

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОД ОБОРУДОВАНИЯ

Рабочая тетрадь
для лабораторных работ для студентов специальностей
1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических
процессов и производств (легкая промышленность)»,
1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника»

Витебск
2024

УДК 621.22+62-82 (075.8)

Составители:

В. И. Ольшанский, А. А. Котов, В. И. Столяренко

Одобрено кафедрой «Теплоэнергетика» УО «ВГТУ»,
протокол № 10 от 30.04.2024.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № 9 от 31.05.2024.

Гидро- и пневмопривод оборудования : рабочая тетрадь для лабораторных работ / В. И. Ольшанский, А. А. Котов, В. И. Столяренко. – Витебск : УО «ВГТУ», 2024. – 50 с.

Рабочая тетрадь предназначена для выполнения лабораторных работ по курсу «Гидро- и пневмопривод оборудования» студентами специальностей 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)» и 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника» дневной и заочной форм обучения.

УДК 621.22+62-82 (075.8)

© УО «ВГТУ», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа 1. Определение вязкости жидкости	5
Лабораторная работа 2. Измерение давления	9
Лабораторная работа 3. Определение режима течения жидкости в трубопроводе	16
Лабораторная работа 4. Построение пьезометрической и напорной линий трубопровода	19
Лабораторная работа 5. Определение коэффициента сопротивления трения по длине при движении жидкости в трубопроводе	25
Лабораторная работа 6. Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений	33
Лабораторная работа 7. Построение рабочих характеристик шестеренного насоса	38
Литература	45
Приложение А. Описание лабораторного стенда	46
Приложение Б. Требования техники безопасности при работе на стенде НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы»	49

ВВЕДЕНИЕ

Тетрадь предназначена для выполнения студентами лабораторных работ с использованием универсального гидравлического стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы» и данных из лабораторного практикума по курсу «Гидро- и пневмопривод оборудования» студентами специальностей 1-53 01 01-05 «Автоматизация технологических процессов и производств (легкая промышленность)» и 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника» дневной и заочной формы обучения. Рабочая тетрадь состоит из семи независимых друг от друга работ, имеющих отдельный набор исходных данных. При выполнении работ студент должен аккуратно почерком, разборчиво, ручкой со стержнем синего, фиолетового или черного цвета вписать недостающие данные. Рисунки выполняются на специально отведенных для них местах (аккуратно, карандашом). Не допускается при оформлении рисунков использовать вставку или вклейку ксерокопий и сканированных изображений.

Выполнение лабораторных работ предполагает знание студентами основных теоретических положений курса «Гидро- и пневмопривод оборудования», соответствующей терминологии, уравнений и формул. Для лучшего освоения студентами предмета, а также развития самостоятельного инженерного мышления необходимо после обработки экспериментальных данных и оформления отчета по лабораторной работе написать вывод с подробным анализом полученных результатов и степени влияния на них отдельных факторов. К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности, приведенными в приложениях А, Б. Для защиты выполненной работы необходимо представить на проверку оформленный отчет и быть готовым дать ответы на контрольные вопросы.

Критерии оценки работы студентов

Правильно выполненная работа, которая оформлена в соответствии с требованиями и представлена на проверку в установленный срок, оценивается в 10 баллов. К снижению оценки могут приводить выявленные при проверке отчета ошибки и неточности, а также следующие факторы:

- сдача задания позже установленного срока – минус 2 балла;
- недостаточно активная работа по выполнению задания в аудитории – минус 1–2 балла;
- ненадлежащее оформление отчета – минус 1–2 балла;
- неверная аргументация или отсутствие вывода – минус 1–2 балла;
- плагиат – минус 5 и более баллов.

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ

Цель работы: опытное определение величины вязкости жидкости при помощи вискозиметра Энглера.

Дайте определения:

Вязкостью жидкости называется _____

Градиентом скорости называется _____

Касательным напряжением называется _____

Динамическим коэффициентом вязкости называется _____

Кинематическим коэффициентом вязкости называется _____

Условной вязкостью ВУ, выраженной в градусах Энглера, называется _____

Динамический коэффициент вязкости измеряется:

в международной системе единиц (СИ) в _____ ;

в технической системе единиц (МКГСС) в _____ ;

в физической системе единиц (СГС) в _____ .

Кинематический коэффициент вязкости измеряется:

в международной системе единиц (СИ) в _____ ;

в технической системе единиц (МКГСС) в _____ ;

в физической системе единиц (СГС) в _____ .

Величина вязкости зависит от _____

При увеличении температуры вязкость _____

При увеличении давления вязкость _____

Вискозиметром называется _____

Начертите схему вискозиметра Энглера.

Рисунок 1.1 – Вискозиметр Энглера:

Укажите составные части вискозиметра:

- | | |
|-----------|------------|
| 1 – _____ | 7 – _____ |
| 2 – _____ | 8 – _____ |
| 3 – _____ | 9 – _____ |
| 4 – _____ | 10 – _____ |
| 5 – _____ | 11 – _____ |
| 6 – _____ | 12 – _____ |

Методика проведения опытного исследования приведена в методических указаниях к лабораторной работе 1.

Все полученные значения заносятся в таблицу 1.1.

По результатам измерений подсчитываются средние значения $T_{жс}$ и $T_в$, которые также заносятся в таблицу.

По этим средним значениям по формуле (1.1) определяется условная вязкость исследуемой жидкости, выраженная в градусах Энглера:

$$ВУ(^{\circ}E) = \frac{T_{жс}}{T_в}, \quad (1.1)$$

где $T_{жс}$ – время истечения 100 см^3 исследуемой жидкости; $T_в$ – время истечения 100 см^3 воды.

Переход от условной вязкости в градусах Энглера к кинематическому коэффициенту вязкости производится по эмпирической формуле Уббелюде:

$$\nu = 0,0731 \cdot ВУ(^{\circ}E) - \frac{0,0631}{ВУ(^{\circ}E)} \text{ (Cm)}. \quad (1.2)$$

Полученное значение кинематического коэффициента вязкости в Стоксах переводится в единицы системы СИ:

$$1 \text{ Cm} = 1 \text{ см}^2/\text{с} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}.$$

По зависимости (1.3) подсчитывается динамический коэффициент вязкости μ в пуазах:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}. \quad (1.3)$$

Полученное значение затем перевести в единицы систем СИ и МКГСС:

$$1 \text{ П} = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2,$$

$$1 \text{ кгс} \cdot \text{с}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2.$$

Значение плотности исследуемой жидкости ρ измеряется с помощью ареометра или определяется по справочным таблицам.

Все результаты вычислений заносятся в соответствующие графы таблицы 1.2. Полученные значения необходимо сопоставить со справочными данными.

Таблица 1.1 – Результаты измерений

№ опыта	Время истечения	
	исследуемой жидкости $T_{жс}, c$	ВОДЫ $T_в, c$
1		
2		
3		
4		
5		
Средние значения		

Таблица 1.2 – Результаты расчетов

Исследуемая жидкость				
Температура исследуемой жидкости		t	$^{\circ}C$	
Плотность исследуемой жидкости		ρ	$г/см^3$	
			$кг/м^3$	
Среднее время истечения 100 см^3 жидкости		$T_{жс}$	c	
		$T_в$	c	
Вязкость исследуемой жидкости	Условная	$ВУ$	$^{\circ}E$	
	Кинематическая	ν	$Ст$	
			$м^2/с$	
	Динамическая	μ	Π	
			$кгс\cdot c/м^2$	
		$Н\cdot c/м^2$		
По справочнику				

Вывод

Лабораторная работа 2 ИЗМЕРЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ

Цель работы: изучение различных приборов для измерения давления
опытное определение величины давления жидкости в трубопроводе.

Дайте определения:

Давление p это _____

$$p = \frac{P}{F}. \quad (2.1)$$

В международной системе единиц (СИ) давление измеряется в _____.
1 _____ = _____.

В технической системе единиц (МКС) давление измеряется в _____.
1 _____ = _____.

В физической системе единиц (СГС) давление измеряется в _____.
1 _____ = _____.

Внесистемные единицы: 1 бар = _____ Па = _____ МПа;
техническая атмосфера (ат) 1 ат = _____ кгс/см² = _____ кгс/м² = _____ Па;
физическая атмосфера (атм) 1 атм = _____ мм рт. ст. = _____ Па;
psi (фунт силы на квадратный дюйм) 1 psi = _____ Па.

Абсолютным называется давление _____

Основное уравнение гидростатики:

$$p_{абс.} = p_0 + \gamma \cdot h, \quad (2.2)$$

где $p_{абс.}$ – _____ ;

p_0 – _____ ;

γ – _____ ;

h – _____ .

Что называется, манометрическим, или избыточным давлением: _____

$$p_m = p_{изб.} = p_{абс.} - p_{атм.} \quad (2.3)$$

Расшифруйте обозначения: $p_{ата}$ – _____

$p_{ати}$ – _____

Что называется вакуумметрическим давлением (вакуумом) в каких единицах выражается: _____

$$P_{\text{вак.}} = P_{\text{ат.}} - P_{\text{абс.}} \quad (2.4)$$

В открытых сосудах (с атмосферным давлением на свободной поверхности жидкости):

$$P_{\text{изб.}} = \gamma \cdot h, \quad (2.5)$$

Величина давления может быть выражена высотой h создающего его столба жидкости согласно выражению:

$$h = \frac{P}{\gamma} = \frac{P}{\rho \cdot g}, \quad (2.6)$$

где ρ – _____ ;

g = _____ – _____ ;

γ – _____ .

Какие приборы используют для измерения:

избыточного давления _____

вакуума _____

перепада давления _____

Опишите устройство пьезометра (рис. 2.1), _____

Опишите устройство чашечного манометра (рис. 2.2) _____

Опишите устройство наклонного микроманометра (рис. 2.3) на что влияет угол наклона микроманометра _____

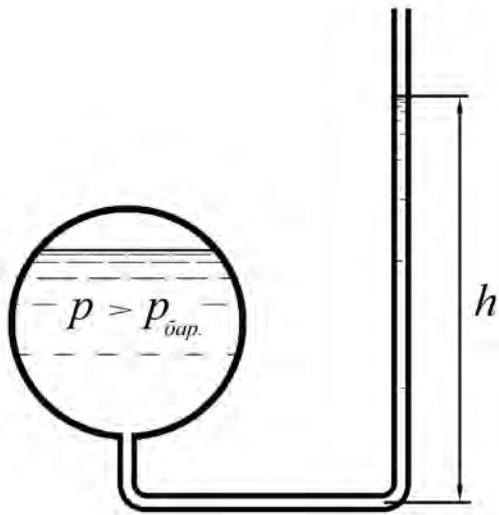


Рисунок 2.1 – Пьезометр

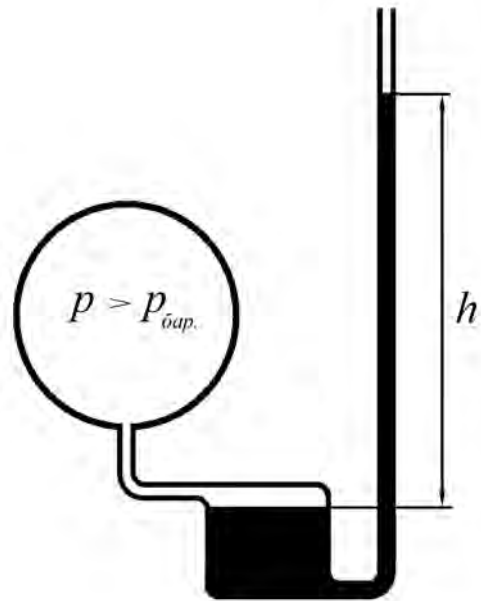


Рисунок 2.2 – Чашечный манометр

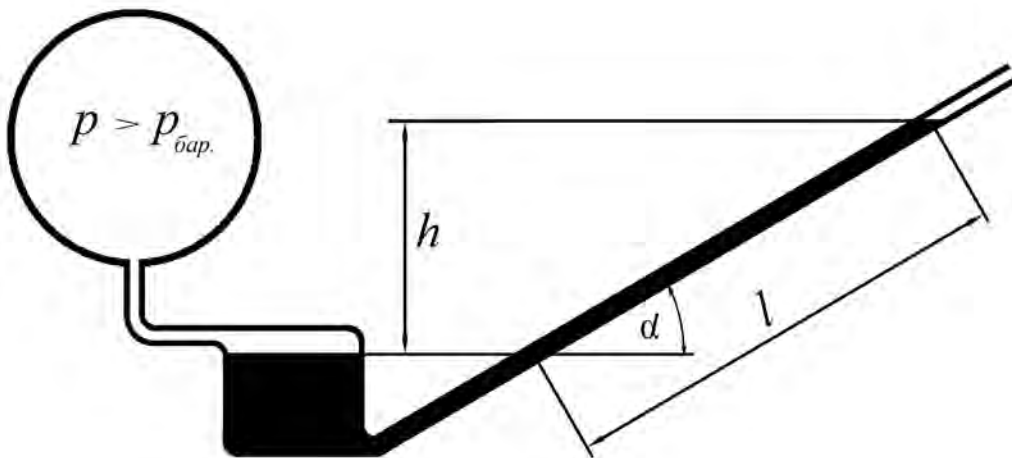


Рисунок 2.3 – Наклонный микроманометр

Опишите устройство вакуумметра (рис. 2.4)

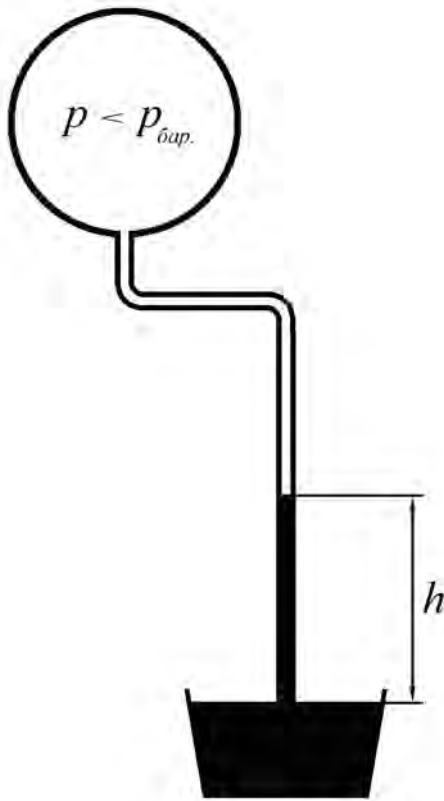


Рисунок 2.4 – Вакуумметр

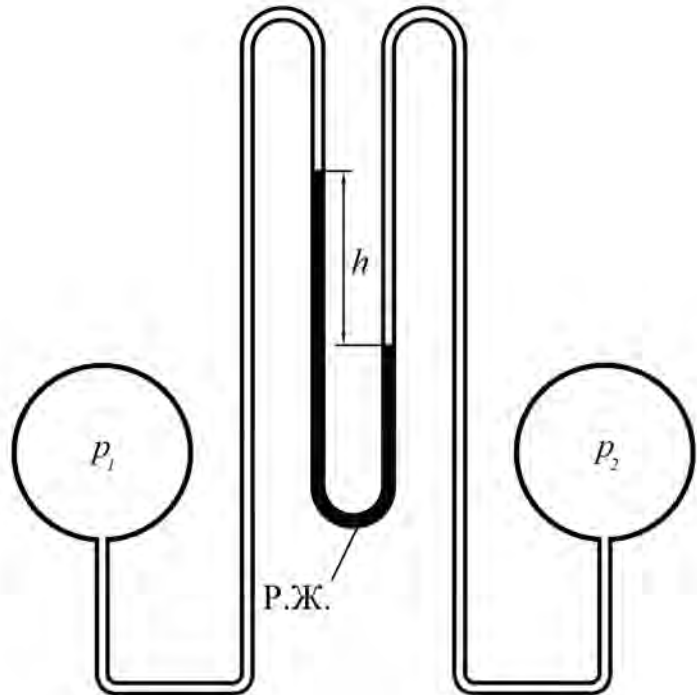


Рисунок 2.5 – Дифференциальный манометр

Опишите устройство дифференциального манометра (рис. 2.5)_____

Какие жидкости применяются в манометрах_____

Разности уровней рабочей жидкости в трубках дифференциального манометра:

$$\Delta p = p_2 - p_1 = h \cdot (\gamma_{р.ж.} - \gamma), \quad (2.7)$$

где h – _____ ;

$\gamma_{р.ж.}$ – _____ ;

γ – _____ .

Достоинства и недостатки жидкостных манометров _____

Опишите устройство трубчатого или пружинного манометра (рис. 2.6) и подпишите его составные части. _____

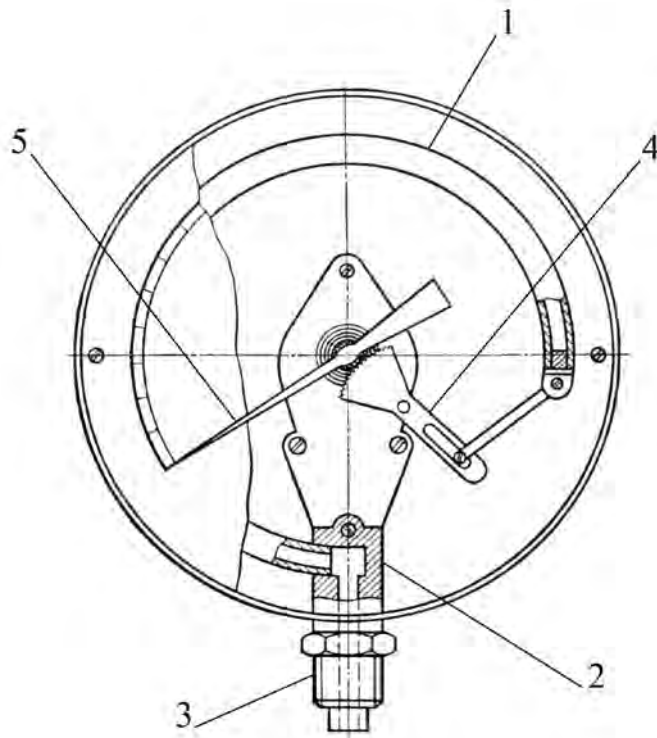


Рисунок 2.6 – Трубчатый манометр

- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____

Достоинства, недостатки и особенности трубчатых манометров

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидравлика» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Начертите схему экспериментальной установки и обозначьте составные элементы.

Рисунок 2.7 – Схема экспериментальной установки



Методика проведения опытных исследований приведена в методических указаниях к лабораторной работе 2.

Полученные опытные данные заносятся в соответствующие графы таблицы 2.1.

Затем полученные значения переводятся из системы СИ в другие единицы ($\text{кгс}/\text{м}^2$, $\text{дин}/\text{см}^2$, *бар*, *ат*, *атм*, *psi*):

$$1 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 9,81 \text{ Па};$$

$$1 \text{ дин}/\text{см}^2 = 0,1 \text{ Па};$$

$$1 \text{ бар} = 1 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа};$$

$$1 \text{ ат} = 1 \text{ кгс}/\text{см}^2 = 10000 \text{ кгс}/\text{м}^2 = 98100 \text{ Па};$$

$$1 \text{ атм} = 760 \text{ мм рт. ст.} = 101325 \text{ Па};$$

$$1 \text{ psi} = 6894,76 \text{ Па}.$$

Определить давление в миллиметрах водяного столба и миллиметрах ртутного столба:

$$p \text{ (мм вод. ст.)} = \frac{p \text{ (Па)}}{\rho_{в.} \cdot g} \cdot 1000, \quad (2.8)$$

где $\rho_{в.} = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

$$p \text{ (мм рт. ст.)} = \frac{p \text{ (Па)}}{\rho_{рт.} \cdot g} \cdot 1000, \quad (2.9)$$

где $\rho_{рт.} = 13595 \text{ кг/м}^3$ – плотность ртути.

Результаты расчетов также заносятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта		1	2	3	4	5
Показания манометра, МПа						
Избыточное давление $p_{изб.}$	Па					
	кгс/м ²					
	дин/см ²					
	бар					
	ат					
	атм					
	мм вод. ст.					
	мм рт. ст.					
	psi					

ВЫВОД

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМА ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ

Цель работы: определение по опытным данным значений чисел Рейнольдса и режимов течения жидкости в трубопроводе круглого сечения.

Дайте определения:

Ламинарный режим движения жидкости – это _____

_____ он характерен _____

Турбулентный режим – это _____

_____ он характерен _____

Критическая скорость верхняя это _____

Критическая скорость нижняя это _____

Ламинарный режим сменяется турбулентным, при _____ скорости, а при _____ опять переходит в ламинарный.

Число Рейнольдса это _____

_____ оно зависит от _____

Для напорного движения жидкости в круглых трубах число Рейнольдса рассчитывается по формуле:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (3.1)$$

где v – _____ ;

d – _____ ;

ν – _____ .

Для труб некруглого сечения и для открытых потоков при расчете числа Рейнольдса вместо диаметра d вводится так называемый гидравлический радиус R :

$$R = \frac{\omega}{\chi}, \quad (3.2)$$

где ω – _____ ;

χ – _____ .

Укажите какой режим движения жидкости характерен для следующих значений числа Рейнольдса.

$Re > 10000$ _____

$Re < 2320$ _____

$2320 < Re < 10000$ _____

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидравлика» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Методика проведения опытных исследований и исходные данные приведены в методических указаниях к лабораторной работе 3. Начертите схему экспериментальной установки, обозначьте составные элементы.

Рисунок 3.1 – Схема экспериментальной установки

1 _____ 4 _____
2 _____ 5 _____
3 _____

Результаты опытных исследований заносят в таблицу 3.1.

Расход жидкости:

$$Q = \frac{V}{T} . \quad (3.3)$$

Площадь поперечного сечения трубопровода определяется по формуле:

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.4)$$

где d – внутренний диаметр трубы установки.

Затем по найденному расходу жидкости в трубе Q и площади ее поперечного сечения рассчитывается средняя скорость:

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (3.5)$$

По формуле (3.1) для каждого опыта подсчитывается величина числа Рейнольдса Re . Сравнивая полученные значения Re с $Re_{кр.в.}$ и $Re_{кр.н.}$, определяют соответствующий каждому опыту режим движения жидкости в трубе.

Все результаты вычислений заносят в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта	Объем жидкости	Время истечения	Расход жидкости	Средняя скорость	Число Рейнольдса	Режим движения жидкости
	V	T	Q	v	Re	
	$м^3$	$с$	$м^3/с$	$м/с$	–	
1						
2						
3						
4						
5						
6						

ВЫВОД

Лабораторная работа 4

ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОЙ И НАПОРНОЙ ЛИНИЙ ТРУБОПРОВОДА

Цель работы: опытное определение составляющих уравнения Бернулли, а также построение пьезометрической и напорной линий трубопровода.

Дайте определения:

Пьезометрическая и напорная линии это _____

Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости при установившемся движении:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_n . \quad (4.1)$$

Каждое из слагаемых уравнения Бернулли имеет в гидравлическом смысле представляет собой некоторую высоту или напор (рис. 4.1).

Первое слагаемое уравнения (геометрический напор – z) это _____

Второе слагаемое уравнения (пьезометрическая высота – p/γ) это _____

Третье слагаемое уравнения (скоростная высота $\alpha v^2/2g$) это _____

где v – средняя скорость потока в рассматриваемом живом сечении; α – безразмерный коэффициент кинетической энергии (коэффициент Кориолиса), учитывающий неравномерность распределения скорости по живому сечению потока. Для упрощения допустимо принимать $\alpha = 1$.

Слагаемое h_n – это _____.

Геометрический смысл уравнения Бернулли.

Пьезометрической линией называется – _____

Пьезометрическим уклоном I_n называют – _____

Пьезометрический уклон может иметь знак _____ или _____.

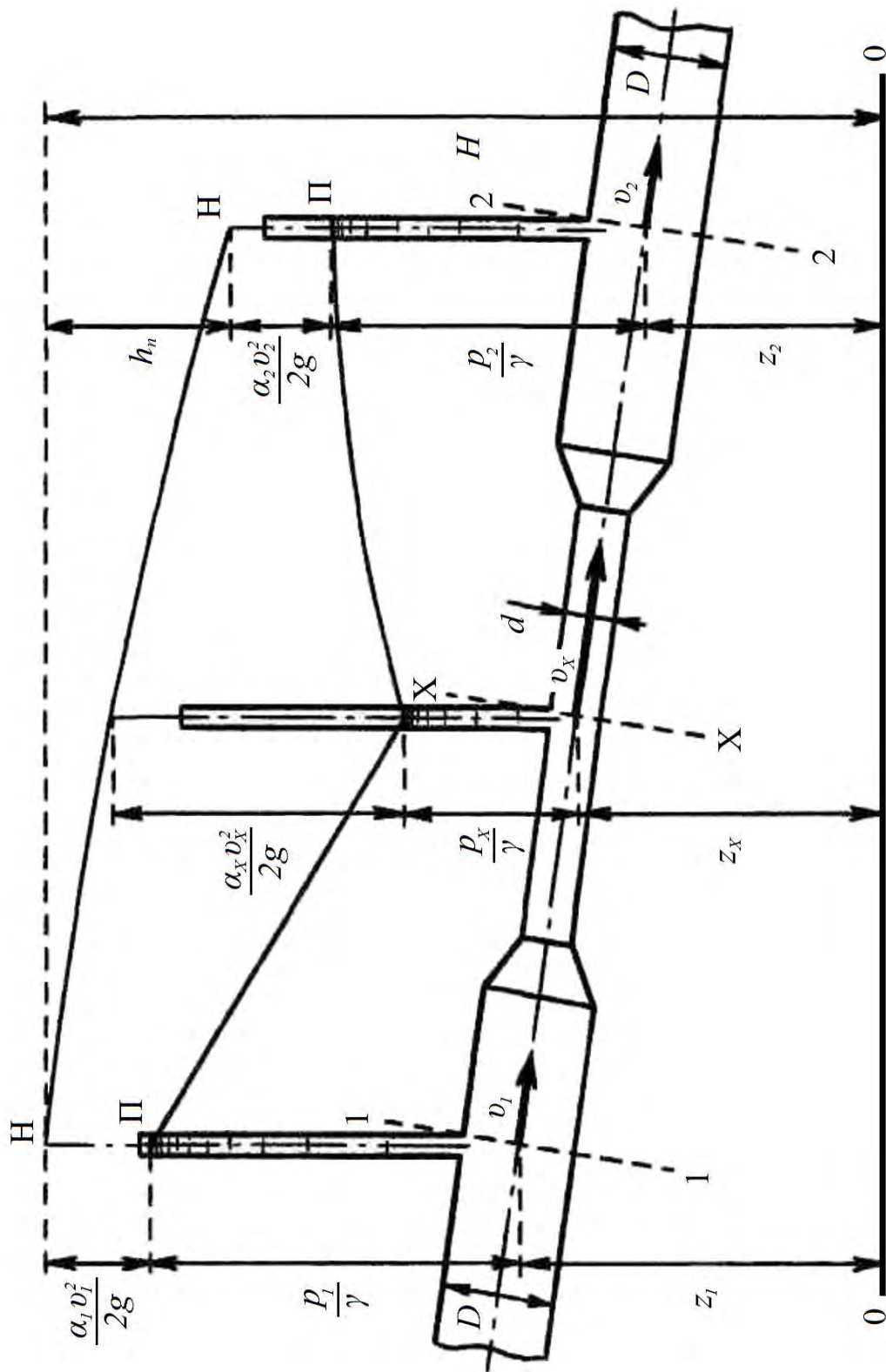


Рисунок 4.1 – Схема построения пьезометрической и напорной линий трубопровода переменного сечения

Напорной линией называют _____

Гидродинамический напор это _____:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = H. \quad (4.2)$$

Гидравлическим уклоном (I) называется _____

В каком случае $I = I_n$ _____

Физический смысл уравнения Бернулли.

Геометрическая высота _____

пьезометрическая высота _____

скоростная высота _____

Сумма всех трех составляющих это _____

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{\alpha v^2}{2g} = E. \quad (4.3)$$

Чем обуславливается уменьшение полной удельной энергии потока жидкости на участке _____.

Дайте ответ, проанализировав следующее уравнение:

$$E_1 = E_2 + h_n. \quad (4.4)$$

Проанализировав (рис. 3.1) укажите, какая из линий является линией полной удельной энергии _____, а какая линией удельной потенциальной энергии _____.

Что является частным выражением всеобщего закона сохранения энергии в природе применительно к движению жидкости _____

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидравлика» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы». Методика проведения опытных исследований и исходные данные приведены в методических указаниях к лабораторной работе 4. Начертите схему экспериментальной установки, обозначьте составные элементы.

Рисунок 4.2 – Схема экспериментальной установки



Данные, полученные в результате опытных исследований, заносят в таблицу 4.1.

Расход жидкости в трубопроводе:

$$Q = \frac{V}{T}. \quad (4.5)$$

Площади живых сечений трубопровода, в которых установлены манометры:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (4.6)$$

где d – внутренний диаметр трубопровода, м.

Средние скорости течения жидкости во всех рассматриваемых сечениях трубопровода:

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (4.7)$$

Значения удельной потенциальной энергии:

$$E_n = z + \frac{P}{\gamma} \quad (4.8)$$

определяются по показаниям манометров. Поскольку ось трубопровода расположена горизонтально, плоскость, в которой она лежит, можно принять за плоскость сравнения. Тогда для всех сечений трубопровода геометрическая высота $z = 0$. Удельный вес жидкости:

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (4.9)$$

где ρ – плотность жидкости, $кг/м^3$, $g = 9,81 м/с^2$ – ускорение свободного падения.

Удельная кинетическая энергия потока:

$$E_k = \frac{v^2}{2g}. \quad (4.10)$$

Полная удельная энергия потока в сечениях подсчитывается как сумма удельной потенциальной и удельной кинетической энергий:

$$E = E_n + E_k. \quad (4.11)$$

Потери энергии на участках между рассматриваемыми сечениями (относительно сечения 1) определяются по разности полных удельных энергий в этих сечениях:

$$h_n = E_1 - E_i. \quad (4.12)$$

Все результаты вычислений заносятся в таблицу 4.1.

На миллиметровую бумагу нанести схему трубопровода. На схеме отобразить в масштабе найденные по показаниям манометров пьезометрические высоты и провести пьезометрическую линию. Затем по вычисленным значениям удельной кинетической энергии отложить скоростные высоты и провести напорную линию.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и расчетов

Объем жидкости $V, м^3$			
Время истечения $T, с$			
Расход жидкости $Q, м^3/с$			
№ сечения	1	2	3
Площадь живого сечения трубопровода $\omega, м^2$			
Скорость потока жидкости $v, м/с$			
Удельная потенциальная энергия $E_n, м$			
Удельная кинетическая энергия $E_k, м$			
Полная удельная энергия $E, м$			
Потери энергии (напора) $h_n, м$			

ВЫВОД

Лабораторная работа 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ПРИ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ

Цель работы: изучение методики экспериментального определения коэффициента сопротивления трения по длине (коэффициента Дарси) при движении жидкости по трубопроводу и сравнение полученных результатов со значениями, вычисленными по некоторым эмпирическим формулам.

Дайте определения:

Достаточно ли для экспериментального определения потери напора (энергии) по длине потока только показаний пьезометров (манометров), установленных в конечных сечениях этого потока _____

От каких факторов зависит коэффициент Дарси _____

Сформулируйте современные воззрения на структуру турбулентного потока _____

От чего зависит толщина ламинарной пленки _____

В чем отличие гидравлически гладких стенок от гидравлически шероховатых _____

Перечислите виды зон сопротивления укажите виды движения и факторы влияющие на коэффициент сопротивления трения _____

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидравлика» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы».

Начертите схему экспериментальной установки, обозначьте составные элементы.

Рисунок 5.1 – Схема экспериментальной установки

1 _____

5 _____

2 _____

6 _____

3 _____

7 _____

4 _____

Методика проведения опытных исследований приведена в методических указаниях к лабораторной работе 5, данные опытов заносят в таблицу 5.1. Кинематический коэффициент вязкости жидкости взять из справочной литературы.

Расход жидкости Q :

$$Q = \frac{V}{T}. \quad (5.1)$$

Площадь поперечного сечения трубопровода:

$$\omega = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (5.2)$$

где d – внутренний диаметр трубы установки, m .

Средняя скорость движения воды в трубопроводе:

$$v = \frac{Q}{\omega}, \quad (5.3)$$

соответствующее этой скорости значение числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}. \quad (5.4)$$

По разности показаний манометров МН1 и МН2 находится величина потери напора по длине трубопровода:

$$h_{\text{дл.}} = \frac{p_1}{\gamma} - \frac{p_2}{\gamma}. \quad (5.5)$$

Удельный вес жидкости γ определяется по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (5.6)$$

где ρ – плотность жидкости, $кг/м^3$, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

В соответствии с формулой Дарси-Вейсбаха подсчитывается опытное значение коэффициента сопротивления трения по длине:

$$\lambda_{\text{он}} = h_{\text{дл.}} \cdot \frac{d}{L} \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2}. \quad (5.7)$$

Все результаты измерений и вычисленные значения заносятся в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 – Опытные значения

№ опыта			1	2	3
Температура жидкости	t	$^{\circ}\text{C}$			
Кинематический коэффициент вязкости жидкости	ν	$\text{м}^2/\text{с}$			
Объём жидкости	V	м^3			
Время истечения	T	с			
Расход жидкости	Q	$\text{м}^3/\text{с}$			
Средняя скорость	v	$\text{м}/\text{с}$			
Число Рейнольдса	Re	–			
Давление жидкости	p_1	Па			
	p_2	Па			
Пьезометрические напоры	p_1/γ	м			
	p_2/γ	м			
Потеря напора	$h_{\text{дл.}}$	м			
Коэффициент сопротивления трения по длине	$\lambda_{\text{оп.}}$	–			

В зависимости от значений числа Рейнольдса, подсчитываются теоретические величины коэффициента Дарси λ_i .

Первая зона – зона вязкого сопротивления (первая автомодельная зона). Верхней границей этой зоны является значение $Re \approx 2000$. В этой зоне $h_{\text{дл.}} = kv$ (здесь и далее k – коэффициент пропорциональности). Коэффициент сопротивления трения по длине определяется по закону Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{Re}. \quad (5.8)$$

Вторая зона – переходная между ламинарным и турбулентным течениями жидкости (примерно в пределах значений Re от 2000 до 4000). Для вычисления коэффициента Дарси в этой зоне можно использовать формулу Френкеля:

$$\lambda = \frac{2,7}{Re^{0,53}}. \quad (5.9)$$

Третья зона – зона гладкостенного сопротивления. Верхней границей третьей зоны является значение $Re = 27 \cdot (d/\Delta)^{8/7}$.

При $Re < 10^5$ для труб круглого сечения рекомендуется использовать формулу Блазиуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}. \quad (5.10)$$

При $Re > 10^5$ используется формула Конакова:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \lg Re - 1,52)^2}, \quad (5.11)$$

либо формула Филоненко:

$$\lambda = \left(\frac{0,55}{\lg \left(\frac{Re}{8} \right)} \right)^2. \quad (5.12)$$

При $2,3 \cdot 10^3 < Re < 8 \cdot 10^5$ можно также применять формулу ВТИ (Всесоюзного теплотехнического института):

$$\lambda = \frac{1,01}{(\lg Re)^{2,5}}. \quad (5.13)$$

Четвертая зона – зона докватратичного сопротивления. Коэффициент сопротивления трения по длине в этой зоне при $(v/\nu) < 9,2 \cdot 10^5$ может определяться по формуле Шевелева (ВОДГЕО):

$$\lambda = \left(\frac{1,5 \cdot 10^{-6}}{d^{0,3}} + \frac{1}{Re} \right)^{0,3}. \quad (5.14)$$

В интервале значений $2300 < Re < 218 \cdot (d/\Delta)$ можно воспользоваться формулой Альтшуля:

$$\lambda = 0,1 \cdot \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} . \quad (5.15)$$

где абсолютная шероховатость $\Delta = 0,0000015$ м.

Пятая зона – зона квадратичного сопротивления (вторая автомодельная зона). Нижней границей пятой зоны является значение $Re = 560/(\Delta/d)$.

Для определения коэффициента сопротивления трения по длине в зоне квадратичного сопротивления используют формулы Павловского и Агроскина для нахождения скоростного множителя C (коэффициента Шези)

Формула Павловского имеет следующий вид:

$$C = \frac{1}{n} R^y , \quad (5.16)$$

где $n = 0,011$ – коэффициент шероховатости; R – гидравлический радиус, для круглых труб

$$R = \frac{d}{4} ; \quad (5.17)$$

y – показатель степени, зависящий от n и R :

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,10); \quad (5.18)$$

Формула Агроскина имеет вид:

$$C = \frac{1}{n} + 4 \cdot \sqrt{2g} \cdot \lg R , \quad (5.19)$$

где n и R те же, что и в формуле (5.17).

Величина коэффициента Дарси:

$$\lambda = \frac{8 \cdot g}{C^2} . \quad (5.20)$$

Сравнивая вычисленные по эмпирическим формулам коэффициенты λ_i с найденными опытным путем значениями $\lambda_{on.}$, можно определить относительную погрешность вычислений:

$$\varepsilon_i = \frac{|\lambda_{on.} - \lambda_i|}{\lambda_{on.}} \cdot 100\% . \quad (5.21)$$

Полученные результаты заносятся в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Значения, рассчитанные по формулам

№ опыта		1	2	3
Пуазейля	λ_1			
	$\varepsilon_1, \%$			
Френкеля	λ_2			
	$\varepsilon_2, \%$			
Блазиуса	λ_3			
	$\varepsilon_3, \%$			
Конакова	λ_4			
	$\varepsilon_4, \%$			
Филоненко	λ_5			
	$\varepsilon_5, \%$			
ВТИ	λ_6			
	$\varepsilon_6, \%$			
Шевелева	λ_7			
	$\varepsilon_7, \%$			
Альтшуля	λ_8			
	$\varepsilon_8, \%$			
Павловского	C_9			
	λ_9			
	$\varepsilon_9, \%$			
Агроскина	C_{10}			
	λ_{10}			
	$\varepsilon_{10}, \%$			

Лабораторная работа 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Цель работы: изучение видов местных гидравлических сопротивлений и причин потерь энергии в них, опытное определение коэффициента местного гидравлического сопротивления гидродросселя.

Дайте определения:

Что такое местные сопротивления в чем их особенность _____

Что происходит при прохождении жидкости через местные сопротивления _____

В чем выражается местная потеря напора _____

В каких случаях скорость потока перед местным сопротивлением и после него различна _____
Формула для подсчета местных потерь напора в данном случае имеет вид:

$$h_{мест.} = \zeta'_{мест.} \cdot \frac{v_1^2}{2g} = \zeta_{мест.} \cdot \frac{v_2^2}{2g}, \quad (6.1)$$

где $\zeta'_{мест.}$ и $\zeta_{мест.}$ – _____ ;

v_1 – _____ ;

v_2 – _____ .

Факторы от которых зависит $\zeta_{мест.}$ _____

От чего зависит коэффициент местного сопротивления при ламинарном движении _____

От чего зависит коэффициент местного сопротивления в турбулентном потоке _____

Дроссель предназначен _____

Основной характеристикой дросселя является _____

Принцип работы линейного дросселя _____

Принцип работы нелинейного дросселя _____

Квадратичный дроссель это _____

В чем преимущество квадратичных дросселей _____

Расход рабочей жидкости через квадратичный дроссель:

$$Q = \mu \omega_0 \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta p}{\gamma}}, \quad (6.2)$$

где ω_0 – _____ ;

μ – _____ .

Коэффициент расхода μ и коэффициент местного сопротивления $\zeta_{мест.}$ связаны между собой соотношением:

$$\mu = \varepsilon \sqrt{\frac{1}{\alpha + \zeta_{мест.}}}, \quad (6.3)$$

где ε – _____ ;

α – _____ .

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидравлика» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы».

Методика проведения опытных исследований приведена в методических указаниях к лабораторной работе 6. После проведения всех опытов данные заносят в таблицу 6.1.

Начертите схему экспериментальной установки, обозначьте составные элементы.

Рисунок 6.1 – Схема экспериментальной установки



Площади поперечного сечения трубопровода и отверстия дросселя:

$$\omega = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (6.4)$$

где $d = 8 \text{ мм} = 0,008 \text{ м}$, $d_0 = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м}$.

Расход жидкости в трубопроводе:

$$Q = \frac{V}{T}. \quad (6.5)$$

Средние скорости движения масла:

$$v = \frac{Q}{\omega}. \quad (6.6)$$

Поскольку в данном случае ось трубопровода находится в плоскости

сравнения ($z = 0$), то значения удельной потенциальной энергии в сечениях определяются непосредственно по показаниям манометров:

$$E_n = \frac{P}{\gamma}. \quad (6.7)$$

Удельный вес жидкости γ определяется по формуле:

$$\gamma = \rho \cdot g, \quad (6.8)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м^3 , $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Удельная кинетическая энергия потока в сечениях:

$$E_k = \frac{v^2}{2g}. \quad (6.9)$$

Полная удельная энергия потока:

$$E = E_n + E_k. \quad (6.10)$$

Потери напора в местном сопротивлении:

$$h_{\text{мест.}} = E_1 - E_2. \quad (6.11)$$

Опытные значения коэффициента местного сопротивления:

$$\zeta_{\text{мест.}} = h_{\text{мест.}} \cdot \frac{2g}{v_2^2}. \quad (6.12)$$

Найденные значения $\zeta_{\text{мест.}}$ сопоставить со справочными данными.
Значения коэффициента расхода гидравлического дросселя:

$$\mu = \frac{Q}{\omega_0} \sqrt{\frac{\gamma}{2g \cdot \Delta p}}, \quad (6.13)$$

где Δp – разность давлений в трубопроводе перед дросселем и после него.

Все результаты расчетов заносятся в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта			1	2	3
Объём жидкости	V	$м^3$			
Время истечения	T	$с$			
Расход жидкости	Q	$м^3/с$			
Средняя скорость потока	v_1	$м/с$			
	v_2	$м/с$			
Давление жидкости	p_1	$Па$			
	p_2	$Па$			
Удельная кинетическая энергия	$E_{к1}$	$м$			
	$E_{к2}$	$м$			
Удельная потенциальная энергия	$E_{п1}$	$м$			
	$E_{п2}$	$м$			
Полная удельная энергия	E_1	$м$			
	E_2	$м$			
Потеря напора	$h_{мест.}$	$м$			
Коэффициент местного сопротивления	$\zeta_{мест.}$	-			
Коэффициент расхода	μ	-			

ВЫВОД

Лабораторная работа 7

ПОСТРОЕНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА

Цель работы: построение на основании экспериментальных данных рабочих характеристик шестеренного насоса при постоянном числе оборотов приводного вала.

Дайте определения:

По принципу действия гидравлические машины делятся на _____

Роторный насос это _____

Роторный насос состоит из _____

Рабочий цикл роторного насоса состоит из _____

Шестеренный насос это _____

На рисунке 7.1 показана конструктивная схема шестеренного насоса. Опишите принцип работы данного насоса _____

Подпишите элементы шестеренного насоса:

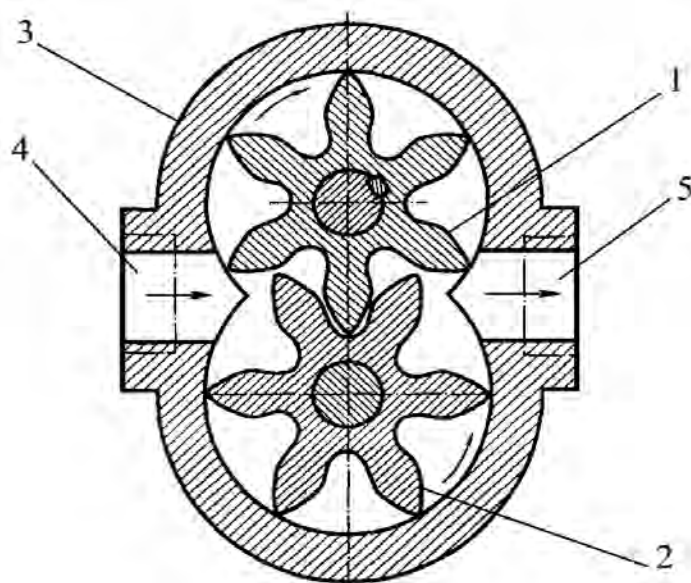


Рисунок 7.1 – Шестеренный насос

- | | |
|---------|---------|
| 1 _____ | 4 _____ |
| 2 _____ | 5 _____ |
| 3 _____ | |

Пример общего вида рабочих характеристик шестеренного насоса приведен на рисунке 7.2.

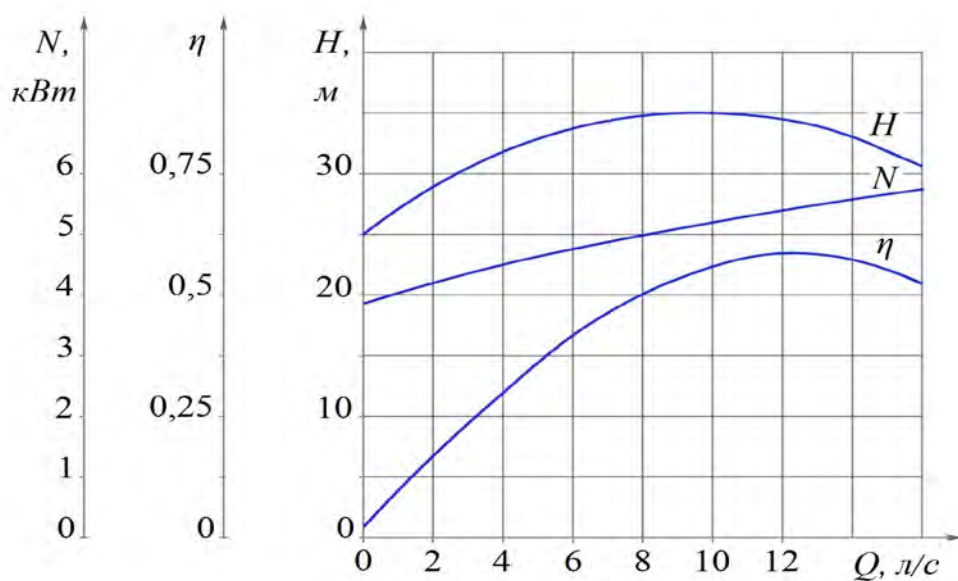


Рисунок 7.2 – Рабочие характеристики насоса

Рабочими характеристиками насоса называются _____

Производительностью (подачей) насоса Q называется _____

Под напором H следует понимать _____

Напор измеряется _____

Величина напора

$$H = E_{н2} - E_{вс} = h_{ман.} - h_{вак.} + z_0 + \frac{v_{н2}^2 - v_{вс}^2}{2g}, \quad (7.1)$$

где $E_{н2}$ – _____

$E_{вс}$ – _____

$h_{вак.}$ – _____

$h_{ман.}$ – _____

z_0 – _____

$v_{н2}$ – _____

$v_{вс}$ – _____.

Если диаметры всасывающего и нагнетательного патрубков одинаковы ($d_{вс} = d_{н2}$) или скоростные напоры во всасывающем и нагнетательном трубопроводах малы по сравнению с напором H , развиваемым насосом, то последним слагаемым в уравнении (7.1) можно пренебречь. Также можно пренебречь и величиной z_0 , если это расстояние незначительно, а давление в нагнетательном трубопроводе велико. Тогда уравнение (7.1) примет вид:

$$H = h_{ман.} - h_{вак.}, \quad (7.2)$$

Полезной мощностью N_n называют _____

$$N_n = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{1000} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000} \text{ (кВт)}, \quad (7.3)$$

где Q – _____
 H – _____
 γ – _____
 ρ – _____
 g – _____

На что затрачивается потребляемая мощность насоса _____

Мощность на валу (потребляемая насосом мощность) в случае привода от электродвигателя может быть определена по формуле:

$$N = N_{эл.} \cdot \eta_{дв.} \cdot \eta_{пер.} \quad (7.4)$$

где $N_{эл.}$ – _____
 $\eta_{дв.}$ – _____, $\eta_{дв.} = 0,96/0,98$
 $\eta_{пер.}$ – _____,
 при непосредственном соединении насоса с электродвигателем $\eta_{пер.} = 1$.

Полный коэффициент полезного действия насоса η _____

$$\eta = \frac{N_n}{N} \quad (7.5)$$

Рабочие характеристики насоса, полученные для определенного числа оборотов n , могут быть пересчитаны на любое другое число оборотов n_1 по формулам подобия при нормальных режимах работы насоса (в области оптимальных значений его КПД):

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1};$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^2; \quad (7.6)$$

$$\frac{N}{N_1} = \left(\frac{n}{n_1} \right)^3.$$

Лабораторная работа выполняется с использованием подсистемы «Гидромашины и гидроприводы» лабораторного стенда НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы».

Начертите схему экспериментальной установки, обозначьте составные элементы.

Рисунок 7.3 – Схема экспериментальной установки

1 _____	7 _____
2 _____	8 _____
3 _____	9 _____
4 _____	10 _____
5 _____	11 _____
6 _____	12 _____

Методика проведения опытных исследований приведена в методических указаниях к лабораторной работе 7. Все измеренные величины заносятся в таблицу 7.1.

Расход жидкости (производительность насоса) Q :

$$Q = \frac{V}{T}. \quad (7.7)$$

Напор, создаваемый насосом:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g}. \quad (7.8)$$

Полезная мощность насоса:

$$N_n = (p_2 - p_1) \cdot Q \quad (7.9)$$

Потребляемая насосом мощность N определяется по формуле (7.4), а полный коэффициент полезного действия насоса η – по формуле (7.5).

Все результаты вычислений заносятся в таблицу 7.1.

По полученным результатам, строго выдерживая масштаб, на миллиметровой бумаге строят рабочие характеристики шестеренного насоса, соответствующие измеренной частоте вращения вала n .

Таблица 7.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта			1	2	3
Частота вращения вала насоса	n	об/с			
Объём жидкости	V	$м^3$			
Время истечения	T	с			
Производительность насоса	Q	$м^3/с$			
Давление жидкости	p_1	Па			
	p_2	Па			
Напор, развиваемый насосом	H	м			
Полезная мощность насоса	N_n	Вт			
Электрическая мощность привода	$N_{эл.}$	Вт			
Потребляемая насосом мощность	N	Вт			
Полный КПД насоса	η	–			

ЛИТЕРАТУРА

1. Башта, Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. / Т. М. Башта – Москва : Машиностроение, 1972. – 320 с.
2. Вильнер, Я. М. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов ; под ред. Б. Б. Некрасова. – Минск : Вышэйшая школа, 1976. – 416 с.
3. Герц, Е. В. Расчет пневмоприводов : справочное пособие / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – Москва : Машиностроение, 1975. – 272 с.
4. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод : учебное пособие / Т. В. Артемьева [и др.]. – Москва : Академия, 2008. – 336 с.
5. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник / Т. М. Башта [и др.]. – 2-е изд., перераб. – Москва : Машиностроение, 1982. – 423 с.
6. Ивановский, Ю. К. Основы теории гидропривода : учебное пособие / Ю. К. Ивановский, К. П. Моргунов. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 200 с.
7. Калекин, А. А. Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / А. А. Калекин. – Москва : Мир, 2005. – 512 с.
8. Ольшанский, В. И. Расчет гидравлических и пневматических систем : учебное пособие / В. И. Ольшанский. – Витебск : УО «ВГТУ», 2001. – 77 с.
9. Пневматические системы и устройства технологического оборудования : учебное пособие / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – Старый Оскол : ТНТ, 2019. – 127 с.

Приложение А ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Большая часть лабораторных работ курса «Гидро- и пневмопривод оборудования» выполняется на лабораторном стенде НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы».

Стенд содержит два электродвигателя, три шестеренных насоса, аксиально-поршневой гидромотор, два гидроцилиндра, шесть гидрораспределителей (из них пять с электромагнитным и один с ручным управлением) и другую направляющую и регулирующую аппаратуру. Информационно-измерительная система позволяет измерять: расходы (три расходомера интегрирующего типа); давления (четырнадцать манометров и один вакуумметр); температуру рабочей жидкости (два термометра); два электронных секундомера (имеют два режима работы: «ручн.» и «автом.», в автоматическом режиме включение и выключение секундомера осуществляется от концевых выключателей); скорости выходных звеньев (в поступательном и вращательном движении), а также частоту вращения основного насоса Н1; мощности (подводимую к гидроприводу и полезную – на выходных звеньях).

Конструктивно стенд выполнен в виде модуля, имеющего двухсторонний базис (с одной стороны выполняются работы из раздела «Гидравлика», а с другой стороны – из раздела «Гидромашины и гидроприводы»). На боковой поверхности стенда (противоположной той, на которой установлены гидроцилиндры) расположены схема гидравлическая принципиальная стенда, выключатели электропитания стенда с индикаторами включения фаз, предохранители. На обоих базисах стенда приведены схемы гидравлические принципиальные соответствующих подсистем: «Гидравлика» и «Гидромашины и гидроприводы».

Распределение рабочей жидкости от основного насоса по базисам стенда осуществляется с помощью распределителя с ручным управлением Р1.

Максимальное давление в подсистеме «Гидромашины и гидроприводы» настраивается по манометру МН7 с помощью напорного гидроклапана КП1 (клапан КП1 установлен снизу на гидростанции на выходе фильтра Ф). Величина этого давления находится в пределах $6,0/6,3$ МПа.

Давление в подсистеме «Гидравлика» настраивается по манометру МН6 с помощью гидроклапана КП2 (установлен рядом с распределителем с ручным управлением Р1). Величина этого давления $1,4$ МПа.

На стенде невозможна одновременная работа на обоих базисах. Конструкция стенда выполнена таким образом, что перед выполнением любой лабораторной работы не требуется проведение монтажных работ.

Напряжение питания стенда – 380 В, частота 50 Гц, напряжение питания электромагнитов гидрораспределителей – 24 В (постоянный ток). Напряжение на концевых выключателях КВ1 и КВ2 – 12 В. Номинальная мощность стенда – $4,4$ кВт.

Гидронасосы Н1 и Н3 – шестеренные типа НШ10-3. Гидронасос Н2 – шестеренный типа НШ6-3. Насос Н1 – основной, Н3 – используется для создания нагрузки на валу гидромотора М, насос Н2 – предназначен для создания давления в поршневой полости цилиндра Ц2.

Гидроцилиндр Ц1 (нижний) – это рабочий цилиндр. Цилиндр Ц2 (верхний) – используется в качестве нагружателя (для создания нагрузки на штоке цилиндра Ц1). Исследуемое рабочее движение – выдвигание штока цилиндра Ц1. Втягивание штока цилиндра Ц1 является подготовительной операцией и осуществляется под действием усилия, создаваемого гидромотором-нагружателем Ц2. На стенде используются гидроцилиндры типа ГЦ 63.200.16.000 (диаметр цилиндра 63 мм, ход штока – 200 мм).

На стенде установлен гидромотор М (нерегулируемый, аксиально-поршневой, с наклонным диском) типа Г15-21Р (рабочий объем $V_{ом} = 11,2 \text{ см}^3$, $Q_{ном} = 10,8 \text{ л/мин}$, $p_{ном} = 6,3 \text{ МПа}$, $N_{ном} = 0,96 \text{ кВт}$, $M_{ном} = 9,6 \text{ Н·м}$, $\eta = 0,88$).

Во всасывающем трубопроводе основного насоса Н1 установлен ventиль В1. При выполнении всех лабораторных работ этот ventиль должен быть открыт (маховик полностью вывернут против часовой стрелки). Управление этим ventилем предусмотрено только при определении кавитационных характеристик насоса Н1.

Объектом исследования в лабораторных работах подсистемы «Гидравлика» является трубопровод а–b–с с установленным в нем дросселем ДР1. Конструктивные параметры этого трубопровода следующие: внутренний диаметр – 8 мм, диаметр отверстия дросселя ДР1 – 3 мм, длины: а–b = 450 мм, b–с = 100 мм.

На стенде установлены расходомеры интегрирующего типа (РА1 и РА2 – скоростные, третий расходомер представляет собой измерительный бачок Б2 с указателем уровня УУ). Слив рабочей жидкости из бака Б2 осуществляется через ventиль В2 (при вращении маховика по часовой стрелке ventиль закрывается). Для определения мгновенного значения расхода с помощью указанных расходомеров используются электронные секундомеры в режиме работы «ручн.».

Для питания всех насосов и слива рабочей жидкости используется один гидробак Б1, который одновременно является несущей системой стенда. Заправочная емкость гидробака Б1 – 65/70 дм³. Рекомендуемые рабочие жидкости: минеральные масла МГЕ-46В, МГ-30у, М-8В.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ НА СТЕНДЕ НТЦ-11.38 «Гидравлика, гидромашины и гидроприводы».

Работа на стенде допускается только в присутствии лаборанта или преподавателя. При выполнении лабораторных работ необходимо руководствоваться требованиями методических рекомендаций. Перед включением стенда необходимо убедиться (путем внешнего осмотра) в исправности защитного заземления стенда и целостности соединений трубопроводов.

Золотники гидрораспределителей перед включением насосов (насосы включаются путем подачи электрического питания на электродвигатели М1 и М2) должны находиться в нейтральных позициях.

До включения стенда необходимо убедиться в том, что вентиль В1 открыт (маховик управления полностью вывернут против часовой стрелки).

Перед включением контуров, в которых установлены регуляторы расходов (РР1 и РР2), а также регулируемые дроссели (ДР1 и ДР2), маховики управления этих устройств необходимо повернуть до ограничения по часовой стрелке.

Максимальное давление в гидравлической системе стенда не должно превышать 6,0...6,3 МПа. Электрическое питание стенда – 380 В, 50 Гц. Для управления электромагнитами гидрораспределителей используется напряжение 24 В (постоянный ток). К концевым выключателям КВ1 и КВ2 подводится напряжение 12 В (постоянный ток).

При возникновении нештатных ситуаций необходимо выключить насосные установки и отключить электрическое питание стенда.

К работам по обслуживанию и ремонту стенда допускается лаборант, прошедший все виды инструктажей и проверку знаний по охране труда в соответствии с действующим законодательством

С правилами техники безопасности ознакомлен

_____ 20__ г.

Дата

Ф.И.О.

Подпись

Учебное издание

Гидро- и пневмопривод оборудования

Рабочая тетрадь
для лабораторных работ

Составители:

Ольшанский Валерий Иосифович
Котов Алексей Анатольевич
Столяренко Владимир Ильич

Редактор *Р. А. Никифорова*
Корректор *А. С. Прокопюк*
Компьютерная верстка *А. А. Котов*

Подписано к печати 11.06.2024. Формат 60x90^{1/8}. Усл. печ. листов 6,3.
Уч.-изд. листов 3,4. Тираж 50 экз. Заказ № 146.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.