

УДК 532 (075.8)

Составители: Незнанова В.А., Поздняков А.И., Полищук В.Г.

Рецензент

Кандидат технических наук, профессор Морозов В.А.

Определение потерь напора и коэффициента трения при движении жидкости в горизонтальной трубе: методические рекомендации по выполнению лабораторной работы для студентов специальности 08.05.01 и направлений 08.03.01, 15.03.01, 15.03.06, 23.03.03 / Юго-Зап. гос. ун-т., сост.: В.А.Незнанова, А.И.Поздняков, В.Г.Полищук.- Курск, 2016. - 8с.: ил.2, табл.1. Библиогр.: с.8.

Содержат теоретические положения и методические рекомендации по определению коэффициента гидравлического сопротивления и потерь энергии при движении жидкости по горизонтальной трубе, дается описание установки и порядок проведения эксперимента.

Предназначены для студентов специальности 08.05.01 и направлений 08.03.01, 15.03.01, 15.03.06, 23.03.03 дневной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины «Механика жидкости и газа», «Гидравлика», «Гидравлика и гидропневмопривод».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 24.05.16. Формат 60x84 1/16.
Усл.-печ. л. 0,4. Уч.-изд. л. 0,3. Тираж 100 экз. Заказ 517. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: измерить потери напора на горизонтальном участке ламинарного и турбулентного потоков жидкости, рассчитать соответствующие значения коэффициентов трения и сравнить полученные значения со справочными.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

При движении жидкости в горизонтальной трубе происходят потери энергии (напора), связанные с проявлением свойства вязкости жидкости и действием сил инерционного трения между слоями жидкости, а также при контакте жидкости со стенками трубы.

Уравнение Д.Бернулли для двух сечений напорного потока в цилиндрической трубе имеет вид:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{\text{тр}}. \quad (1)$$

Если плоскость отсчета проходит через центры тяжести живых сечений 1 и 2 и жидкость движется в трубе постоянного диаметра, уравнение (1) приобретает вид:

$$\frac{P_1}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + h_{\text{тр}} \quad \text{или} \quad h_1 = h_2 + h_{\text{тр}}. \quad (2)$$

Потери напора $h_{\text{тр}}$ условились выразить как долю (λ) скоростного напора потока с учётом очевидных соотношений: потери напора прямо пропорциональны длине и обратно пропорциональны диаметру напорного потока, т.е.

$$h_{\text{тр}} = \lambda \frac{\ell V^2}{d 2g}, \quad (3)$$

где λ - безразмерный коэффициент гидравлического трения;
 v - среднерасходная скорость потока.

Установлено, что коэффициент гидравлического трения в общем случае зависит от числа Рейнольдса Re (критерия гидродинамического подобия потоков, находящихся под действием вязкого трения) и абсолютной шероховатости Δ (средней высоты выступов неровностей внутренней поверхности трубы), т.е.

$$\begin{cases} \lambda = f(Re, \Delta), \\ Re = \frac{dV}{\nu}, \end{cases} \quad (4)$$

где ν - кинематическая вязкость жидкости.

Аналитически доказано, что для ламинарного потока ($Re < 2320$)

$$\lambda = 64/Re. \quad (5)$$

Для турбулентных потоков исследователи рекомендуют эмпирические формулы, например:

$$\text{формула Блазиуса } \lambda=0.3164/\text{Re}^{0.25} \quad \text{при } 2320 < \text{Re} < 10d/\Delta; \quad (6)$$

$$\text{формула Филоненко } \lambda=0.11(\Delta/d)^{0.25} \quad \text{при } \text{Re} > 500d/\Delta. \quad (7)$$

Современные нормы и правила рекомендуют к применению универсальную формулу А.Д. Альтшуля:

$$\lambda=0.11(68/\text{Re}+\Delta/d)^{0.25}. \quad (8)$$

Универсальность последней формулы заключается в том, что для режима гидравлически гладких труб (пристенная ламинарная плёнка покрывает выступы шероховатостей) формула (8) дает удовлетворительный по точности результат формулы (6), а для развитого турбулентного течения – формулы (7).

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальная часть лабораторной работы выполняется на универсальном гидравлическом стенде ГС-3 (рис.1)

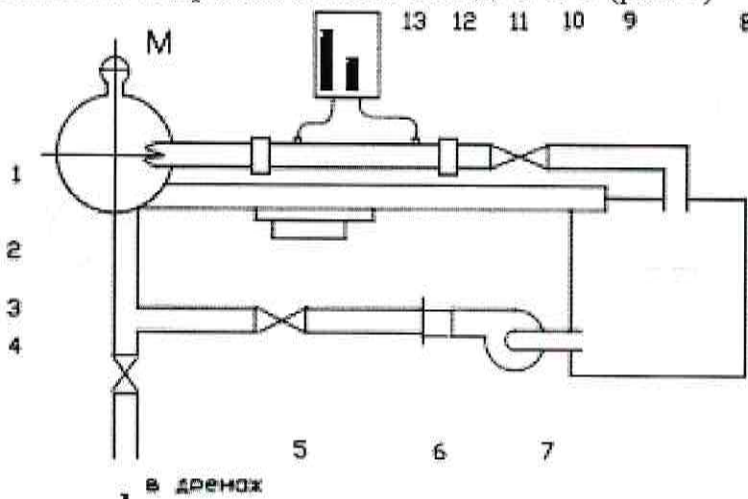


Рис.1 Универсальный гидравлический стенд

Основными элементами стенда является буферный бак 2, закрепленный на стойке и позволяющий получить установившееся течение воды в рабочем участке 12. Буферный бак имеет выходной патрубок 3, к которому крепится рабочий участок 12 для данной лабораторной работы. Другой конец рабочего участка укрепляется в патрубке 11.

В напорную магистраль вода поступает от центробежного насоса 6 при открытии вентиля 5. Расход воды через рабочий участок регулируется вентилем 10 на выходе из рабочего участка и вентилем 5.

Приемное устройство представляет собой бак 7, связанный всасывающим трубопроводом с насосом 6.

Над приемным баком смонтирован мерный бачок 8 для измерения расхода воды. Под рабочим участком установлен лоток 9, который используется для сбора воды и слива ее в бак 7. В днище мерного бачка имеется клапан, управляемый с помощью рычажного механизма (на схеме не указаны).

При замере расхода воды одновременно с закрытием клапана на пульте управления 4 включается секундомер. После заполнения водой мерного бачка происходит замыкание контакта уровня с одновременной остановкой электросекундомера.

Потери напора на трение в горизонтальной трубе исследуются на горизонтальном участке трубы диаметром d мм и длиной ℓ . Для измерения статического давления в двух сечениях установлены пьезометрические трубки (рис.2).

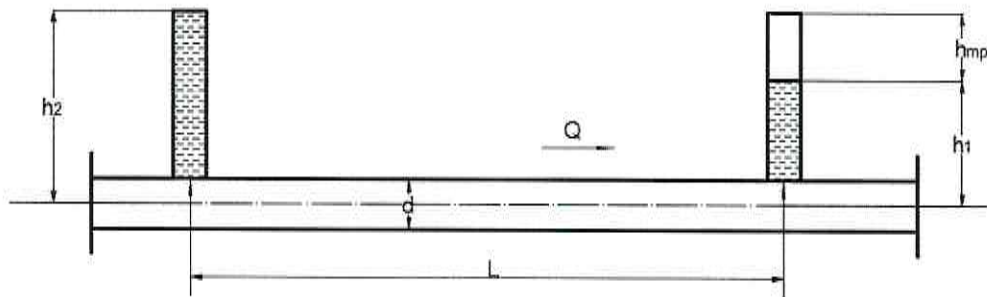


Рис.2. Рабочий участок установки

Экспериментальную часть выполняют в следующей последовательности:

- Измеряют расстояние между сечениями и внутренний диаметр трубопровода.
- С помощью вентиля 5 и 10 формируют поток жидкости на рабочем участке.

Внимание: пуск и остановка лопастного насоса 6 производятся при закрытом вентиле 5. Давление в буферном баке 2 контролирует манометр 1.

- С помощью пьезометров измеряют пьезометрические высоты.
- Измеряют температуру жидкости и определяют ее вязкость ν (по справочнику).
- С помощью мерного бачка 8 и электросекундомера измеряют расход жидкости $Q = w/t$, где $w = 386 \text{ см}^3$ – объем мерного бачка, t – продолжительность его заполнения, с.
- Из уравнения неразрывности определяют среднюю скорость потока V ($Q = V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$), S – площадь живого сечения, см^2 .
- С помощью вентиля 5 и 10 изменяют расход на рабочем участке и измерения повторяют.
- Считают потери напора для каждого значения расхода $h_{тр} = h_1 - h_2$.

- Из формулы (3) определяют значение коэффициента трения λ . (в физической системе единиц измерения $q=981 \text{ см/с}^2$).
- Результаты эксперимента и расчетные данные заносят в табл.1.

Таблица 1 Результаты измерений и расчетов

Наименование величин	Условные обозначения	Номер замера	
		1	2
Показания пьезометров	$h_1, \text{ см}$ $h_2, \text{ см}$		
Потери напора	$h_{\text{мп}}=h_1-h_2, \text{ см}$		
Объем наполнения мерного бака	$w, \text{ см}^3$		
Продолжительность замера	$t, \text{ с}$		
Расход	$Q, \text{ см}^3/\text{с}$		
Средняя скорость	$v, \text{ см/с}$		
Кинематическая вязкость при $t=0\text{C}$	$\nu, \text{ см}^2/\text{с}$		
Число Рейнольдса	Re		
Коэффициент трения	(эксп.)		
	(расч.)		

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Физическая сущность потерь напора на линейных участках трубопроводов.
2. Зависимость потерь напора от режима течения.
3. Гидравлически гладкие и шероховатые трубы.
4. Формула для определения коэффициента трения (А.Д. Альтшуль). Формула для линейных потерь напора.
5. Порядок выполнения работы.
6. Пояснить отличия в зависимости $h_{\text{тр}}=f(Q)$ для ламинарного и турбулентного течения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чугаев, Р. Р. Гидравлика (Техническая механика жидкости) [Текст] : учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. - Изд. 6-е, репринтное. - Москва : Бастет, 2013. - 672 с.
2. Лапшев, Н. Н. Гидравлика [Текст] : учебник / Н. Н. Лапшев. - 3-е изд., стер. - М. : Академия, 2010. - 272 с.
3. Ионин, А. А. Газоснабжение [Текст] : учебник / А. А. Ионин. - Изд 5-е., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2012. - 448 с.