

**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:

$\xi_m$  - коэффициент местного сопротивления;

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

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

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  $\xi_m$ , 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.

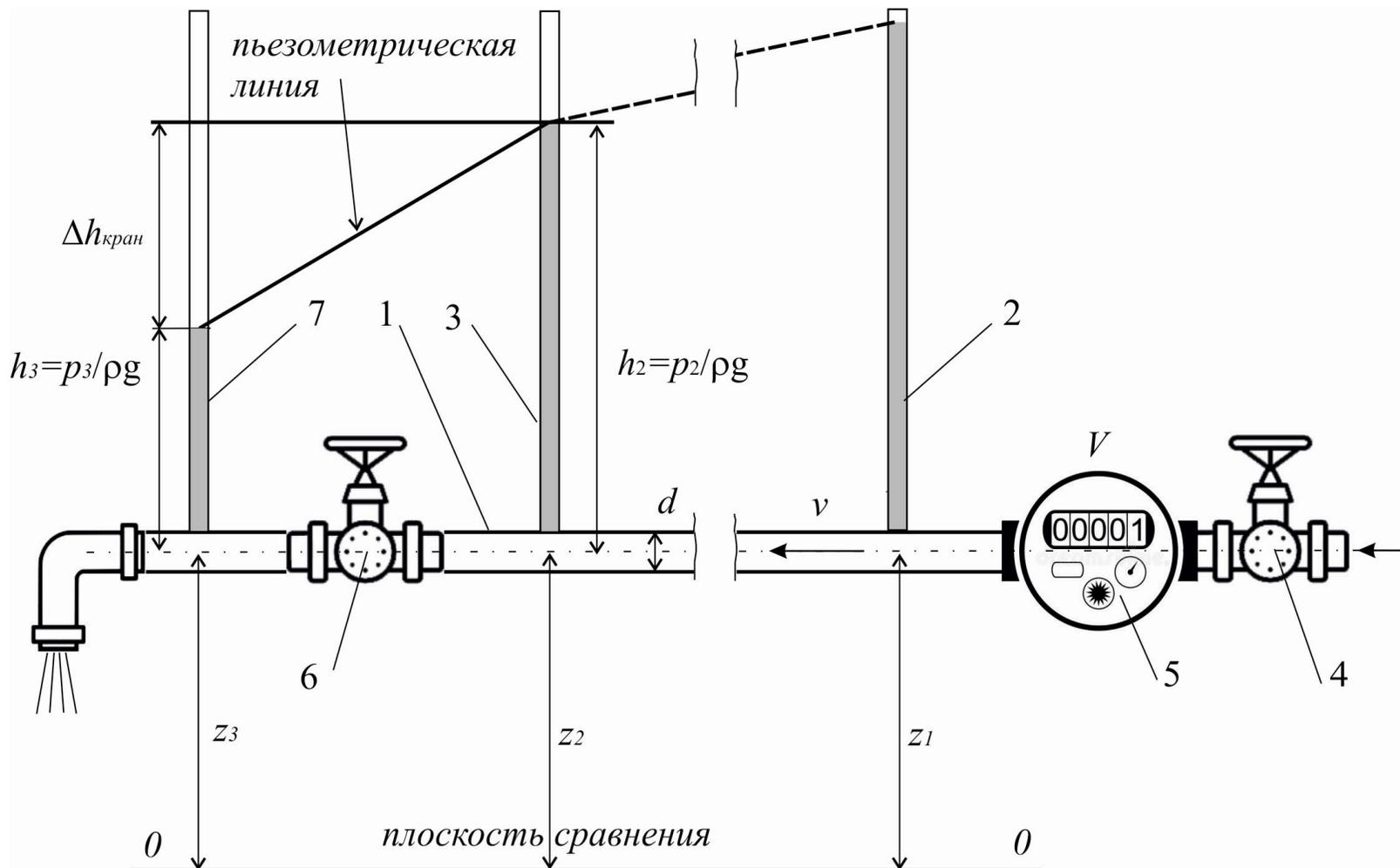


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки

#### 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](http://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 <sup>3</sup>	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м <sup>3</sup>	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м <sup>3</sup>	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup>	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м <sup>3</sup>	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м <sup>3</sup>	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м <sup>3</sup> /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 № 3

№ отсчета	Показание пьезометров относительно плоскости отсчета, м			Потери напора на кране, м	Показание начального объема воды водяного счетчика, м <sup>3</sup>	Показание конечного объема воды водяного счетчика, м <sup>3</sup>	Объем воды прошедший через водяной счетчик, м <sup>3</sup>	Время работы водяного счетчика, с	Расход воды, м <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 $\xi_{\text{кран}}$ : $\xi_{\text{кран}} = \Delta h_{\text{кран}} \cdot 2g / v^2$			

