



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Методические указания
для выполнения лабораторной работы
«Определение коэффициента
гидравлического трения и потерь
давления на трение по длине
трубопровода»
по дисциплине

«Отопление»

Авторы
Глазунова Е. К.,
Федоровский В. Г.,
Галкина Н. И.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Содержатся методические указания по выполнению лабораторной работы, дано теоретическое обоснование опыта, описан метод определения коэффициента гидравлического трения и потерь давления на трение по длине трубопровода.

Практикум предназначен для студентов очной, заочной форм обучения направления 08.03.01 Строительство

Авторы

к.т.н., доцент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

Глазунова Е.К.,

ст. преподаватель кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

Федоровский В.Г.,

к.т.н., доцент кафедры
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

Галкина Н.И.





Оглавление

Введение	4
Теоретические основы	4
Порядок проведения работы.....	7
Список литературы	9

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы – экспериментальное определение коэффициента трения и потерь давления на трение по длине трубопровода. Сравнение экспериментальных значений с расчетными, полученными по полуэмпирическим и эмпирическим формулам.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Движение вязкой жидкости по трубам и каналам всегда сопровождается

трением, на преодоление которого затрачивается часть механической энергии потока. В ходе работы против сил трения эта часть энергии преобразуется в теплоту и рассеивается в окружающей среде. В результате полный напор, то есть удельная механическая энергия, вдоль потока уменьшается. Падение полного напора, которое наблюдается на участках трубопроводов с установившимся равномерным движением жидкости, называют потерями напора на трение или потерями напора по длине потока (линейные потери давления) $\Delta p_{\text{тр}}$. Потери напора по длине в общем случае зависят от диаметра трубы d и её длины l , от скорости течения V , свойств жидкости (плотности ρ и вязкости μ), а также от шероховатости стенок, которая, в свою очередь, зависит от материала, из которого изготовлена труба.

Основной расчётной формулой для определения потерь напора по длине

является формула Дарси-Вейсбаха [1]:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{v^2 \rho}{2} l_{\text{уч}} , \quad (1)$$

где λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения.

Эта формула применяется как для турбулентного, так и для ламинарного режимов течения.

Для ламинарного режима течения

$$\lambda = 64 / \text{Re}, \quad (2)$$

где Re – число Рейнольдса

$$Re = \frac{v d}{\mu}, \quad (3)$$

где v – скорость, м/с;

d – диаметр, м;

μ – кинематическая вязкость воды, зависящая от температуры, м²/с (таблица 1).

Значения λ , получаемые по этой формуле, с большой точностью подтверждаются многочисленными опытами. Из приведенного выражения видно, что в области ламинарного режима (т.е. при $Re < 2320$) λ не зависит от шероховатости стенок.

Таблица 1– Кинематическая вязкость воды, в зависимости от температуры

Температура воды, °С	Кинематическая вязкость воды, (м ² /с)·10 ⁻⁶
30	0,801
40	0,658
50	0,658
60	0,475
70	0,413
80	0,365
90	0,326
100	0,294

При турбулентном режиме течения величина λ зависит, в общем случае, от числа Рейнольдса и от относительной шероховатости κ/d , где под относительной шероховатостью понимается отношение абсолютной шероховатости κ , мм, к диаметру трубы d , мм.

Для определения λ существует ряд эмпирических формул.

Область турбулентного течения делится на три области сопротивления. В первом случае ламинарный слой полностью покрывает неровности шероховатой стенки, и они не оказывают влияния на турбулентно движущуюся часть потока. Этот случай соответствует области гидравлически гладких труб.

Для гидравлически гладких труб применяется формула Блазиуса

[1]

$$\lambda = \frac{0,3164}{\text{Re}^{0.25}} \quad (4)$$

Во втором случае выступы на шероховатой стенке начинают воздействовать на основную турбулентную часть потока, внося в этот поток дополнительные возмущения. При этом по мере уменьшения толщины ламинарного слоя с ростом Re или увеличения абсолютной шероховатости выступы неровностей на стенках трубы все в большей степени возмущают турбулентный поток и препятствуют его движению. Данный случай отвечает переходной области, в которой λ зависит как от числа Рейнольдса, так и шероховатости. Для определения λ в этой области используют универсальную формулу Альтшуля, которая справедлива во всей зоне турбулентного режима течения [1]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\text{эк.}}}{d_{\text{вн.}}} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25} \quad (5)$$

Третья характерная область в зоне турбулентного режима течения - это область так называемых гидравлически вполне шероховатых труб. При больших значениях числа Re , когда толщина ламинарного слоя становится намного меньше высоты неровностей, можно считать, что выступы шероховатости полностью оказываются в области турбулентного течения. По этой причине степень возмущения турбулентного потока неровностями стенки становится максимальной. В этой области λ перестает зависеть от Re и для трубы с определенной относительной шероховатостью становится постоянной величиной.

В области вполне шероховатых труб коэффициент λ может быть определен по формуле Шифринсона [1]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{k_{\text{э}}}{d} \right)^{0.25}, \quad (6)$$

где $k_{\text{э}}$ – эквивалентная шероховатость.

Понятие «эквивалентная шероховатость» было введено в связи с тем, что при одной и той же абсолютной шероховатости

(средняя высота выступов шероховатости), коэффициент λ может иметь разную величину в зависимости от формы выступов, густоты и характера их расположения и т.д. Под «эквивалентной шероховатостью» понимают такую высоту выступов шероховатости, которая дает при подсчетах одинаковую с заданной шероховатостью величину коэффициента гидравлического трения [1].

Часто для расчета водопроводных труб используется эмпирическая формула Маннинга

$$\lambda = \frac{124,6 m}{\sqrt[3]{d}} \quad (7)$$

где m - коэффициент шероховатости, принимаемый обычно для водопроводных труб равным 0,012.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1 На лабораторная установке [2], выполненной из металлополимерных Rehau RAUTITAN Stabil, $d = 25 \times 3,7$ с абсолютной шероховатостью $k=0,07$ мм, выделить прямолинейный мерный участок трубы длиной l , м.

2 При помощи насоса установить максимальный расход воды.

3 Снять показания манометров в начале и конце участка (поз.73, 74), одновременно фиксируя температуры и расход с помощью теплосчетчика (поз. 46).

Первый опыт проводится при максимальном расходе, при этом перепад давлений на манометрах $\Delta p = p_1 - p_2$ будет наибольшим. При переходе к каждому следующему опыту расход изменить в сторону уменьшения и т.д.

4 Все измеренные величины заносятся в протокол испытаний (таблица 2)

Таблица 2 – Протокол испытаний

	Обозначение	Размерность	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3
1	2	3	4	5	6

Расход теплоносителя	G	кг/ч			
Площадь поперечного сечения трубы	A	м ²			
Средняя скорость воды	v	м/с			
Температура воды	t	°С			
Кинематический коэффициент вязкости	μ	(м ² / с) · 10 ⁻⁶			
Число Рейнольдса	Re	–			
Показание манометра в начале участка	p ₁	Па			
Показание манометра в конце участка	p ₂	Па			
Потери на трение	Δp	Па			
Коэффициент трения опытный	λ	–			
Относительная шероховатость	λ/d	–			
Область сопротивления					
Коэффициент трения расчетный	λ ₁	–			
Коэффициент трения расчетный	λ ₂	–			

5 Вычисляются значения $\lambda_{расч1}$, и $\lambda_{расч2}$ по формулам Альтшуля (5) и Маннинга (7) и сравниваются со значениями $\lambda_{оп.}$, полученными в данной работе.

6 Делается вывод о степени совпадения экспериментально найденных значений λ со значениями, полученными по формулам Альтшуля $\lambda_{расч1}$, и Маннинга $\lambda_{расч2}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). Учебное пособие для вузов. Изд. 2-е перераб. и доп. М.:Стройиздат, 1975. – 323 с.
2. Методические указания для выполнения лабораторной работы «Изучение основных элементов систем отопления, контрольно-измерительной и регулирующей арматуры» – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 16 с.
3. Техническая информация. Радиаторное и напольное отопление RENAU.