

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 2023)

Челябинск 2023

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:**

Код ПК, ОК, ЛР	Умения	Знания
ОК.01 ОК.02 ОК.03 ОК.04 ОК.05 ОК.07 ОК.09 ПК 1.2. ПК 1.5. ПК 2.4. ЛР 7 ЛР 10 ЛР 14 ЛР 15	<ul style="list-style-type: none"> – определять гидростатическое давление; – определять режимы давления жидкостей, их виды и характеристики; – производить гидравлические расчеты напорных и безнапорных трубопроводов; 	<ul style="list-style-type: none"> – основы гидростатики и гидродинамики; – виды гидравлических сопротивлений; – режимы движения жидкостей; – движения жидкостей в открытых руслах; – движения грунтовых вод; – движения 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 установленного 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.

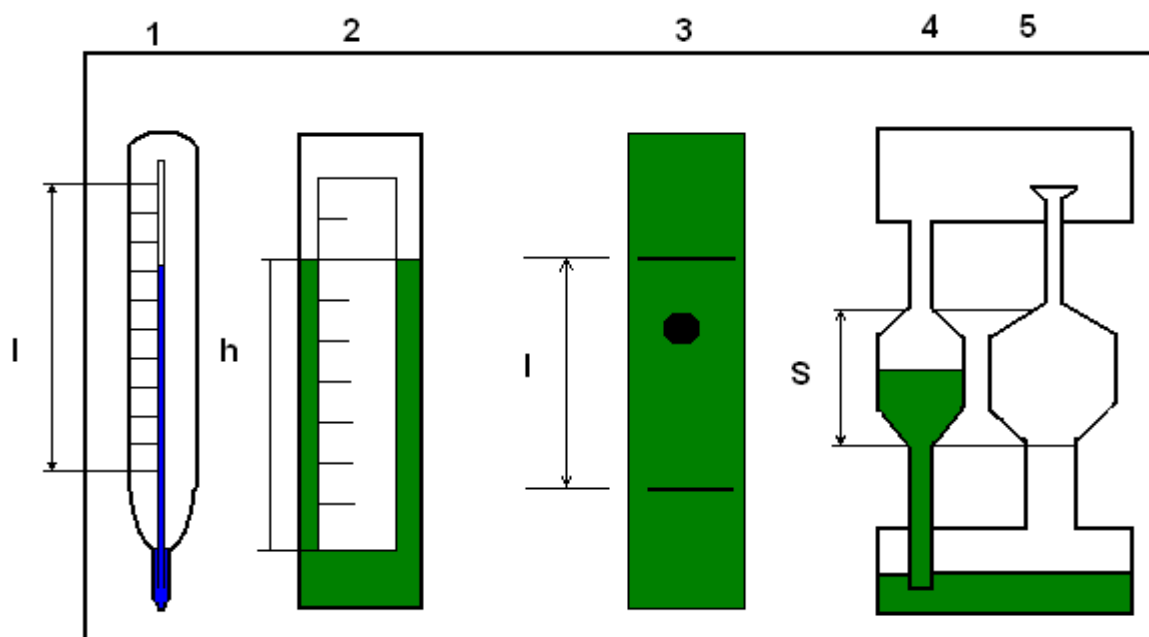


Схема устройства.

- 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 ΔT 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°C) объема термометрической жидкости W - значение коэффициента теплового расширения $\beta_T = (\Delta W / W) / \Delta T$ и сравнить его со значением β_T^* . Значение используемых величин занести в таблицу.

Жидкость	ρ кг/м ³	β_p МПа ⁻¹	β_E C ⁻¹	$\nu \cdot 10^6$ м ² /с	σ 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 ³	ΔT , $^{\circ}\text{C}$	L, см	ΔW , см ³	β_T , $^{\circ}\text{C}^{-1}$	β_T^* $^{\circ}\text{C}^{-1}$

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 ρ со справочным значением ρ^* . Значение используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	m, г	d, см	h, см	ρ , г/см ³	ρ^* , г/см ³

Определение вязкости вискозиметром Стокса.

Порядок выполнения работы:

- 1) Повернуть устройство №1 в вертикальной плоскости на 180^0 и зафиксировать секундомером время t прохождения шариком расстояния l между двумя метками в приборе 3. Шарик должен падать по оси емкости без соприкосновения со стенками. 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 ν с табличным значением ν^* . Значения используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	ρ , кг/м ³	t ,с	l ,м	d ,м	D ,м	$\rho_{ш}$, кг/м ³	ν ,м ² /с	ν^* м ² /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 ² /с ²	t ,с	ν м ² /с	T , ⁰ С	ν^* м ² /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.

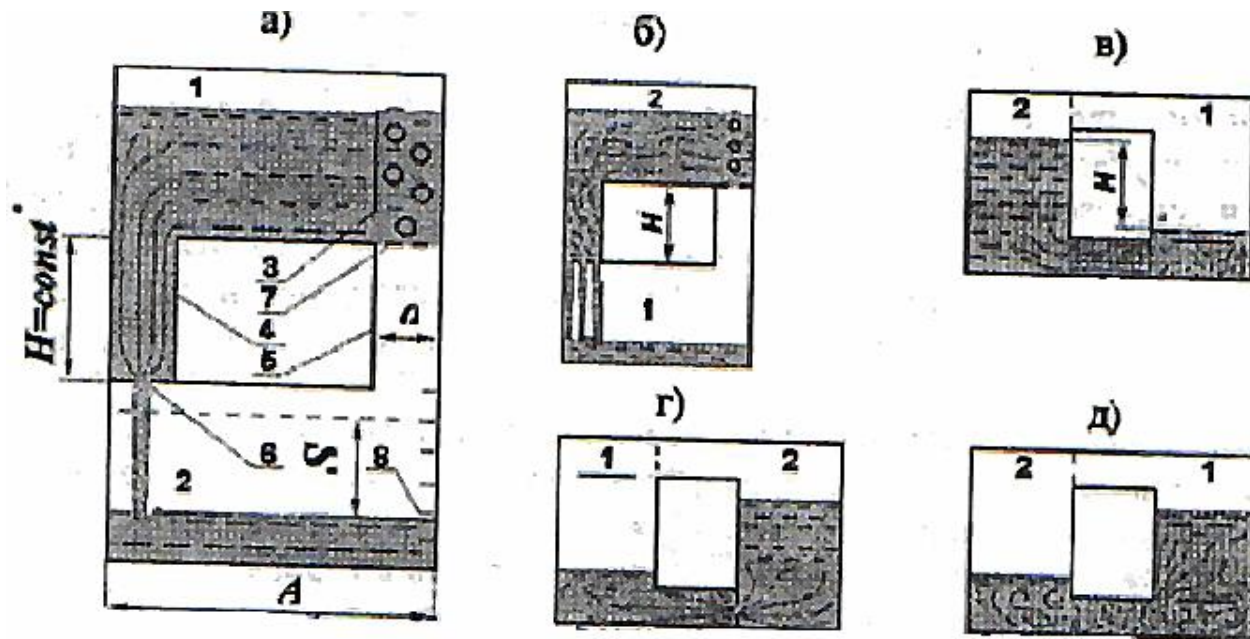
Вид жид- кости	$K, \text{м}^3/\text{с}$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	n	$\sigma, \text{Н}/\text{м}$	$\sigma^* \text{Н}/\text{м}$

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° (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.

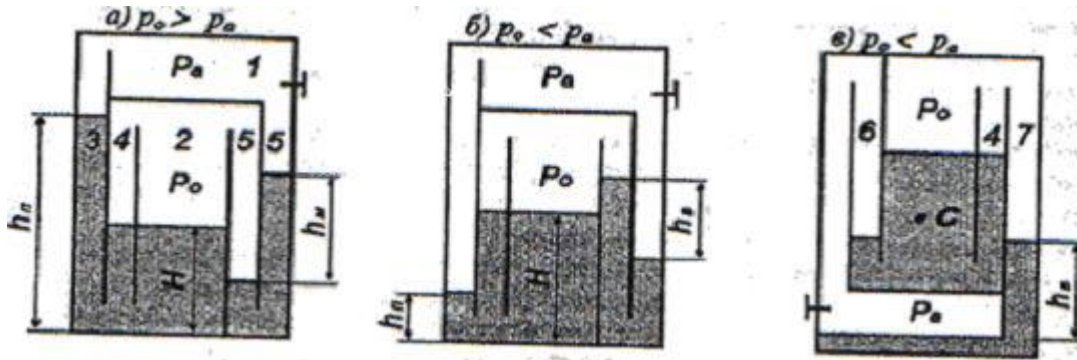
Ламинарный режим	Турбулентный режим	Расширение потока	Обтекание стенки

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-пьезоизмеритель; 7-вакуумметр.

Порядок выполнения работы

1. В резервуаре 2 над жидкостью создать давление выше атмосферного ($P_o > P_a$), о чём свидетельствует превышения уровня жидкости в пьезометре 3 над уровнем в резервуаре и прямой перепад уровней в мановакууметре (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 δ_r .
4. Над свободной поверхностью жидкости в резервуаре 2 создать вакуум ($P_o < P_a$), когда уровень жидкости в пьезометре 3 становится ниже, чем в ре-

зервуаре. А на вакуумметре 5 появляется обратный перепад H_B (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 и3.

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° и выполнить операции по п.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 , 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).

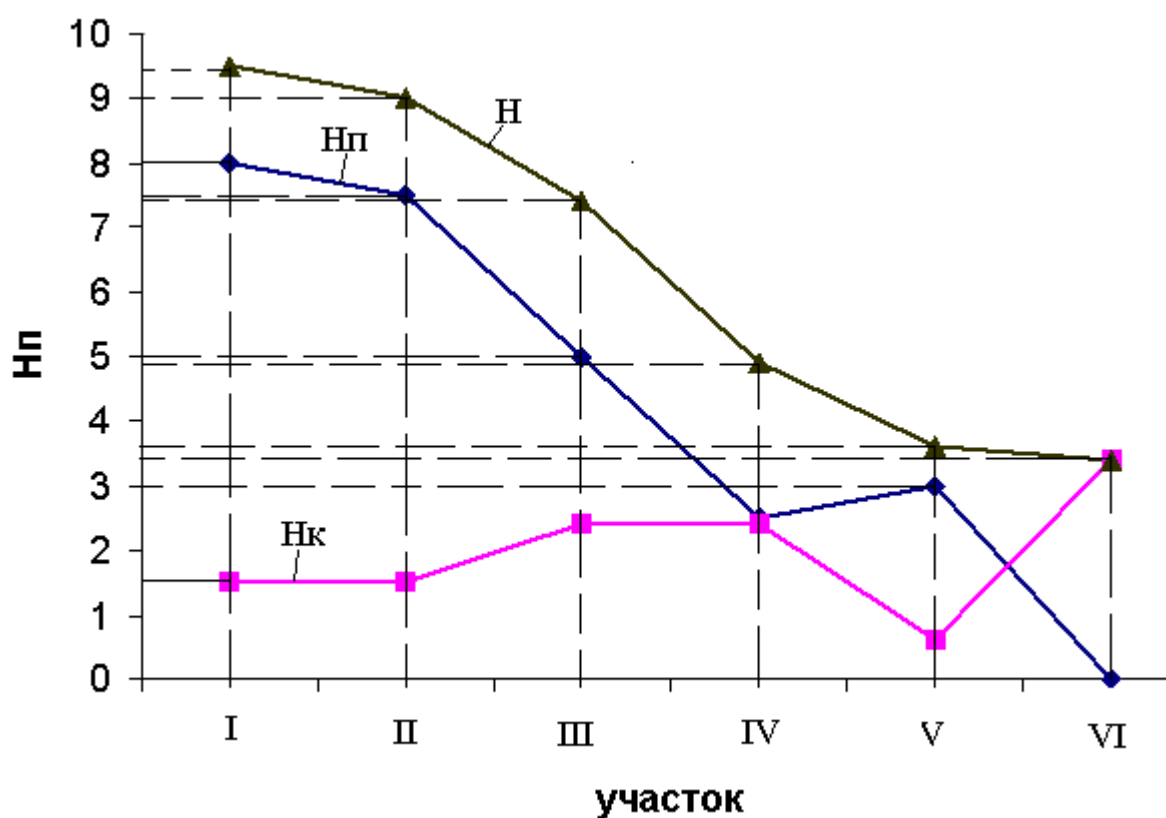
Порядок выполнения работы.

1. При заполнении водой бак 2 перевернуть устройство для получения течения в канале переменного сечения 3.
2. Снять показания пьезометра $H_p = P/(\rho g)$ 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_k 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	ω						
2.	Средняя скорость, см/с	$V = Q/\omega$						
3.	Пьезометрический напор, см	$H_p = P/(\rho g)$						
4.	Скоростной напор, см	$H_k = \frac{V^2}{2g}$						

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; $w=0.25$ см²; $A=21$ см; $B=4$ см; $T=24$ °C ; $S=7$ см; $t=30$ с;

$Q=ABS/t=19.6$ см³/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 ² /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	$h_{*} = \lambda \left(\frac{l}{d} \right) \frac{V^2}{2g}$	
8.	Относительное расхождение.	$\delta_n = (h_{*} + h_{*}) / h_{*}$	

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 ²	ω				
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/б

проверил: преподаватель Лир С.В.

Челябинск 2021г

Список литературы

Основные источники:

1. Ухин, Б. В. Гидравлика : учебник / Б. В. Ухин, А. А. Гусев. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 432 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-005536-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1843217> (дата обращения: 18.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

Дополнительные источники

Шейпак, А. А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа : учебник / А. А. Шейпак. — 6-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2024. — 270 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013908-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2128804> (дата обращения: 18.03.2024). – Режим доступа: по подписке.

Интернет-ресурсов

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>