

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»

Факультет строительный

Кафедра теплотехники и гидравлики

УТВЕРЖДЕН
на заседании кафедры
«29» августа 2017 г.,
протокол № 1
Заведующий кафедрой
_____ В.С. Васильев

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Б.17 Механика жидкости и газа»

Направление подготовки (специальность) 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Квалификация (степень) выпускника – «Инженер-строитель»

Специализация 2 "Строительство подземных сооружений"

Методические материалы разработаны на основе рабочей программы дисциплины, предусмотренной образовательной программой высшего образования (ОП ВО) по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доцент кафедры теплотехники
и гидравлики, кандидат технических наук _____ В.И. Тарасов

СОГЛАСОВАНО:

Методическая комиссия строительного факультета «30» августа 2017 г., протокол №1.

Декан факультета _____ А.Н. Плотников

I. Процесс обучения по дисциплине направлен на формирование следующих компетенций

В процессе освоения данной дисциплины обучающиеся формируют следующие компетенции и демонстрирует соответствующие им результаты обучения:

Компетенция по ФГОС	Ожидаемые результаты обучения
<p>ОПК-6 - способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>Знать- терминологию, основные понятия, относящиеся к гидравлике и теплотехнике;</p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ; - основные законы поведения жидкостей при ее покое, движении и взаимодействии с инженерными конструкциями; - условия существования ламинарного и турбулентного режимов движения; - виды гидравлических сопротивлений и их влияние на потери напора; - основные законы термодинамики и теплопередачи <p>Уметь- определять величину общего сопротивления гидравлической системы с помощью справочной литературы;</p> <ul style="list-style-type: none"> - правильно выбирать расчетные сечения при применении уравнения Бернулли для расчета пропускной способности систем. - пользоваться справочной научно-технической литературой <p>Владеть - навыками работы со справочной литературой по гидравлике и теплотехнике</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками проведения простых гидравлических экспериментов. - первичными навыками и основными методами решения математических задач; - первичными -навыками постановки и основными методами решения задач молекулярной физики.
<p>ОПК-7 - способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат</p>	<p>Знать - фундаментальные основы физики, включая разделы «давление жидкости и газов», «молекулярная физика», «теплота»;</p> <p>Уметь - проводить формализацию поставленной задачи на основе современного математического аппарата;</p> <ul style="list-style-type: none"> - выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат <p>Владеть - методами решения простых задач по гидравлике и теплотехнике</p> <ul style="list-style-type: none"> - первичными навыками и основными методами решения математических задач применительно к гидравлике и теплотехнике;

II. Методические указания обучающимся по выполнению самостоятельной работы

Самостоятельная работа определяется спецификой дисциплины и методикой ее преподавания, временем, предусмотренным учебным планом, а также степенью обучения, на которой изучается дисциплина.

Для самостоятельной подготовки можно рекомендовать следующие источники: конспекты лекций и/или практических и лабораторных занятий, учебную литературу соответствующего профиля.

Преподаватель в начале чтения курса информирует обучающихся о формах, видах и содержании самостоятельной работы, разъясняет требования, предъявляемые к результатам самостоятельной работы, а также формы и методы контроля и критерии оценки.

Методические рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям

Ведущей дидактической целью лабораторных работ является экспериментальное подтверждение и проверка существенных теоретических положений (законов, зависимостей). Содержанием лабораторных работ могут быть экспериментальная проверка формул, методик расчета, установление и подтверждение закономерностей, ознакомление с методиками проведения экспериментов, установление свойств веществ, их качественных и количественных характеристик, наблюдение развития явлений, процессов и др. В ходе выполнения заданий у студентов формируются практические умения и навыки обращения с различными приборами, установками, лабораторным оборудованием, аппаратурой, которые могут составлять часть профессиональной практической подготовки, а также исследовательские умения (наблюдать, сравнивать, анализировать, устанавливать зависимости, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследование, оформлять результаты).

Лабораторные работы и практические занятия могут носить репродуктивный, частично - поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении студенты пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично - поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении студенты не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и требуют от студентов самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературы и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что студенты должны решить новую для них проблему, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания.

Формы организации студентов на лабораторных работах и практических занятиях: фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все студенты выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый студент выполняет индивидуальное задание.

При подготовке к лабораторным работам студенту следует изучить соответствующие темы по рекомендуемой литературе, а так же описание лабораторной работы. Перед началом лабораторной работы следует продумать последовательность измерений, обработки данных и заготовить бланк протокола измерений.

Лабораторные стенды включаются преподавателем или лаборантом. Число режимов и измерений согласуется с преподавателем.

Перед началом занятий проводится вводный опрос. Студент должен: знать постановку задачи и цели исследования; устройство лабораторного стенда; правила пользования приборами; меры предосторожности при работе на данном стенде.

Оформление письменного отчета по выполненной работе в соответствии с требованиями. Письменный отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать следующие сведения:

- название работы и сведения об авторе отчета (курс, имя, фамилия);
- цель работы и формулировка используемого метода анализа;
- схему и краткое описание лабораторной установки;
- описание выполнения лабораторных исследований или расчетов;
- графики;
- выводы о работе;
- список используемой литературы.

Защита лабораторной работы проводится при наличии правильно и аккуратно оформленного отчета. На защите студент должен показать знание теоретического материала по теме работы, уметь пользоваться им при решении практических задач, знать опытную установку и методику опытов, ответить на контрольные вопросы.

Оценки за выполнение лабораторных работ учитываются как показатель текущей успеваемости обучающегося.

Методические рекомендации по лабораторным занятиям по каждой теме подробно изложены в лабораторном практикуме.

Методические рекомендации по подготовке к зачету.

Подготовка студентов к сдаче зачета включает в себя:

- просмотр программы учебного курса;
- определение необходимых для подготовки источников (учебников, дополнительной литературы и т. д.) и их изучение;
- использование конспектов лекций, материалов практических занятий;
- консультирование у преподавателя.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором студенты получают общую установку преподавателя и перечень основных требований к текущей и итоговой отчетности. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь, прежде всего перечнем вопросов к зачету, конспектировать важные для решения учебных задач источники. В течение семестра происходят пополнение, систематизация и корректировка студенческих наработок, освоение нового и закрепление уже изученного материала.

Методические рекомендации по подготовке к зачету.

Подготовка к зачету начинается с первого занятия по дисциплине, на котором студенты получают общую установку преподавателя и перечень основных требований к текущей и итоговой отчетности. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь, прежде всего перечнем вопросов к зачету, конспектировать важные для решения учебных задач источники. В течение семестра происходят пополнение, систематизация и корректировка студенческих наработок, освоение нового и закрепление уже изученного материала.

Пример контрольной работы с примерами решения задач

Контрольная работа содержит 3 задания. Вариант задания принимается по последней цифре зачетной книжки или студенческого билета. Работа выполняется на формате А 4 с оформлением титульного листа и списка использованных источников.

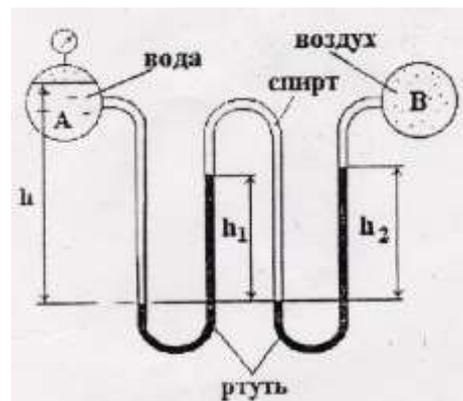
Задание 1

Найти абсолютное давление воздуха в сосуде В, если избыточное давление на поверхности воды в сосуде А равно $P_{изб}$, а уровни жидкостей в трубках равны h м; h_1 м; h_2 м. Плотность жидкостей:

вода – 1000 кг/м³;
 спирт – 800 кг/м³;
 ртуть - 13600 кг/м³

Результат выразить в Па и в кгс/см²

№	Р _{изб.} , кПа	h, м	h ₁ , м	h ₂ , м
1	25	0,7	0,2	0,3
2	20	1,4	0,35	0,3
3	30	0,9	0,25	0,2
4	45	1,3	0,35	0,25
5	10	1,0	0,3	0,4
6	50	1,35	0,15	0,45
7	15	0,8	0,4	0,3
8	20	1,1	0,25	0,35
9	14	0,6	0,12	0,26
10	16	1,2	0,18	0,36



Пример решения.

Исходные данные:

$$h = 1,5\text{м};$$

$$h_1 = 0,3\text{м};$$

$$h_2 = 0,3\text{м}$$

$$P_{\text{изб}} = 18 \text{ кПа} = 18000 \text{ Па}$$

$$\rho_{\text{в}} - 1000 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{спирт}} - 800 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{рт}} - 13600 \text{ кг/м}^3$$

$$P_{\text{ат}} = 101325\text{Па}$$

Определить: P_B

Решение:

Полное давление в сосуде А определяется по формуле

$$P_A = P_{\text{ат}} + P_{\text{изб}}$$

$$P_A = 101325 + 18000 = 119325 \text{ Па}$$

Определим полное давление в точках на линии раздела жидкостей

$$P_C = P_A + \rho_{\text{в}} g h$$

$$P_C = 119325 + 1000 \cdot 9,8 \cdot 1,5 = 134025 \text{ Па}$$

$$P_D = P_C - \rho_{\text{рт}} g h_1$$

$$P_D = 134025 - 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,3 = 94041 \text{ Па}$$

$$P_F = P_D + \rho_{\text{спирта}} g h_1$$

$$P_F = 94041 + 800 \cdot 9,8 \cdot 0,3 = 96393 \text{ Па}$$

$$P_E = P_F - \rho_{\text{рт}} g h_2$$

$$P_E = 96393 - 13600 \cdot 9,8 \cdot 0,3 = 56409\text{Па}$$

Давление в т. Е равно давлению в сосуде В.

Ответ: P_B = 56409 Па = 0,56 кгс/см²

Задание 2.

Вода при температуре 20⁰С ($\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$) вытекает из верхнего бака в нижний (рис. 2) с расходом Q через трубопровод длиной L и диаметром d. Труба имеет n резких поворотов ($\xi_{\text{пов}} = 1,2$) и один вентиль. Найти разность уровней в баках h.

№	L, м	d, мм	Q, л/с	k _з , мм	n	ξ _в
1	100	100	10	0,06	4	4,0
2	150	75	5	0,07	1	4,3
3	120	50	3	0,12	3	4,5
4	400	95	7,5	0,075	4	4,2
5	200	85	2	0,75	10	4,3

6	50	70	4,5	0,03	7	4,4
7	80	40	6	0,60	6	5,5
8	75	60	5,5	0,06	5	4,5
9	250	120	8	0,07	4	3,8
10	130	70	7	0,12	6	4,1

Принять коэффициенты местного сопротивления выхода из бака $\xi_{\text{вых}}=1,0$, входа из трубы в бак $\xi_{\text{вх}}=0,5$.

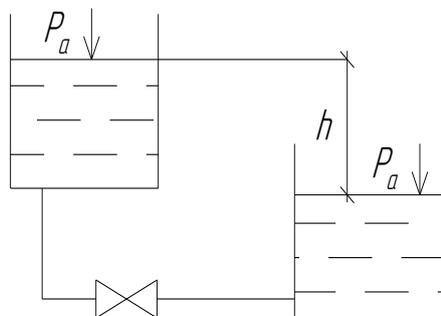


Рис 2

Пример решения задания 2.

Исходные данные:

$$\nu = 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$L = 150 \text{ м}$$

$$d = 75 \text{ мм} = 0,075 \text{ м}$$

$$Q = 5,0 \text{ л/с} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\xi_{\text{вых}} = 1,0$$

$$\xi_{\text{вх}} = 0,5$$

$$\xi_{\text{пов}} = 1,2$$

$$\xi_{\text{в}} = 4,3$$

$$n = 1$$

$$k_s = 0,07 \text{ мм}$$

Определить:

Разность уровней в баках h

Решение:

1. Составляем уравнение Бернулли для реальной жидкости

$$Z_1 + P_1/\rho g + v_1^2/2g = Z_2 + P_2/\rho g + v_2^2/2g + h_{\text{пот}}$$

$$Z_1 = h$$

$$v_1^2/2g = 0$$

$$Z_2 = 0$$

$$h = v_2^2/2g + h_{\text{пот}}$$

$$v = 4Q / \pi d^2$$

$$v = 4 * 0,005 / 3,14 * 0,075^2 = 1,132 \text{ м/с}$$

$$2. \quad R_e = \frac{vd}{\nu}$$

R_e - число Рейнольдса;

ν - кинематическая вязкость;

Число R_e , при котором происходит смена режимов, называется *критическим*.

$R_{e \text{ кр.}} = 2320$ - для напорного движения в трубопроводах.

При $R_{e\text{кр.}} < 2320$ – ламинарный режим

При $R_{e\text{кр.}} > 2320$ – турбулентный режим

$R_{e\text{кр.}} = 580$ - безнапорное движение.

$$R_e = 1,132 * 0,075 / 10^{-6} = 0,0849 * 10^6$$

3. Зона переходная, формула Альтшуля

$$10 \frac{d}{\Delta_y} < R_e < 560 \frac{d}{\Delta_y}$$

$$10714 < R_e < 600000$$

$$\delta = K_3 \quad \lambda = 0,11 \left(\frac{68}{R_e} + \frac{K_3}{d} \right)^{0,25}$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{84900} + \frac{0,07}{0,075} \right)^{0,25} = 0,108$$

4. Потери напора по длине определяются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$h_{\text{дл}} = \lambda \frac{Lv^2}{d2g}$$

где λ - коэффициент гидравлического сопротивления трения, коэффициент Дарси;

L - длина трубопровода;

d - внутренний диаметр;

v - скорость потока.

$h_{\text{дл}}$ - потери по длине трубопровода;

$$h_{\text{дл}} = 0,108 \frac{150 * 1,132^2}{0,075 * 2 * 9,8} = 14,12$$

5.

$$\sum \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вых}} + n * \xi_{\text{пов}}$$

$$\sum \xi = 4,3 + 0,5 + 1,0 + 1 * 1,2 = 8$$

6. Местные потери напора определяются по формуле Вейсбаха:

$$h_{\text{мест.}} = \sum \xi v^2 / 2g$$

$$h_{\text{мест.}} = 8 * 1,132^2 / 2 * 9,8 = 0,523$$

ξ - коэффициент местных сопротивлений.

$h_{\text{мест.}}$ - местные потери (возникают при изменении конфигураций потока);

7.

$$h = v^2 / 2g + h_{\text{дл}} + h_{\text{мест.}}$$

$$h = 1,132^2 / 2 * 9,8 + 14,12 + 0,523 = 14,708 \text{ м}$$

Задание 3.

Из магистрального трубопровода большого диаметра, в котором поддерживается постоянный напор, по стальному трубопроводу, состоящему из нескольких участков труб разного диаметра d и разной длины l , вытекает вода. Расход воды Q , эквивалентная шероховатость стенок Δ , температура воды t .

Определить:

- скорости движения воды по трубопроводу и потери напора;
- величину полного напора в магистральном трубопроводе;

Исходные данные:

Принять: $l_1 = l_2 = l_3$, $v = 0,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $k_3 = 0,1 \text{ мм}$.

Вариант	Q , л/с	d_1 , мм	d_2 , мм	d_3 , мм	l , м
---------	-----------	------------	------------	------------	---------

1	0,5	20	15	20	0,5
2	0,9	32	50	32	0,6
3	1,5	75	50	25	1,2
4	2,0	32	50	25	1,4
5	2,5	25	50	75	1,5
6	3,0	75	100	50	2,0
7	3,5	100	75	50	1,5
8	4,0	50	100	50	2,0
9	4,5	100	50	100	2,5
10	5,0	50	75	100	3,0

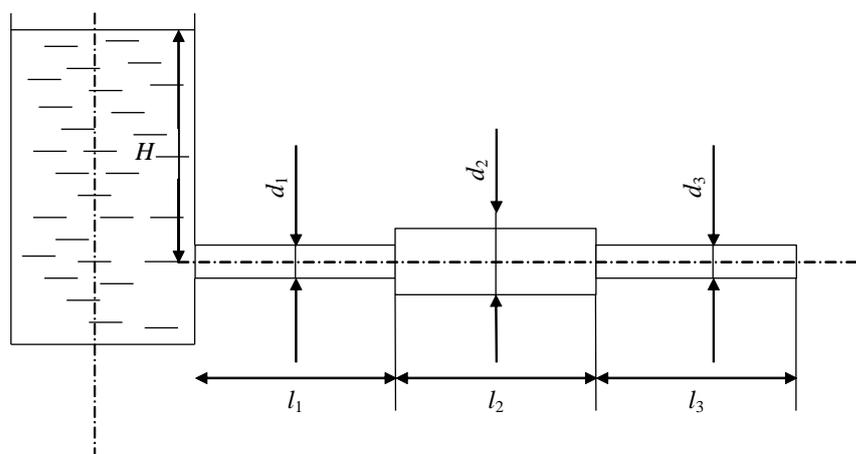


Рис 3

Указания к решению задания 3

Задача решается на основе применения уравнения Бернулли. Для плавно изменяющегося потока вязкой жидкости, движущейся от сечения 1 к сечению 2, уравнение Бернулли в форме баланса напоров имеет вид:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta h_{1-2},$$

где z_1 и z_2 – нивелирные напоры в центрах тяжести живых сечений 1 и 2; p_1 и p_2 – пьезометрические давления в центрах тяжести живых сечений 1 и 2; v_1 и v_2 – скорости движения жидкости в сечениях 1 и 2; g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$); γ – удельный вес жидкости ($\gamma = \rho g$); ρ – плотность жидкости (для воды равна 1000 кг/м^3); Δh – путевые потери напора на участке между сечениями.

Решение задачи выполняется в следующем порядке.

1. Полный напор на входе в магистрали определяется:

$$H = \Delta h + \frac{v_3^2}{2g}.$$

2. Определение скорости движения воды v (м/с) по сечениям:

$$v_i = \frac{Q_i}{\omega_i},$$

где Q – объемный расход жидкости, м³/с; ω_i – площадь i -го сечения, м².

3. Определение путевых потерь Δh_{i-j} на каждом из участков:

$$\Delta h_{i-j} = \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g},$$

где λ – коэффициент гидравлического трения.

Для определения коэффициента λ следует пользоваться следующим алгоритмом.

Определение числа Рейнольдса:

$$Re_i = \frac{v_i d_i}{\nu}$$

Внимание! Число Рейнольдса должно получиться безразмерным!

Режим движения	Число Рейнольдса	Определение λ
Ламинарный	$Re < 2300$	$\lambda = \frac{64}{Re}$ или $\lambda = \frac{75}{Re}$
Переходный	$2300 < Re < 4000$	<i>Проектирование трубопроводов не рекомендуется</i>
Турбулентный	1-я область $4000 < Re < 10 \frac{d}{\Delta_s}$	$\lambda_r = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}$ (ф-ла Блазиуса) $\lambda_r = \frac{1}{(1,81 \lg Re - 1,5)^2}$ (ф-ла Конакова)
	2-я область $10 \frac{d}{\Delta_s} < Re < 560 \frac{d}{\Delta_s}$	$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta_s}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$ (ф-ла Альтшуля)
	3-я область $Re > 560 \frac{d}{\Delta_s}$	$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{\Delta_s}{d} \right)^{0,25}$ (ф-ла Альтшуля) $\frac{1}{\sqrt{\lambda_r}} = -2 \lg \left(\frac{\Delta_s}{3,71d} \right)$ (ф-ла Никурадзе)

В случае ламинарного режима течения ($Re < 2300$) коэффициент λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{Re}.$$

При турбулентном режиме течения необходимо вычислить соотношение диаметра d и коэффициента шероховатости k_s . В зависимости от этого соотношения определяют границы каждой из турбулентных областей. После определения области выбирают соответствующую формулу для определения коэффициента λ . Если формулы для области две, выбирают упрощенный вариант.

4. Определение местных потерь напора.

$$\Delta h_i = \xi_i \frac{v_i^2}{2g},$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; v_i – скорость течения жидкости за данным сечением.

Для каждого вида местного сопротивления коэффициент местного сопротивления определяется по справочнику. Для случая входа в магистраль рекомендуется принять $\xi_0 = 0,5$.

Значение коэффициента местного сопротивления при внезапном сужении трубопровода:

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{\omega_A}{\omega_B} \right),$$

где ω_A и ω_B – площади проходного сечения соответственно узкой и широкой магистрали. Потерю напора при внезапном расширении трубопровода можно определить по формуле Борда:

$$\Delta h_{\text{BP}} = \frac{(v_A - v_B)^2}{2g},$$

где v_A и v_B – скорости до и после расширения.

Коэффициент местного сопротивления для колена при развороте потока на 90° принимается равным 0,2.

5. Определение величины полного напора на входе в магистраль.

Суммарные потери напора складываются из суммы всех местных и путевых сопротивлений. В данном случае:

$$\Delta h_{\Sigma} = \Delta h_{l1} + \Delta h_{l2} + \Delta h_{l3} + \Delta h_{\text{ex}} + \Delta h_{\text{расш}} + \Delta h_{\text{суж}}.$$

6. Полный напор на входе в магистрали определяется:

$$H = \Delta h + \frac{v_3^2}{2g}.$$

Решение задачи выполняется в следующем порядке.

1. Полный напор на входе в магистрали определяется:

$$H = \Delta h + \frac{v_3^2}{2g}.$$

2. Определение скорости движения воды v (м/с) по сечениям:

$$v_i = \frac{Q_i}{\omega_i},$$

$$v_1 = \frac{Q_1}{\omega_1} = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 * 0,001}{3,14 * 0,032^2} = 1,244 \text{ м/с},$$

$$v_2 = \frac{Q_2}{\omega_2} = \frac{4Q}{\pi d_2^2} = \frac{4 * 0,001}{3,14 * 0,05^2} = 0,051 \text{ м/с},$$

$$v_3 = \frac{Q_3}{\omega_3} = \frac{4Q}{\pi d_3^2} = \frac{4 * 0,001}{3,14 * 0,032^2} = 1,244 \text{ м/с},$$

$$\Sigma v = v_1 + v_2 + v_3 = 2,539 \text{ м/с}$$

где Q – объемный расход жидкости, м³/с; ω_i – площадь i -го сечения, м².

3. Определение путевых потерь Δh_{i-j} на каждом из участков:

$$\Delta h_{i-j} = \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g},$$

где λ – коэффициент гидравлического трения.

$$\Delta h_{l1} = 0,028 \frac{0,8}{0,032} * \frac{1,244^2}{2 * 9,8} = 0,055$$

$$\Delta h_{l2} = 0,038 \frac{0,8}{0,032} * \frac{0,051^2}{2 * 9,8} = 0,00008$$

$$\Delta h_{\ell 3} = 0,028 \frac{0,8}{0,032} * \frac{1,244^2}{2 * 9,8} = 0,055$$

Для определения коэффициента λ следует пользоваться следующим алгоритмом.
Определение числа Рейнольдса:

$$\text{Re}_i = \frac{v_i d_i}{\nu}$$

$$\text{Re}_1 = \frac{v_1 d_1}{\nu} = \frac{1,244 * 0,032}{0,55} * 10^6 = 72378$$

$$\text{Re}_2 = \frac{v_2 d_2}{\nu} = \frac{0,051 * 0,05}{0,55} * 10^6 = 4636$$

$$\text{Re}_3 = \frac{v_3 d_3}{\nu} = \frac{1,244 * 0,032}{0,55} * 10^6 = 72378$$

Внимание! Число Рейнольдса должно получиться безразмерным!

В случае ламинарного режима течения ($\text{Re} < 2300$) коэффициент λ определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}$$

$$\lambda_1 = 0,11 \left(\frac{\Delta_y}{d_1} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\lambda_1 = 0,11 \left(\frac{0,1}{32} + \frac{68}{72378} \right)^{0,25} = 0,028$$

$$\lambda_2 = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}}$$

$$\lambda_2 = \frac{0,316}{4636^{0,25}} = 0,038$$

$$\lambda_3 = 0,11 \left(\frac{\Delta_y}{d_1} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\lambda_3 = 0,11 \left(\frac{0,1}{32} + \frac{68}{72378} \right)^{0,25} = 0,028$$

При турбулентном режиме течения необходимо вычислить соотношение диаметра d и коэффициента шероховатости k_s . В зависимости от этого соотношения определяют границы каждой из турбулентных областей. После определения области выбирают соответствующую формулу для определения коэффициента λ . Если формулы для области две, выбирают упрощенный вариант.

4. Определение местных потерь напора.

$$\Delta h_i = \xi_i \frac{v_i^2}{2g},$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; v_i – скорость течения жидкости за данным сечением.

$$\Delta h_{a\bar{a}} = \xi_0 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$\Delta h_{a\bar{a}} = 0,5 \frac{1,244^2}{2 * 9,8} = 0,039$$

$$\Delta h_{\text{нóæ}} = \zeta_2 \frac{v_3^2}{2g}$$

$$\Delta h_{\text{нóæ}} = 0,295 \frac{1,244^2}{2 * 9,8} = 0,023$$

Для каждого вида местного сопротивления коэффициент местного сопротивления определяется по справочнику. Для случая входа в магистраль рекомендуется принять $\xi_0 = 0,5$.

Значение коэффициента местного сопротивления при внезапном расширении трубопровода:

$$h = \xi \frac{v^2}{2g} [\text{м}]$$

$$\xi_{1\text{áí.}\delta.} = \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)^2$$

$$\xi_{1\text{áí.}\delta.} = \left(\frac{\frac{\pi d_2^2}{4}}{\frac{\pi d_1^2}{4}} - 1 \right)^2$$

$$\xi_{1\text{áí.}\delta.} = \left(\frac{\frac{3,14 * 0,05^2}{4}}{\frac{3,14 * 0,032^2}{4}} - 1 \right)^2 = 2,078$$

Значение коэффициента местного сопротивления при внезапном сужении трубопровода:

$$\xi = 0,5 \left(1 - \frac{\omega_A}{\omega_B} \right),$$

$$\xi_{2\text{áí.}\bar{n}} = 0,5 \left(1 - \frac{d_3^2}{d_2^2} \right)$$

$$\xi_{2\text{áí.}\bar{n}} = 0,5 \left(1 - \frac{0,032^2}{0,05^2} \right) = 0,295$$

n - соотношение площадей в узком и широком сечениях трубы

где ω_A и ω_B – площади проходного сечения соответственно узкой и широкой магистрали. Потерю напора при внезапном расширении трубопровода можно определить по формуле Борда:

$$\Delta h_{\text{BP}} = \frac{(v_A - v_B)^2}{2g},$$

$$\Delta h_{\text{дáí.}\phi} = \frac{(1,244 - 0,051)^2}{2 * 9,8} = 0,073$$

где v_A и v_B – скорости до и после расширения.

Коэффициент местного сопротивления для колена при развороте потока на 90° принимается равным 0,2.

5. Определение величины полного напора на входе в магистраль.

Суммарные потери напора складываются из суммы всех местных и путевых сопротивлений. В данном случае:

$$\Delta h_{\Sigma} = \Delta h_{l1} + \Delta h_{l2} + \Delta h_{l3} + \Delta h_{\text{ex}} + \Delta h_{\text{расш}} + \Delta h_{\text{суж}}.$$

$$\Delta h_{\Sigma} = 0,055 + 0,00008 + 0,055 + 0,039 + 0,073 + 0,023 = 0,245$$

2. Полный напор на входе в магистрали определяется:

$$H = \Delta h + \frac{v_3^2}{2g}.$$

$$H = 0,245 + \frac{1,244^2}{2 * 9,8} = 0,324$$

Критерии оценки контрольной работы:

«Зачтено» - работа выполнена в соответствии с утвержденным планом, полностью раскрыто содержание каждого вопроса, студентом сформулированы собственные аргументированные выводы по теме работы. Оформление работы соответствует предъявляемым требованиям. При защите работы обучающийся свободно владел материалом и отвечал на вопросы.

«Не зачтено» - если работа выполнена не в соответствии с утвержденным планом, не раскрыто содержание каждого вопроса, обучающимся не сделаны выводы по теме работы, имеются грубые недостатки в оформлении работы, при защите работы обучающийся не владел материалом, не отвечал на вопросы, то работа направляется на дальнейшую доработку.

Контрольные вопросы к защите лабораторных работ

Лабораторное занятие 1. Измерение давления в сосуде жидкостными и механическими приборами. Поверка класса манометра.

1. Принципы измерения давления в жидкости. Формулы связи между показаниями приборов и абсолютным давлением.
2. Как определить силу давления столба жидкости на плоскую поверхность твердого тела (модуль, направление, точку приложения)?
3. Как определить силу давления газа на плоскую поверхность твердого тела (модуль, направление, точку приложения)?
4. Теорема Вариньона. Как определить суммарную силу давления на плоскую поверхность твердого тела (модуль, направление, точку приложения)?
5. Поверка класса манометра.

Лабораторное занятие 2. Исследование относительного покоя жидкости во вращающемся цилиндрическом сосуде.

1. Объясните физический смысл понятий: абсолютное гидростатическое давление в жидкости, давление столба жидкости (весовое давление), манометрическое и вакуумметрическое давление, давление насыщенного пара жидкости, давление жидкости в точке поверхности твердого тела, сила давления жидкости, центр тяжести плоской фигуры, центр весового давления жидкости, сила внешнего давления на поверхность твердого тела, плотность жидкости, модуль объемной упругости.
2. Основные законы гидростатики: закон Гука, закон Паскаля, закон сохранения энергии (основное уравнение гидростатики), закон Архимеда.
3. Сформулируйте условия равновесия жидкости.

4. Сформулируйте условия равновесия твердого тела, находящегося под действием силы давления со стороны жидкости и других сил (силы тяжести, силы упругости пружины, силы трения покоя, силы атмосферного давления).

Лабораторное занятие 3. Режимы движения жидкости и проверка критерия Рейнольдса.

1. Объясните физический смысл понятий: вязкость жидкости, местная и средняя скорость, расход (объемный, массовый и весовой), смоченный периметр, гидравлический диаметр.
2. Что такое энергия - полная, удельная, кинетическая, потенциальная энергия положения, потенциальная энергия давления, работа, разница между энергией и работой.
3. Сформулируйте закон сохранения массы при движении жидкости и газа. В каком случае закон сохранения массы эквивалентен закону сохранения объёмного расхода?
4. Как определить режим движения ньютоновской жидкости? Вязкопластичной жидкости?
5. Какой физический смысл числа Re ?
6. Почему критическое число $Re_{кр}$ в вязкопластичной жидкости меньше, чем в ньютоновской?

Лабораторное занятие 4. Построение диаграммы уравнения Бернулли.

1. Напишите уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости в виде:
 - баланса полных энергий;
 - баланса энергий на единицу веса (напоров);
 - баланса энергий на единицу объема.
2. Какие типы гидравлических сопротивлений вы знаете? По какой причине появляются сопротивления по длине потока? На что затрачивается энергия при прохождении жидкости через местные гидравлические сопротивления?
3. Методика применения уравнения Бернулли для решения практических задач. Принцип выбора сечений и плоскости сравнения. Что означает каждое слагаемое в уравнении Бернулли? В каких случаях можно пренебрегать скоростью движения жидкости в сечениях потока?
4. Три основные задачи расчета трубопроводов и пути их решения. Методы решения трансцендентных уравнений (графические и численные).

Критерии оценивания:

– «зачтено» - работа выполнена в соответствии с требованиями, грамотно выполнены измерения, студент умеет снимать показания приборов, студент умеет строить графики в соответствии с проведенными опытами и измерениями с использованием автоматизированных программ, студент отвечает на вопросы по актуализации знаний по данной теме, грамотно, четко излагает суть проблем, отвечает на поставленные вопросы, правильно аргументирует основные положения и выводы.

– «незачтено» - работа выполнена в не соответствии с требованиями, не выполнены измерения, студент не умеет снимать показания приборов, студент не умеет строить графики в соответствии с проведенными опытами и измерениями с использованием автоматизированных программ, студент отвечает не на все вопросы по данной теме, не правильно аргументирует основные положения и выводы.