

Лабораторная работа № 3 на тему
«Определение удельной потери давления в трубе постоянного сечения, коэффициентов
местных сопротивлений запорно-регулирующей арматуры в открытом состоянии и
гидродинамической характеристики запорно-регулирующей арматуры при движении
воды»

1 Общая часть

Целью работы является определение удельной потери давления на трение в трубах постоянного сечения, выявление режима движения воды по трубам, сравнение экспериментальных данных с теоретически вычисленными величинами, а также определение теоретически допустимой длины стабилизирующего участка X_T .

При движении воды по трубам возникают сопротивления от трения о стенки труб, между слоями жидкости и местные сопротивления в фасонных частях, а также в запорно-регулирующей арматуре. Потери на трение, отнесенные к одному метру длины труб, в инженерной практике принято называть удельными потерями давления.

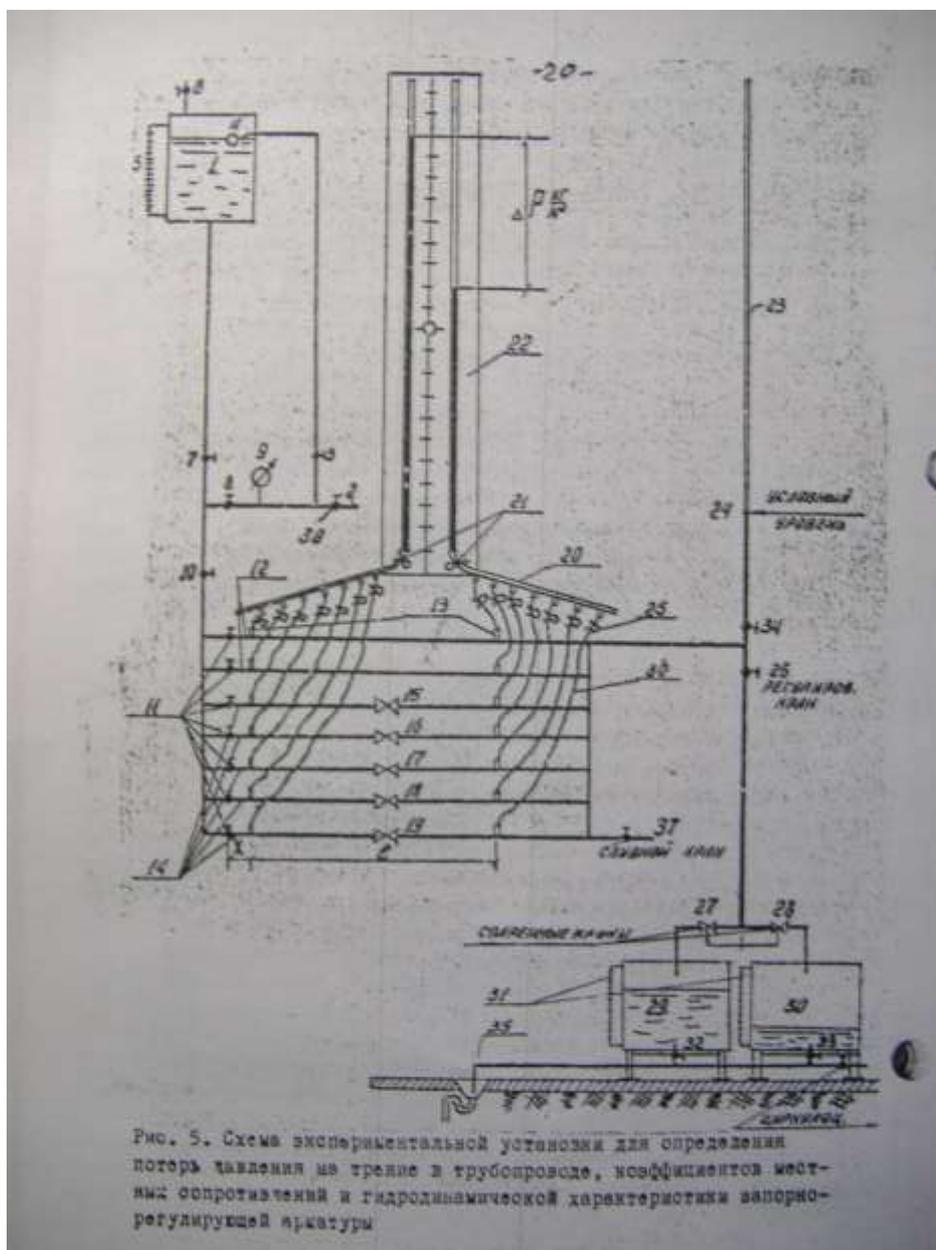
При движении жидкости по прямолинейному участку трубы постоянного сечения возникают только потери давления на трение.

2 Опытная установка

Для проведения указанных работ используется экспериментальная установка, схема которой приведена на рис.5

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА СОСТОИТ ИЗ СЛЕДУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ.

- 1- Водонапорный бак; 2- водопроводная труба с вентилем 38; 3- вентиль включения водопровода в бак 1; 4- шаровый кран питания и поддержания постоянного уровня воды; 5- пьезометрическая трубка уровня воды в баке 1; 6- воздушный кран; 7- вентиль отключения бака 1; 8- вентиль включения водопровода в экспериментальную установку при отключении бака 1; 9- манометр на водопроводной магистрали; 10- общий регулировочный вентиль расхода воды; 11- запорные вентили на испытуемых участках; 12- трубы для определения потерь на трение; 13- статические кольцевые штуцеры для отбора давления; 14- копытые участки с местными сопротивлениями; 15- пробочный кран; 16- кран двойной регулировки; 17- дроссельный кран; 18- шиберный кран; 19- вентиль; 20- коллекторы отбора давления; 21- зажимы на резиновых шлангах пьезометра; 22- пьезометры перепада давления; 23- воздушная трубка (контрольная); 24- условный уровень воды (контрольный); 25- зажима на резиновых шлангах от статических штуцеров; 26- пробочный регулировочный кран; 27- пробочный кран включения слива воды в мерный бак 29; 28- пробочный кран включения воды на слив в бак 30 и в канализацию во время подготовки опыта; 29- мерный бак; 30- мерный бак для установления режима; 31- тарировочные шкалы по объему в литрах; 32- опускной пробочный кран из мерного бака 29; 33- спускной пробочный кран из мерного бака 30; 34- запорный вентиль воздушной трубки; 35- трубопровод для слива воды из баков; 36- резиновые шланги; 37- сливной кран; 38- вентиль включения водопровода.



Перед началом испытаний нужно измерить фактическую длину стабилизирующего участка Х и испытуемого по осям статических штуцеров 1. Для того, чтобы привести экспериментальную установку в рабочее состояние, нужно открыть зажимы 21 пьезометра и зажимы отборных шлангов 25, пробочный кран 26, все линейные вентили 11, вентили 34, 38,8, краны 15,16,17,18,19 должны быть всегда открыты, вентили 7 и 3 должны быть закрыты. Вентиль 10 нужно открывать медленно и настолько, чтобы вода не переливалась из пьезометра 22 и контрольной трубки 23. Такая промывка необходима для удаления воздуха из системы труб, слив воды происходит через бак 30, при этом краны 28 и 33 открыты. Через 2-3 минуты линейные вентили 11 нужно закрыть. Кроме второго сверху трубы 12, на которой будут производиться испытания для определения потерь на трение. Далее нужно закрыть зажимы на резиновых отборных шлангах 36, кроме второй трубы сверху. В этот момент нужно следить за уровнем пьезометра 22 трубки 23 и регулировать вентилем 10, чтобы избежать перелива воды.

Для первой точки замера уровень в левой трубке пьезометра должен быть на максимально возможной высоте, что обуславливает максимальный расход воды. Достигнуть максимального уровня пьезометра 22 и уровня пьезометра 24 можно, если краны 10 и 26 одновременно медленно открывать или прикрывать. Условный уровень пьезометра 24 следует поддерживать для того, чтобы избежать эжекции в экспериментальной установке. Если левый столбик воды

в пьезометрических трубках 22 будет выше правого, значит эксперимент проходит правильно, если уровни в правой и левой трубках на одной высоте, значит отверстия штуцеров нужно прочистить, если уровень в левой трубке ниже правого, значит нужно прочистить входной левый штуцер. После устранения этих недостатков экспериментальная установка может быть использована для проведения опытов.

В случае проведения эксперимента с применением бака 1, подпитка в которой осуществляется от водопровода через шаровой кран 4, поддерживается постоянное гидростатическое давление, что обеспечивает постоянство расхода воды через трубы. Для включения установки в работу в этом случае нужно закрыть кран 8, открыть краны 3 и 7, все остальное остается, как и для первого варианта проведения экспериментальных исследований, при непосредственном включении от водопровода помимо бака 1.

В случае наличия значительной высоты до бака 1 второй вариант предпочтительнее первого ввиду постоянства гидростатического давления и возможности работать на рециркуляционной воде из бака 30 от собственного насоса. В рециркуляционной воде при постоянной температуре выделения воздуха из воды практически не будет, что позволит вести эксперимент правильно.

В принятом нами первом варианте при работе от водопровода с отключенным баком 1 во время проведения опыта нужно следить за условным уровнем пьезометра 24 и поддерживать его краном 10. Если условный уровень пьезометра 24 будет понижаться, то нужно плавно открывать кран 10, и наоборот, если условный уровень повысился, кран 10 плавно прикрывать. Эти операции необходимы для поддержания постоянства расхода воды ввиду колебания давления в водопроводной магистрали.

Проведение эксперимента по определению потерь давления на трение

В экспериментальной установке, приведенной в рабочее состояние, вода проходит через краны 8,10,11 в испытуемую трубу 12, через краны 26,27, бак 29, кран 32, трубопровод 35 и далее в канализацию.

Продолжительность опыта для одного режима воды одна минута, всего три замера при данном расходе.

Расчет проводится на основании средней величины трех замеров. Можно проводить один замер в течении трех минут, что является достаточно точным в случае, если условный уровень пьезометра 24 поддерживается постоянным. По ходу эксперимента записывают показания пьезометра 22, начальные и конечные показания по шкале 31 бака 29 и строят тарировочный график зависимости перепада давления ΔP (Па) от расхода воды G (кг/ч).

Если при построении кривой обнаружится нарушение закономерности, то некоторые опыты следует повторить, чтобы убедиться в закономерности процесса.

При определении удельных потерь давления на трение в трубе постоянного сечения $d_{тр}$ 15мм (15,75) проводится шесть опытов при различных расходах воды. Такое количество опытов по расходу принято для построения плавной кривой с учетом использования этих данных при определении коэффициентов местных сопротивлений запорно регулирующей арматуры. При определении коэффициентов местных сопротивлений пропускаем максимально возможное произвольное количество воды, которое позволяют пьезометры 22. При определении потерь на местные сопротивления потери на трение в трубопроводе входят в суммарное величину потерь ΔP_0 . Для определения потерь непосредственно на местные сопротивления пользуемся тарировочной кривой (рис 6), при соответствующем расходе воды находим потери давления на трение в трубе $R \cdot l_3$ и по разности ΔP_0 и $R \cdot l_3$ находим потери на местные сопротивления $Z = \Delta P_0 - R \cdot l_3$.

Для непосредственного проведения эксперимента должны быть выделены студенты

- один человек у крана 10 для регулирования постоянства расхода с целью контроля за условным уровнем пьезометра 24 и изменением расхода воды по точкам эксперимента.
- один человек у крана 26 для установления условного уровня при изменении расхода воды по точкам эксперимента.
- один человек у пьезометра 22 для снятия показания ΔP при соответствующем расходе воды.
- один человек для переключения кранов 27 и 28 или переноса шланга из одного бака в другой.
- один человек для снятия показания (G_1 и G_2) по тарифовочной шкале 31 бака 29.
- один человек секундометрист, который дает команду для проведения опытов.

Всего шесть человек, непосредственно принимающих участие в проведении экспериментов, остальные производят записи, определяют часовой расход количества воды и строят тарифовочную кривую в координатах $\Delta P - G$.

При команде «Приготовиться» нужно записать начальное показание G_1 по шкале 31 бака 29 и показания пьезометров 22 ΔP . По команде «Замер» включить секундомер, открыть кран 27, закрыть кран 28 или резиновый шланг из бака 30 переложить в бак 29, если опыты проводят через трубу с краном 27 при постоянно закрытом кране 28. Кран 32 должен быть закрыт при записи начальных показаний G_1 и конечных показаний G_2 , после чего можно часть воды из мерного бака 29 слить, открыв кран 32, и закрыть его на условном уровне G_1 . В процессе опыта с краном 10 поддерживать условный уровень 24. Перед окончанием опыта подается команда «Приготовиться» (конец опыта).

В этот момент нужно закрыть кран 27 и открыть кран 29 или переложить шланг из бака 29 в бак 30, после чего записать вторичные показания G_1 по шкале 31 из бака 29, кран 33 практически может быть открыт постоянно на слив воды. Далее, для проведения второго опыта следует плавно сократить расход воды путем прикрывания крана 10 и одновременно краном 26 поддерживать условный уровень 24. Величина перепада давления для второго опыта $\Delta P \approx 3-3,5$ кПа (300-350 кгс/м²). Опыт проводится аналогично первому после установления стационарного режима.

Последующие перепады давления ΔP будут 2,5 1,5 1, 0,5 кПа (250, 150, 100, 50 кгс/м²). Всего шесть опытов.

Порядок установки стационарного режима и проведения опытов такой же, как для первого и второго опытов.

- 1 все показания приборов при проведении эксперимента записываются в бланк 1 (приложение 2) и на том же бланке строится тарифовочная кривая сети при $l=1,2$ м в координатах перепада давления ΔP и часового расхода воды G (кг/ч), а также кривая удельных потерь на трение R_3 .
- 2 по общей потере давления ΔP на прямолинейном участке трубы постоянного сечения $d_{тр}=15,75$ мм длиной $l=1,2$ м вычисляют удельные потери давления на трение в испытуемом трубопроводе по формуле

$$R_3 = \frac{\Delta P}{l} \quad (1)$$

Где ΔP - разность показаний пьезометра 22 при различных расходах G кг/ч

l - длина испытуемого участка м.

- 3 зная расход воды за время опыта Z , $\Delta G = G_2 - G_1$, находим часовой расход воды по формуле

$$G = \frac{\Delta G \cdot \rho}{z} \cdot 3600 \quad (2)$$

Где ΔG расход воды за опыт, кг

ρ - плотность воды, кг/м³

Z – продолжительность опыта, с (принимать по табл. Приложения 3)

- 4 Скорость движения воды по трубопроводу определяется по формуле

$$W = \frac{G}{f_{\text{тр}} \rho 3600} \quad (3)$$

Где $f_{\text{тр}}$ - живое сечение трубы (при $d_{\text{в}}=15,75$), м².

ρ - плотность воды при соответствующей температуре.

- 5 Для выявления режима движения воды вычисляют число Рейнольдса

$$R_e = \frac{W d_{\text{тр}}}{\nu} \quad (4)$$

И критическое число $R_e = 100 \frac{r}{K_3}$ (5)

Где W – скорость воды в трубе, м/с

$d_{\text{тр}}$ - диаметр трубы, м.

r - радиус трубы, м.

K_3 - эквивалентная шероховатость внутренней поверхности трубы (для труб, находящихся в эксплуатации $K=0,2$ мм)

ν - коэффициент кинематической вязкости, м²/с(принимать по таблице приложения 3)

При определении числа R_e число r и шероховатость K_3 принимать в одинаковых единицах.

- 6 при $R_e > R_e^1$ имеет место развитое турбулентное движение потока, в этом случае для определения теоретических удельных потерь на трение следует пользоваться формулой Давидсона, имеющей следующий вид.

$$R_T = 4/4 \frac{G^2}{d_{\text{тр}}^{5,25}} \quad (6)$$

Где $d_{\text{тр}}$ - диаметр трубы мм.

G – часовой расход воды, кг/ч

- 7 зная R_e экспериментальное и R_T теоретическое, находим погрешность .

$$\Delta R = \frac{R_3 - R_T}{R_3} 100 \quad (7)$$

На график (рис 6) нанести теоретическую кривую удельных потерь на трение.

В лабораторной практике возможны случаи, когда R_3 может быть меньше R_T . Такие случаи бывают после периодической чистки экспериментальной установки.

10 нужно установить такой расход воды, чтобы уровень в левой трубке пьезометра 22 был на возможно максимальной высоте. Одновременно с регулированием краном 10 нужно плавно регулировать условный уровень 24 краном 26, чтобы он оставался примерно на той же высоте. Когда эта регулировка по пьезометру 22 и условному уровню 24 будет закончена, можно начинать проведение опыта по определению потерь на трение и местные сопротивления. Опыты проводятся аналогично тому, как были проведены выше. Продолжительность опыта та же.

Показания приборов и расхода воды следует записать в бланк №2 (приложение 4)

Для каждого нижележащего местного сопротивления на экспериментальной установке подготовка переключения проводится так же, как изложено выше, т.е. необходимо открыть нижележащий вентиль 11 и закрыть вентиль на вышележащей трубе. Далее открыть зажимы 25 на шлангах нижележащей трубы и закрыть на испытанной и т.д. до последней нижней трубы.

Регулирование расхода воды и поддержание условного уровня 24 в каждом последующем опыте осуществляется аналогично предыдущему.

Потери давления при движении жидкости через запорно-регулирующую арматуру, фасонные части систем, отопительные приборы, котлы и прочие элементы систем называются потерями давления в местных сопротивлениях.

В качестве местных сопротивлений принята запорно-регулирующая арматура, устанавливаемая в отопительных системах для создания гидростатического равновесия в этих установках.

Величины потерь давления, расходуемые на преодоление местных сопротивлений, зависят от расхода жидкости или скорости движения жидкости и определяются по следующей формуле.

$$Z = \varphi \frac{\rho w^2}{2}$$

Где Z – потеря давления в местных сопротивлениях кгс/м².

W - скорость движения жидкости м/с.

ρ - плотность воды при данной температуры кг/м³.

φ - безразмерный коэффициент местного сопротивления, зависящий от конструктивных особенностей.

При определении потерь на местные сопротивления общее падение давления на измеряемом участке l состоит из потерь на трение на прямолинейном участке трубы между статическими штуцерами и потерь на преодоление местного сопротивления, создаваемого запорно-регулирующей арматурой, минус потери давления на трение участка трубы, равного длине испытываемой арматуры l^1 .

$$\Delta P_0 = R_3(l - l^1) + Z \quad (9)$$

Где ΔP_0 -общее падение давления на испытуемом участке на трение и местное сопротивление.

R_3 -удельная потеря давления, полученная экспериментальной путем, принимается по графику, построенному для характеристики сети в первой части работы
- длина испытуемой трубы, м

l^1 -длина испытуемой арматуры, м.

Z-потери давления на местное сопротивление.

Получив общее падение давления ΔP_0 и зная R_3 , l и l^1 , из уравнения (9) находим падение давления на местное сопротивление по формуле

$$Z = \Delta P_0 - R_3(l - l^1) \quad (10)$$

По полученному часовому расходу воды G (кг/ч) определяем скорость движения воды в трубе по формуле.

$$W = \frac{G}{f_{\text{тр}} \rho 3600} \quad (11)$$

Где $f_{\text{тр}}$ - площадь живого сечения трубы (при $d_{\text{тр}}=15,75$ мм), м²

ρ - плотность воды при данной температуре, кг/м³.

По полученной скорости воды W (м/с) и экспериментальной величине Z , полученной по формуле (10), определяем коэффициент местного сопротивления из уравнения (8).

$$\varphi = \frac{2Z}{\rho W^2} \quad (12)$$

Результаты вычисления заносятся в бланк №2 (приложения 4)

Проведение эксперимента по определению гидродинамической характеристики запорно-регулирующей арматуры.

Зависимость величины потерь давления в запорно-регулирующей арматуре от расхода и скорости жидкости может быть представлена графически в осях /Z-G/ или /Z-W/ и называется регулирующей или гидродинамической характеристикой арматуры, где G- расход воды, кг/ч, W-скорость воды, м/с.

Гидродинамическая характеристика может быть получена на экспериментальной установке, подробно описанной в работе по определению коэффициентов местных сопротивлений.

В этом случае на шпindelь крана двойной регулировки или пробочного крана надевается диск с указанием степени открытия крана от общей площади для прохода воды.

Принимая различную степень открытия крана, производят замеры потерь давления ΔP_0^r , расхода воды G и температура, аналогично определению потерь давления на местные сопротивления.

По приведенной выше методике определяют.

ΔP_0^r -потерю давления на трение в трубе l и регулирующем кране.

l^1 - длину крана, м.

G- расход прошедшей воды, кг/ч.

W- скорость движения воды в открытом сечении крана двойной регулировки, м/с.

Z^r - потеря давления на местное сопротивление в регулирующем кране.

R_3 - принимают по графику рис 6, построенного при проведении первой части работы.

$$Z^r = \Delta P_0^r - R_3(l - l^1)$$

Где l длина трубы на испытуемом участке, принимаем такой же, что и в предыдущих работах.

l^1 - длина крана.

Результаты измерений и вычислений заносятся в бланк №2 (приложение 4)

По вычисленным значениям Z^r , G и W следует построить график зависимости потерь давления от расхода воды или скорости в живом сечении крана.

При построении графика по оси абсцисс откладывают расход воды G (кг/ч) или скорость воды W (м/с), а по оси ординат потери давления Z^r .

Примечания. Для построения графиков необходимо принимать следующие масштабы.

Скорость -1-м/с – 1 см /2 клетки/.

Потери давления – 1 кПа (100 кгс/м²) – 2 см (4 клетки).

Расход воды – 100 кг/ч – 1 см (2 клетки).