

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

**Методические рекомендации  
по выполнению практических работ**

по дисциплине

**Гидравлика**

для студентов

специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение

(Учебный план 2020)

Челябинск 2020

## АКТ СОГЛАСОВАНИЯ

### **на методические рекомендации по учебной дисциплине Гидравлика, подготовленную преподавателем Лир С.В. для студентов второго курса ГБПОУ Южно-Уральского государственного технического колледжа**

Методические рекомендации по выполнению практических работ учебной дисциплины Гидравлика предназначены для обучающихся базовой подготовки специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Практические занятия являются важным элементом учебной дисциплины. В процессе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации содержат Пояснительную записку, Правила техники безопасности при проведении практических работ, Перечень и содержание практических работ, литературу (Основные и дополнительные источники, Интернет-ресурсы), Приложение – образец титульного листа, Отчета по практической работе.

В результате выполнения практических работ студент должен уметь использовать программное обеспечение в профессиональной деятельности; применять компьютерные и телекоммуникационные средства; знать состав информационных и телекоммуникационных технологий; функции и возможности использования информационных технологий в профессиональной деятельности.

Методические рекомендации по выполнению практических работ предлагается использовать для проведения практических занятий со студентами, а так же для самостоятельного изучения студентами практической части дисциплины.

Указанные методические рекомендации по выполнению практических работ по учебной дисциплине Гидравлика предлагается использовать для обучающихся специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение (базовая подготовка) ЮУрГТК очной формы обучения.

Генеральный директор ООО «Архитектурная Мастерская»  
Маркштетер А.А. Маркштетер



## **Содержание:**

Пояснительная записка	5
Перечень практических работ	7
Критерии оценки отчетных работ	9
Практические работы	10
Приложения А	24
Литература	25

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Методические рекомендации по выполнению лабораторно-практических работ по учебной дисциплине Гидравлика предназначены для обучающихся по специальности 08.02.04 Водоснабжение и водоотведение.

Практические занятия являются важным элементом учебной дисциплины. В процессе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения лабораторно-практических работ по учебной дисциплине Гидравлика.

Программой учебной дисциплины предусмотрено выполнение 3 лабораторных и 4 практических работ, направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

- ОК.01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;
- ОК.02 Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;
- ОК.03 Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;
- ОК.04 Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;
- ОК.07 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;
- ОК.09 Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ПК 1.2. Определять расчетные расходы воды;

ПК 1.5. Разрабатывать чертежи элементов систем водоснабжения и водоотведения;

ПК 2.4. Планировать обеспечение работ в условиях чрезвычайных ситуаций.

**умений:**

- определять гидравлическое давление, режимы движения жидкостей, их виды и характеристики;
- производить гидравлические расчеты напорных и безнапорных трубопроводов;

**обобщение, систематизацию, углубление и закрепление знаний:**

- основы гидростатики и гидродинамики, виды гидравлических сопротивлений, режимы движения жидкостей;
- движение жидкостей в открытых руслах, грунтовых вод, жидкости в напорных трубопроводах;
- безнапорное движение в каналах и трубах, истечение жидкостей из отверстия и насадок

Описание каждой лабораторно-практической работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания, умения и элементы компетенций, теоретическое изложение необходимого материала, варианты заданий, описание алгоритма выполнения работы и контрольные вопросы (с целью выявить и устранить недочеты в освоении материала).

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Отчеты студентов по лабораторно-практическим работам должны содержать номер, название и цель работы, выполненные задания и их результаты, ответы на контрольные вопросы и выводы по проделанной работе.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

### для очной формы обучения

Название работ		Часы на выполнение работы
Практическая работа №1	Определение давления жидкости в сосуде	2
Практическая работа №2	Определение режимов движения жидкости	2
Лабораторная работа №1	Исследование гидравлических сопротивлений водопроводной арматуры	2
Практическая работа №3	Определение гидравлических сопротивлений	2
Лабораторная работа №2	Определение давления в трубопроводе	2
Практическая работа №4	Гидравлический расчет трубопровода непрерывной раздачи	2
Лабораторная работа №3	Определение расхода воды в прямом канале	2
Итого		14

### ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Каждая отчетная работа должна содержать:

1. Номер и название практической работы
2. Цель работы
3. Расчеты
4. Вывод по работе
5. Ответы на контрольные вопросы

Каждая отчетная работа должна быть аккуратно оформлена и вложена в папку с файлами. Отчет можно выполнять в рукописном варианте или с применением ПК. Первый файл в папке должен содержать титульный лист установ-

ленного образца (приложение А). Каждая отчетная работа подписывается преподавателем после её защиты и хранится в папке у студента до конца учебного года. В конце I семестра студент обязан сдать папку со всеми, подписанными преподавателем, работами и получить зачет по лабораторно-практическим работам за год. Зачет по лабораторно-практическим работам ставится при наличии в папке всех отчетных работ, проведенных в группе.

### Критерии оценивания лабораторных и практических работ

Критерии	Оценка
Результаты посчитаны, сделан необходимый анализ, правильно даны письменные ответы на контрольные вопросы, правильно зарисованы схемы и сделан вывод	Отлично
Результаты посчитаны, не сделан анализ, не точно даны письменные ответы на контрольные вопросы, правильно зарисованы схемы и сделан вывод	Хорошо
Результаты посчитаны, не сделан анализ, не точно даны письменные ответы на контрольные вопросы, не правильно зарисованы схемы и не точно сделан вывод	Удовлетворительно

Результаты не посчитаны, не сделан анализ, не даны письменные ответы на контрольные вопросы, не правильно зарисованы схемы и не сделан вывод	Неудовлетворительно
--	---------------------

## Практическая работа № 1.

### *Определение давления жидкости в сосуде*

**Цель работы:** освоение техники измерения плотности, теплового расширения, вязкости и поверхностного натяжения жидкостей.



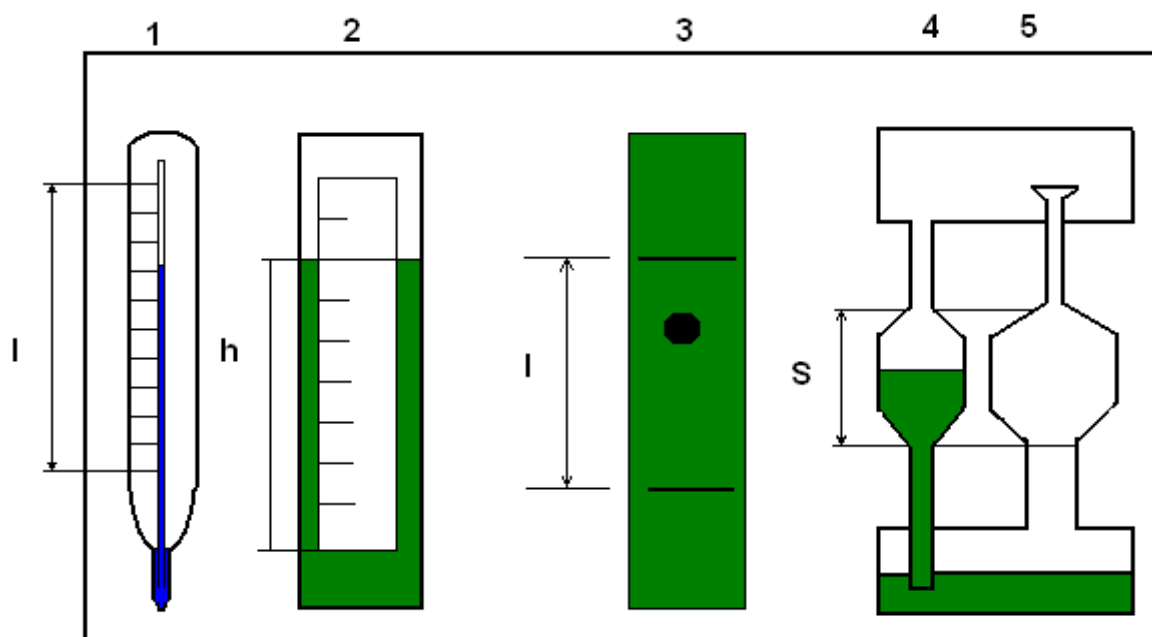


Схема устройства.

- 1 – термометр;
- 2 - ареометр;
- 3 – вискозиметр;
- 4 - капиллярный вискозиметр;
- 5 – сталагмометр.

### Определение коэффициента теплового расширения жидкости.

#### Порядок выполнения работы:

- 1) Подсчитать общее число градусных делений  $\Delta T$  в шкале термометра измерить расстояние  $l$  между крайними штрихами шкалы.
- 2) Вычислить приращение объема термометрической жидкости  $\Delta W = \pi r^2 l$ , где  $r$  - радиус капилляра термометра.
- 3) С учетом начального (при  $0^\circ\text{C}$ ) объема термометрической жидкости  $W$  - значение коэффициента теплового расширения  $\beta_T = (\Delta W / W) / \Delta T$  и сравнить его со значением  $\beta_T^*$ . Значение используемых величин занести в таблицу.

Жидкость	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$\beta_p$ МПа <sup>-1</sup>	$\beta_E$ C <sup>-1</sup>	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$\sigma$ Н/м
Вода пресная	998	0,49	0,15	1,01	73
Спирт этиловый	790	,78	1,10	1,52	23

Масло:					
Автол М-8В	900	0,60	0,64	300	25
Индустриальное 20	900	0,72	0,73	110	25
Трансформаторное	890850	0,60	0,70	30	25
АМГ-10		0,76	0,83	20	25

Жидкость в термометре – автол.

Вид жидкости	г ,см	W,см <sup>3</sup>	$\Delta T$ , °C	L, см	$\Delta W$ , см <sup>3</sup>	$\beta_T$ , °C <sup>-1</sup>	$\beta_T$ °C <sup>-1</sup>

### Измерение плотности жидкости ареометром.

#### Порядок выполнения работы:

- 1) Измерить глубину погружения  $h$  ареометра по миллиметровой шкале на нем.
- 2) Вычислить плотность жидкости по формуле  $\rho = 4m/(\pi d^2 h)$  где  $m$  и  $d$  – масса и диаметр ареометра. Эта формула получена путем приравнивания силы тяжести ареометра  $G=mg$  и выталкивающей (архимедовой) силы  $P_A=\rho g W$ , где объем погруженной части ареометра  $W= (\pi d^2/4)h$ .
- 3) Сравнить опытные значения плотности  $\rho$  со справочным значением  $\rho^*$ . Значение используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	m, г	d, см	h ,см	$\rho$ ,г/см <sup>3</sup>	$\rho$ ,г/см <sup>3</sup>

### Определение вязкости вискозиметром Стокса.

#### Порядок выполнения работы:

- 1) Повернуть устройство №1 в вертикальной плоскости на 180° и зафиксировать секундомером время  $t$  прохождения шариком расстояния  $l$  между двумя метками в приборе 3. Шарик должен падать по оси емкости без соприкосновения со стен-

ками. Опыт выполнить 3 раза, а затем определить среднеарифметическое значение времени  $t$ .

2) Вычислить опытное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости  $\nu = gd^2t(\rho_{ш} / \rho - 1) / (18l + 43.2l(d / D))$ , где  $g$  - ускорение свободного падения;  $d, D$  - диаметры шарика и цилиндрической емкости;  $\rho, \rho_{ш}$  - плотности жидкости и материала шарика;

3) Сравнить опытным путем значение коэффициента вязкости  $\nu$  с табличным значением  $\nu^*$ . Значения используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$t$ ,с	$l$ ,м	$d$ ,м	$D$ ,м	$\rho_{ш}$ , кг/м <sup>3</sup>	$\nu$ ,м <sup>2</sup> /с	$\nu^*$ м <sup>2</sup> /с

### Измерение вязкости капиллярным вискозиметром.

#### Порядок выполнения работы:

1) Перевернуть устройство №1 в вертикальной плоскости и определить секундомером время стечения через капилляр объема жидкости между метками из емкости вискозиметра 4 и температуру  $T$  по термометру 1.

2) Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости  $\nu = Mt$  ( $M$  – постоянная прибора) и сравнить его с табличным значением. Данные свести в таблицу.

Вид жидкости	$M$ ,м <sup>2</sup> /с <sup>2</sup>	$t$ ,с	$\nu$ м <sup>2</sup> /с	$T$ ,°C	$\nu^*$ м <sup>2</sup> /с

### Измерение поверхностного натяжения сталагмометром.

#### Порядок проведения работы:

1) Повернуть устройство №1 и подсчитать число капель, полученных в сталагмометре 5 из объема высотой  $S$  между двумя метками. Опыт повторить три раза и вычислить среднее арифметическое значение числа капель  $n$ .

2) Найти опытное значение коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma = K\rho/n$  ( $K$  – постоянная сталагмометра) и сравнить его с табличным значением. Данные привести в таблицу.

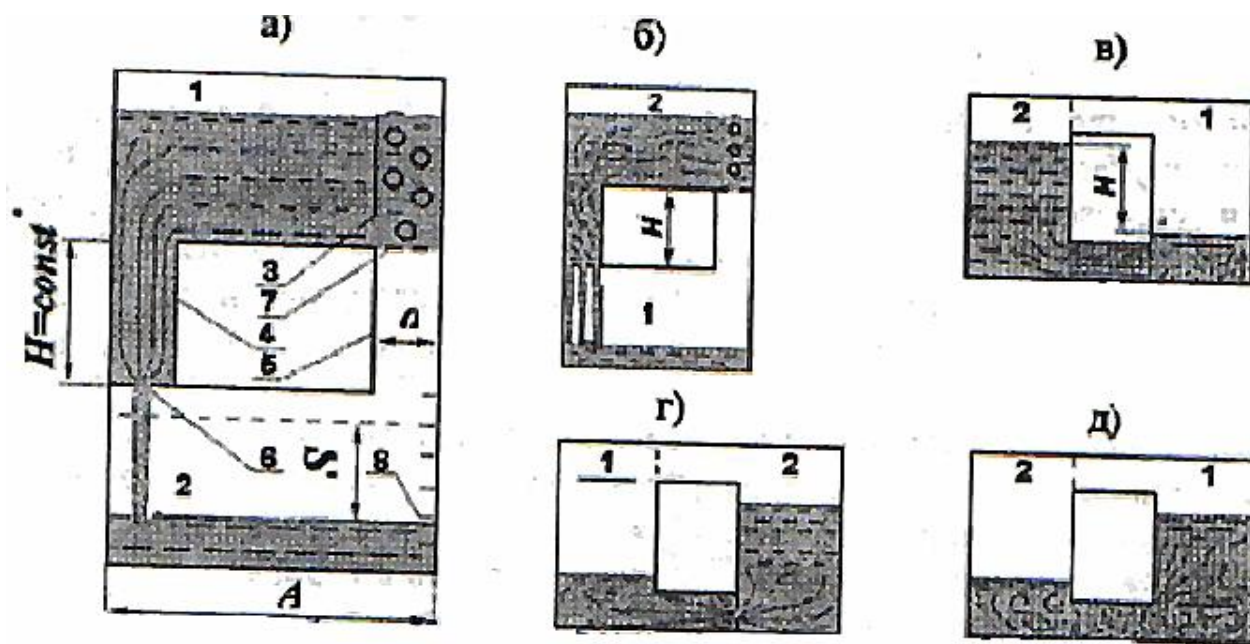
Вид жид- кости	$K, \text{м}^3/\text{с}$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	$n$	$\sigma, \text{Н}/\text{м}$	$\sigma^* \text{Н}/\text{м}$

Вывод:

## Практическая работа № 2.

### *Определение режимов движения жидкости*

**Цель работы:** Наблюдение потоков жидкости с различной структурой и выявление факторов, влияющих на структуру.



1,2-баки;                      4,5-опытные каналы;    7-решётка;  
 3-перегородка;            6-щель;                      8-уровневая шкала;

### Порядок выполнения работы.

1. Создать в канале 4 ламинарный режим движения жидкости. Для этого при заполненном водой баке 1 поставить устройство баком 2 на стол. (Рис. а) Наблюдать структуру потока.
2. Повернуть устройство в вертикальной плоскости по часовой стрелке на  $180^\circ$  (рис. б). Наблюдать турбулентный режим течения в канале 5.
3. При заполнении водой баке 2 поставить устройство так, чтобы канал 5 занял нижнее горизонтальное положение (рис. в). Наблюдать в канале процесс перехода от турбулентного режима к ламинарному.
4. При заполнении водой баке 2 поставить устройство так, чтобы канал 4 занял нижнее горизонтальное положение (рис. г). Наблюдать за структурой потока в баке при внезапном сужении, внезапном расширении в канале за щелью и при выходе потока из канала в бак 1. Обратить внимание на вальцовые зоны, транзитную струю и связь скоростей с площадями сечений каналов.
5. При заполненном баке 1 наблюдать структуру течения при обтекании перегородки 3 (рис. д).
6. Сделать зарисовку структуры потоков.

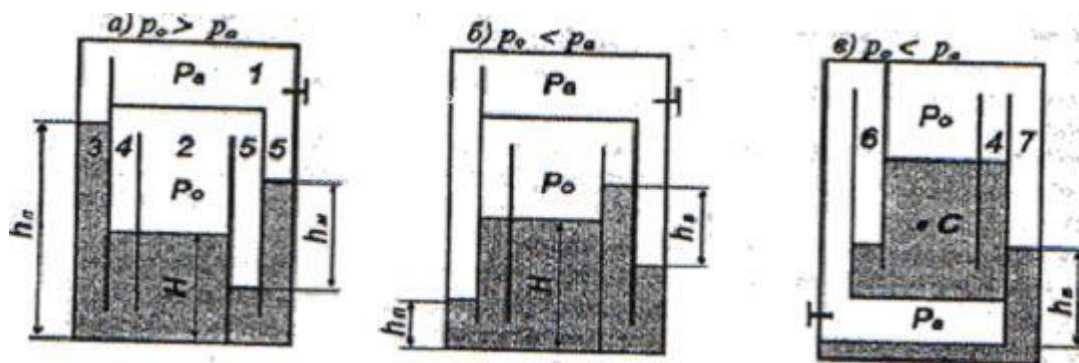
Ламинарный режим	Турбулентный режим	Расширение потока	Обтекание стенки

Вывод:

### Лабораторная работа № 1.

#### *Исследование гидравлических сопротивлений водопроводной арматуры*

**Цель работы:** Приобретение навыков по измерению гидростатического давления жидкостными приборами.



1. Полость с атмосферным давлением;  
 2. опытный резервуар; 3-пьезометр; 4-уровнемер; 5-мановакуумметр; 6-пъезоиметр; 7-вакуумметр.

### Порядок выполнения работы

1. В резервуаре 2 над жидкостью создать давление выше атмосферного ( $P_0 > P_a$ ), о чём свидетельствует превышения уровня жидкости в пьезометре 3 над уровнем в резервуаре и прямой перепад уровней в мановакуумметре (рис. а). Для этого устройство поставить на правую сторону, затем поворотом его против часовой стрелки отлить часть жидкости из левого колена мановакуумметра 5 в резервуар 2.
2. Снять показания пьезометра  $h_p$ , уровнемера  $H$  и мановакуумметра  $h_m$ .
3. Вычислить абсолютное давление на дне резервуара через показания пьезометра, а затем через величины, измеренные уровнемером и мановакуумметром. Для оценки сопоставимости результатов определения давления на дне резервуара двумя путями найти относительную погрешность  $\delta_r$ .
4. Над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 2 создать вакуум ( $P_0 < P_a$ ), когда уровень жидкости в пьезометре 3 становится ниже, чем в резервуаре. А на вакуумметре 5 появляется обратный перепад  $H_v$  (рис. б). Для этого устройство поставить на левую сторону, а затем наклоном вправо отлить часть жидкости из резервуара 2 в левое колено мановакуумметра 5. Дальше см. п.п. 2 и 3.

5. перевернуть устройство против часовой стрелки (рис. в) и определить манометрическое или вакуумметрическое давление в заданной точке С через показания пьезометра 6, затем с целью проверки найти его через показания обратного пьезометра 7 и уровнемером 4.

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	Условия опыта $P_0 > P_A$ $P_0 < P_A$	
1.	Пьезометрическая высота, м	$h_n$		
2,	Уровень жидкости в резервуаре, м	$H$		
3,	Манометрическая высота, м	$h_m$		
4,	Вакуумметрическая высота, м	$h_B$		
5,	Абсолютное давление на дне резервуара по показанию пьезометра, Па	$p = p_a + \rho g h_n$		
6,	Абсолютное давление в резервуаре над жидкостью, Па	$p_0 = p_a + \rho g h_m$ $p_0 = p_a - \rho g h_b$		
7,	Абсолютное давление на дне резервуара через показания мановакуумметра и уровнемера, Па	$p^* = p_0 + \rho g H$		
8,	Относительная погрешность результатов определения давления на дне резервуара, %	$\delta p = 100(p - p^*) / p$		

Вывод:

### Практическая работа № 3.

#### *Определение гидравлических сопротивлений*

**Цель работы:** Освоение расчетного метода определения режима течения.



### Порядок выполнения работы.

1. Создать в канале 4 течение жидкости при произвольном наклоне устройства №3 от себя.
2. Измерить время  $t$  перемещения уровня воды в баке на некоторое расстояние  $S$  и снять показания термометра  $T$ , находящегося в устройстве №1.
3. Подсчитать число Рейнольдса по порядку указанному в таблице.
4. Повернуть устройство в его плоскости на  $180^\circ$  и выполнить операции по н.п. 2,3.
5. Сравнить полученные значения чисел Рейнольдса между собой, и затем на основе сравнения с критическими значениями, сделать вывод о режиме течения.

№ п/п	Наименование величин	Обозначения, формулы	№ опыта	
			1	2
1	Изменение уровня воды в баке, см	$S$		
2	Время наблюдения за уровнем, с	$t$		
3	Температура воды, $^\circ\text{C}$	$T$		
4	Кинематический коэффициент вязкости воды, $\text{см}^2/\text{с}$	$\nu = 17,9 / (100 + 34T + 0,22T^2)$		
5	Объем воды, поступающей в бак за время $t$ , $\text{см}^3$	$W = ABS$		
6	Расход воды, $\text{см}^3/\text{с}$	$Q = W/t$		
7	Средняя скорость течения в канале, $\text{см}/\text{сек}$	$V = Q/\omega$		
8	Число Рейнольдса	$Re = Vd/\nu$		
9	Название режима течения	$Re(<, >) Re_k = 2300$		

Вывод:

### Лабораторная работа № 2.

#### Определение давления в трубопроводе

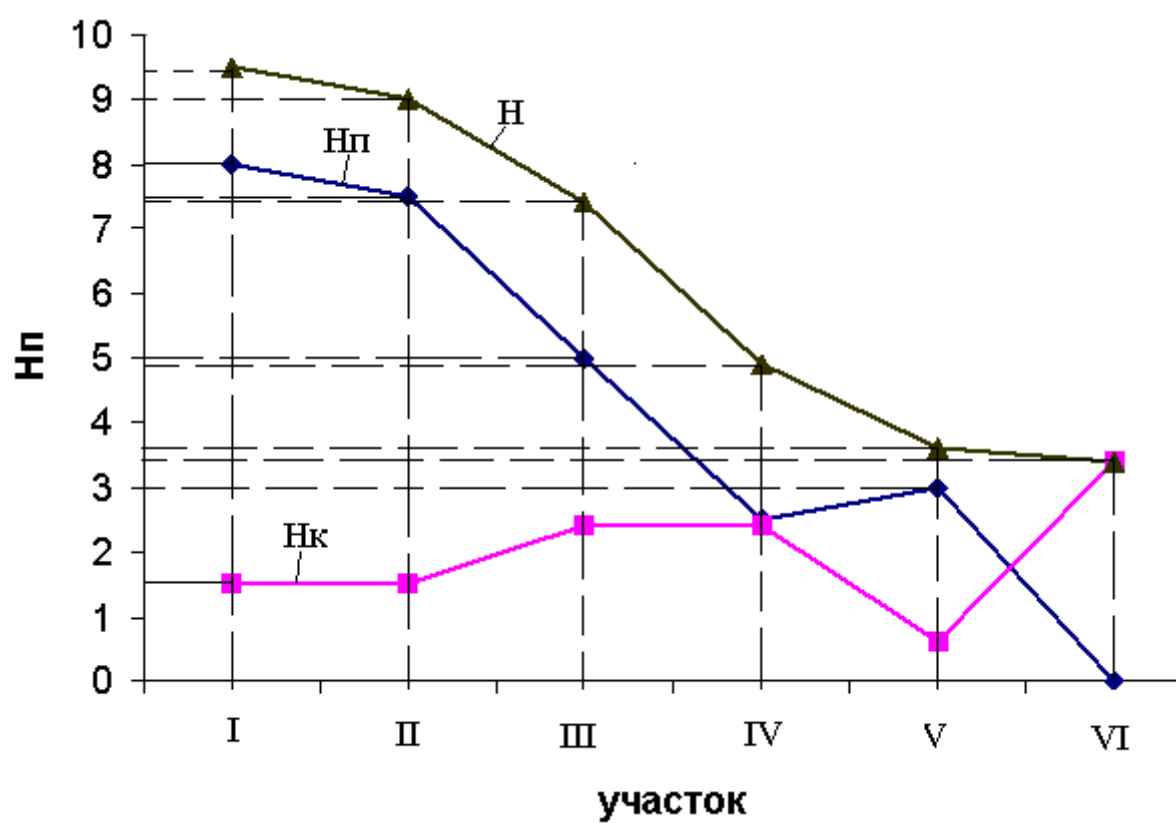
**Цель работы:** Опытное подтверждение уравнения Д.Бернулли, т.е. понижения механической энергии по течению и перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно (связи давления со скоростью).

### Порядок выполнения работы.

1. При заполнении водой бак 2 перевернуть устройство для получения течения в канале переменного сечения 3.
2. Снять показания пьезометра  $H_{п}=P/(\rho g)$  по нижним частям менисков воды в них.
3. Измерить время  $t$  перемещения уровня в баке на произвольно заданную величину  $S$ .
4. По размерам  $A$  и  $B$  поперечного сечения бака,  $S$ , и времени  $t$  определить расход воды в канале, а затем скоростные  $H_{к}$  и полные  $H$  напоры в сечениях канала по порядку, указанному в таблице.
5. Вычертить пьезометрическую линию и напорную линию.
6. Проанализировать изменение полной механической, потенциальной и кинетической энергии.

### Обработка опытных данных.

№ п/п	Наименование Величин.	Обозначения, формулы	Сечения канала					
			I	II	III	IV	V	VI
1.	Площадь сечения канала, см	$\omega$						
2.	Средняя скорость, см/с	$V=Q/\omega$						
3.	Пьезометрический напор, см	$H_{п}=P/(\rho g)$						
4.	Скоростной напор, см	$H_{к}=V^2/2g$						
5.	Полный напор, см	$H = P/(\rho g) + V^2/(2g)$						



Вывод:

**Практическая работа № 4.**

## *Гидравлический расчет трубопровода непрерывной раздачи*

**Цель работы:** Освоение экспериментального и расчетного способов определения потерь напора на трение по длине.

### **Порядок выполнения работы.**

1. При заполненном водой баке поставить устройство на стол баком 2.
2. Снять показания пьезометров I-V, измерить время  $t$  измерения уровня в баке на произвольно заданную величину  $S$  и температуру  $T$  в помещении.
3. Построить по показаниям пьезометров пьезометрическую линию. На этой линии выделить участок с постоянным наклоном. Определить его длину  $l$  и опытное значение потерь  $h_e$  по показаниям крайних пьезометров на ней.
4. Найти число Рейнольдса и расчётное значение потерь напора  $h_e^*$  по порядку, и относительное расхождение опытного и расчётного значений потерь напора.

$D=0.5$  см;  $w=0.25$  см<sup>2</sup>;  $A=21$  см;  $B=4$  см;  $T=24$  °C;  $S=7$  см;  $t=30$  с;

$Q=ABS/t=19.6$  см<sup>3</sup>/с;  $V=q/w=19.6/0.25=78.4$  см/с

Абсолютную шероховатость стенок канала принять равной  $\Delta=0,001$  мм.

№	Наименование величины	Обозначения, формулы	Значения
1.	Показания пьезометров, см	$\frac{P_1}{(\rho g)} \dots \frac{P_2}{(\rho g)}$	7;5.5;4;3.8;1.5
2.	Длина участка с равномерным движением, см	$l$	
3.	Опытное значение потерь напора подлине, см	$h_s = P_3/(\rho g) - P_5/(\rho g)$	
4.	Кинематический коэффициент вязкости воды, см <sup>2</sup> /с	$\nu = 17.9/(1000 + 34T + 0.22T^2)$	
5.	Число Рейнольдса.	$Re = Vd/\nu$	
6.	Коэффициент трения при $Re < 2300$ $2300 < Re < 10d/\Delta$ $Re > 10d/\Delta$	$\lambda = 64/Re$ $\lambda = 0.316/Re^{0.25}$ $\lambda = 0.11(68/Re + \Delta/d)^{0.25}$	

7.	Расчетное значение потерь напора по длине, см	$h^*_{\text{л}} = \lambda \left( \frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g}$	
8.	Относительное расхождение.	$\delta_n = (h_{\text{л}} + h^*_{\text{л}}) / h_{\text{л}}$	

Вывод:

### Лабораторная работа № 3.

#### Определение расхода воды в прямоугольном канале

**Цель работы:** Определение опытным путем потерь напора на преодоление местных сопротивлений и сравнение их с рассчитанными по инженерным формулам.

#### Порядок выполнения работы.

1. Перенести из таблицы л.р. №6 значения площадей сечений и скоростей.
2. Определить опытные значения местных потерь  $h_m(h_{bc}, h_p)$  из графика.
3. Найти расчётные значения местных потерь, сравнить их с опытными.

№ пр	Наименование величин	Обозначение формул	Вид сопротивления			
			сужение		расширение	
			1 (II)	2(III)	1(IV)	2(V)
1.	Площади сечений, см <sup>2</sup>	$\omega$				
2	Средние скорости за сопротивлением, см	$V_2$				
3	Опытное значение местных потерь, см	$h_m(h_{bc}, h_p)$				
4.	Коэффициенты местных сопротивлений	$\xi_{bc} = 0.5 \left( 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1} \right)$ $\xi_{bp} = \left( \frac{\omega_2}{\omega_1} - 1 \right)$				
5,	Расчетное значение местных потерь, см	$h_m = \xi V_2^2 / (\rho g)$				

Вывод:

Министерство образования и науки Челябинской области  
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

## **ОТЧЕТ**

по выполнению лабораторно-практических работ

учебной дисциплины

**Гидравлика**

выполнила: студентка Золотарева А.И.

группа: ВВ-225/6

проверил: преподаватель Лир С.В.

Челябинск 2020г

## Список литературы

### Основные источники:

1. Ухин Б.В., Гусев А.А. Гидравлика учебник для ССУЗов –Издательство: Инфра – М. 2019г, 431с.

### Дополнительные источники:

2. Калицун В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация: Уч. пособие. – М.: Стройиздат, 2018г.
3. Брюханов О.Н. Основы гидравлики, теплотехники и аэродинамики: Уч. пособие. – М.: ИНФА-М, 2017.

### Интернет-ресурсы:

1. Гидравлика [Электронный ресурс]. - Режим доступа. <http://www.physics.ru>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]. - Режим доступа. <http://window.edu.ru/>
3. Учительский портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа. <http://www.uchportal.ru>
4. Формы поперечного сечения труб и каналов [Электронный ресурс]. - Режим доступа. <http://www.studref.com>