, соответствующей пьезометрическому напору за концом трубопровода.

Для построения напорной линии необходимо рассчитать потери напора на трение по длине потока, соответствующие каждому участку потока, а также потери напора в местных сопротивлениях. При этом коэффициенты местных сопротивлений ζ берутся из справочников (приложение), за исключением коэффициента местного сопротивления для внезапного расширения, который рассчитывается по формуле Борда

$$\zeta_{\text{вн.р.}} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2 \quad (12)$$

Так, например, для прямого входа с острыми кромками $\zeta_{\text{вх.}} = 0,5$, а для прямого входа с закругленными кромками $\zeta_{\text{вх.}} = 0,3$.

Если скорости до и после местного сопротивления не одинаковы, принято в формулу $h_{\text{мп}}$ подставлять скорость за сопротивлением. Исключением является истечение струи под уровень жидкости в большой резервуар. При этом полностью теряется скоростной напор,

имевшийся в трубе. Коэффициент сопротивления в этом случае принимается $\zeta_{\text{вых.}} = 1$ и берется скорость течения в трубе до выхода.

Расчеты потерь напора на каждом участке определяются аналогично расчетам в задаче № 2. Искомая разность уровней определяется из уравнения Бернулли для реальной жидкости, составленного для сечений, соответствующих свободным поверхностям жидкости в резервуарах М и N.

При построении напорной линии необходимо определить масштаб, при этом следует руководствоваться отношением максимального значения полного напора к максимальному размеру соответствующего изменения листа, на котором производится построение.

Кинематический коэффициент вязкости воды, $10^6 \text{ м}^2/\text{с}$

t°	$10^6 \nu$	t°	$10^6 \nu$	t°	$10^6 \nu$
2	1,67	16	1,12	30	0,80
4	1,57	18	1,06	35	0,72
6	1,47	20	1,01	40	0,66
8	1,39	22	0,96	45	0,60
10	1,31	24	0,92	50	0,56
12	1,24	26	0,88	55	0,52
14	1,18	28	0,84	60	0,48

Задача 4

Определить вид гидроудара и максимальное повышение давления при нем, если: (четный вариант) в стальной трубе движется нефть; (нечетный вариант) в чугунной трубе движется пресная вода. Задвижка расположена на расстоянии 6,5 км (четный вариант) и 7,3 км (нечетный вариант) от начала трубопровода. Жидкости перемещаются при температуре 20°C .

Вариант	d мм	Q л/с	Δ мм	$\tau_{\text{закр}}$ сек	ρ кг/м ³	l , км
1	50	2	3	8	1000	100
2	219	30	4	9	900	110
3	65	2,2	5	10	1000	20
4	273	33	6	11	910	130
5	75	2,4	3	12	1000	140
6	325	35	8	13	920	145
7	100	3	6	14	1000	150
8	377	40	4	15	930	155
9	125	3	7	10	1000	150
10	426	45	8	11	940	145
11	150	4	7	12	1000	140
12	539	50	4	13	950	135
13	175	10	7	14	1000	130
14	630	54	9	15	960	125
15	200	20	7	20	1000	120
16	720	55	10	18	950	115
17	50	2,5	4	17	1000	110
18	630	50	5	16	940	105

19	65	2,7	3	15	1000	100
20	525	45	10	14	930	95
21	75	3	5	13	1000	90
22	426	48	6	12	920	85
23	100	5	7	11	1000	80
24	377	45	7	10	910	75
25	125	6	6	9	1000	70
26	325	40	5	8	900	65
27	150	8	6	7	1000	100
28	273	30	4	6	890	105
29	200	15,0	6	5	1000	110
30	219	38	7	4	880	115

Методические указания

1. Из уравнения неразрывности потока несжимаемой жидкости определить скорость движения жидкости;
2. Вычислить скорость распространения ударной волны, рассчитав предварительно модуль объемной упругости жидкости:

$$C = \frac{\sqrt{\frac{K}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{E\delta}}}, \text{ м/с} \quad (13)$$

где K – модуль упругости жидкости:

$$K = \frac{1}{\beta_v}; \text{ Па} \quad (14)$$

β_v – коэффициент объемного сжатия нефти;
 E – модуль упругости материала трубы.

3. Рассчитать фазу гидравлического удара:

$$T = \frac{2 \cdot l}{C}, \text{ с} \quad (15)$$

4. Сравнить фазу гидравлического удара и время закрытия задвижки. Сделать вывод о характере гидроудара.
5. Найти повышение давления в зависимости от характера гидроудара:

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v \quad (\text{для прямого гидроудара}) \quad (16)$$

Где ρ – плотность жидкости, v - начальная скорость движения жидкости.

или

$$\Delta p = \rho \cdot c \cdot v \cdot \frac{T}{t_z} \quad (\text{для непрямого гидроудара}) \quad (17)$$

Справочная информация: кинематическая вязкость воды при температуре 20 °С составляет $1,004 \times 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$, модуль упругости чугуна 120 ГПа, модуль упругости стали 200 ГПа,

коэффициент объемного сжатия воды $4,75 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, коэффициент объемного сжатия нефти $7,4 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1}$, кинематическая вязкость нефти при температуре $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $55 \frac{\text{мм}^2}{\text{с}}$.

5. Вопросы для подготовки к экзамену

Теоретические вопросы

1. Физические свойства жидкостей: плотность, вязкость, сжимаемость, температурное расширение, поверхностное натяжение: определение, обозначение и единицы измерения.
2. Способы определения плотности и вязкости жидкостей.
3. Основное уравнение гидростатики.
4. Закон Архимеда.
5. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.
6. Режимы движения жидкостей. Опыт и число Рейнольдса.
7. Потери напора на трение и на местные сопротивления.
8. Назначение и классификация трубопроводов.
9. Гидравлический удар в трубопроводах: прямой и непрямой

Практические задания для подготовки к экзамену

1. Определить опытным путём кинематическую вязкость и поверхностное натяжение жидкости.
2. Вычислить полное и избыточное давление жидкости на определенной глубине.
3. Определить диаметр в трубе переменного сечения при известном другом диаметре и скорости движения жидкости.

6. Список рекомендуемой литературы

Основные источники

1. Брюханов, О. Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: учебник / О.Н. Брюханов, В.И. Коробко, А.Т. Мелик-Аракелян. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 254 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-005354-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1284346>.

Дополнительные источники

2. Филин, В. М. Гидравлика, пневматика и термодинамика : курс лекций / под общ. ред. В.М. Филина. — Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2020. – 318 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-8199-0780-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1045819>

Интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система Znanium.com: сайт. -URL: <http://znanium.com>.-Текст: электронный.
2. Электронная библиотечная система Юрайт: сайт. - URL: Текст: электронный.