

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Строительный институт

Кафедра водоснабжения  
и водоотведения

# Решения задач размещены на сайте [zadachi24.ru](http://zadachi24.ru)

## ГИДРОСТАТИКА И ГИДРОДИНАМИКА

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплинам «Гидравлика», «Механика жидкости и газа», «Основы трубопроводного транспорта» для обучающихся по профилям 08.03.01 – Строительство; 23.03.01 – Нефтегазовое дело, для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения

Составители ***В.В. Миронов,***  
***доктор технических наук, профессор***  
***Ю.А. Иванюшин,***  
***кандидат технических наук, доцент***

Тюмень  
ТИУ  
2018

Гидростатика и гидродинамика: метод. указ. к выполнению контрольной работы по дисциплинам «Гидравлика», «Механика жидкости и газа», «Основы трубопроводного транспорта» для обучающихся по направлениям 23.03.01 – Нефтегазовое дело и 08.03.01 – Строительство, для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения / сост. В.В. Миронов, Ю.А. Иванюшин; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2018. – 24 с.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры водоснабжения и водоотведения «24» сентября 2018 года, протокол № 2

### **Аннотация**

Краткие методические указания и задания к контрольной работе по дисциплинам «Гидравлика», «Механика жидкости и газа», «Основы трубопроводного транспорта» предназначены для обучающихся по профилям 08.03.01 – Строительство; 23.03.01 – Нефтегазовое дело, для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения

Методические указания состоят из кратких пояснений для решения задач при практической и самостоятельной работе, также предложены задания для решения контрольных работ и список рекомендованной литературы.

Методические указания к выполнению контрольной работы окажут содействие в самостоятельной работе студентов.

## **СОДЕРЖАНИЕ:**

1 ЗАДАНИЯ ПО ГИДРОСТАТИКЕ И КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ .....	4
Задание 1.1 .....	4
Задание 1.2 .....	5
Задание 1.3 .....	6
Задание 1.4 .....	7
Задание 1.6 .....	10
2 ЗАДАНИЯ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ И КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ .....	11
Задание 2.1 .....	11
Задание 2.2 .....	12
Задание 2.3 .....	13
Задание 2.4 .....	14
Задание 2.5 .....	15
Задание 2.6 .....	16
Задание 2.7 .....	17
Задание 2.8 .....	18
3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ .....	20
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	20

# 1 ЗАДАНИЯ ПО ГИДРОСТАТИКЕ И КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

## Задание 1.1

При гидравлическом испытании участка трубопровода с внутренним диаметром  $d$  и длиной  $l$ , проводимом с целью обеспечения безопасности технологических процессов и недопущения загрязнения окружающей среды, манометрическое давление жидкости было поднято до значения  $55 \text{ атм.}$  Пренебрегая деформацией трубопровода и изменением температуры, определить какой объём жидкости вытекиз негерметичного трубопровода, если через один час давление в нём упало до  $40 \text{ атм.}$  Модуль упругости жидкости принять равным  $2,0 \cdot 10^9 \text{ Па.}$

Таблица № 1.1

Исходные данные для задания 1.1

№ варианта	Параметр	
	d, м	l, м
1	0,20	4000
2	0,10	4500
3	0,20	5000
4	0,20	5500
5	0,30	6000
6	0,30	6500
7	0,40	700
8	0,40	750
9	0,50	800
10	0,50	850
11	0,60	900
12	0,60	950
13	0,70	1000
14	0,70	1050
15	0,80	1100
16	0,80	1150
17	0,90	1200
18	0,90	1250
19	1,00	1300
20	1,00	1350
21	1,20	1400
22	1,20	1450
23	1,20	1500
24	1,40	1550
25	1,40	1600

*Краткие указания:* В этой задаче необходимо учитывать сжимаемость (изменение объёма) капельной жидкости под воздействием давления. Сжимаемость характеризуется модулем упругости жидкости или коэффициентом объёмного сжатия, являющимся величиной обратной модулю упругости. Сжимаемость зависит, в основном, от рода жидкости. Физический смысл коэффициента объёмного сжатия заключается в относительном изменении объёма капельной жидкости при изменении давления на единицу. Давление в одну техническую атмосферу  $1 \text{ атм} = 1 \text{ кг/см}^2 = 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$ . Модуль упругости жидкости или коэффициент объёмного сжатия выбирается с использованием справочной литературы.

### Задание 1.2

В вертикальной цилиндрической ёмкости диаметром  $D$  находится углеводородсодержащая жидкость, масса которой составляет  $m$ , тонн, температура жидкости равна  $t$ , °С, плотность  $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$ . Определить на какую величину изменится уровень углеводородсодержащей жидкости в ёмкости и минимальную допустимую высоту этой ёмкости с целью недопущения перелива жидкости через верх, приводящего к загрязнению окружающей среды, если температура её изменится от 0°С до 35°С. Расширением стенок ёмкости пренебречь. Коэффициент температурного расширения жидкости принять равным  $\beta_t = 0,00075 \text{ 1/}^\circ\text{С}$ .

Таблица № 1.2

Исходные данные для задания 1.2

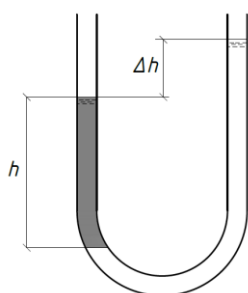
№ варианта	Параметр	
	D, м	$m \times 10^3$ , кг
1	3,0	50
2	3,1	51
3	3,2	52
4	3,3	53
5	3,4	54
6	3,5	55
7	3,6	56
8	3,7	57
9	3,8	58
10	3,9	59
11	4,0	60
12	4,1	61
13	4,2	62
14	4,3	63
15	4,4	64
16	4,5	65

№ варианта	Параметр	
	D, м	m × 10 <sup>3</sup> , кг
17	4,6	66
18	4,7	67
19	4,8	68
20	4,9	69
21	5,0	70
22	5,1	71
23	5,2	72
24	5,3	73
25	5,4	74

*Краткие указания:* Способность капельной жидкости увеличивать или уменьшать свой первоначальный объём с изменением температуры характеризуется коэффициентом температурного расширения, который, в основном, зависит от рода капельной жидкости, его значение определяется с использованием справочной литературы.

Физический смысл коэффициента температурного расширения капельной жидкости – относительное изменение объёма жидкости при изменении её температуры на единицу.

### Задание 1.3



Определить удельный вес жидкости, не смешивающейся с водой и находящейся в левом колене U-образной стеклянной трубки на высоте  $h$  над границей раздела жидкости и воды. Вода налита в правую часть трубки. Разность уровней жидкости и воды в коленях трубки  $\Delta h$ . Плотность воды принять  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица № 1.3

Исходные данные для задания 1.3

№ варианта	Параметр	
	$h$ , м	$\Delta h$ , см
1	3,0	50
2	3,1	49
3	3,2	48
4	3,3	47
5	3,4	46
6	3,5	45
7	3,6	44
8	3,7	43
9	3,8	42

№ варианта	Параметр	
	$h, м$	$\Delta h, см$
10	3,9	41
11	4,0	40
12	4,1	39
13	4,2	38
14	4,3	37
15	4,4	36
16	4,5	35
17	4,6	34
18	4,7	33
19	4,8	32
20	4,9	31
21	5,0	30
22	5,1	29
23	5,2	28
24	5,3	27
25	5,4	26

*Краткие указания:* Жидкости в коленях трубки находятся в покое под действием силы тяжести. Поверхностью равного давления в этом случае является любая горизонтальная плоскость. Выберем горизонтальную плоскость (поверхность равного давления), проходящую по границе раздела жидкостей в левом колене трубки. Выделим по точке на этой поверхности в левом и правом коленях. Запишем основное уравнение гидростатики для выбранных точек. Решение уравнений позволяет определить удельный вес жидкости в левом колене трубки.

#### Задание 1.4

Капельная жидкость плотностью  $\rho=850\text{кг/м}^3$  находится в трубопроводе с внутренним диаметром  $d, м$ , который должен не разрушаясь выдерживать манометрическое давление  $p$  атмосфер. Рассчитать минимальную толщину стенки трубопровода, принимая допустимое растягивающее напряжение в материале трубы  $\sigma=85\text{ МПа}$ .

Таблица № 1.4

Исходные данные для задания 1.4

№ варианта	Параметр	
	$d, м$	$p, атм$
1	0,10	50
2	0,10	49
3	0,20	48
4	0,20	47

№ варианта	Параметр	
	d, м	p, атм
5	0,30	46
6	0,30	45
7	0,40	44
8	0,40	43
9	0,50	42
10	0,50	41
11	0,60	40
12	0,60	39
13	0,70	38
14	0,70	37
15	0,80	36
16	0,80	35
17	0,90	34
18	0,90	33
19	1,00	32
20	1,00	40
21	1,00	30
22	1,20	45
23	1,20	53
24	1,40	50
25	1,40	55

*Краткие указания:* Поверхность трубопровода представляет собой криволинейную (цилиндрическую) поверхность – жесткую оболочку. Сила избыточного гидростатического давления на внутреннюю поверхность трубопровода приводит к появлению растягивающих усилий в материале трубопровода, которые не должны вызывать в нём предельно допустимых напряжений. Растягивающие усилия в материале трубопровода возникают в результате действия горизонтальной составляющей силы гидростатического давления на цилиндрическую поверхность трубопровода, которая равна произведению манометрического давления в центре тяжести проекции криволинейной поверхности на вертикальную плоскость на площадь этой проекции. Жесткую оболочку (трубопровод) считать тонкой, то есть с растягивающими напряжениями одинаковыми по всей толщине материала трубопровода.

### Задание 1.5

Для экстренной защиты от аварийно-разливающихся жидких углеводородов используют быстровозводимые защитные ограждения различных конструкций. Определить силу гидростатического давления жидких углеводородов на единицу длины заграждения, если в поперечном



сечении оно имеют форму равнобедренного треугольника, а также определить точку приложения силы (центр давления), если высота столба жидкости перед заграждением  $h$ , м, а угол при основании равнобедренного треугольника составляет  $\alpha$  градусов. Плотность жидких углеводородов  $\rho_y = 800 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица № 1.5

Исходные данные для задания 1.5

№ варианта	Параметр	
	h, м	$\alpha$ , град.
1	0,1	40
2	0,2	45
3	0,3	50
4	0,4	55
5	0,5	60
6	0,6	35
7	0,7	36
8	0,8	37
9	0,9	38
10	1,0	39
11	1,1	40
12	0,1	41
13	0,2	42
14	0,3	43
15	0,4	44
16	0,5	45
17	0,6	46
18	0,7	47
19	0,8	48
20	0,9	49
21	1,0	50
22	0,1	51
23	0,2	52
24	0,3	53
25	0,4	54

*Краткие указания:* Сила гидростатического давления воды на поверхность заграждения рассчитывается для определения его устойчивости. Для этого, первоначально, рассчитывается избыточное давление в центре тяжести плоской фигуры на единицу длины заграждения, а затем умножается на площадь этой фигуры. Для нахождения центра давления (глубины погружения точки приложения силы) определяется момент инерции плоской фигуры (в рассматриваемом случае – прямоугольника) с использованием справочников по гидравлике или сопромату.

### Задание 1.6

Основание понтона, представляет собой цилиндр с положительной плавучестью. Определить объём надводной части цилиндра незагруженного понтона, не зная его длины, если диаметр поперечного сечения цилиндра составляет  $d$ , м, плотность материала, из которого он изготовлен, равна  $\rho$ , а плотность воды  $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица № 1.6

Исходные данные для задания 1.6

№ варианта	Параметр	
	$d$ , м	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0,20	500
2	0,21	510
3	0,22	520
4	0,23	530
5	0,24	540
6	0,25	550
7	0,26	560
8	0,27	570
9	0,28	580
10	0,29	590
11	0,30	500
12	0,31	510
13	0,32	520
14	0,33	530
15	0,34	540
16	0,35	550
17	0,36	560
18	0,37	570
19	0,38	580
20	0,39	590
21	0,40	600
22	0,41	510
23	0,42	520
24	0,43	530
25	0,44	540

*Краткие указания:* На тело, погружённое в жидкость, кроме его веса, действует выталкивающая сила, определяемая по закону Архимеда, как вес жидкости в объёме погружённой части тела. При решении задачи необходимо рассматривать равновесие тела, находящегося под действием этих двух сил.

## 2 ЗАДАНИЯ ПО ГИДРОДИНАМИКЕ И КРАТКИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

### Задание 2.1

По напорному трубопроводу диаметром  $d$ , м, перекачивается мазут, имеющий кинематическую вязкость  $\nu = 1,5 \text{ Ст}$  (стокс). Расход мазута составляет  $Q$ , л/с. Определить режим движения жидкости.

Таблица № 2.1

Исходные данные для задания 2.1

№ варианта	Параметр	
	$d$ , м	$Q$ , л/с
1	0,10	11
2	0,10	20
3	0,20	30
4	0,20	40
5	0,30	50
6	0,30	60
7	0,40	70
8	0,40	80
9	0,50	90
10	0,50	100
11	0,60	110
12	0,60	120
13	0,70	130
14	0,70	140
15	0,80	150
16	0,80	160
17	0,90	200
18	0,90	300
19	1,00	310
20	1,00	320
21	1,00	340
22	1,20	360
23	1,20	380
24	1,20	400
25	1,20	420

*Краткие указания:* Для установления режима движения жидкости (ламинарный или турбулентный) необходимо определить число Рейнольдса ( $Re$ ) и сравнить его с критическим числом для напорного потока.

$$1 \text{ Ст} = 1 \text{ см}^2/\text{с}$$

$$1 \text{ л} = 1 \text{ дм}^3$$

## Задание 2.2

Определить режим движения воды в канале трапецеидального сечения. Ширина канала по дну составляет  $b$ , м, глубина воды в канале  $h$ , м, коэффициент заложения откосов боковых стенок  $m = 1,6$ . Расход воды в канале равен  $Q$ , м<sup>3</sup>/с. Коэффициент кинематической вязкости воды в канале  $\nu$ , равен  $0,8 \text{ cSt}$  (сантистокс).

Таблица № 2.2

Исходные данные для задания 2.2

№ варианта	Параметр		
	$b$ , м	$h$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /с
1	2,0	2,1	0,04
2	2,2	2,2	4,1
3	2,4	2,3	0,01
4	2,6	2,4	4,3
5	2,8	2,5	0,02
6	3,0	2,6	4,5
7	3,2	2,7	0,03
8	3,4	2,8	4,7
9	3,6	2,9	0,001
10	3,8	3,0	0,002
11	4,0	3,1	5,0
12	4,2	3,2	0,5
13	4,4	3,3	0,05
14	4,6	3,4	0,005
15	4,8	3,5	0,54
16	5,0	3,6	5,5
17	5,2	3,7	0,56
18	5,4	3,8	5,7
19	5,6	3,9	0,58
20	5,8	4,0	5,9
21	6,0	4,1	0,003
22	6,2	4,2	6,1
23	6,4	4,3	0,06
24	6,6	4,4	6,3
25	6,8	4,5	0,6

*Краткие указания:* Режим движения воды в канале определяется при помощи числа Рейнольдса ( $Re$ ) для безнапорных потоков, в котором в качестве характеристики линейного размера принимается значение гидравлического радиуса. Гидравлический радиус – отношение площади живого сечения потока жидкости к смоченному периметру. Значение критического числа Рейнольдса принимается для безнапорных потоков.

Угол заложения откосов представляет собой котангенс угла наклона боковых стенок канала к горизонту.

### Задание 2.3

Определить расход жидкости, пропускаемый самотечным напорным трубопроводом диаметром  $d$  и длиной  $l$ , если динамический коэффициент вязкости этой жидкости равен  $\mu$ , её плотность равна  $\rho$ , а разность отметок начальной и конечной точек трубопровода составляет  $H = 2$  м. Эквивалентная шероховатость стенок трубопровода  $\Delta_s = 0,15$  мм.

Таблица № 2.3

Исходные данные для задания 2.3

№ варианта	Параметр			
	$d$ , м	$l$ , м	$\mu$ , Па·с	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
1	0,10	40	0,001	1000
2	0,10	41	0,002	999
3	0,20	42	0,003	998
4	0,20	43	0,004	997
5	0,30	44	0,005	996
6	0,30	45	0,006	995
7	0,40	46	0,007	994
8	0,40	47	0,008	993
9	0,50	48	0,009	992
10	0,50	49	0,010	991
11	0,60	50	0,011	990
12	0,60	51	0,012	989
13	0,70	52	0,013	988
14	0,70	53	0,014	987
15	0,80	54	0,015	986
16	0,80	55	0,016	985
17	0,90	56	0,017	984
18	0,90	57	0,018	983
19	1,00	58	0,019	982
20	1,00	59	0,020	981
21	1,00	60	0,021	980
22	1,00	61	0,022	979
23	1,20	62	0,023	978
24	1,20	63	0, 024	977
25	1,20	64	0,025	976

*Краткие указания:* При решении задачи необходимо использовать уравнение Бернулли и уравнение неразрывности потока (постоянства расхода), записанные для начального и конечного сечений трубопровода,

задать режим движения жидкости в трубопроводе, определить её расход и проверить соответствие выбранному режиму движения жидкости по критерию Рейнольдса. В случае выявления несоответствия – выбрать другой режим движения жидкости и снова выполнить расчёт. Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  следует определять по формуле Стокса для ламинарного режима движения жидкости или по одной из эмпирических формул для турбулентного режима движения жидкости, например, по формуле Альтшуля.

### Задание 2.4

Определить потери напора и давления по длине в новом стальном трубопроводе (эквивалентная шероховатость его стенок  $\Delta_э = 0,15 \text{ мм}$ ) диаметром  $d$  и длиной  $l$ , если по нему транспортируется вода с расходом  $Q = 400 \text{ л/с}$ . Кинематическая вязкость воды  $\nu_в = 1 \text{ сСт}$ , а её плотность  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Как изменятся потери напора и потери давления, если по нему будет транспортироваться нефть с тем же расходом? Коэффициент кинематической вязкости нефти  $\nu_н$  принять равным  $1 \text{ Ст}$ , а плотность  $\rho_н = 850 \text{ кг/м}^3$ .

Таблица № 2.4

Исходные данные для задания 2.4

№ варианта	Параметр	
	d, м	l, м
1	0,50	1000
2	0,50	1500
3	0,60	2000
4	0,60	2500
5	0,50	3000
6	0,50	3500
7	0,60	4000
8	0,60	4500
9	0,50	5000
10	0,50	5500
11	0,60	6000
12	0,60	6500
13	0,70	7000
14	0,70	7500
15	0,80	8000
16	0,80	8500
17	0,90	9000
18	0,90	9500
19	1,00	10000

№ варианта	Параметр	
	d, м	l, м
20	1,00	10500
21	1,00	11000
22	1,00	11500
23	1,20	12000
24	1,20	12500
25	1,20	13000

*Краткие указания:* Потери напора на трение по длине рассчитываются по формуле Дарси-Вейсбаха. Коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  в этой формуле определяется с учётом режима движения жидкости (см. указания к заданию 2.3). Потери напора с физической точки зрения представляют собой потери энергии на трение, отнесённые к единице веса жидкости, а потери давления представляют собой потери энергии, отнесённые к единице объёма жидкости.

### Задание 2.5

В стальном трубопроводе длиной  $l$  и диаметром  $d$ , с толщиной стенок  $\delta$  равной 6 мм, средняя по сечению скорость воды  $V = 1,7$  м/с. Определить наименьшее время закрывания запорной арматуры  $t_z$ , обеспечивающее повышение вызванного гидравлическим ударом давления в конце трубопровода не более  $2,5$  атм, не приводящего к разрыву трубопровода и нанесению ущерба окружающей среде. Как повысится давление в случае мгновенного перекрытия сечения трубопровода? Модуль упругости воды  $E_g = 2 \cdot 10^9$  Па, модуль упругости стали  $E_c = 2 \cdot 10^{11}$  Па, плотность воды  $\rho_g = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Определить потери напора на задвижке при движении жидкости с заданной скоростью  $V$ , если коэффициент местного сопротивления  $\xi$  будет равен 0,37.

Таблица № 2.5

Исходные данные для задания 2.5

№ варианта	Параметр	
	d, м	l, м
1	0,10	1000
2	0,10	1100
3	0,20	1200
4	0,20	1300
5	0,30	1400
6	0,30	1500
7	0,40	1600
8	0,40	1700
9	0,50	1800

№ варианта	Параметр	
	d, м	l, м
10	0,50	1900
11	0,60	2000
12	0,60	2100
13	0,70	2200
14	0,70	2300
15	0,80	2400
16	0,80	2500
17	0,90	2600
18	0,90	2700
19	1,00	2800
20	1,00	2900
21	1,00	3000
22	1,00	3100
23	1,20	3200
24	1,20	3300
25	1,20	3400

*Краткие указания:* При мгновенном перекрытии сечения трубопровода для определения ударного повышения давления используется формула Жуковского для прямого гидравлического удара. В случае постепенного закрытия запорной арматуры – зависимость для непрямого гидравлического удара. Потери напора при движении жидкости в местных сопротивлениях определяются по формуле Вейсбаха.

### Задание 2.6

Определить расход воды в канале трапецеидального сечения при равномерном движении жидкости в нём. Ширина канала по дну равна  $b$ , глубина воды в канале равна  $h$ , коэффициент заложения откосов  $m = 2$ . Продольный уклон дна  $i$  составляет  $0,0014$ . Коэффициент шероховатости поверхности русла  $n = 0,018$ .

Таблица № 2.6

Исходные данные для задания 2.6

№ варианта	Параметр	
	b, м	h, м
1	10	3,0
2	9,8	2,9
3	9,6	2,8
4	9,4	2,7
5	9,2	2,6
6	9,0	2,5



№ варианта	Параметр	
	b, м	h, м
7	8,8	2,4
8	8,6	2,3
9	8,4	2,2
10	8,2	2,1
11	8,0	2,0
12	7,8	1,9
13	7,6	1,8
14	7,4	1,7
15	7,2	1,6
16	7,0	1,5
17	6,8	1,4
18	6,6	1,3
19	6,4	1,2
20	6,2	1,1
21	6,0	1,0
22	5,8	0,9
23	5,6	0,8
24	5,4	0,7
25	5,2	0,6

*Краткие указания:* Равномерное безнапорное движение жидкости в открытых руслах рассчитывается с использованием формулы Шези. Коэффициент Шези  $C$  может быть определён по формуле Маннинга или любой другой эмпирической формуле.

### Задание 2.7

Определить время полного опорожнения вертикального цилиндрического резервуара с водой. Диаметр резервуара  $d$ , м. Начальная высота столба жидкости в резервуаре  $H$ , м. Диаметр отверстия, расположенного в донной части резервуара  $d_0 = 5$  см.

Таблица № 2.7

Исходные данные для задания 2.7

№ варианта	Параметр	
	$d$ , м	$H$ , м
1	10	3,0
2	9,8	2,9
3	9,6	2,8
4	9,4	2,7
5	9,2	2,6
6	9,0	2,5

№ варианта	Параметр	
	$d, м$	$H, м$
7	8,8	2,4
8	8,6	2,3
9	8,4	2,2
10	8,2	2,1
11	8,0	2,0
12	7,8	1,9
13	7,6	1,8
14	7,4	1,7
15	7,2	1,6
16	7,0	1,5
17	6,8	1,4
18	6,6	1,3
19	6,4	1,2
20	6,2	1,1
21	6,0	1,0
22	5,0	0,9
23	4,0	0,8
24	3,0	0,7
25	2,0	0,6

*Краткие указания:* Опорожнение резервуара относится к неустановившемуся движению жидкости, так как параметры движения меняются во времени. В виду плавного изменения параметров движения его можно рассматривать, как квазиустановившееся движение и рассчитывать, используя метод смены стационарных состояний.

### Задание 2.8

Определить время заполнения емкости водой, объем которой составляет  $W$ . Емкость заполняется из напорного бака, расположенного на высоте  $H$ . Вода поступает в емкость по трубопроводу диаметром  $d=150$  мм и длиной  $l=90$  м. На трубе имеются два вентиля с коэффициентом местного сопротивления  $\zeta_{\epsilon}=12$  у каждого, четыре прямых колена без закругления ( $\zeta_k=1,5$ ). Режим движения воды в трубопроводе турбулентный в зоне гидравлически шероховатых труб. Коэффициент гидравлического трения  $\lambda=0,02$ . Абсолютная эквивалентная шероховатость стенок трубопровода  $\Delta_s=0,5$  мм. Расходная характеристика, (модуль расхода) такого трубопровода  $K^2 = 34103 \text{ л}^2/\text{с}^2$ .

Исходные данные для задания 2.8

№ варианта	Параметр	
	$W, м^3$	$H, м$
1	30	30
2	29	29
3	28	28
4	27	27
5	26	26
6	25	25
7	24	24
8	23	23
9	22	22
10	21	21
11	20	20
12	19	19
13	18	18
14	17	17
15	16	16
16	15	15
17	14	14
18	13	13
19	12	12
20	11	11
21	10	10
22	8,0	9
23	6,0	8
24	5,0	7
25	4,0	6

*Краткие указания:* Заполнение бака происходит с постоянным расходом во времени, то есть движение установившееся. При выполнении расчетов все местные сопротивления необходимо заменить эквивалентными длинами, на которых потери напора будут такими же, как и в местных сопротивлениях, и ввести понятие приведенной длины трубопровода. Эквивалентная длина рассчитывается по формуле  $l_{э\kappa\delta} = \zeta \cdot d/l$ , а приведенная длина представляет собой сумму  $l_{пр} = l + \sum l_{э\kappa\delta}$ .

### 3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

#### *Задача 1.1*

1. Что такое объемное сжатие каплевой жидкости?
2. Поясните связь коэффициента объемного сжатия каплевой жидкости с модулем упругости жидкости.
3. Что такое манометрическое давление, какова его размерность?

#### *Задача 1.2*

1. Что такое каплевая жидкость?
2. Как определяется коэффициент температурного расширения каплевой жидкости?
3. В чем заключается физический смысл коэффициента температурного расширения каплевой жидкости?

#### *Задача 1.3*

1. Что такое плотность и удельный вес жидкости? Каковы их размерности?
2. Запишите основное уравнение гидростатики. Как передается давление в жидкости?
3. Что такое поверхность равного давления?

#### *Задача 1.4*

1. Что такое сортаментные диаметры?
2. Запишите формулу для определения расчетной толщины стенки трубопровода.
3. Что такое сила гидростатического давления?

#### *Задача 1.5*

1. Опишите порядок нахождения силы гидростатического давления на плоскую поверхность.
2. Каким образом находится точка приложения силы гидростатического давления?
3. Что такое избыточное давление, какова его размерность?

#### *Задача 1.6*

1. Сформулируйте закон Архимеда.
2. Какие силы действуют на тело, погруженное в жидкость?
3. Что такое выталкивающая сила? Каким образом она определяется?

#### *Задача 2.1*

1. Назовите существующие режимы движения жидкости. В чем их принципиальное отличие?
2. Запишите формулу для определения числа Рейнольдса. Какова его размерность? Каково критическое число Рейнольдса для напорных потоков (круглое сечение), запишите формулу?
3. В каких единицах измеряется кинематическая вязкость?

### *Задача 2.2*

1. Что такое расход воды? В каких единицах измеряется расход жидкости?
2. Что такое гидравлический радиус, какова его размерность?
3. Запишите формулу для определения числа Рейнольдса. Какова его размерность? Каково критическое число Рейнольдса для безнапорных потоков, запишите формулу?

### *Задача 2.3*

1. Запишите уравнение неразрывности потока. В чем заключается физический смысл уравнения?
2. Что такое идеальная жидкость? Существуют ли в природе идеальные жидкости?
3. Запишите уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости, реальной жидкости. Опишите каждое из составляющих уравнения.
4. Что называется статическим давлением и скоростным напором?
5. Что такое потери напора по длине? Каким образом определяются потери напора?

### *Задача 2.4*

1. Что такое эквивалентная шероховатость?
2. В чем заключается разница между потерями напора и потерями давления?
3. По каким формулам определяется коэффициент гидравлического трения в зависимости от режима движения жидкости?

### *Задача 2.5*

1. Что называется гидравлическим ударом?
2. В чем разница между прямым и непрямым гидравлическим ударом?
3. Назовите последствия гидравлических ударов в трубопроводах.
4. По каким зависимостям определяются потери напора в местных сопротивлениях? Какие виды местных сопротивлений существуют?

### *Задача 2.6*

1. Запишите уравнение Шези.
2. Как определить площадь живого сечения у каналов прямоугольного, трапецеидального, треугольного сечения?
3. Что такое гидравлический уклон? Как определить потери напора по длине с использованием понятия гидравлического уклона?

#### *Задача 2.7*

1. Запишите формулу для определения расхода жидкости, протекающего через отверстие.
2. Что такое приведенный напор?
3. Что такое коэффициент расхода? Какие значения принимает коэффициент расхода в зависимости от типа отверстия?
4. Какие виды движения называются установившимися и неустановившимися? В чем заключается их разница?

#### *Задача 2.8*

1. Какие трубопроводы называются короткими, длинными?
2. По какой формуле определяется расход воды в трубопроводе?
3. Какая величина называется модулем расхода? От каких факторов зависит модуль расхода?
4. Параллельное и последовательное соединение трубопроводов. Особенности гидравлического расчета.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богомолов А.И. Гидравлика : учебник для гидротехн. специальностей вузов / А.И. Богомолов, К.А. Михайлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1975. – 648 с.
2. Ильина Т.Н. Основы гидравлического расчета инженерных сетей : учебное пособие для вузов / Т.Н. Ильина. – Москва : АСВ, 2007. – 186 с.
3. Крестин Е.А. Задачник по гидравлике с примерами расчетов : учебное пособие / Е.А. Крестин, И.Е. Крестин. – 3-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2014. – 320 с.
4. Кудинов В.А. Гидравлика : учебное пособие мо / В.А. Кудинов, Э.М. Кардашов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2007. – 199 с.
5. Примеры расчетов по гидравлике / под ред. А.Д. Альтшуля. – Москва : Стройиздат, 1977. – 256 с.
6. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П.Г. Киселева. – 5-е изд. – Москва : «Энергия», 1974. – 312 с.
7. Чугаев Р.Р. Гидравлика: учебник/ Р.Р. Чугаев. – 5-е изд., репринт. – Москва : БАСТЕТ, 2008. – 672 с.
8. Штеренлихт Д.В. Гидравлика: учебник мо / Д.В. Штеренлихт. – Москва : КолосС, 2004. – 656 с.

Учебное издание

## **ГИДРОСТАТИКА И ГИДРОДИНАМИКА**

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплинам «Гидравлика», «Механика жидкостей и газа», «Основы трубопроводного транспорта» для обучающихся по направлениям 08.03.01 – Строительство; 23.03.01 – Нефтегазовое дело, для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения

Составители  
МИРОНОВ Виктор Владимирович  
ИВАНЮШИН Юрий Андреевич

*В авторской редакции*

Подписано в печать **XX.XX.2018**. Формат 60х90 1/16. Печ. л. 1,5.  
Тираж **XX** экз. Заказ № **XX-XXX**.

Библиотечно-издательский комплекс  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Тюменский индустриальный университет».  
625000, Тюмень, ул. Володарского, 38.

Типография библиотечно-издательского комплекса.  
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52.