

**ПГ Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Мытищинский филиал
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МФ-МГТУ им. Н.Э.Баумана)**

ФАКУЛЬТЕТ лесного хозяйства, лесопромышленных технологий и садово-паркового строительства

КАФЕДРА ЛТ-4

С. П. Карпачев

«Гидравлика и пневматика»

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3
Определение коэффициента местного
сопротивления**

Методические указания

Кафедра ЛТ-4

Дата проведения лабораторной работы _____

Группа _____

Список бригады (инструктаж по технике безопасности прошел):

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

6. _____

7. _____

8. _____

9. _____

10. _____

Преподаватель:

проф. Карпачев С.П. _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА МЕСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Цель работы:

Цель данной лабораторной работы заключается в освоении метода определения коэффициентов местных сопротивлений опытным путем на примере крана при его разном открытии.

1. Основные расчетные зависимости

Кроме потерь энергии на преодоление сопротивлений возникающих по длине потока, которые изучались нами в лабораторной работе № 2, есть другие виды потерь, вызываемые местными сопротивлениями. Этими сопротивлениями могут быть, поворот трубы, кран, задвижка, внезапное изменение размеров сечений и др. Величина потерь напора местных сопротивлений при установившемся равномерном движении жидкости в трубопроводе определяется по формуле Вейсбаха:

$$h_m = \xi_m \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

где:

ξ_m - коэффициент местного сопротивления;

v - средняя скорость движения жидкости в сечении трубопровода, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Если скорости потока перед местным сопротивлением и после него различны (например, при внезапном сужении или расширении трубы, то местная потеря напора будет прямо пропорциональна скоростному напору перед данным сопротивлением $h_m \sim v^2 / (2g)$:

$$h_m = \xi_m \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Значения коэффициентов ξ_m , встречающихся в практике местных сопротивлений, даются в гидравлических справочниках и учебниках.

Коэффициент местного сопротивления можно определить опытным путем, если известны показания пьезометров и скорости в сечениях до сопротивления и после него.

Уравнение Бернулли для сечений 2-2 и 3-3 (рис. 1), составленное относительно плоскости сравнения, проходящей по оси трубопровода для сечений до местного сопротивления и после него, будет иметь вид:

$$z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} + h_m \quad (3)$$

Откуда

$$h_m = \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) - \left(z_3 + \frac{p_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} \right) \quad (4)$$

где:

z_2 - расстояние от плоскости сравнения до середины сечения до сопротивления, м;

z_3 - расстояние от плоскости сравнения до середины сечения после сопротивления, м;

v_2 - средняя скорость движения жидкости в сечении трубопровода до сопротивления, м/с;

v_3 - средняя скорость движения жидкости в сечении трубопровода после сопротивления, м/с;

$p_2 / \rho g$ - показание пьезометра до сопротивления, м;

$p_3 / \rho g$ - показание пьезометра после сопротивления, м;

2. Схема опытной установки

Схема опытной установки показана на рис. 1.

Лабораторная установка представляет собой прямую горизонтальную цилиндрическую трубу 1 длиной l с постоянным диаметром d по всей длине. Один конец трубы соединен с источником воды (насосом), а другой подведен к сливному баку. Опытный участок трубы ограничен сечениями, к которым для измерения давления подсоединены пьезометры 3 и 7 с кранами 4 и 6. Кран 6 является регулируемым местным сопротивлением. Расход в опытной трубе измеряется водяным счетчиком расхода воды 5 и регулируется краном 4.

3. Порядок выполнения работы

Определение потерь напора на кране проводится в при его разном открытии. Порядок проведения работы принят следующим (рис. 1):

1. В опытном трубопроводе 1 устанавливают некоторый расход воды, для чего открывают кран 4.
2. Краном 6 перекрывают некоторую часть сечения трубопровода 1.
3. Проверяют и регулируют работу пьезометров 3 и 7, для чего нажатием на мягкие трубки пьезометров, удаляют из столба воды воздушные пузырьки.
4. После того, как в опытном трубопроводе наступит установившееся движение, снимают отсчеты по пьезометрам 3 и 7 одновременно по обоим сторонам от крана 6. В каждом опыте отсчеты по пьезометрам берут 3 раза. Данные замеров заносят в таблицу 1.
5. Определяют объем воды V по водяному счетчику расхода 5. В каждом опыте отсчеты по водяному счетчику берут за все время t проведения каждого опыта. Данные замеров заносят в таблицу 1.
6. Пункты 2-5 повторяют еще два раза.
7. Результаты измерений по всем опытам заносят в таблицу 2.
8. На схеме установки (рис. 2) в масштабе отмечают показания пьезометров 2, 3 и 7, и проводят пьезометрическую линию.

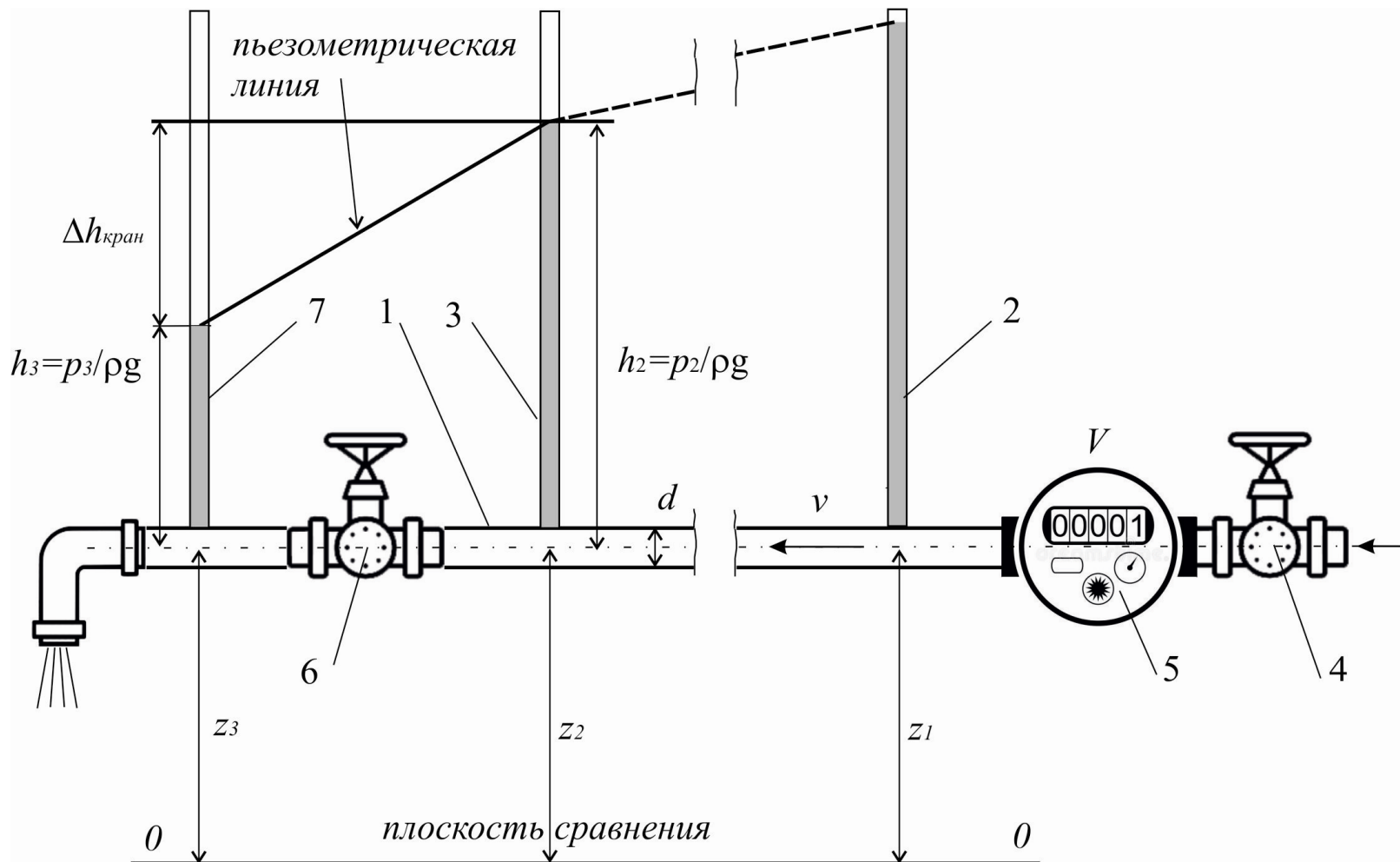


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

4. Обработка опытных данных

Обработка опытных данных проводится в следующем порядке:

По данным замеров в каждом опыте вычисляют:

- потери напора $\Delta h_{\text{кран}}$ на кране 6 (рис. 1).

Эту величину можно определить из уравнения Бернулли (4), составленного для лабораторной установки (рис. 1) относительно заданной плоскости сравнения 0-0 для сечений потока, в которых установлены пьезометры 3 и 7.

$$\Delta h_{\text{кран}} = \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} \right) - \left(z_3 + \frac{p_3}{\rho g} + \frac{\alpha_3 v_3^2}{2g} \right) \quad (5)$$

Поскольку в опытах площади живого сечения потока до местного сопротивления и после него равны, то:

$$\Delta h_{\text{кран}} = \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \right) - \left(z_3 + \frac{p_3}{\rho g} \right) \quad (6)$$

В вашей лабораторной установке отсчет по шкалам пьезометрических трубок дает сумму:

$$z + \frac{p}{\rho g}.$$

Далее устанавливают:

- По расходу воды Q , полученному по данным измерений по водяному счетчику и диаметру трубы d , вычисляют скорость v движения воды в трубе 1 по формуле:

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} \quad (7)$$

- Опытное значение коэффициента сопротивления трения $\xi_{\text{кран}}$ определяют из формулы (1):

$$\xi_{\text{кран}} = \Delta h_{\text{кран}} \cdot \frac{2g}{v^2} \quad (8)$$

В лабораторных опытах используется полипропиленовая труба с внутренним диаметром $d=13,2$ мм.

Результаты расчетов по трем опытов заносят в табл. 2.

На рис. 2 из табл. 1 в масштабе наносят средние значения показаний пьезометров, h_1 , h_2 , h_3 , полученные по результатам всех трех опытов и проводят пьезометрические линии относительно плоскости отсчета.

Список литературы

1. Поминова Г.И. 1. Лабораторный практикум по курсу «Гидравлика и гидравлические машины». - М. : МЛТИ, 1970. - 58 с.

2. РосТурПласт. Российский производитель полимерных труб и фитингов. Технический каталог PP-R. Трубы и соединительные детали для систем горячего и холодного водоснабжения и отопления из полипропилена. 83 стр. – Текст: электронный// [сайт]. – URL: www.osturplast.ru – Режим доступа: Свободный.

4. Лебедев Н.И. Гидравлика, гидравлические машины и объемный гидропривод : Учебное пособие для студ.-заоч. / МГУЛ. - 2-е изд., стереотип. - М. : МГУЛ, 2003. - 232 с.

Данные замеров и отсчетов по приборам в опыте № 1

№ отсчета	Показание пьезометров относительно плоскости отсчета, м			Потери напора на кране, м	Показание начального объема воды водяного счетчика, м ³	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м ³	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м ³	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м ³ /с	Средняя скорость, м/с
	h_1	h_2	h_3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
Среднее значение										

Данные замеров и отсчетов по приборам в опыте № 2

№ отсчета	Показание пьезометров относительно плоскости отсчета, м			Потери напора на кране, м	Показание начального объема воды водяного счетчика, м ³	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м ³	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м ³	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м ³ /с	Средняя скорость, м/с
	h_1	h_2	h_3	$\Delta h_{\text{кран}}$	V_1	V_2	$V=V_1-V_2$	t	$Q=V/t$	$v=4Q/\pi d^2$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
Среднее значение										

Данные замеров и отсчетов по приборам в опыте № 3

№ отсчета	Показание пьезометров относительно плоскости отсчета, м			Потери напора на кране, м	Показание начального объема воды водяного счетчика, м ³	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м ³	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м ³	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м ³ /с	Средняя скорость, м/с
	h_1	h_2	h_3							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
Среднее значение										

Результаты вычислений в опытах

№ п/п	Наименование величин	№№ опытов		
		1	2	3
1	Расход воды Q , м ³ /с			
2	Средняя скорость v , м/с			
3	Потери напора на кране по опытными данным (по пьезометрам) $\Delta h_{\text{кран}}$, м			
4	Коэффициент местного сопротивления на кране $\xi_{\text{кран}}$: $\xi_{\text{кран}} = \Delta h_{\text{кран}} \cdot 2g / v^2$			

