

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)

Кафедра «Гидравлика, гидропневмоавтоматика и тепловые процессы»

Лабораторная работа 2
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ИЛЛЮСТРАЦИЯ ЛАМИНАРНОГО И
ТУРБУЛЕНТНОГО РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ, УСТАНОВЛЕНИЕ
ЗАКОНОВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КРИТИЧЕСКОГО ЧИСЛА РЕЙНОЛЬДСА

ВЫПОЛНИЛ: СТ.ГР._____

ПРОВЕРИЛ:_____

г. Ростов-на-Дону
201_ г.

Цель работы: 1. Убедиться на опыте путем окрашивания струйки воды в стеклянной трубе в существовании ламинарного и турбулентного режимов.

2. Вычислить по данным опытов, проведенных на этой трубе, числа Рейнольдса при ламинарном и турбулентном режимах, сравнить их с критическим, убедиться, что при ламинарном режиме $Re < Re_{кр}$, а при турбулентном – $Re > Re_{кр}$.

3. Построить по опытным данным график $lgh_l = f(lg v)$, определить с его помощью критическую скорость $v_{кр}$, а через нее вычислить критическое число $Re_{кр(d)} = \frac{v_{кр} d}{\nu}$.

Вводная часть. Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что движение жидкости может происходить или при ламинарном, или при турбулентном режиме. Ламинарный режим наблюдается при небольших скоростях движения. При этом окрашенные струйки жидкости не перемешиваются, сохраняясь по всей длине потока, т.е. движение жидкости при ламинарном режиме является струйчатым, перемешивание частиц жидкости отсутствует.

Турбулентный режим наблюдается при значительных скоростях и характеризуется интенсивным перемешиванием частиц жидкости, что обуславливает пульсацию скоростей и давления.

Средняя скорость потока, при которой происходит смена режима движения жидкости, называется критической ($v_{кр}$). Величина ее, как показывают опыты в трубопроводах круглого сечения, зависит от рода жидкости, характеризуемого динамической вязкостью μ и плотностью ρ , а также от диаметра трубопровода d . Одновременно опытами установлено, что величина безразмерного алгебраического комплекса, отвечающего критической скорости $v_{кр}$:

$$Re_{кр(d)} = \frac{v_{кр} \rho d}{\mu} = \frac{v_{кр} d}{\nu} \approx 2320 = const, \quad (1)$$

от μ , ρ и d не зависит.

$Re_{кр(d)}=2320$, называется критическим числом Рейнольдса. Устойчивый ламинарный режим наблюдается при значениях числа Рейнольдса

$Re_{(d)} = \frac{vd}{\nu} < Re_{кр(d)} \approx 2320$, а турбулентный – при

$Re_{(d)} > Re_{кр(d)} \approx 2320$. Таким образом, **число Рейнольдса**

$$Re_{(d)} = \frac{vd}{\nu} \quad (2)$$

является критерием, позволяющим судить о режиме движения жидкости в круглой трубе, работающей полным сечением.

Величину $\nu = \frac{\mu}{\rho}$, входящую в формулы (1) и (2), называют кинематическим коэффициентом вязкости жидкости.

Из изложенного следует, что для определения режима движения жидкости в круглом трубопроводе при напорном движении достаточно вычислить по формуле (2) число Рейнольдса и сравнить его с критическим.

Знание режима движения жидкости необходимо для правильной оценки потерь напора при гидравлических расчетах. Как показывают опыты в круглых трубах при напорном равномерном движении (результаты их представлены на рис.1 в виде графика зависимости потерь напора по длине h_l от средней скорости U), при ламинарном режиме потери напора h_l пропорциональны средней скорости U в первой степени, а при турбулентном - в степени $1,75 \leq m \leq 2$. Заметим, что с помощью этого графика определяют величину критической скорости $U_{кр}$, а через нее - и критическое число Рейнольдса по формуле (1).

Описание установки. Установка включает в себя расположенную горизонтально стеклянную трубу ($d=1,0$ см), в которой и изучается движение воды при различных режимах, напорный бак, емкость с раствором красителя, подаваемого открытием краника по трубке во входное сечение стеклянной трубы. Для измерения расхода воды в стеклянной трубе служат мерная емкость и секундомер.

Вода в напорный бак подается по питающему трубопроводу открытием вентили из резервуара лаборатории. Для поддержания уровня воды в напорном баке во время опытов на постоянной отметке имеется переливное устройство. Температура воды в напорном баке измеряется термометром.

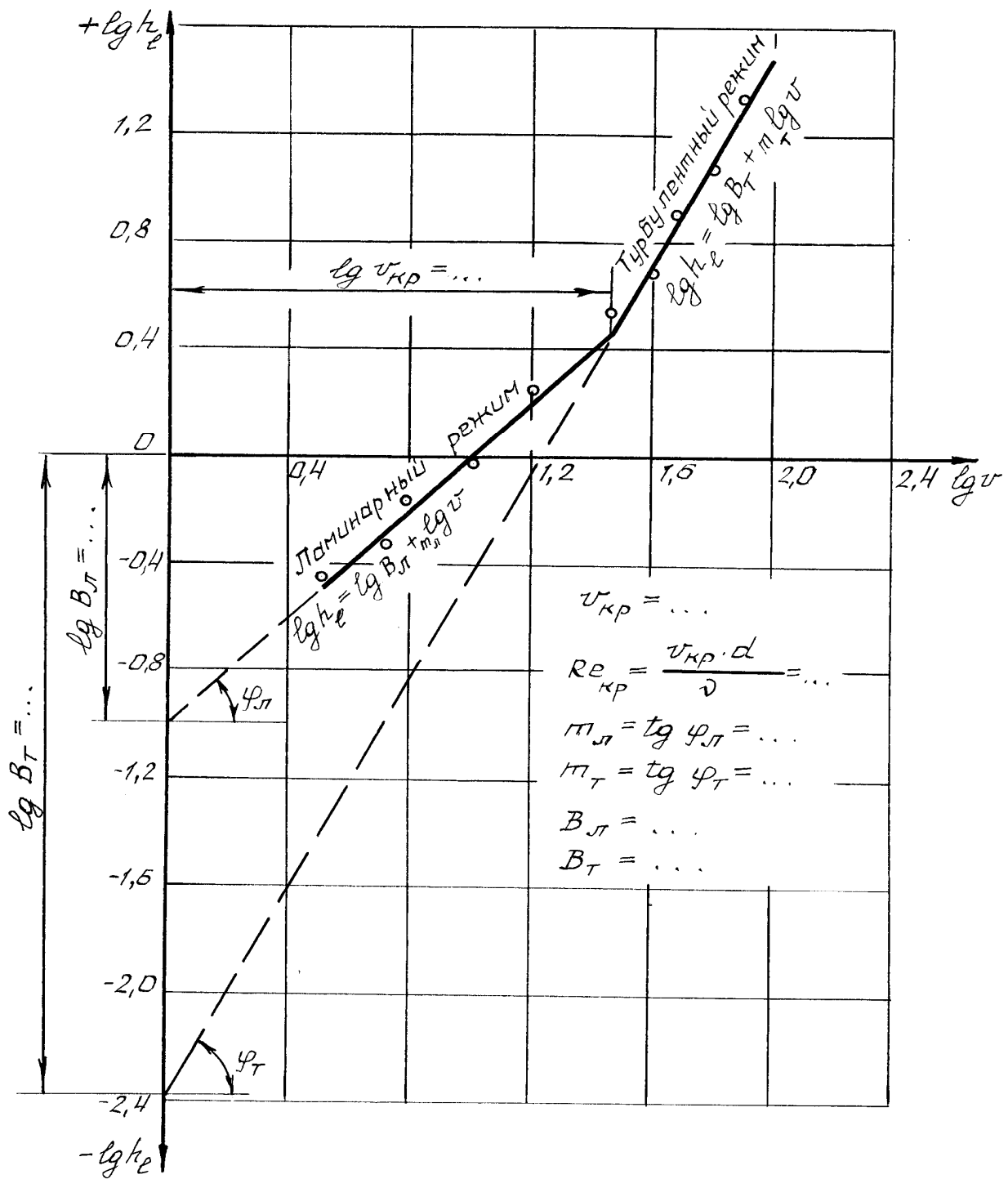
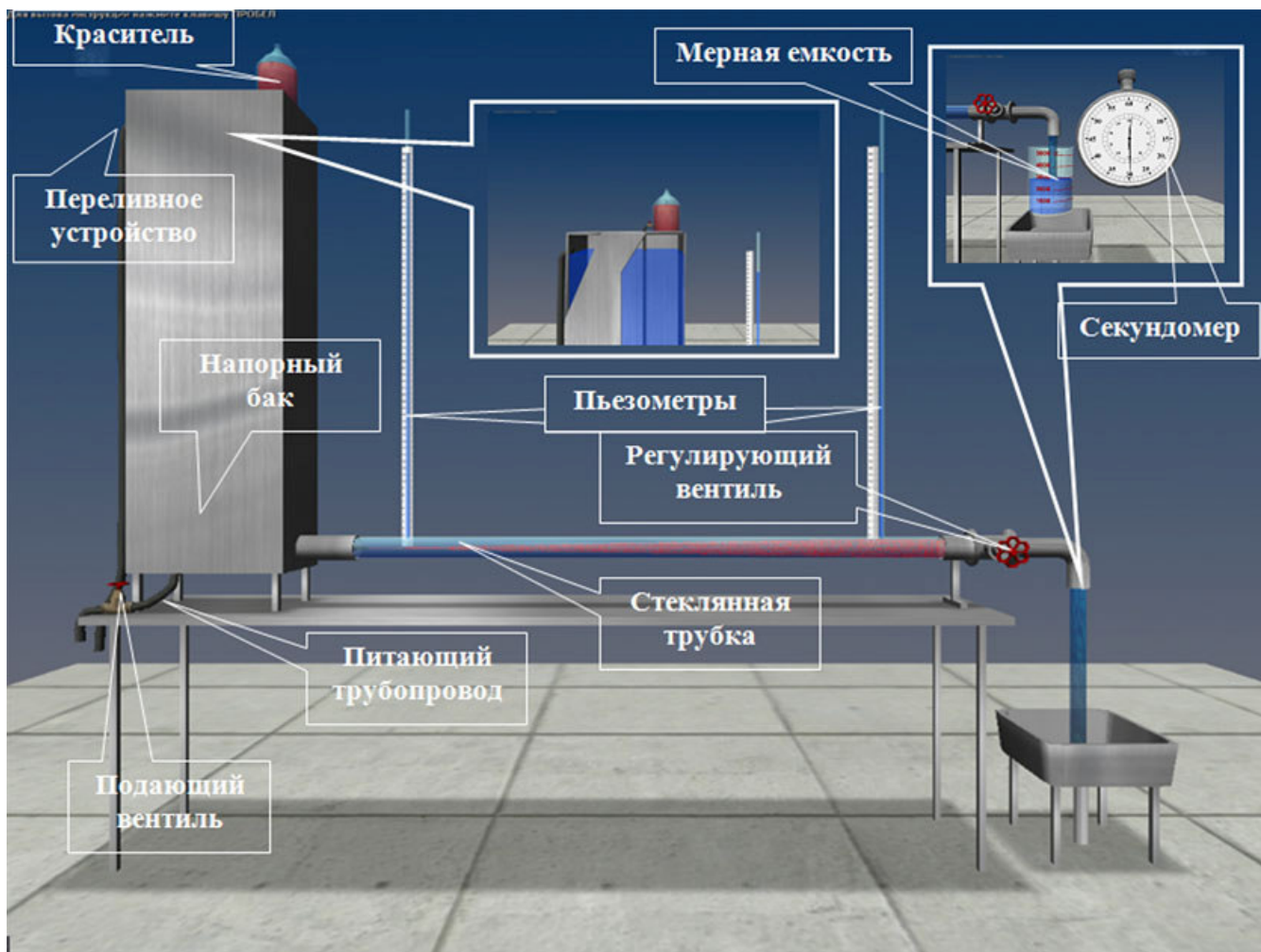


Рис. 1. График зависимости потери напора по длине h_l от средней скорости v в логарифмической форме

стеклянной трубе, осуществляется краном. На стеклянной трубе имеются пьезометры для определения потерь напора по длине h_l (по разности их показаний).



Порядок выполнения работы. 1. Открыть подающий вентиль на питающем трубопроводе и наполнить водой напорный бак настолько, чтобы работало переливное устройство.

2. Открыть незначительно регулирующий вентиль на стеклянной трубке, чтобы скорость движения воды в ней была небольшой (вода должна течь тонкой струйкой).

3. Приоткрыть краник на емкости с красителем и направить в стеклянную трубку небольшое количество раствора красителя, чтобы окрашенная струйка воды представляла собой отчетливо выраженную нить по всей длине трубы.

4. Измерить с помощью мерной емкости и секундомера расход воды Q в трубе.

5. Измерить температуру воды в напорном баке термометром.

6. Результаты измерений записать в таблицу 1.

7. Увеличить открытием регулирующего вентиля скорость движения воды в стеклянной трубке, но так, чтобы окрашенная струйка жидкости сохранялась, т.е. чтобы режим остался ламинарным, и, выполнив те же измерения, что и в первом опыте, записать их результаты в таблицу 1.

8. Дальнейшим увеличением открытия регулирующего вентиля создать в стеклянной трубке турбулентный режим (об этом будет свидетельствовать интенсивное перемешивание с водой раствора красителя) и выполнить третий и четвертый опыты так, как описано выше. Результаты измерений записать в таблицу 1.

9. Для заполнения таблицы 2 сделать десять аналогичных опытов, увеличивая в каждом опыте открытие регулирующего вентиля в диапазоне от 0 до 100% так, чтобы 4-

5 замеров были выполнены в ламинарном режиме, а 5-6 - в турбулентном. Результаты измерений записать в табл. 2.

10. Выполнить все вычисления, предусмотренные табл. 1 и 2.

11. Построить в масштабе по данным табл. 2 график $lgh_l = f(lgv)$

12. Дать заключение по результатам работы.

Таблица 1

№ позиц ий	Наименования и обозначения измеряемых и вычисляемых величин	Ед. изм.	Рез. Измерений и вычислений			
			Ламин. Режим		Турбул. Режим	
			Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4
1	2	3	4	5	6	7
1	Объем воды в мерном сосуде W	см ³				
2	Время наполнения объема t	с				
3	Расход воды $Q = W/t$	см ³ /с				
4	Внутренний диаметр стеклянной трубы d	см				
5	Площадь попереч. Сечения трубы $\omega = \pi d^2/4$	см ²				
6	Средняя скорость движения воды $v = Q/\omega$	см/с				
7	Температура воды T	°C				
8	Кинематический коэффициент вязкости воды ν (по справочнику)	см ² /с				
9	Число Рейнольдса $Re_d = \frac{v \cdot d}{\nu}$	-				
10	Критическое число Рейнольдса $Re_{кр(d)спр}$ (по справочнику)	-				

Таблица 2

№ позиции	Наименования и обозначения измеряемых и вычисляемых величин	Ед. изм.	Номер опыта							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Объём воды в мерном сосуде W	см ³								
2	Время наполнения t	с								
3	Расход воды $Q = W/t$	см ³ /с								
4	Внутренний диаметр трубы d	см								
5	Площадь попереч. Сечения трубы $\omega = \pi d^2/4$	см ²								
6	Средняя скорость потока $v = Q/\omega$	см/с								
7	Логарифм средней скорости $\lg v$	-								
8	Отметка уровня воды в пьезометре 1, ∇_1	см								
9	Отметка уровня воды в пьезометре 2, ∇_2	см								
10	Потеря напора по длине $h_l = \nabla_1 - \nabla_2$	см								
11	Логарифм потери напора по длине $\lg h_l$	-								
12	Температура воды T	°C								
13	Кинематический коэффициент вязкости воды ν (по справочнику)	см ² /с								

Расчеты

ВЫВОД: _____

Основные контрольные вопросы

1. Назовите режимы движения жидкости и укажите их характерные особенности.
2. Поясните, что такое критерий Рейнольдса, и назовите факторы, от которых он зависит, и укажите, в чем заключается его физический смысл?
3. Поясните, что такое критическое число Рейнольдса?
4. Поясните, каким образом при гидравлических расчётах определяют режим движения жидкости и, с какой целью?
5. Поясните, что такое критическая скорость, от каких факторов она зависит и как её определяют?
6. Напишите и поясните аналитические зависимости потерь напора по длине от средней скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости.
7. Изобразите график зависимости потерь напора по длине от средней скорости (в логарифмических координатах)
8. Поясните, что такое гидравлический радиус и что он характеризует?