

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Н.К. Гриненко, В.А. Тимофеев, В.А. Очеретяный

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Учебно-методическое пособие
к проведению практических занятий по дисциплине
для студентов очной и заочной форм обучения специальности
26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок
специализация – Эксплуатация главной судовой двигательной установки



Севастополь
СевГУ
2023

УДК 006.9:629.5.03(076.5)
ББК 30.10:39.455-5*я73
Г85

Р е ц е н з е н т :

Е.В. Хромов – канд. техн. наук, доцент кафедры ЭМСС

Гриненко Н. К.

Г85 Метрология, стандартизация и сертификация судовых энергетических установок : учебно-методическое пособие к проведению практических занятий по дисциплине для студентов очной и заочной форм обучения специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок, специализация - Эксплуатация главной судовой двигательной установки / Н. К. Гриненко, В. А. Тимофеев, В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2023. – 70 с. – Текст : электронный.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета Морского института, специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок.

Рассматриваются вопросы проведения лабораторных занятий, касающихся теоретических и практических вопросов метрологии.

Выполнение лабораторных занятий направлено на изучение следующих компетенций:

Формируемые общепрофессиональные компетенции:

ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, аналитические методы в профессиональной деятельности

ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

Рекомендовано в качестве учебно-методического пособия к проведению практических занятий по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация судовых энергетических установок» для студентов очной и заочной форм обучения специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок, специализация – Эксплуатация главной судовой двигательной установки.

УДК 006.9:629.5.03(076.5)
ББК 30.10:39.455-5*я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений», протокол № 1 от 31 августа 2023 г.

© Гриненко Н.К. В.А. Тимофеев,
В.А. Очеретяный, 2023
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Лабораторная работа № 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА	5
Лабораторная работа № 2. ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ	12
Лабораторная работа № 3. ПОГРЕШНОСТЬ КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ	20
Лабораторная работа № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА	29
Лабораторная работа № 5. УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ	38
Лабораторная работа № 6. УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ	49
Лабораторная работа № 7. УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ	60
Литература	69

ВВЕДЕНИЕ

Целью методических указаний является закрепление студентами теоретических знаний по дисциплине **«Метрология, стандартизация и сертификация судовых энергетических установок»** и получение навыков их практической реализации.

Содержание методических указаний базируется на требованиях основной образовательной программы указанной специальности, в обеспечении общепрофессиональных компетенций ОПК-2, ОПК-3.

Занятия проходят в форме лабораторных работ, которые предусматривают выполнение студентами практических действий, закрепляющих теоретический материал, представленный в ходе лекционных занятий.

Учебное пособие содержит методические указания к проведению семи лабораторных работ.

В каждой лабораторной работе указывается: ее цель; дается краткая теоретическая информация; описание лабораторного оборудования; основные расчетные зависимости; указывается порядок проведения работы, а так же представлены контрольные вопросы.

В ходе лабораторных занятий может использоваться справочная литература.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА

1.1. Цель работы

Получение навыков практического определения абсолютной и относительной погрешностей показаний прибора

1.2. Краткие сведения из теории

Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины.

Систематической погрешностью измерения называется составляющая погрешности измерения, которая остается постоянной или закономерно изменяется при повторных измерениях одной и той же величины.

Если при выполнении ряда измерений одной и той же величины между отдельными результатами измерений имеются различия, которые невозможно предсказать, а какие-либо присущие им закономерности проявляются лишь при значительном числе результатов, то такую погрешность называют **случайной**.

Говоря о случайных погрешностях, необходимо различать **ожидаемую погрешность, грубую погрешность и промах**.

Ожидаемая погрешность – погрешность, получаемая в результате специально созданных условий измерения.

Грубая погрешность – погрешность, существенно превышающая погрешность, оправданную условиями измерения, свойствами средств измерения и т.д.

Такие погрешности могут возникать, например, вследствие резкого кратковременного изменения напряжения в сети питания. Грубые погрешности обнаруживают с помощью статистических методов и обычно исключают из результата.

Промахи – погрешность измерения, явно и резко искажающая результат измерения.

Статические и динамические погрешности различают по их зависимости от скорости изменения измеряемой величины во времени. Погрешности, не зависящие от этой скорости, называются **статическими**.

Погрешности, отсутствующие, когда эта скорость близка к нулю, и возрастающие при ее отклонении от нуля, называются **динамическими**.

Погрешность оператора (отсчитывания) – погрешность оператора, например, в случае неправильного отсчитывания долей шкалы прибора. Нужно отметить, что совершенствование конструкций отсчетных устройств приводит к уменьшению этого типа погрешности.

В зависимости от условий появления различают **основную и дополнительную погрешности**.

Основная погрешность – погрешность, возникающая в нормальных условиях работы прибора, оговоренных в технической документации. Изменения показаний вследствие отклонения условий эксплуатации от нормальных называются **дополнительными погрешностями** и нормируются указанием коэффициентов влияния изменения отдельных влияющих величин на изменение показаний.

Абсолютная погрешность представляет собой разность измеренного и действительного значений измеряемой величины:

$$\Delta X_{\Pi} = X_{\Pi} - X_{\text{д}},$$

где X_{Π} – измеренное значение физической величины; $X_{\text{д}}$ – действительное значение физической величины.

Абсолютная погрешность измеряется в единицах измерения измеряемой величины.

Абсолютная погрешность не может служить показателем точности измерений, так как одно и то же ее значение, например $\Delta_t = 0,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$ при $t = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$, соответствует достаточно высокой точности, а при $t = 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – низкой. Поэтому для характеристики точности результатов измерения

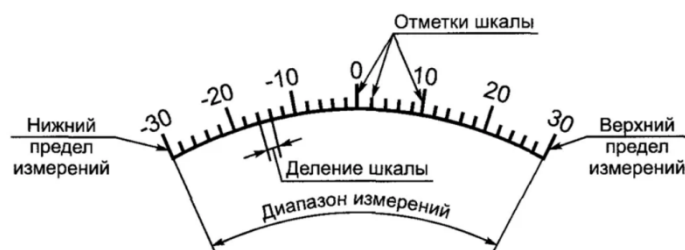
вводится понятие относительной погрешности, выражаемой в относительных единицах или процентах:

$$\delta = \frac{X_{\text{п}} - X_{\text{д}}}{X_{\text{п}}} \cdot 100\% = \frac{\Delta X_{\text{п}}}{X_{\text{п}}} \cdot 100\%.$$

Однако относительная погрешность не может быть использована для нормирования погрешности средств измерений, т.к. при различных значениях измеряемой величины принимает различные значения. Поэтому для указания и нормирования погрешности средств измерения используется приведенная погрешность $\delta_{\text{пр}}$. Она определяется как отношение максимально допустимой абсолютной погрешности прибора к разности между верхним X_{max} и нижним X_{min} пределами измерений.

$$(\Delta X_{\text{п}} / X_{\text{н}}) = \delta_{\text{пр}}$$

$$X_{\text{н}} = |X_{\text{п max}}| + |X_{\text{п min}}|$$



В том случае, когда шкала прибора начинается с нуля, то $X_{\text{min}} = 0$. Максимально допустимая приведенная погрешность прибора, умноженная на 100, определяет класс точности прибора.

$$100(\Delta X_{\text{п max}} / X_{\text{н}}) = 100\delta_{\text{пр max}} = K$$

Класс точности – это обобщенная характеристика средств измерений, отражающая пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей.

Численные значения классов точности приборов в соответствии с ГОСТом нормируются и выбираются из ряда.

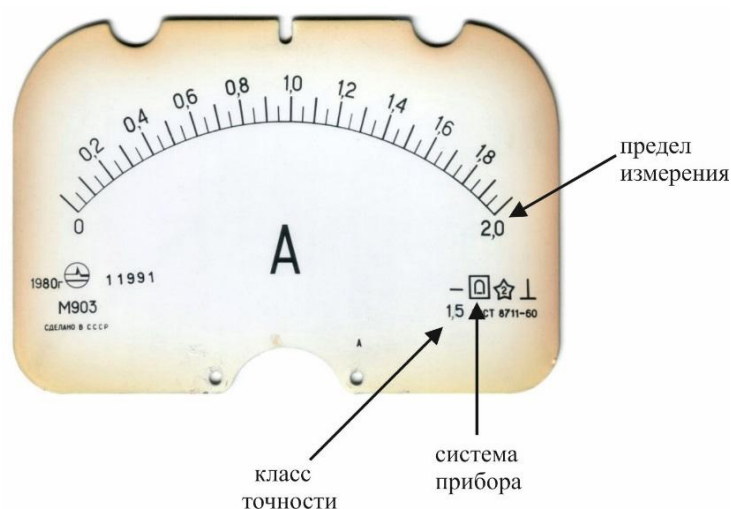
$$K=(1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) \cdot 10^n$$

где $n = 1; 0; -1; -2; \dots$

Чем меньше численное значение класса точности, тем точнее прибор.

Классы точности присваивают типам средств измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты щитки, корпуса средств измерений.



В соответствии с назначением и классом точности различают приборы:

- **Технические** - рабочие приборы, применяемыми на производстве. Они просты по конструкции, надежны в работе, снабжены четкими шкалами с крупной оцифровкой, изготавливаются на классы точности от **0,5 до 4,0**.

- **Контрольные и лабораторные** - применяются для поверки технических приборов, а также при наладочных и научно-исследовательских работах. Обычно контрольными приборами поверяют технические приборы на месте их установки, а лабораторными приборами — в помещении лаборатории. Контрольные и лабораторные приборы изготавливаются более высоких классов точности, чем технические приборы, а именно **0,5 и 1**.

- **Эталонные и образцовые** - применяются для поверки измерительных приборов. Наивысшей точностью обладают эталоны. Основное назначение

эталонов – хранить и воспроизводить единицы с наивысшей точностью. Образцовые приборы в своих показаниях дают действительное значение измеряемой величины, но они имеют меньшую точность, чем эталонные приборы, назначение образцовых приборов – передача при помощи поверки и градуировки правильных единиц измерения от эталонов остальным приборам, их классы точности **0,02-0,4..**

Зная класс точности прибора K и нормирующее значение прибора X_n , можно определить максимально допустимую погрешность прибора.

$$\Delta X_{\Pi \max} = \frac{K \cdot X_n}{100} . \quad (1)$$

1.3. Описание лабораторного оборудования

Для проведения лабораторной работы используется имеющиеся в лаборатории приборы, а так же отдельно выдаваемые студентам шкалы приборов.

1.4. Порядок проведения работы

Преподаватель выдает студентам приборы, в отношении которых необходимо выполнить следующее действие:

- Определить класс точности прибора.
- Определить нормирующее значение прибора.
- Определить максимально допустимую абсолютную погрешность прибора.
- Определить относительные погрешности показаний прибора для различных значений этих показаний.
- Построить график относительной погрешности показаний прибора, в зависимости от этих показаний.
- Сделать вывод о характере изменения δ_{Π} в зависимости от X_{Π} .

3. Что такое случайные погрешности?
4. Что такое ожидаемая погрешность?
5. Что такое грубая погрешность?
6. Что такое промах?
7. Что такое статические и динамические погрешности?
8. Что такое погрешность оператора (отсчитывания)?
9. Что такое основная и дополнительная погрешности?
10. Абсолютная и относительная погрешности измерения?
11. Приведенная погрешность?
12. Класс точности прибора?

Лабораторная работа № 2

ПРЯМЫЕ И КОСВЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ЖИДКОСТИ

2.1. Цель работы

Получение навыков практического определения теплоэнергетических величин посредством прямых и косвенных измерений на примере экспериментального определения расхода жидкости.

2.2. Краткие сведения из теории и расчетные зависимости

Измерения физических величин в принципе могут быть прямыми и косвенными.

Прямые измерения – измерения, при которых показания прибора Y однозначно связаны с измеряемой физической величиной X . Например: измерение времени, длины, веса и т.д.

$$Y = f(X).$$

Косвенные измерения – измерения, при которых искомая физическая величина (Z) определяется по совокупности результатов (Y_i) прямых измерений.

$$Z = f(Y_1, Y_2 \dots Y_n).$$

Одна и та же величина в принципе может быть определена посредством прямого и косвенного измерений. Косвенные измерения широко используются в технике, поскольку позволяют определить искомую физическую величину с использованием сравнительно простых и дешевых средств измерения.

Сопоставление прямого и косвенного измерений осуществляется на примере расхода жидкости.

Различают объемный и массовый расходы. Объемный расход жидкости W - это количество жидкости V , выраженное в объемных единицах (м^3), которое проходит через рассматриваемое сечение в единицу времени τ (1 с)

$$W = V / \tau, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1)$$

Метод измерения расхода, при котором измеряются объём жидкости V и время τ , за которое этот объём жидкости прошла через некоторое рассматриваемое сечение и далее применяется формула 1, называется объёмным методом измерения расхода.

Кроме этого есть массовый расход жидкости G , где количество жидкости измеряется в единицах массы M (кг)

$$G = M / \tau, \text{ кг/с}.$$

Эти два расхода связаны между собой

$$G = V \cdot \rho, \text{ кг/с},$$

где ρ – плотность жидкости при данной температуре, кг/м^3 .

Массовый расход является более точным и однозначным, поскольку значение G не зависит от температуры жидкости.

В данной лабораторной работе иллюстрация данных методов осуществляется на примере определения объемного расхода жидкости. При этом прямое измерение осуществляется с использованием расходомера переменного перепада давления, а косвенное – посредством двух отдельных измерений:

- счетчиком количества жидкости значения V ;
- секундомером времени τ , за которое это количество жидкости прошло через трубу.

При **прямом измерении** определяется перепад давления на местном сопротивлении (рис. 1), в качестве которого используется расходомерная шайба 1, размещенная в разъемном корпусе 2 и уплотнениями 3. Данное устройство монтируется на трубопроводе 4.

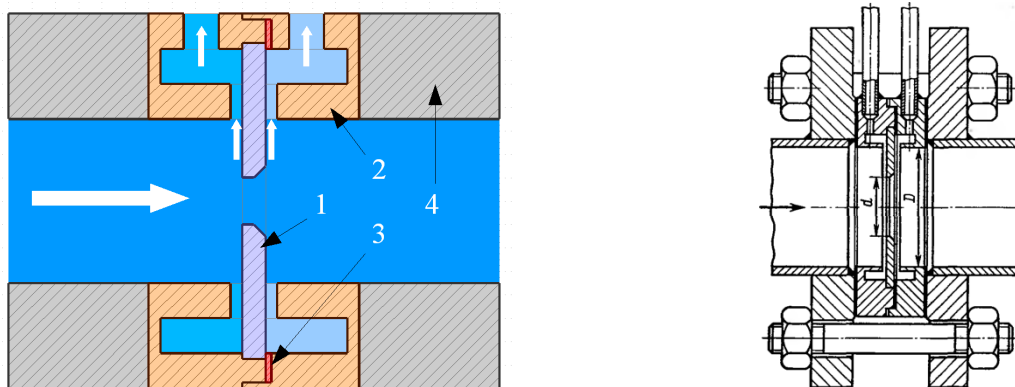


Рисунок 1 - Расходомер переменного перепада давления

При движении жидкости давление до расходомерной шайбы 1 оказывается больше давления после этой шайбы. Разность давлений ΔP определяется с помощью дифференциального манометра и однозначно зависит от расхода жидкости W . Увеличение W приводит к увеличению ΔP и наоборот. Поэтому дифференциальный манометр может быть проградуирован сразу в единицах объемного расхода, либо в единицах давления, но при этом осуществляется пересчет по специальной формуле.

При косвенном измерении фиксируется количество жидкости V и время τ прохождения этой жидкости через трубу. Количество жидкости определяется с помощью тахометрического счетчика количества (рис. 2).

Внутри такого счетчика находится турбинка В, которая с помощью специального механизма С связана со стрелкой (дисковым счетчиком) D. Проходящая через счетчик жидкость А приводит во вращение турбинку В. Количество оборотов этой турбинки (перемещение стрелки прибора) однозначно связано с количеством V (м^3) прошедшей через счетчик жидкости.

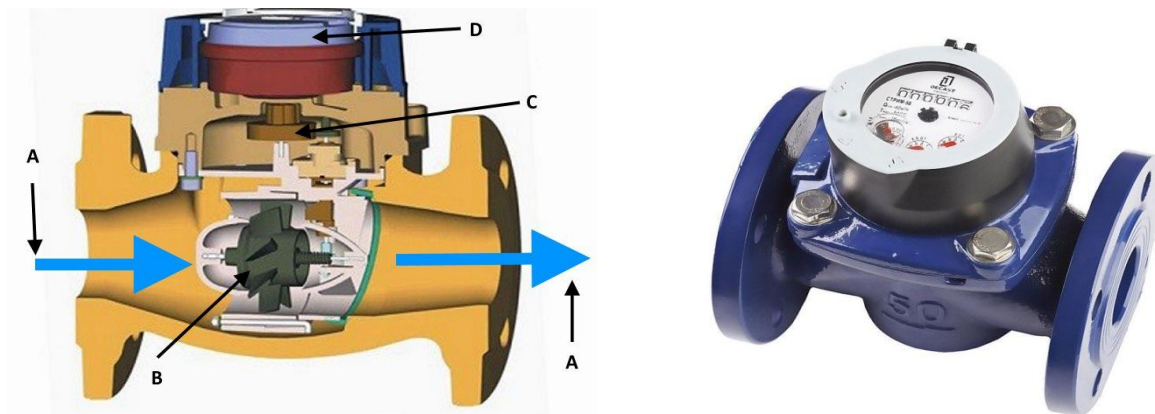
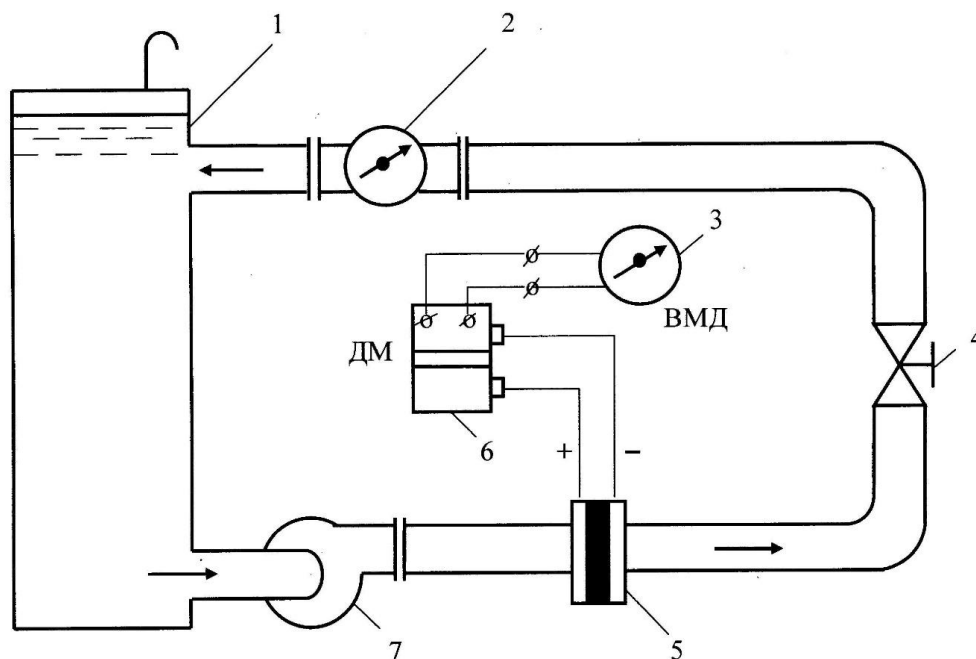


Рисунок 2 - Тахометрический счетчик количества

Замерив по секундомеру время τ , за которое прошло некоторое количество жидкости, можно с использованием зависимости (1) определить расход W .

2.3. Описание экспериментальной установки

В работе используется экспериментальная установка, схема и общий вид которой показана на рисунке 3.



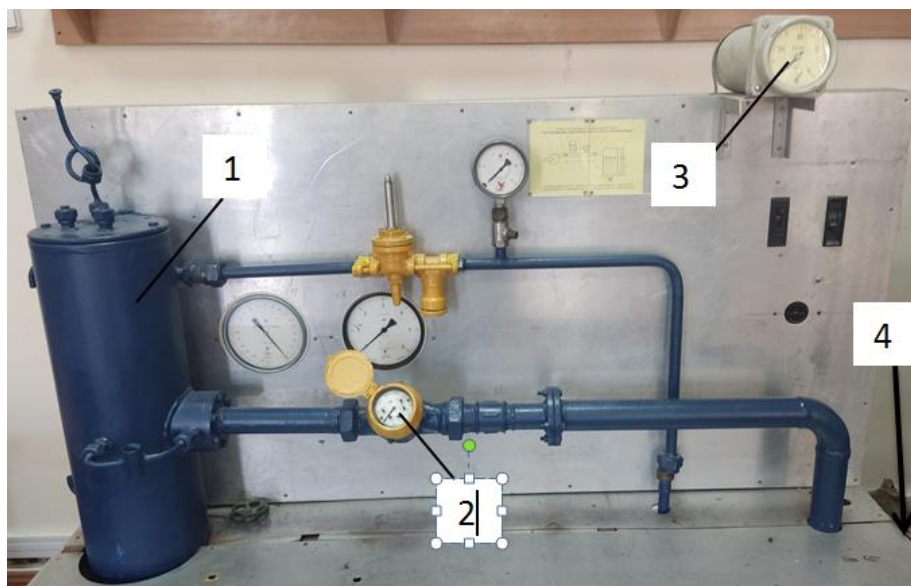


Рисунок 3 - Схема и общий вид установки

Вода, находящаяся в емкости 1 забирается насосом 7 и прокачивается через расходомер переменного перепада давления 5 с дифференциальным манометром, состоящим из первичного прибора 6 и вторичного показывающего прибора 3. Далее через клапан 4 поступает на счетчик количества 2, после чего сбрасывается в емкость 1. Расход воды регулируется клапаном 4.

2.4. Порядок проведения работы

- Проверить закрытие клапана 5.
- После получения разрешения преподавателя включить электронасос 7.
- Постепенно открывать клапан 4 и поочередно выставить по дифманометру значения перепадов давления ΔP , обозначенные в табл. 2.1.



Рисунок 4 - Дифманометр

- Для каждого ΔP задаваясь по счетчику количества 2 количеством прошедшей воды V , определяют по секундомеру советующее время τ прохождения данного объема.



Рисунок 5 - Счетчик количества

- Необходимо задаваться таким значением V , чтобы значение τ было не менее 10 с.
- Установить следующее значение по показаниям дифманометра (задано в таблице 2.1), после чего выполнить действие в соответствии с предыдущим пунктом.

- После выполнения всех замеров, предъявить заполненную таблицу преподавателю.

- После **получения разрешения преподавателя на выключение** установки, полностью закрыть клапан 4 и выключить электронасос.

- Выполнить расчеты в соответствии с таблицей 2.1.
- Построить график зависимости W_{Π} и W_K при различных ΔP (рис. 6).
- Сделать и записать вывод, касающийся сопоставления результатов прямого и косвенного измерения расхода воды.

Т а б л и ц а 2.1 – Результаты измерений

№ из ме ре ни я	Прямое измерение		Косвенное измерение			Отличие результатов	
	$\Delta P \cdot 10^{-5}$, Па	W_{Π} , $\text{м}^3/\text{с}$	V , м^3	τ , с	W_K , $\text{м}^3/\text{с}$	$W_{\Pi} - W_K$, $\text{м}^3/\text{с}$	$(W_{\Pi} - W_K)/W_K$, %
1	0						
2	0,2						
3	0,4						
4	0,6						
5	0,8						
6	1						
7	1,2						
8	1,4						
9	1,6						

Справка: $1 \text{ атм} = 10^5 \text{ Па}$

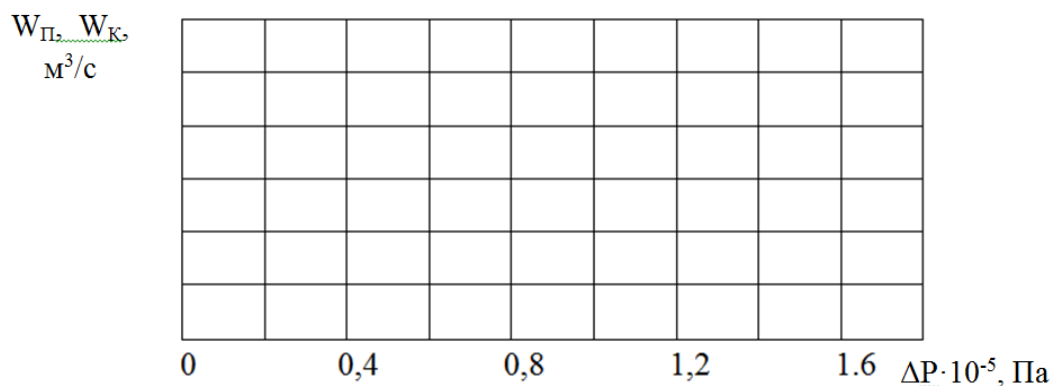


Рисунок 6 - Шаблон построения графика зависимости W_{Π} и W_K при различных ΔP

2.5. Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- схема экспериментальной установки;
- таблица с результатами измерений и соответствующими расчетами;
- график зависимости $W_{\text{п}}, W_{\text{к}}$ от ΔP
- выводы

2.6. Основные контрольные вопросы

1. Какова цель работы?
2. Что такое прямое измерение?
3. Что такое косвенное измерение?
4. Почему косвенные измерения широко используются в практике?
5. Что такое объёмный расход жидкости?
6. Что такое массовый расход жидкости?
7. Связь объёмного и массового расходов жидкости?
8. В чем недостаток объёмного метода измерения расхода?
9. Принцип работы расходомера переменного перепада давления?
10. Принцип работы тахометрического счетчика количества?
11. Устройство экспериментальной установки?

Лабораторная работа № 3
ПОГРЕШНОСТЬ КОСВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ
НА ПРИМЕРЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ
КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ

3.1. Цель работы

Получение навыков практического определения погрешности косвенных измерения теплоэнергетических величин на примере экспериментально определенного коэффициента теплоотдачи горизонтального цилиндра при свободной конвекции.

3.2. Краткие сведения из теории и расчетные зависимости

Точность измерения – качество измерения, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины.

Мерой точности является погрешность.

Погрешность измерения – это отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины.

Точность средств измерений характеризуется классом их точности.

Класс точности – это обобщенная характеристика средств измерений, отражающая пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей.

Максимально допустимая приведенная погрешность прибора, умноженная на 100, определяет класс точности прибора.

$$(\Delta X_{\text{п max}} / X_{\text{н}}) = \delta_{\text{пр max}} = K,$$

где $\Delta X_{\text{п max}}$ – максимально допустимое значение абсолютной погрешности прибора; $X_{\text{н}}$ – нормирующее значение.

Численные значения классов точности приборов в соответствии с ГОСТом нормируются и выбираются из ряда.

$$K=(1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) \cdot 10^n$$

где $n = 1; 0; -1; -2; \dots$

Чем меньше численное значение класса точности, тем точнее прибор. Измерения некоторой физической величины могут быть прямыми косвенными.

Прямые измерения – измерения, при которых показания прибора Y однозначно связаны с измеряемой физической величиной X . Например: измерение времени, длины, веса и т.д.

$$Y=f(X)$$

Косвенные измерения – измерения, при которых искомая физическая величина (Z) определяется по совокупности результатов (Y_i) прямых измерений. Например: скорость V движения объекта может быть определена по результатам прямых измерений:

$$Z = f(Y_1, Y_2 \dots Y_n)$$

Косвенные измерения широко используются в практике, поскольку они могут быть выполнены с помощью набора сравнительно простых и дешевых средств измерения. Возникает вопрос расчета погрешности при этом.

В зависимости от вида математической зависимости определения искомой физической величины используются формулы, представленные в таблице 1.

Следует отметить, что если в качестве абсолютных погрешностей используются значения **максимально допустимой** погрешности прибора, то в результате определяется расчетная **максимальная относительная погрешность** такого косвенного измерения. Такой подход позволяет оценить правильность/приемлемость выбранных средств измерения для проведения косвенных измерений.

Таблица 1 - Определение абсолютной и относительной погрешностей
в зависимости от вида функции

Вид функции	Абсолютная погрешность	Относительная погрешность
$A = a + b$	$\Delta A = \Delta a + \Delta b$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a + b}$
$A = a - b$	$\Delta A = \Delta a + \Delta b$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$
$A = ab$	$\Delta A = a\Delta b \pm b\Delta a$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
$A = a^n$	$\Delta A = na^{n-1}\Delta a$	$\frac{\Delta A}{A} = n \frac{\Delta a}{a}$
$A = \sqrt[n]{a}$	$\Delta A = \frac{\Delta a}{nA^{n-1}}$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{1}{n} \frac{\Delta a}{a}$
$A = \frac{a}{b}$	$\Delta A = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{b^2}$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$
$A = \sin \alpha$	$\Delta A = \cos \alpha \cdot \Delta \alpha$	$\frac{\Delta A}{A} = \operatorname{ctg} \alpha \cdot \Delta \alpha$
$A = \cos \alpha$	$\Delta A = \sin \alpha \cdot \Delta \alpha$	$\frac{\Delta A}{A} = \operatorname{tg} \alpha \cdot \Delta \alpha$
$A = \operatorname{tg} \alpha$	$\Delta A = \frac{\Delta \alpha}{\cos^2 \alpha}$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{2\Delta \alpha}{\sin 2\alpha}$
$A = \operatorname{ctg} \alpha$	$\Delta A = \frac{\Delta \alpha}{\sin^2 \alpha}$	$\frac{\Delta A}{A} = \frac{2\Delta \alpha}{\sin 2\alpha}$

В данной лабораторной работе определение погрешности косвенного измерения осуществляется на примере коэффициента теплоотдачи α . Численное значение α характеризует тепловой поток Q (Вт) который отводится с единицы площади поверхности F (1 м²) при разности температур между поверхностью t_c и окружающей средой t_0 в один градус.

Расчетная зависимость определения α имеет вид

$$\alpha = Q/(F \cdot \delta t), \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (1)$$

где $\delta t = t_c - t_0$, град. (К).

2.3. Описание экспериментальной установки

В работе исследуется теплоотдача при свободной конвекции от горизонтального цилиндра в окружающий воздух.

Работа выполняется на универсальной установке, схема которой показана на рис. 1. Диаметр наружной поверхности цилиндра $D=0,09$ м, длина цилиндра $L=0,8$ м,

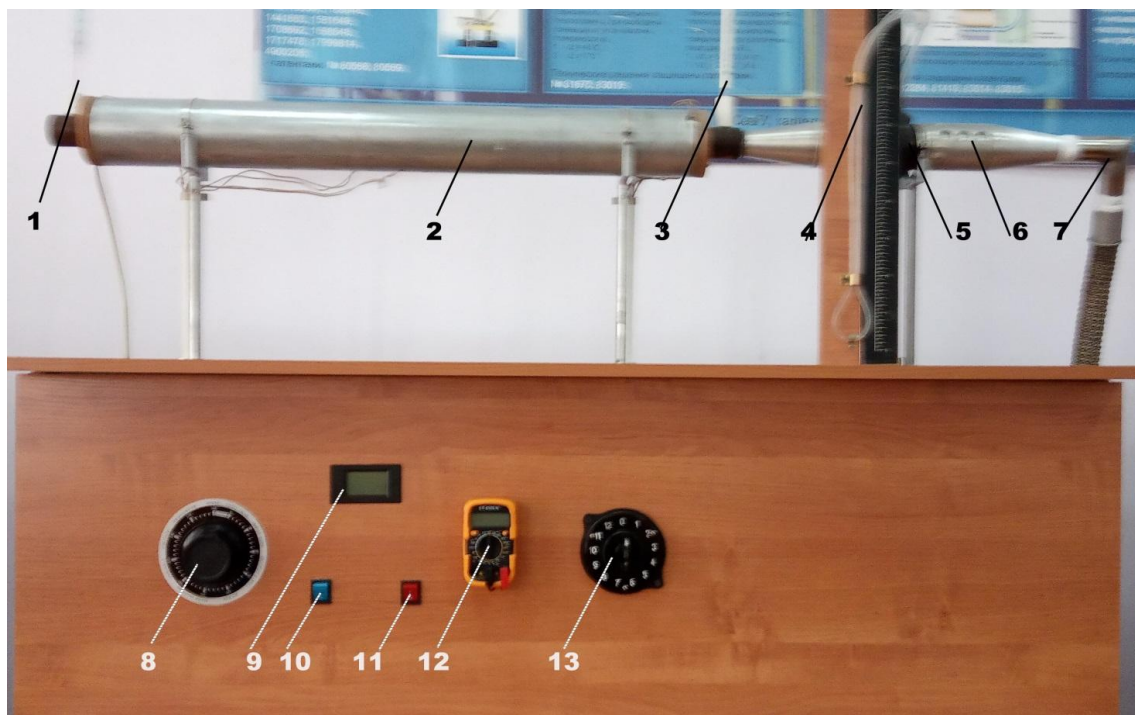


Рисунок 1 - Экспериментальная установка

1, 3– термометры; 2 – цилиндр с электронагревателем; 4 – дифференциальный манометр; 5 – расходомер переменного перепада давления (диафрагма); 6 – втулка регулирования расхода воздуха; 7 – подвод воздуха от вентилятора; 8– автотрансформатор; 9 – ваттметр; 10 – выключатель электропитания стенда; 11 – выключатель электропитания вентилятора; 12 – милливольтметр; 13 – переключатель термопар

Элементы универсальной установки, относящиеся к данной лабораторной работе, имеют в тексте подрисуночной надписи выделение.

Подводимая к электронагревателю 19 мощность Q регулируется автотрансформатором 8 и контролируется по ваттметру 12 .

Измерение температур осуществляется с помощью термопар, которые вырабатывают ЭДС (U) пропорционально температуре.

ЭДС термопары измеряется вольтметром 12 и переводится в градусы (с некоторым приближением) следующим образом:

$$t = b \cdot U, \text{ град}$$

где b – константа, град/вольты

Значение b различно для различных типов термопар.

Для термопары, используемой в работе $b =$ (задается преподавателем).

При определении коэффициента теплоотдачи по формуле (1) необходимо знать разность температур между температурой стенки и температурой окружающей среды.

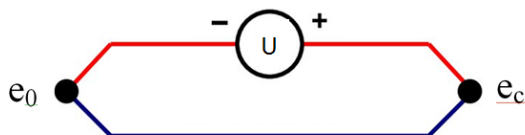


Рисунок 2 – Схема термопары

При использовании термопары, измеряемое напряжение U определяется как разность

$$U = e_c - e_0,$$

где e_c – ЭДС рабочего конца термопары, измеряющего температуру поверхности теплоотдающей стенки t_c ; e_0 – ЭДС свободного конца термопары, измеряющего температуру окружающей среды t_0 .

Таким образом, погрешность определения температуры соответствует погрешности определения напряжения U .

$$\Delta t/t = \Delta U/U.$$

Что означает

$$t_c - t_0 = \delta t = b \cdot U.$$

Т.е. измеренная U соответствует разности температур $t_c - t_0 = \delta t$.

3.4. Порядок проведения работы

- Произвести измерение линейных величин L и D и записать в табл. 3.1.
- Определить класс точности ваттметра 9 и милливольтметра 12, а также максимальное значение используемых шкал этих приборов. Результаты записать в табл. 3.1.

- После получения разрешения преподавателя включить электропитание кнопкой 10 и используя показания ваттметра 9 с помощью автотрансформатора 8 задать требуемую мощность Q , указанную преподавателем.

- С помощью переключателя 13 включить требуемую термопару (номер термопары указывает преподаватель).

- С помощью милливольтметра 12 значение U термопары.

- Дождавшись практически постоянных показаний прибора (установившийся режим), записать соответствующее значение U и Q в табл. 3.1.

- После выполнения всех замеров **по согласованию с преподавателем** перевести автотрансформатор 8 в положение нулевой мощности **и** выключить кнопкой 10 электронагреватель.

- Предъявить преподавателю заполненную таблицу результатов измерений 3.1.

- Выполнить расчеты в соответствии с табл. 3.2 и 3.3.

- Сделать вывод о приемлемости полученной погрешности для определения посредством косвенного измерения величины α .

Т а б л и ц а 3.1 – Результаты измерений

№	Название измеряемой величины	Обозначение	Единица измерения	Численное значение
1.	Измеренная тепловая мощность	Q	Вт	
2.	Максимальное значение шкалы ваттметра	[Q]	Вт	
3.	Класс точности ваттметра	K _Q	-	
4.	Измеренное напряжение по вольтметру	U	В	
5.	Максимальное значение шкалы вольтметра	[U]	В	
6.	Класс точности вольтметра	K _U	-	
7.	Абсолютная погрешность определения линейного размера	Δl	м	
8.	Измеренная длина цилиндра	L	м	
9.	Измеренный диаметр цилиндра	D	м	

Т а б л и ц а 3.2 – Таблица расчета коэффициента теплоотдачи

№	Физическая величина	Обозначения	Единица измерения	Расчетная зависимость	Численное значение
1.	Разность температур	δt	Град (K)	$\Delta t = b \cdot U$	
2.	Площадь поверхности	F	м ²	$F = 3,14 \cdot D \cdot L$	
3.	Коэффициент теплоотдачи	α	Вт/(м ² K)	$\alpha = Q / (F \cdot \delta t)$	

Т а б л и ц а 3.3 – Таблица расчета погрешности

№	Физическая величина	Обозначения	Единица измерения	Расчетная зависимость	Численное значение
Погрешность определения тепловой мощности					
1.	Абсолютная погрешность определения тепловой мощности	ΔQ	Вт	$\Delta Q = K_Q \cdot [Q]/100$	
2.	Относительная погрешность определения тепловой мощности	ε_Q	-	$\varepsilon_Q = \Delta Q/Q$	
Погрешность определения температуры					
3.	Абсолютная погрешность определения температуры по вольтметру	ΔU	В	$\Delta U = K_U \cdot [U]/100$	
4.	Относительная погрешность определения температуры по вольтметру	ε_U	-	$\varepsilon_U = \Delta U/U$	
Погрешность определения площади теплоотдающей поверхности					
5.	Относительная погрешность определения длины цилиндра	ε_L	-	$\varepsilon_L = \Delta l/L$	
6.	Относительная погрешность определения диаметра цилиндра	ε_D	-	$\varepsilon_D = \Delta d/D$	
7.	Относительная погрешность определения площади цилиндра	ε_F	-	$\varepsilon_F = \varepsilon_D + \varepsilon_L$	
Погрешность определения коэффициента теплоотдачи α					
8.	Относительная погрешность определения α	ε_α	-	$\varepsilon_\alpha = \varepsilon_Q + \varepsilon_F + \varepsilon_U$	

3.5. Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- схема экспериментальной установки;
- таблица с результатами измерений;
- таблица с результатами расчета;
- выводы.

3.7. Основные контрольные вопросы

12. Какова цель работы?
13. Что такое погрешность измерений?
14. Что такое абсолютная и относительная погрешности?
15. Что такое приведенная погрешность прибора?
16. Что такое класс точности приборов и как он нормируется?
17. Чем определяется отношение приборов к группам: технические; контрольные и лабораторные; эталонные и образцовые?
18. Как определяются погрешности косвенных измерений?
19. Каковы основные элементы экспериментальной установки?
20. Порядок выполнения работы?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАРИАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРА

4.1. Цель работы

Получение навыков практического определения вариации показаний средства измерения на примере деформационных манометров.

4.2. Краткие сведения из теории и расчетные зависимости

Явление петли Гистерезиса широко встречается в технике, в частности при измерении давления деформационными манометрами. В них измеряемое давление компенсируется силами упругой деформации чувствительного элемента. В качестве примеров могут служить манометры (рис. 1), использующие трубки Бурдона, мембраны, сильфоны и др.

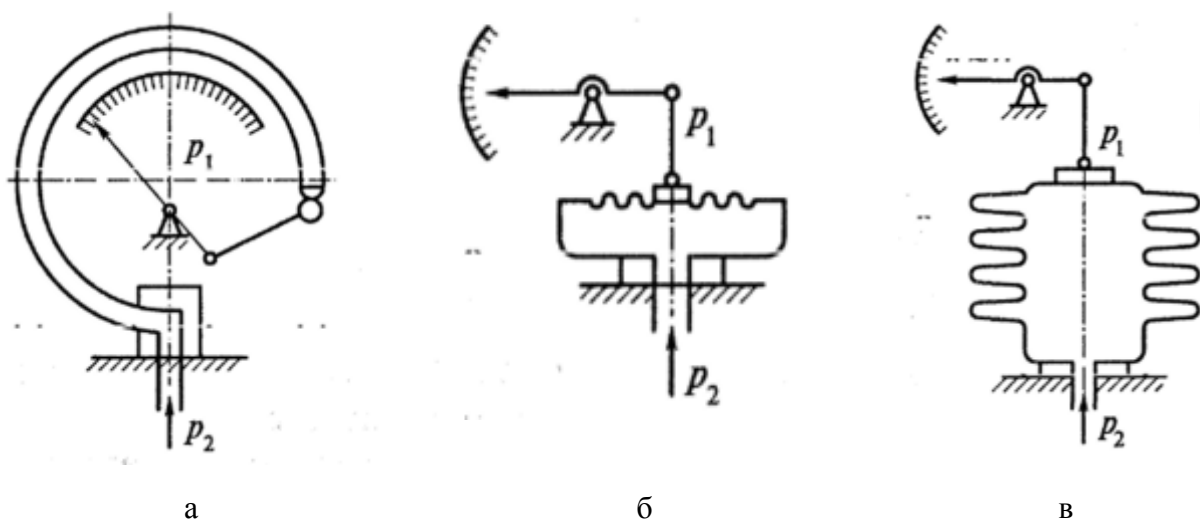


Рисунок 1 – Примеры деформационных манометров:

а – с трубкой Бурдона; б – мембранного типа; в – сильфонного типа

Вариация показаний В определяется как разность показаний прибора при одном и том же значении измеряемой величины при подходе стрелки к отметке шкалы со стороны меньших и со стороны больших значений. *Вариация* характеризует степень устойчивости показаний прибора при одних и тех же условиях измерения одной и той же величины. Причинами *вариации* являются:

- зазоры в элементах подвижной части измерительного механизма стрелочных приборов. Эти элементы передают движение от чувствительного элемента к стрелке и обычно используют зубчатое зацепление.

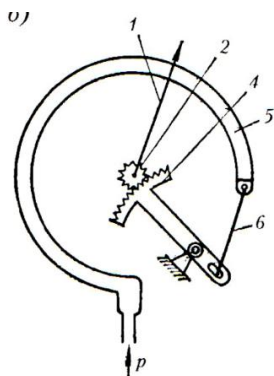


Рисунок 2 – Зубчатое зацепление манометра с трубкой Бурдона

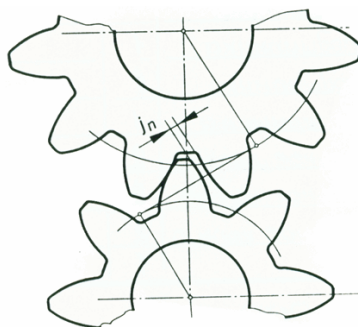


Рисунок 3 – Боковой зазор в зубчатом зацеплении

Естественно, что ввиду неточности изготовления зубчатого зацепления этот зазор может быть различным в различных положениях. Кроме того, в процессе работы происходит износ зацепления. Все это не может не сказываться на показаниях прибора.

- петля Гистерезиса упругого элемента (чувствительного элемента).

Явление упругого гистерезиса наблюдается в поведении упругих материалов, которые под воздействием больших давлений способны сохранять деформацию и утрачивать её при снятии давления или воздействии обратного давления (рис. 4).

В результате наблюдается несовпадение показаний прибора при нагрузке и разгрузке чувствительного элемента.

На практике отмеченное выше влияние зазоров в зубчатом зацеплении, погрешности отсчитывания и другие факторы искажают представленную на рис. 4 теоретическую форму петли Гистерезиса.

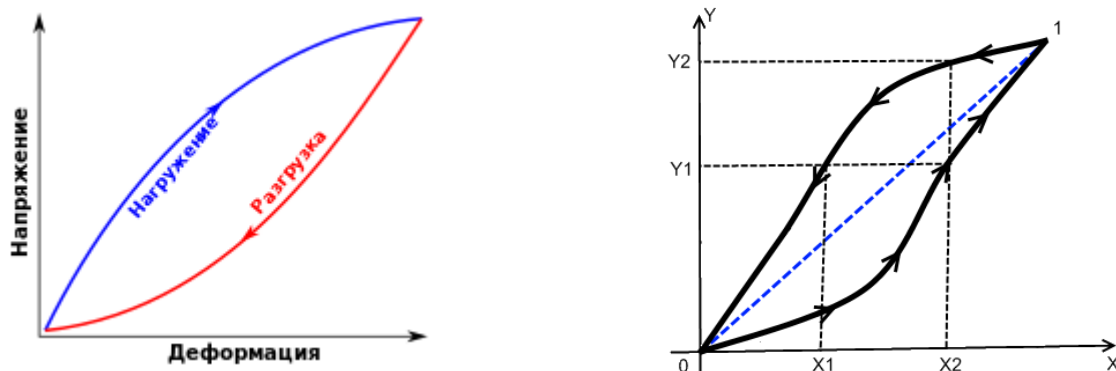


Рисунок 4 - петля Гистерезиса упругого элемента

На практике отмеченное выше влияние зазоров в зубчатом зацеплении, погрешности отсчитывания и другие факторы искажают представленную на рис. 4 теоретическую форму петли Гистерезиса.

Вариация вычисляется по формуле

$$B = (X_B - X_M),$$

где X_B и X_M – соответственно большее и меньшее значение показаний прибора при заданном давлении

или

$$B = (\Delta X_B - \Delta X_M),$$

где ΔX_B и ΔX_M – соответственно большее и меньшее значение абсолютных погрешностей прибора при заданном давлении

Вариация не должна превышать максимально допустимой погрешности прибора, $\Delta X_{п\max}$, определяемой классом точности прибора.

Класс точности К – это обобщенная характеристика средств измерений, отражающая пределы допускаемых погрешностей. Значение К определяется следующим образом

$$100(\Delta X_{п\max} / X_n) = K,$$

где X_n – нормирующее значение (максимальное значение шкалы прибора).

Тогда максимально допустимая погрешность прибора

$$\Delta X_{\text{п max}} = (X_{\text{н}} \cdot K) / 100.$$

Численные значения классов точности приборов в соответствие с ГОСТом нормируются и выбираются из ряда.

$$K = (1; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0) \cdot 10^n$$

где $n = 1; 0; -1; -2; \dots$

Чем меньше численное значение класса точности, тем точнее прибор.

Обозначения классов точности наносятся на циферблаты щитки, корпуса средств измерений.

4.3. Описание экспериментальной установки

Схема экспериментальной установки показана на рис. 5. Исследуемый манометр 1 присоединен к гидроцилиндру 10 с помощью клапана 15, гидроцилиндр 10 заполняется маслом из маслобака 6 при открытом клапане 13. При закрытом клапане 13 давление в гидроцилиндре 10 может создаваться за счет:

- давления контрольных грузов 2, располагаемых на тарелке 3 давящих на масло посредством плунжера 4.
- движения поршня 11 при закрытых клапанах 14 и 13.

В последнем случае, давление исследуемого манометра 1 сравнивается с давлением образцового манометра 7. Именно данный вариант создания давления используется в данной работе.

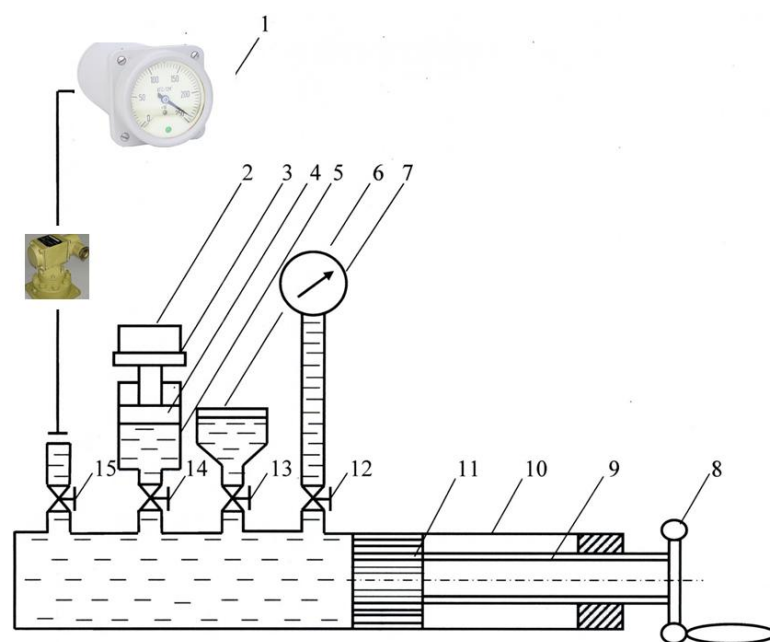


Рисунок 5 – Схема и общий вид установки:

1 – поверяемый манометр; 2 – контрольные грузы; 3 – тарелка; 4 – плунжер;
 5 – пресс; 6 – маслбак; 7 – образцовый манометр; 8 – маховик; 9 – винтовой шток;
 10 – гидроцилиндр; 11 – поршень; 12, 13, 14, 15 – клапаны

4.4. Порядок проведения работы

Приступать к выполнению работы следует только **после получения разрешения преподавателя.**

- проверить закрытие клапанов 15,14 и 12, после чего открыть клапан 13 и вращая маховик 8, перемещая поршень 11 вправо, заполнить гидроцилиндр маслом, находящимся в маслобаке 6.

- закрыть клапан 13 и открыть клапана 12 и 15.

- вращая маховик 8, перемещая поршень 11 влево, создавать в соответствии с таблицей измерений (табл.2.1), давление в системе. Причем давление задается на поверяемом манометре 1 и контролируется по образцовому манометру 7. Указанные действия выполняются как в случае повышения давления, так и для снижения давления.

Указание: давление необходимо создавать плавно, медленно подводя стрелку до заданного значения шкалы приборов. Не допускается проскок заданного давления и возвращение стрелки.

- заполняется таблица измерений, и предъявляется преподавателю.

- после получения разрешения и у преподавателя, установка переводится в исходное состояние: за счет перемещения поршня 11 давление снижается до нуля, закрываются клапана 12 ,15 и открывается клапан 13. Перемещая поршень в левое положение, масло перегоняется из гидроцилиндра 10 в маслобак 6.

- Выполняются необходимые расчеты в соответствии с таблицами.

- Делается вывод относительно пригодности прибора, в аспекте соотношения вариации и погрешности, определяемой классом точности прибора.

Таблица 2.1 – Таблица измерений

По поверяемому манометру 1	По образцовому манометру 7						Вариация В, Па
$P_{пов} \cdot 10^{-5}$, Па	Нагрузка			Разгрузка			
	$P'_{об} \cdot 10^{-5}$, Па	$P_{об} \cdot 10^{-5}$, Па	$\Delta P \cdot 10^{-5}$, Па	$P'_{об} \cdot 10^{-5}$, Па	$P_{об} \cdot 10^{-5}$, Па	$\Delta P \cdot 10^{-5}$, Па	
0							
0,2							
0,4							
0,6							
0,8							
1,0							
1,2							
1,4							
1,6							

При расчетах необходимо учитывать разную высоту взаимного расположения, исследуемого манометра 1 и образцового манометра 7. Эта поправка определяется следующим образом

$$P_{об} = P'_{об} + \gamma \cdot h,$$

где $\gamma = 9000 \text{ Н/м}^3$ – удельный вес масла; $h = 0,17 \text{ м}$ – расстояние по вертикали между манометрами.

Строятся графики зависимости $P_{об}$ от $P_{пов}$ при нагрузке и разгрузке.

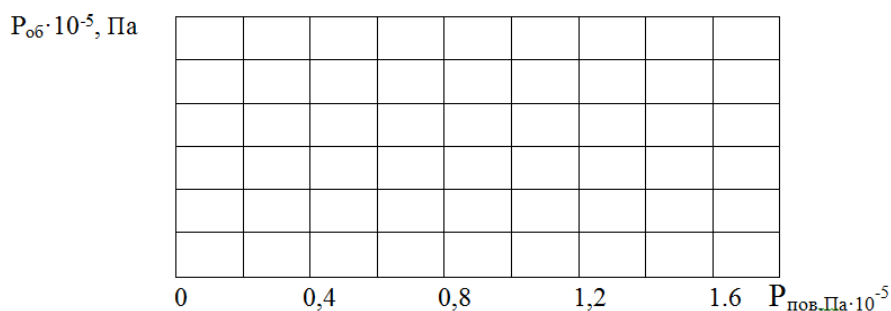
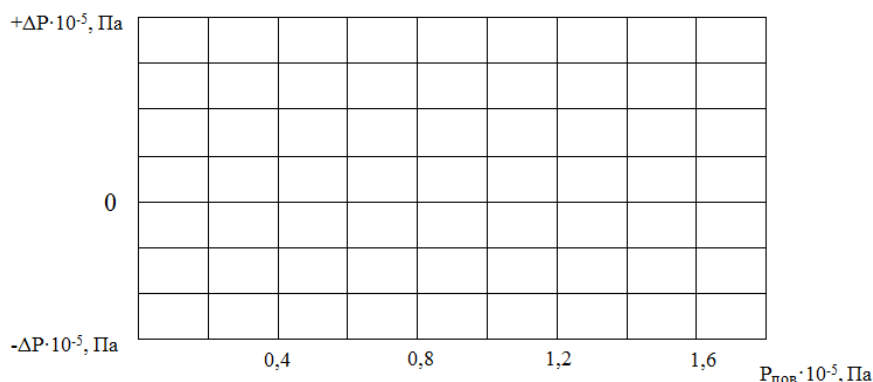


Рисунок 6 – график зависимости $P_{об}$ от $P_{пов}$ при нагрузке и разгрузке

После этого строится график зависимости ΔP от $P_{\text{пов}}$ при нагрузке и разгрузке.



Максимально допустимая погрешность прибора определяется

$$\Delta X_{\text{п max}} = (X_{\text{н}} \cdot K) / 100$$

Сравнивается вариация V с $\Delta X_{\text{п max}}$. В случае, если V превышает $\Delta X_{\text{п max}}$, то прибор считается негодным.

4. 5. Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- схема экспериментальной установки;
- таблица опытных данных с результатами расчета
- график зависимости ΔP от $P_{\text{пов}}$
- выводы.

4. 6. Основные контрольные вопросы

1. Какова цель работы?
2. Что такое вариация?
3. Что является причинами вариации?
4. Что такое петля Гистерезиса?

5. Каков механизм формирования петли Гистерезиса на упругих элементах деформационных манометров?
6. Напишите формулу определения вариации.
7. Как должны соотноситься вариация и максимально допустимая погрешность прибора?
8. Как определяется максимально допустимая погрешность прибора?
9. Описание экспериментальной установки.
10. Порядок выполнения работы.

Лабораторная работа № 5

УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШТАНГЕНИНСТРУМЕНТОВ

5.1. Цель работы

- изучить устройство штангенинструментов (ШИ);
- изучить приемы работы со ШИ;
- получить навыки выполнения измерений с помощью ШИ.

5.2. Краткие сведения из теории

В практике распространены ШИ цифровые (с электронным дисплеем, отражающим численное значение определяемого размера), циферблатные (с круговой шкалой) и с линейным нониусом (дополнительной шкалы) для отсчета целых и дробных величин цены деления штанги. Наиболее распространены ШИ с нониусом, отличающимся большим ресурс и невысокой стоимостью.

Выпускают ШИ с ценой деления 0,1 мм (наиболее распространены); 0,02 мм, 0,05 мм; 0,01мм.

Среди ШИ наиболее распространены штангенциркули (ШЦ). Также выпускают штангенглубиномеры, штангенрейсмасы, штангензубомеры и др.

Общий вид некоторых ШЦ представлен на рис. 1.

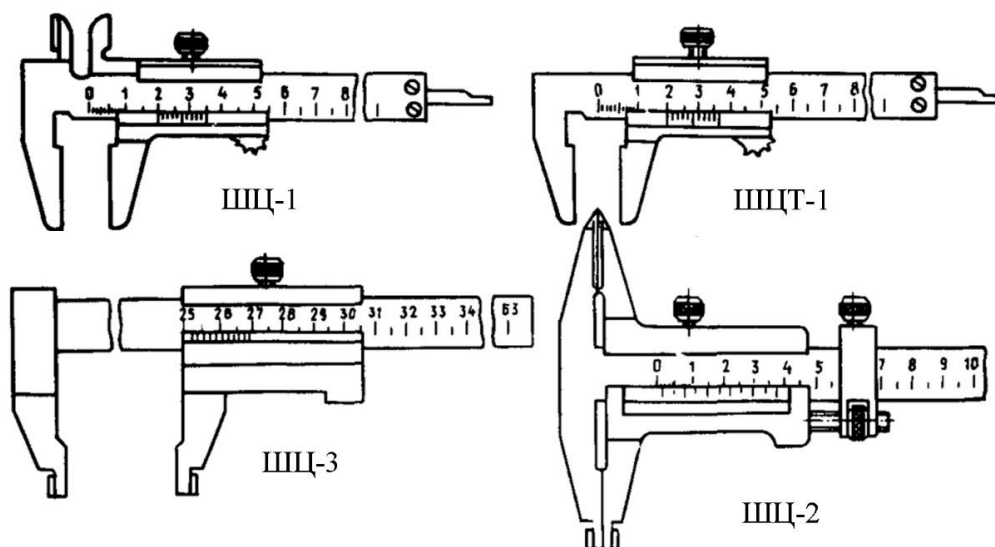


Рисунок 1 – Типы штангенциркулей

Выпускают следующие типы ШЦ:

ШЦ-I – штангенциркуль с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и с линейкой для измерения глубин.

ШЦК – (штангенциркуль с круговой шкалой). В выемке штанги размещена рейка, с которой сцеплена шестерёнка головки, поэтому показания штангенциркуля, отвечающие положению губок, читают по шкале штанги и круговой шкале головки по положению стрелки. Это значительно проще, быстрее и менее утомительно для исполнителя, чем чтение отсчёта по нониусу;

ШЦТ-I – с односторонним расположением губок, оснащённых твёрдым сплавом для измерения наружных размеров и глубин в условиях повышенного абразивного изнашивания.

ШЦ-II – с двусторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров и для разметки. Для облегчения последней оснащён рамкой микрометрической подачи.

ШЦ-III – с односторонним расположением губок для измерения наружных и внутренних размеров.

ШЦЦ – с цифровой индикацией (электронный).

Рассмотрим устройство ШЦ на примере ШЦ-II и ШЦ-I (рис. 2).

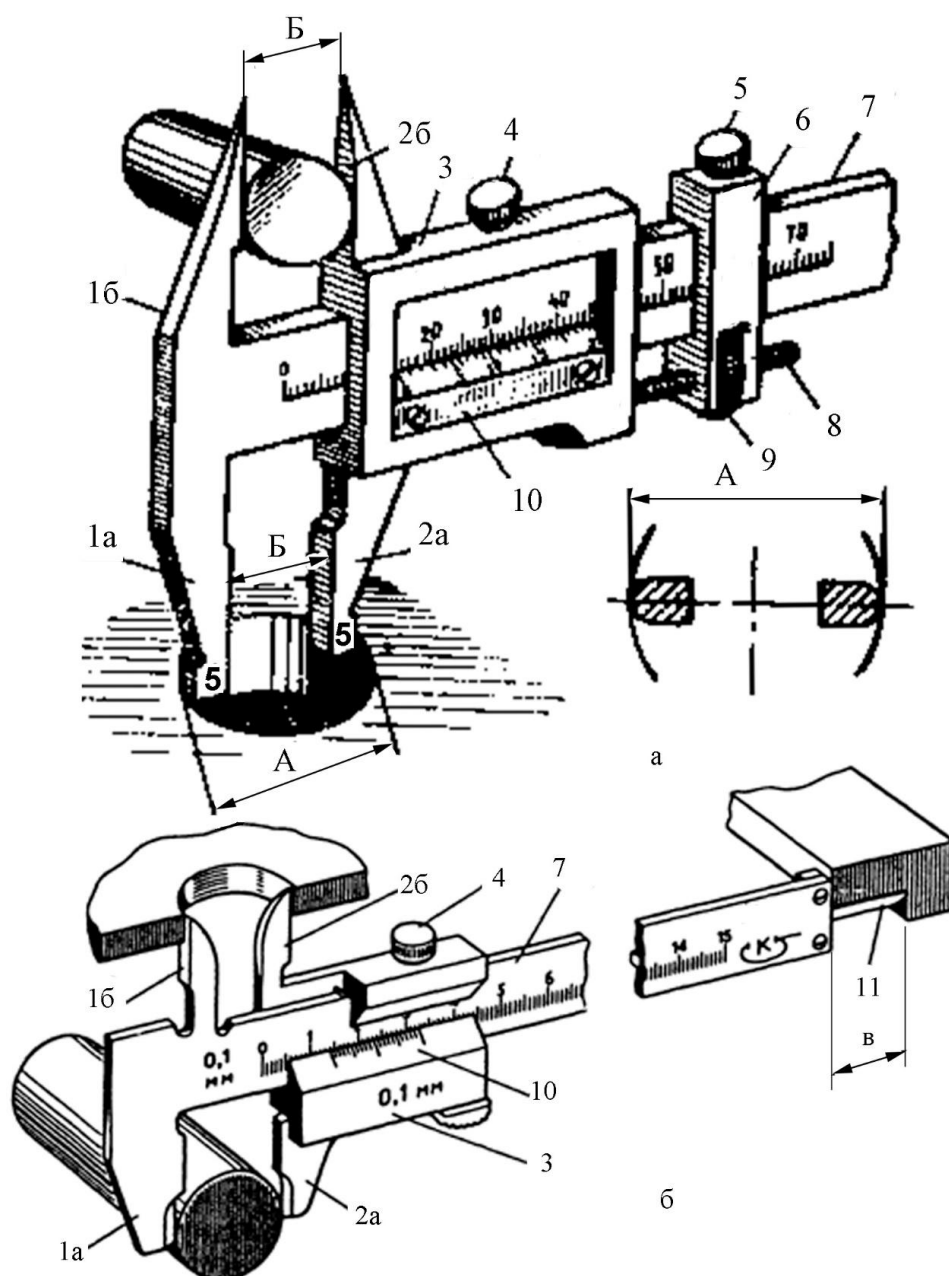
ШЦ (рис. 2) состоит из штанги 7, неподвижных губок 1а и 1б, изготовленных заодно со штангой, рамки 3 с подвижными губками 2а и 2б, нониусной пластинки 10 и хомута 6. Рамка 3 и хомут 6 соединены между собой микрометрическим винтом 8 с гайкой 9. При помощи этого устройства осуществляется малая подача рамки 3. Положение рамки и хомута фиксируется винтами 4 и 5. У штангенциркуля, изображенного на рисунке б, а, нижние губки предназначены для измерений как внутренних, так и наружных размеров (размеры А и Б). При измерении размера А к показаниям штангенциркуля надо прибавлять общую толщину губок, которая обозначена на их лицевой стороне. Верхние губки служат для измерений наружных

размеров, а их заостренные концы используют также для нанесения рисок при выполнении разметочных работ. Некоторые штангенциркули снабжены приспособлением для измерения глубины или уступов. Это приспособление представляет собой линейку 11, соединенную с рамкой и скользящую вместе с ней по направляющему пазу штанги. Глубина отсчитывается от торца штанги до конца линейки 11 (размер В).

Пределы измерения штангенциркулей различных типов составляют от 125 до 2000 мм. Для уменьшения погрешностей, возникающих вследствие деформации губок, в процессе измерений не следует пользоваться микроподачей. Ее можно использовать только при установке необходимого размера.

Устройство штангенглубиномера представлено на рис. 3. Штангенглубиномеры предназначены для измерения глубины и высоты детали, расстояний до буртиков и уступов. В отличие от штангенциркуля в конструкции штангенглубиномера вместо подвижной губки на рамке 2, имеющей нониус 1, сделана траверса 3, являющаяся базой (основанием) для измерения глубины.

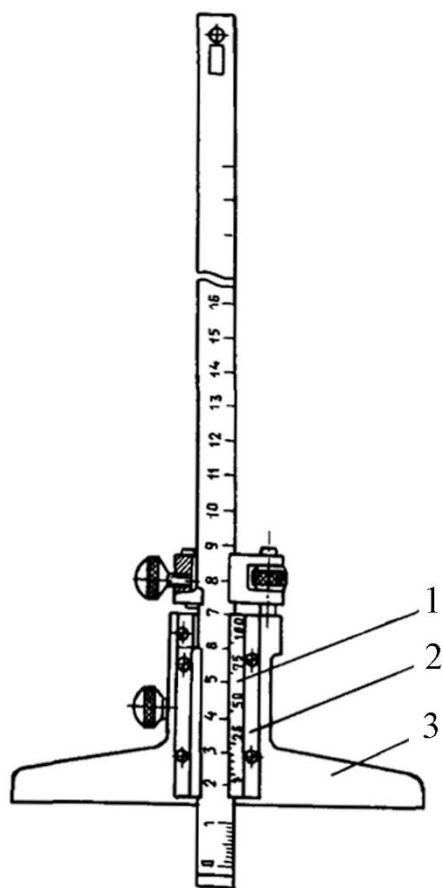
Устройство штангенрейсмаса представлено на рис. 4. Штангенрейсмасы предназначены для разметки изделий, в отдельных случаях могут использоваться для измерения высот. В конструкции штангенрейсмаса (рис. 4) вместо неподвижной губки штангенциркуля имеется основание 4, с помощью которого штангенрейсмас устанавливается на плите. Рамка 2 с нониусом 3 имеет державку 5 для крепления сменных устройств.



1а, 1б – неподвижные губки; 2а, 2б – подвижные губки; 3 – рамка;
 4 и 5 стопорные винты; 6 – хомут; 7 – штанга; 8 – винт микроподачи;
 9 – гайка микровинта; 10 – нониусная пластинка; 11 – линейка

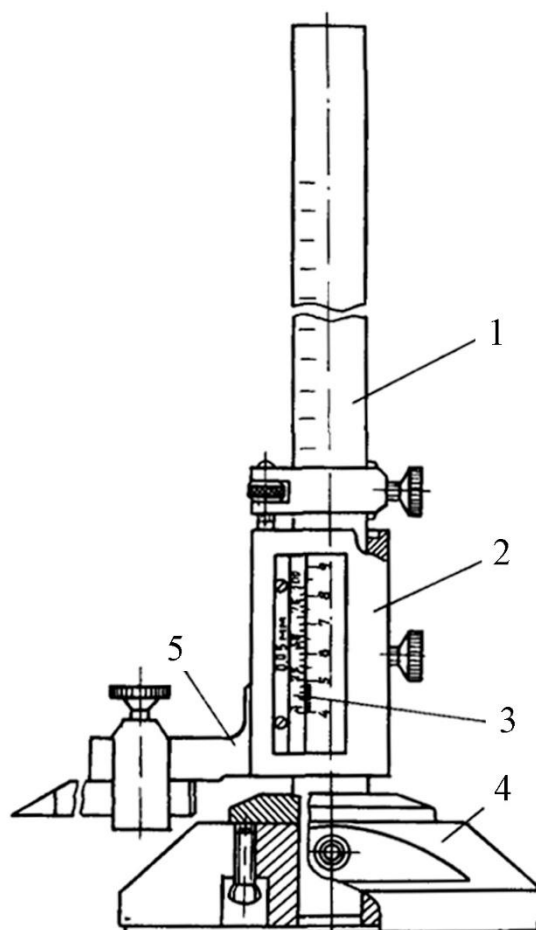
Рисунок 2 – Устройство штангенциркуля

При разметке с помощью рейсмаса по шкале 1 и нониусу 3 устанавливают необходимый размер. Затем штангенрейсмас перемещают по плите, одновременно прижимая основанием к плите, а разметочной ножкой – к детали.



1 – нониус; 2 – рамка; 3 – траверса

Рисунок 3 – Общий вид
штангенглубиномера

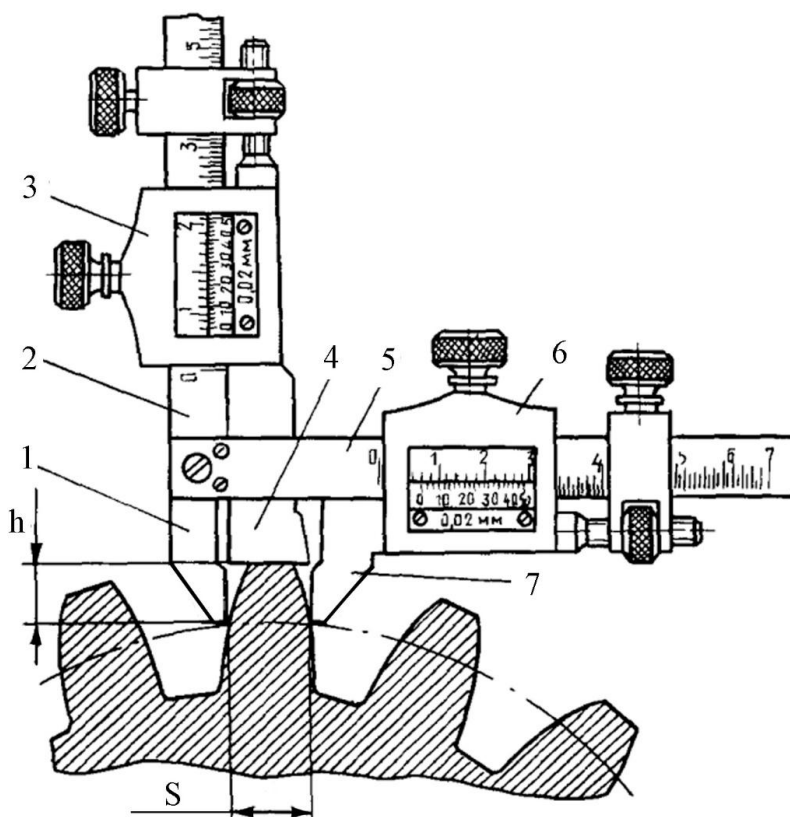


1 – шкала; 2 – рамка; 3 – нониус;
4 – основание; 5 – державка

Рисунок 4 – Общий вид штангенрейсмаса

Устройство штангензубомера представлено на рис. 5. Штангензубомеры – это приборы для определения толщины зубьев цилиндрических зубчатых колес по постоянной хорде (рис. 5). Штангензубомер состоит из двух взаимно перпендикулярных линеек 2 и 5. Линейка 2 имеет неподвижную губку 1, имеющую измерительную плоскость. По линейке 5 с нанесенной шкалой перемещаются рамка 6 и подвижная губка 7, представляющая вторую измерительную плоскость. По вертикальной линейке перемещается рамка 3 с упором 4, определяющим высоту до хорды зуба. Перед измерением упор 4 по нониусу рамки 3 устанавливают на размер, соответствующий высоте h , на которой предполагается измерять длину хорды S зуба, и закрепляют в этом положении. Затем измерительные губки 1 и 7 сводятся до

касания с профилем зуба колеса и производится измерение. Длину измеряемой хорды отсчитывают непосредственно по нониусу рамки 6 штангензубомера. Невысокая точность измерения штангензубомером связана с базированием прибора по окружности выступов, которая может располагаться эксцентрично начальной окружности зубчатого колеса, а также с наличием кромочного контакта измерительных губок с поверхностью зубьев.



1, 7 – губки; 2, 5 – линейка; 3, 6 – рамка; 4 – упор

Рисунок 5 - Устройство штангензубомера

Рассмотри порядок измерения штангенинструментами с нониусом.

Чтение показаний (на примере ШЦ-1):

а) при чтении показаний ШЦ держать прямо перед глазами. Если смотреть на показания сбоку, то это приведет к искажению (парallaxу), что даст результаты с большой ошибкой. Для предупреждения искажений поверхность, на которой нанесена (прикреплена) шкала нониуса, имеет скос для того чтобы приблизить шкалу нониуса к основной шкале штанги;

б) целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо перед нулевым штрихом нониуса.

в) дробные значения (количество десятых долей миллиметра) определяют умножением величины отсчета нониуса (0,1) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги.

Метрологические характеристики нониуса.

Нониус – вспомогательная равномерная шкала с пределом измерений, равным цене деления основной шкалы, служащая для повышения точности отсчета дробных делений по основной шкале.

Цена деления нониуса c (отсчет по нониусу) равна цене деления основной шкалы a , разделенной на число делений нониуса n , т. е.

$$c = a/n. \quad (1)$$

Интервал деления b нониуса принимают кратным интервалу деления основной шкалы и определяют как

$$b = \gamma \cdot a - c = a \cdot (\gamma \cdot n - 1)/n, \quad (2)$$

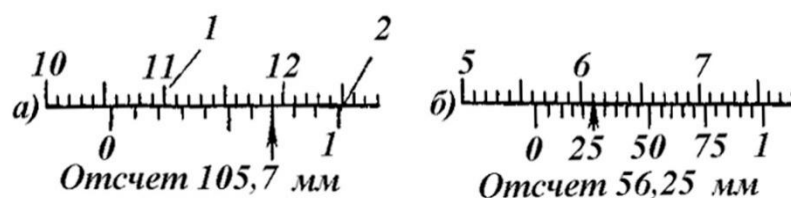
где γ – модуль нониуса, характеризующий растянутость нониуса относительно основной шкалы.

Длина нониуса

$$L_H = n \cdot b = a \cdot (\gamma \cdot n - 1). \quad (3)$$

Стандарты предусматривают выпуск штангенинструментов с точностью отсчета по нониусу: 0,1; 0,05; 0,02 мм.

На рис. 6 показаны нониусы с ценой деления 0,1 мм (рис. 6, а) и 0,05 мм (рис. 6, б).



1 – основная шкала; 2 – шкала нониуса

Рисунок 6 - Примеры отсчета размеров по нониусу штангенинструмента

По порядковому номеру совпадающих штрихов (на рис. 6 показаны стрелками) отсчитывают дробные доли деления основной шкалы.

Отсчет измеряемого размера A выполняют по формуле

$$A = n_1 \cdot a + n_2 \cdot c, \quad (4)$$

где a и n_1 – цена деления и число целых делений основной шкалы, пройденных нулевым штрихом нониуса; c и n_2 – цена деления и порядковый номер штриха нониуса, совпадающего со штрихом основной шкалы.

Например, для примера отсчета, показанного на рис. 6, б, $A = 56 \cdot 1 + 5 \cdot 0,05 = 56,25$ мм. Необходимо учитывать, что цифры над основной шкалой указывают количество сантиметров, в то время как отсчет измеряемых размеров ведется в миллиметрах.

Цена деления шкалы нониуса штангенинструмента, как правило, указывается на инструменте.

Погрешность штангенинструментов при измерении размеров до 1000 мм составляет $\pm 0,1$ мм.

Перед тем как приступить к измерениям, необходимо проверить штангенциркуль. Поверхности губок должны быть ровными, без искривлений и забоин. Чтобы убедиться в этом, губки сдвигают до полного соприкосновения. Между измерительными поверхностями не должно быть просвета, а нулевые штрихи основной шкалы и шкалы нониуса должны совпадать. Если при исправных поверхностях губок нулевые штрихи не

совпадают, то надо отвернуть винты нониусной пластинки и сдвинуть ее до совпадения штрихов. Затем следует проверить рамку. Если при затяжке стопорного винта возникает перекос и размер изменяется или же появляется зазор между губками, то такой штангенциркуль для работы непригоден.

Правильность установки глубиномера при измерениях определяют по отсутствию просвета между плоскостью основания и плоскостью измеряемого объекта. Перед работой со штангенглубиномером следует убедиться в том, что между измерительной поверхностью основания и поверочной плитой, на которой проверяется инструмент, нет просвета, а нулевые штрихи основной шкалы и шкалы нониуса совпадают. Если они не совпадают, следует поправить нониусную пластинку.

На рис. 7 представлены еще два примера чтения результатов измерения ШЦ-1.

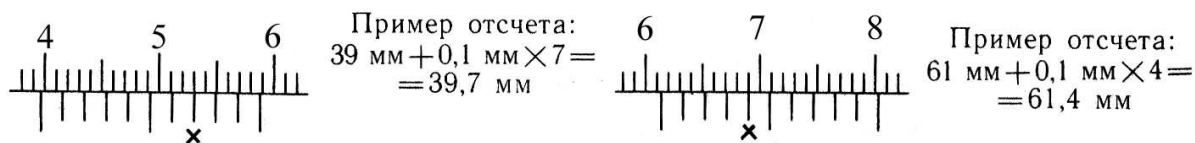
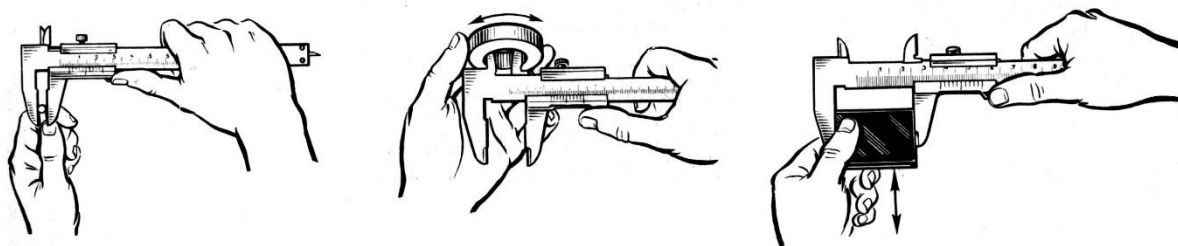


Рисунок 7 – Чтение показаний штангенциркуля (ц.д. 0,1 мм)

При измерении незакрепленной детали левой рукой, находящейся за губками, захватывают деталь недалеко от губок, правой рукой поддерживают штангу, при этом большим пальцем этой руки перемещают рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия (рис. 8, а). При чтении показаний штангенциркуля следует держать прямо перед глазами (рис. 8, б).

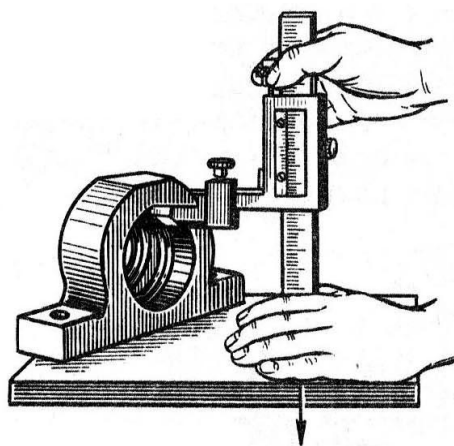


а) положение рук при измерении

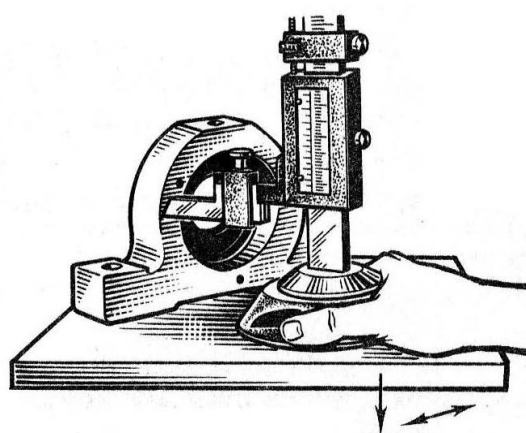
б) применение штангенциркуля

Рисунок 8 – Измерение штангенциркулем

Измерение и разметка штангенрейсмасом выполняется согласно рис. 9.



а) измерение



б) разметка

Рисунок 9 – Операции со штангенрейсмасом

5.3. Описание лабораторного оборудования

Для проведения лабораторной работы используется имеющиеся в лаборатории требующие измерения детали, а так же ШЦ.

5. 4. Порядок выполнения работы

Преподаватель выдает студентам ШЦ и требующие измерения детали, в отношении которых необходимо выполнить следующее действия:

- Студенты знакомятся с устройством ШЦ и правилами его использования.
- Преподаватель контролирует знания студентов в отношении правил использования ШЦ.

- Студенты получают детали, размеры которых необходимо определить с помощью ШЦ.
- Студенты выполняют эскиз полученной детали, на котором наносят полученные в результате измерений размеры.
- Указанный эскиз заносится в отчет по лабораторной работе.

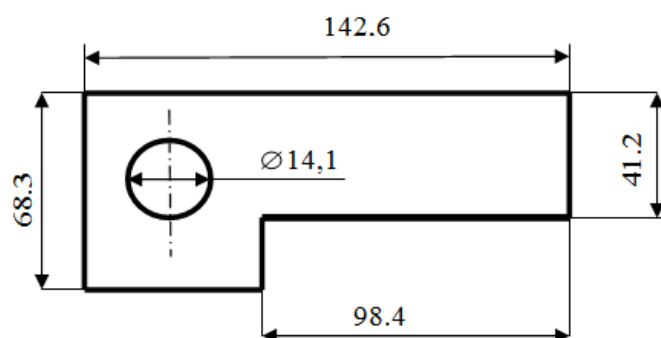


Рисунок 10 – Пример выполнения эскиза деталей и обозначение ее размеров

5. 5 Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- эскиз детали с размерами, полученными в результате выполненных измерений;

5. 6. Контрольные вопросы

1. Устройство штангенциркуля ШЦ-1.
2. Устройство штангенциркуля ШЦ-2.
3. Устройство штангенглубиномера.
4. Устройство штангенрейсмаса.
5. Устройство штангензубомера.
6. Устройство и назначение нониуса.
7. Правила проверки ШИ перед использованием.
8. Порядок чтения размера на ШЦ-1.
9. Порядок чтения размера на ШЦ-2.

Лабораторная работа № 6

УСТРОЙСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ МИКРОМЕТРИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

6.1. Цель работы

Цель лабораторной работы: изучение устройства микрометрических инструментов; получение навыков подготовки микрометрических инструментов к использованию; получение навыков выполнения измерений линейных размеров микрометрическими инструментами; получение навыков настройки микрометрических инструментов перед использованием.

6.2. Краткие сведения из теории и расчетные зависимости

Принцип действия микрометрических инструментов основан на реализации в конструкции винтовой пары, преобразующей вращательное движение микрометрического винта в неподвижной гайке в поступательное.

В соответствии с ГОСТ 6507-90 выпускают следующие типы микрометров по их применению:

МК - гладкие для измерения наружных размеров изделий;

МЛ - листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ - трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ - зубомерные для измерения длины общей нормали зубчатых колес с модулем от 1 мм;

МГ - микрометрические головки для измерения перемещения;

МП - микрометры для измерения толщины проволоки.

Наиболее распространены гладкие микрометры.

Микрометры изготавливают:

- с ценой деления 0,01 мм - при отсчете показаний по шкалам стебля и барабана;
- со значением отсчета по нониусу 0,001 мм – при отсчете показаний по шкалам стебля и барабана с нониусом;

– с шагом дискретности 0,001 мм – при отсчете показаний по электронному цифровому отсчетному устройству и шкалам стебля и барабана.

Микрометр гладкий типа МК является рабочим средством измерения наружных линейных размеров изделий с классами точности 1 и 2. Микрометр гладкий применяется в единичном, серийном и массовом производстве, обычно в цеховых условиях.

Диапазон измерений микрометром: 0-25; 25-50; 50-75; 75-100 мм и т.д.

Внешний вид микрометра представлен на рис. 1.

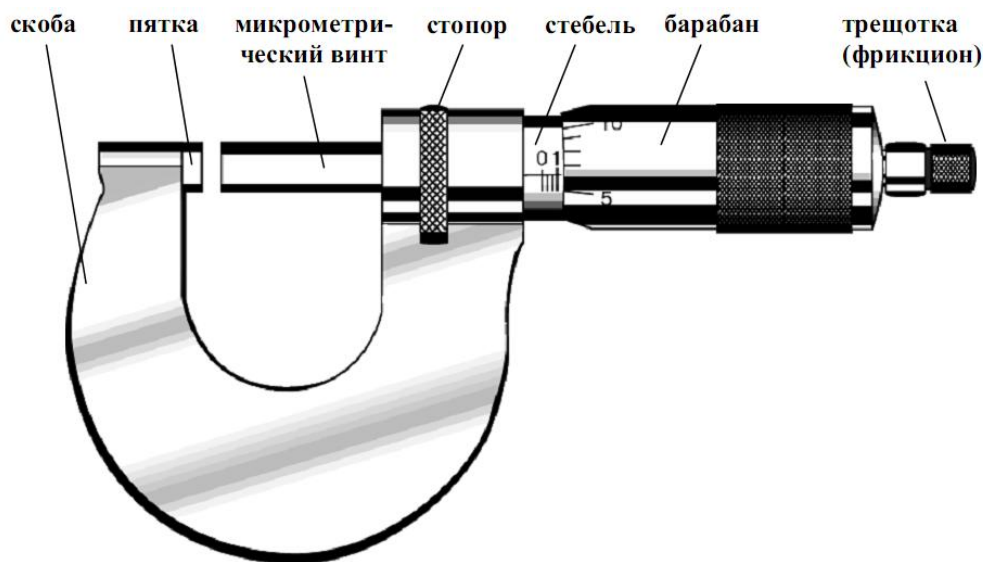


Рисунок 1 – Внешний вид микрометра

Основанием микрометра (рис. 1) является скоба, а преобразующим устройством служит винтовая пара, (ее часто называют микропарой). В скобу запрессованы пятка и стебель. Измеряемую деталь охватывают торцевыми измерительными поверхностями микровинта и пятки. Барабан присоединён к микровинту с помощью колпачка в котором находится корпус трещотки. Чтобы приблизить микровинт к пятке, вращают барабан трещотку по часовой стрелке (от себя), а для обратного движения микровинта (от пятки) барабан вращают против часовой стрелки (на себя).

Закрепляют микровинт в требуемом положении стопором.

Для ограничения измерительного усилия микрометр снабжён трещоткой. При плотном соприкосновении измерительных поверхностей микрометра с поверхностью измеряемой детали трещотка начинает проворачиваться с лёгким треском, при этом вращение микровинта следует прекратить после трёх щелчков. Результат измерения микрометром отсчитывается как сумма отсчётов по шкале стебля и шкале барабана.

Следует помнить, что цена деления шкалы стебля равна 0,5 мм, а шкалы барабана – 0,01 мм. Шаг резьбы микропары (микровинт и микрогайка) равен 0,5 мм. На барабане нанесено 50 делений. Если повернуть барабан на одно деление его шкалы, то торец микровинта переместится относительно пятки на 0,01 мм ($0,5 / 50 = 0,01$ мм).

Показания по шкалам гладкого микрометра отсчитывают в следующем порядке (рис. 2):

- по шкале стебля читают отметку около штриха, ближайшего к торцу скоса барабана;
- по шкале барабана читают отметку около штриха, ближайшего к продольному штриху стебля;
- складывают оба значения и получают показание микрометра.

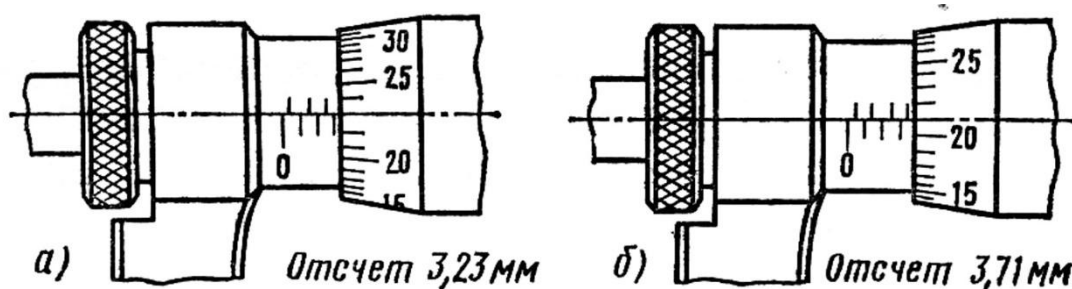


Рисунок 2 – Считывание показаний микрометра

Для установки «на ноль» все микрометры, кроме микрометра с диапазоном 0...25 мм, снабжены установочными концевыми мерами, размер которых равен нижнему пределу измерения данного микрометра.

Измерительное усилие для микрометров типа МК должно быть не менее 5 и не более 10 Н. Колебание измерительного усилия для микрометров всех типов не должно превышать 2 Н.

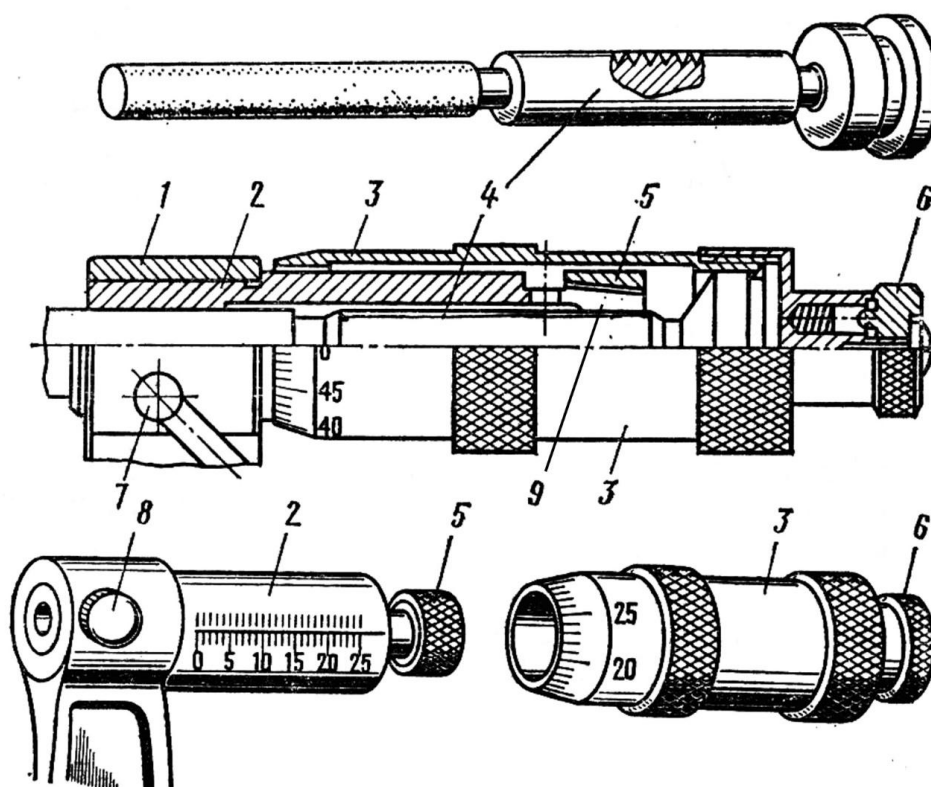
Предел допускаемой погрешности микрометра в любой точке диапазона измерений при нормируемом измерительном усилии и а также допускаемое изменение показаний микрометра от изгиба скобы при усилии 10 Н, направленном по оси винта, должны соответствовать для микрометра МК 0...25 ± 2 мкм. Допуск непараллельности измерительных поверхностей и допуск отклонения от плоскостности плоских измерительных поверхностей микрометра МК 0...25 1 класса точности соответственно 1,5 мкм и 0,6 мкм. Шероховатости Ra измерительных поверхностей микрометра должен быть не выше 0,08 мкм.

Конструкция микрометра должна обеспечивать возможность установки его в исходное положение при соприкосновении измерительных поверхностей между собой или с установочной мерой и компенсацию износа микрометрической резьбы винта и гайки, при этом начальный штрих стебля должен быть виден целиком, но расстояние от торца конической части барабана до ближайшего края штриха не должно превышать 0,15 мм.

Наружные поверхности скоб микрометров типа МК с верхним пределом измерения более 50 мм должны быть теплоизолированы.

Устройство микрометра представлено на рис. 3.

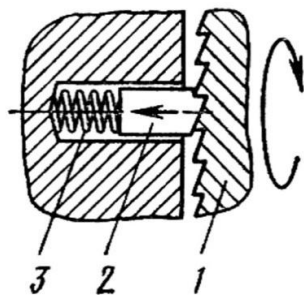
На рис. 3 показана микрометрическая головка, которой оснащают микрометры с верхним пределом до 100 мм. Микрометрический винт 4, проходя через гладкое направляющее отверстие стебля 2, ввинчивается в разрезную микрогайку 9, которая стягивается регулирующей гайкой 5 так, чтобы устранить зазоры в винтовой паре. На микровинте установочным колпачком 6 закреплен барабан 3. Стопор 7 или 8 ввинчивается во втулку 11 и фиксирует микровинт в требуемом положении.



1 – скоба; 2 – стержень; 3 – барабан; 4 – микрометрический винт;
5 – цанговая гайка; 6 – храповик; 7, 8 – стопор; 9 – микрогайка

Рисунок 3 – Устройство микрометра

Палец 2, помещенный в глухое отверстие колпачка, прижимается пружиной 3 к зубчатой поверхности трещетки 1, которая крепится на колпачке. При вращении трещетка передает микровинту через палец крутящий момент, обеспечивающий заданное измерительное усилие 5–9 Н. Если измерительное усилие больше, то трещетка поворачивается с характерными щелчками (рис. 4, 5).



1 – трещетка; 2 – палец; 3 – пружина

Рисунок 4 – Устройство трещетки

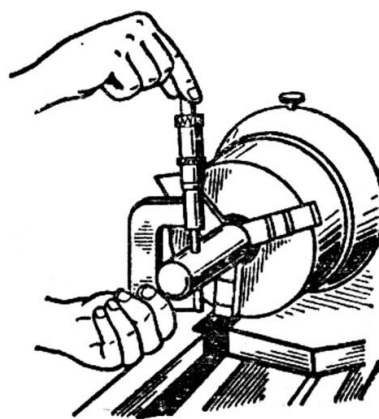


Рисунок 5 – Измерение микрометром

Подготовка к измерению микрометром гладким:

а) цилиндрическую поверхность элемента вала, который задано измерить, тщательно протереть чистой тканью для удаления налипших остатков стружки, окалины, шлама и смазочно-охлаждающей жидкости.

б) протереть микрометр чистой тканью (особенно тщательно измерительные поверхности микровинта и пятки). Проверить свободу перемещения стопора, плавность работы трещотки и легкость вращения микровинта в микрогайке и стебле.

с) проверить установленность микрометра на «ноль». Для этого проверяемый микрометр взять за скобу левой рукой около пятки (как показано на рис. 4) и, вращая микровинт за трещотку от себя, плавно подвести его торец к торцу пятки до соприкосновения торцов, пока трещотка не провернется 3-4 раза (рис. 6).

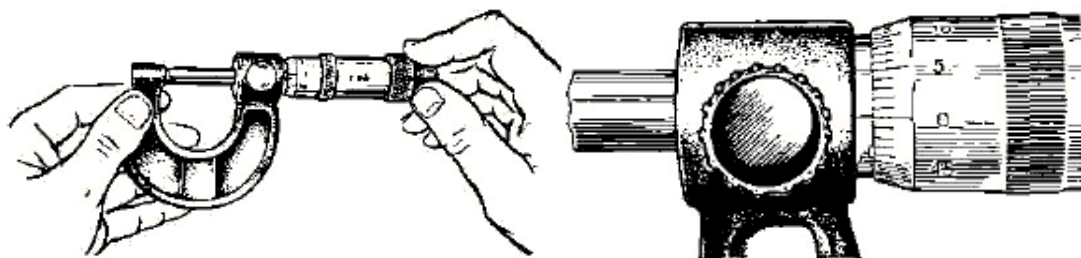


Рисунок 6 – Контроль установки гладкого микрометра на «ноль»

Рисунок 7 – Изображение шкал микрометра в положении правильной установки на «ноль»

В этом положении нулевой штрих шкалы барабана должен совпасть с продольным штрихом шкалы стебля, а срез барабана должен находиться над нулевым штрихом шкалы стебля (рис. 7). Если такого совпадения нет, то микрометр установлен на «ноль» неточно и измерять им нельзя.

Установка микрометра на «ноль»:

а) в положении плотного соприкосновения измерительных поверхностей микровинта и пятки закрепить стопором микровинт, вращая стопор по часовой стрелке до прочного зажатия (рис. 8).

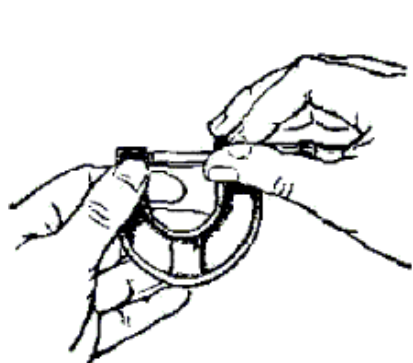


Рис. 8. Закрепление винтового стопора гладкого микрометра



Рис. 9. Освобождение барабана микрометра

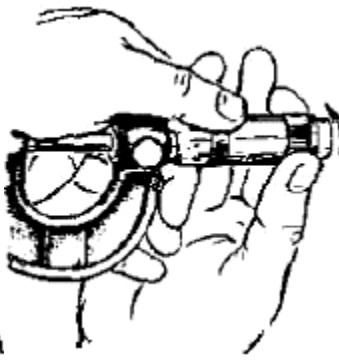


Рис. 10. Закрепление барабана микрометра корпусом трещотки

б) отсоединить барабан от микровинта, для чего охватить левой рукой барабан, а правой рукой – корпус трещотки и вращать его против часовой стрелки (на себя) до появления осевого люфта барабана на микровинте (рис. 9).

в) совместить нулевой штрих шкалы барабана с продольным штрихом шкалы стебля, для чего скобу микрометра охватить левой рукой, как показано на рис. 8, причем пальцами левой руки удерживать барабан в положении совпадения нулевых штрихов, а правой рукой вращать корпус трещотки по часовой стрелке до полного закрепления барабана на микровинте (рис. 10).

г) освободить стопор, вращая его против часовой стрелки.

д) проверить правильность выполненной установки микрометра на «ноль»; для этого отвести микровинт от пятки, вращая его за трещотку

против часовой стрелки на 3-4 оборота и плавным движением подвести микровинт к пятке, как было указано выше в пункте с.

Если установка микрометра на «ноль» с первого раза не удалась, то ее повторяют заново до тех пор, пока не будет достигнута требуемая точность совпадения нулевых штрихов шкал.

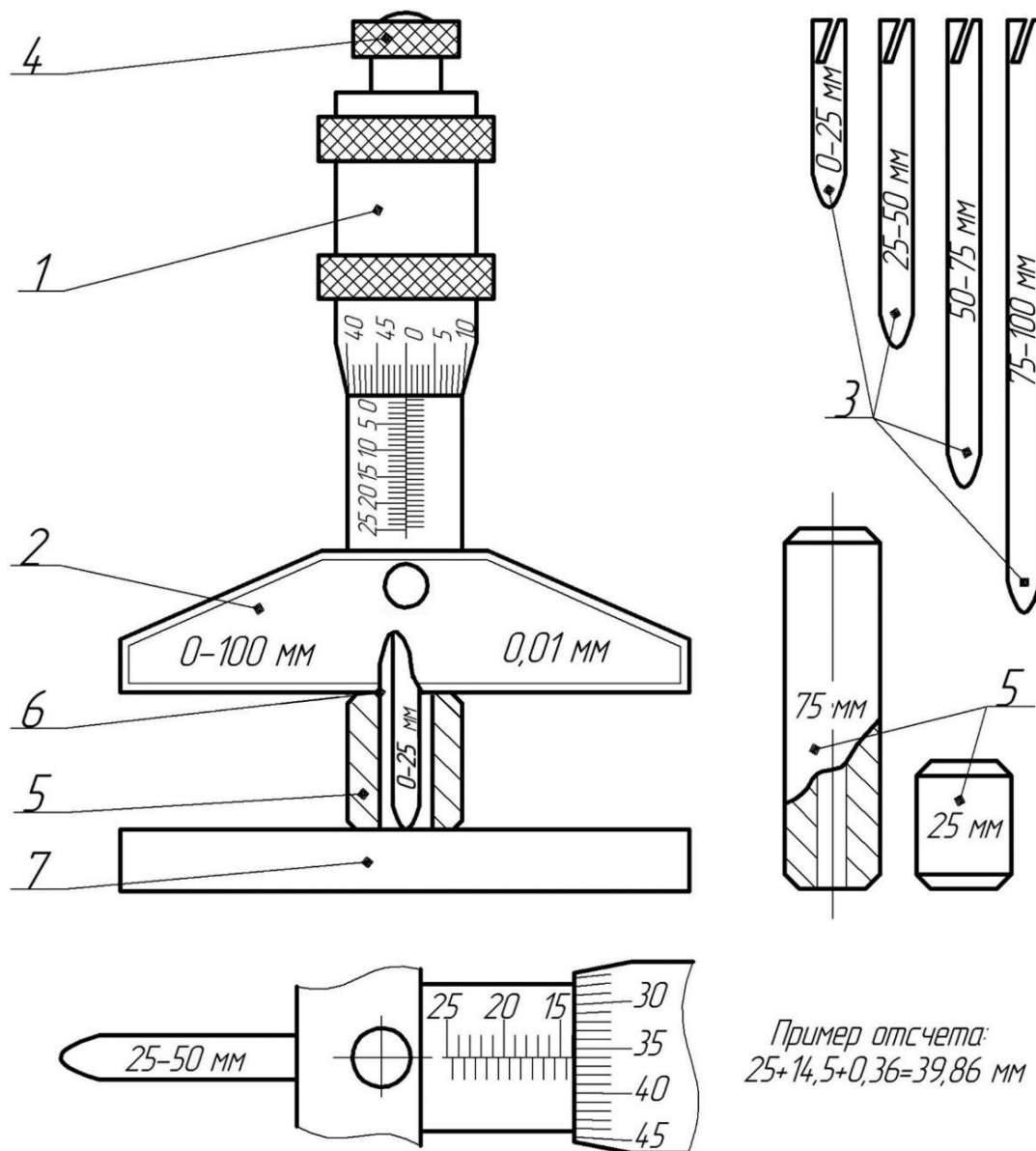
Микрометрический глубиномер.

Микрометрические глубиномеры предназначены для измерений глубины пазов, отверстий и высоты уступов.

Микрометрический глубиномер состоит из микрометрической головки 1, запрессованной в основание 2 (рис. 11). Конструкция микрометрической головки глубиномера аналогична конструкции микрометрической головки гладкого микрометра. В отверстие на торце микровинта вставляются разрезными пружинящими концами сменные измерительные стержни 3, имеющие сферическую измерительную поверхность. Микровинт зажимается стопорным винтом 4. Диапазон измерений микрометрических глубиномеров составляет 0-25; 25-50; 50-75 и т.д. до 125-150 мм. Цифры у штрихов стебля и барабана микрометрического глубиномера нанесены в обратном порядке по сравнению с гладким микрометром, так как чем больше глубина, тем дальше выдвинут микровинт.

При настройке нулевого положения торец основания глубиномера прижимают к торцу специальной установочной меры 5 (рис. 11), выбираемой в зависимости от применяемого в данном случае сменного измерительного стержня 3. Например, если применяется измерительный стержень 25 - 50 мм, то установочная мера выбирается на 25 мм, для измерительного стержня 50 - 75 мм установочная мера выбирается на 50 мм и т.д. Установочная мера устанавливается на измерительной плите, торец основания глубиномера прижимается к торцу установочной меры, измерительный стержень вводится внутрь установочной меры путем

вращения трещотки барабана до соприкосновения с поверхностью измерительной плиты, то есть до появления характерных щелчков трещотки.



1 – барабан; 2 – основание; 3 – измерительный стержень (сменный); 4 – трещотка;
 5 – поверочная мера; 6 – торец поверочной меры; 7 – поверочная плита

Рисунок 11 - Устройство микрометрического глубиномера

6.3 Описание лабораторного оборудования

Для проведения лабораторной работы используется имеющиеся в лаборатории требующие измерения детали, а так же микроманометры.

6.4. Порядок выполнения работы

Преподаватель выдает студентам микрометр и требующие измерения детали, в отношении которых необходимо выполнить следующие действия:

- Студенты знакомятся с устройством микрометра и правилами его использования
- Преподаватель контролирует знания студентов в отношении правил использования микрометра
- Студенты получают детали, размеры которых необходимо определить с помощью микрометра
- Студенты выполняют эскиз полученной детали, на котором наносят полученные в результате измерений размеры.
- Указанный эскиз заносится в отчет по лабораторной работе.

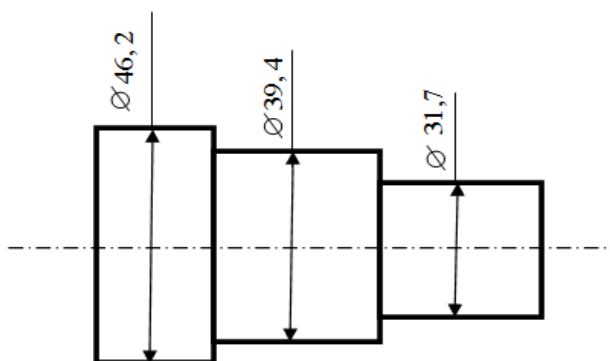


Рисунок 12 – Пример выполнения эскиза детали

6.5 Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- эскиз детали с размерами, полученными в результате выполненных измерений;

6.6. Контрольные вопросы

1. Принцип работы микрометрических инструментов.
2. Устройство гладкого инструмента.

3. Назначение храпового механизма.
4. Правила чтения показаний измерения микрометром.
5. Классификация микрометрических инструментов.
6. Указать шаг резьбы стандартного микрометра.
7. Правила проверки готовности микрометра к измерениям.
8. Метод настройки гладкого микрометра на «ноль».

Лабораторная работа № 7

УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

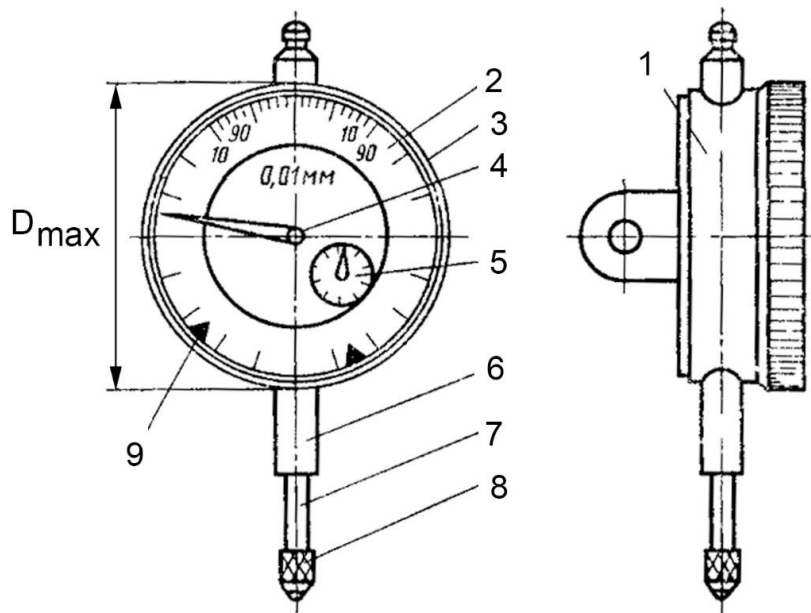
7.1. Цель работы

Ознакомление студентов с назначением и устройством и применением индикаторных измерительных приборов. Привить навыки настройки, определения размеров деталей, определения отклонений формы поверхности детали индикаторных измерительных приборов.

7.2. Краткие сведения из теории и расчетные зависимости

Измерительными головками называются отсчетные устройства, преобразующие малые перемещения измерительного стержня в большие перемещения стрелки по шкале (индикаторы часового типа, рычажно-зубчатые индикаторы, многооборотные индикаторы, рычажно-зубчатые головки).

На рис. 1 представлен внешний вид индикатора часового типа.



1 – корпус; 2 – циферблат; 3 – ободок; 4 – стрелка; 5 – указатель; 6 – гильза;
7 – измерительный стержень; 8 – измерительный наконечник; 9 – указатель поля допуска
Рисунок 1 - Индикатор ИЧ с перемещением измерительного стержня параллельно шкале

В качестве отдельного измерительного устройства головки использоваться не могут и для измерения их устанавливают на стойках, штативах или оснащают приборы и контрольно-измерительные приспособления.

Измерительные головки предназначены в основном для относительных измерений. Если размеры деталей меньше диапазона показаний прибора, то измерения могут быть выполнены абсолютным методом.

Индикаторы часового типа предназначены для контроля линейных размеров и отклонений формы и расположения поверхностей

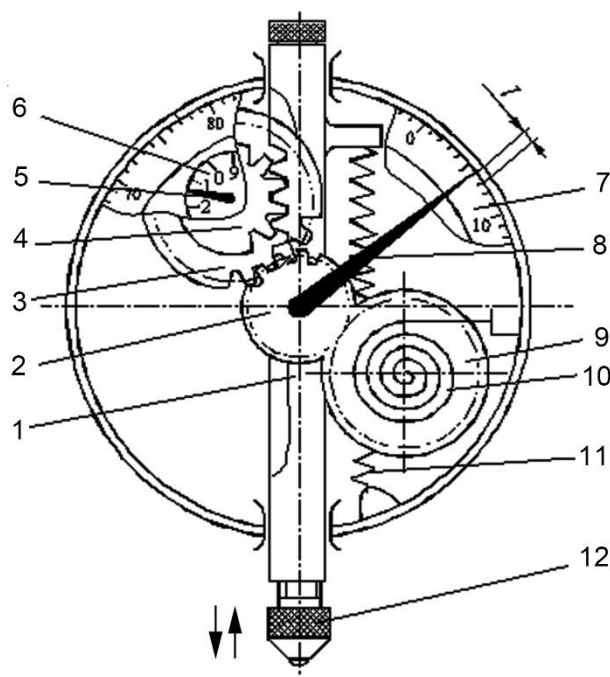
Наиболее распространенными измерительными головками с зубчатой передачей являются индикаторы часового типа.

Индикаторы часового типа имеют цену деления большой шкалы равную 0,01 мм. Большинство индикаторов имеет диапазон показаний 2 мм (ИЧ-2), 5 мм (ИЧ-5), 10мм (ИЧ-10) и реже выпускаются индикаторы с диапазоном показаний 25 мм (ИЧ-25) и 50 мм (ИЧ-50).

Погрешность измерений индикатором часового типа зависят от перемещения измерительного стержня. Так в диапазоне показаний $1 \div 2$ мм погрешность измерения находится в пределах $10 \div 15$ мкм, а в диапазоне $5 \div 10$ мм погрешность находится в пределах $18 \div 22$ мкм.

Принцип действия индикатора часового типа состоит в следующем (рис. 2).

Измерительный стержень 1 перемещается в точных направляющих втулках. На стержне нарезана зубчатая рейка, находящаяся в зацеплении с трибом 4 ($z=16$). Трибом в приборостроении называют зубчатое колесо малого модуля с числом зубьев $z \leq 18$. На одной оси с трибом 4 установлено зубчатое колесо 3 ($z=100$), которое передает вращение трибу 2 ($z=10$). На одной оси триба 2 закреплена большая стрелка 8, которая двигается по шкале 7, отсчитывая десятые и сотые доли миллиметра перемещения измерительного стержня с наконечником 12 .



1 – измерительный стержень и зубчатой рейкой; 2, 3, 4, 9 – мелко модульное зубчатое колесо; 5, 8 – стрелка; 6, 7 – шкала; 10, 11 – пружина; 12 – измерительный наконечник

Рисунок 2 – Устройство индикатора часового типа

При перемещении измерительного стержня в диапазоне показаний большая стрелка совершает несколько оборотов, поэтому в конструкции индикатора часового типа установлена дополнительная стрелка 5 на оси триба 4 и колеса 3.

При перемещении измерительного стержня на 1 мм большая стрелка 8 совершает один оборот, а стрелка 5 перемещается на одно деление малой шкалы 6.

Число делений малой шкалы определяет диапазон показаний индикаторов часового типа в мм.

С трибом 2 находится в зацеплении второе зубчатое колесо 9 ($z=100$). К оси этого колеса одним концом присоединена спиральная пружина 10, второй конец которой закреплен в корпусе индикатора. Пружина обеспечивает работу зубчатых колес в режиме однопрофильного зацепления, уменьшая тем самым влияние зазоров в зубчатых парах на погрешность измерений.

В индикаторе часового типа предусмотрена винтовая пружина 11, один конец которой укреплен на измерительном стержне, а другой – на корпусе индикатора. Эта пружина создает измерительное усилие на стержне $P=150\pm60$ сН.

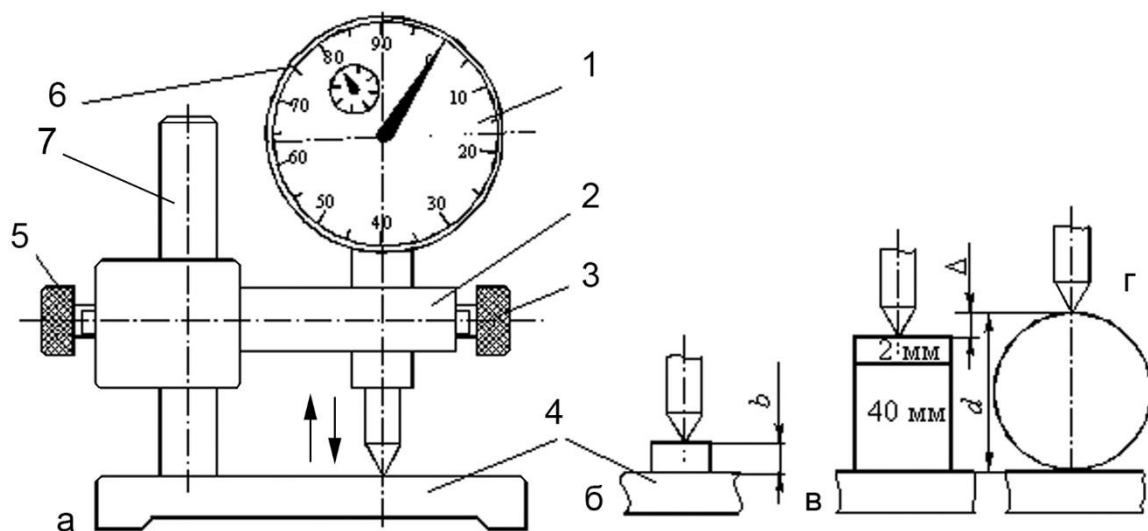
Все индикаторы часового типа имеют цену деления большой шкалы равную 0,01 мм. Большинство индикаторов имеет диапазон показаний 2 мм (ИЧ-2), 5 мм (ИЧ-5), 10мм (ИЧ-10) и реже выпускаются индикаторы с диапазоном показаний 25 мм (ИЧ-25) и 50 мм (ИЧ-50).

Погрешность измерений индикатором часового типа зависят от перемещения измерительного стержня. Так в диапазоне показаний 1÷2 мм погрешность измерения находится в пределах 10÷15 мкм, а в диапазоне 5÷10мм погрешность находится в пределах 18÷22 мкм.

Измерение индикатором часового типа

Процедура измерения индикатором представлена на рис. 3.

Индикатор 1 крепится на индикаторной стойке. Индикаторная стойка образована индикаторным столиком 4 с неподвижно закрепленной на нем колонке 7 с подвижным кронштейном 2. Кронштейн 2 винтом 5 крепится на колонке. Индикатор крепится к кронштейну винтом 5. Ослабляя винт 5, опускаем индикатор до касания наконечником измерительного столика 4, после чего опускаем дополнительно еще на 1...2 мм (создаем «натяг»). Фиксируем это положение затягиванием винта 5. Поворачиваем за ободок 6 круговой шкалы индикатора до совмещения «0» шкалы с большой стрелкой. Записываем показания индикатора (например, 1,00 мм при натяге 1 мм).



1 – индикатор; 2 – кронштейн; 3, 5 – винт; 4 – измерительный столик; 6 – ободок

Рисунок 3 – Измерение индикатором часового типа

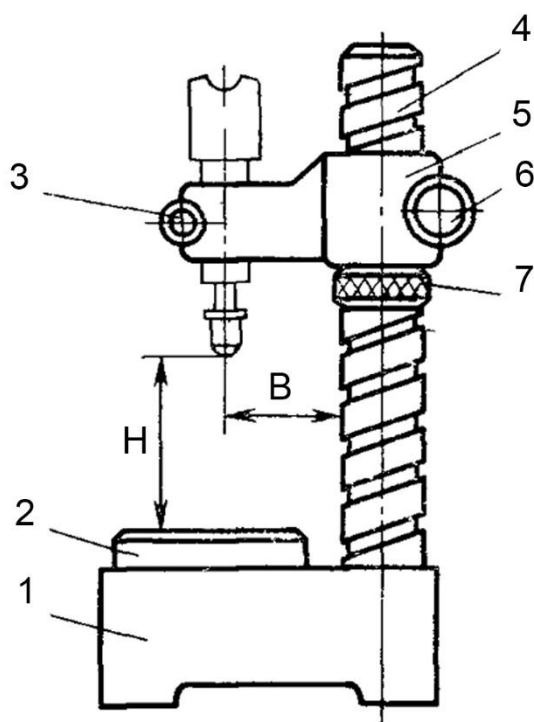
Не изменяя положение корпуса индикатора, поднимаем измерительный наконечник и кладем на измерительный столик деталь. Отпускаем стержень (рис. 2, б) и записываем показание индикатора (например, 6,38 мм). Разница между показанием индикатора при измерении и при настройке дает значение перемещения стержня относительно столика при измерении ($b = 6,38 - 1,00 = 5,38$ мм). Это и будет размер b . Таким способом производят измерения абсолютным методом.

В тех случаях, когда размер детали больше диапазона показаний прибора, пользуются относительным методом. Для этого определяем приблизительно размер детали (например, по оценке измерения штангенциркуля типа ШЦ-1, около 57 мм), набирается блок из плоскопараллельных концевых мер длины (также 57 мм) настраиваем прибор на «0» относительно плоскопараллельных концевых мер длины (ПКМД) (рис.4,в) аналогично настройке при абсолютном методе. Записываем показания индикатора (например, 1,00 мм), убираем блок ПКМД и ставим деталь. Записываем показания индикатора (например, 3,24 мм). Определяем перемещение стержня при измерении относительно ПКМД ($\Delta = 3,24 - 1,00 = 2,24$ мм) (рис.4,г). Действительный размер детали $d = \text{ПКМД} + \Delta$ (например,

$d=57+2,24=59,24$ мм). При сложении необходимо учитывать знак относительного перемещения: если размер детали окажется меньше блока ПКМД, то Δ получится отрицательным. Например, если индикатор показывал при настройке 1,00 мм, а при измерении 0,42 мм, то $\Delta=0,42 - 1,00= - 0,58$ мм.

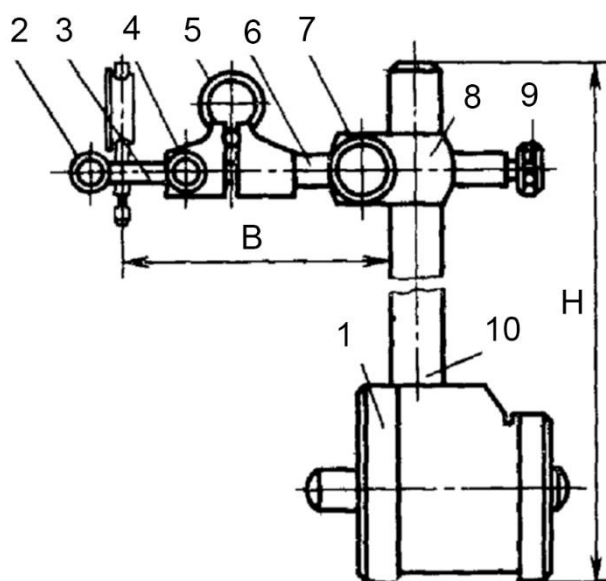
Относительным методом пользуются и в тех случаях, когда необходимо уменьшить погрешность измерения, т.е. уменьшить измерительное перемещение с тем, чтобы избавиться от накапливающейся погрешности прибора.

Общий вид некоторых измерительных стоек представлен на рис. 4-5.



1 – основание; 2 – измерительный столик;
3 – винт зажима индикатора; 4 – колонка;
5 – кронштейн; 6 – винт зажима
кронштейна; 7 – регулировочное кольцо

Рисунок 4 – Стойка измерительная С-1



1 – магнитное основание; 2 – винт зажима
индикатора; 3 – державка; 4 – винт зажима
державки; 5 – пружинное кольцо;
6 – стержень; 7 – зажимной винт;
8 – хомут; 9 – винт тонкой установки
на размер; 10 – колонка

Рисунок 5 – Стойка измерительная ШМ-1

7.3. Описание лабораторного оборудования

Для проведения лабораторной работы используется имеющиеся в лаборатории требующие измерения детали, а так же индикатор с измерительной стойкой.

В лабораторной работе осуществляется измерение радиального (рис. 6, а) и торцевого (рис. 6, б) биения вала.

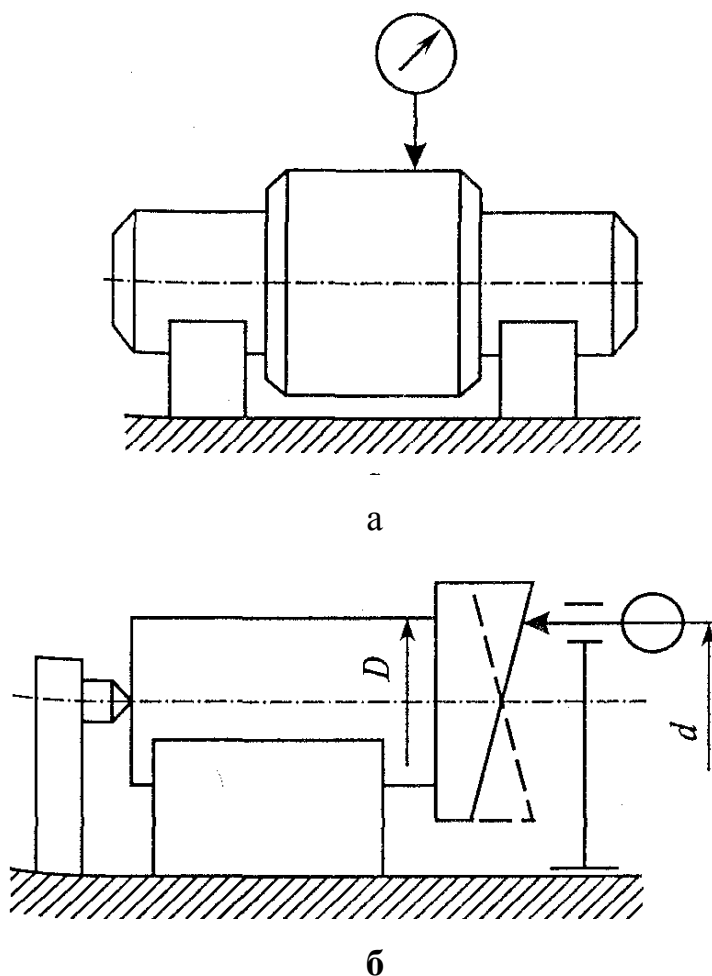


Рисунок 6 – схема измерения радиального (а) и торцевого (б) биения вала

7.3. Порядок выполнения работы

Преподаватель выдает студентам индикатор и требующие измерения детали, в отношении которых необходимо выполнить следующее действия:

- Студенты ознакамливаются с устройством индикатора и правилами его использования

- Преподаватель контролирует знания студентов в отношении правил использования индикатора и индикаторной стойки.
- Студенты получают детали, параметры которых (биение) необходимо определить с помощью индикатора
- Студенты выполняют измерение (биение) полученной детали и заполняют таблицу показаний индикатора при различных угловых положениях детали (вала).

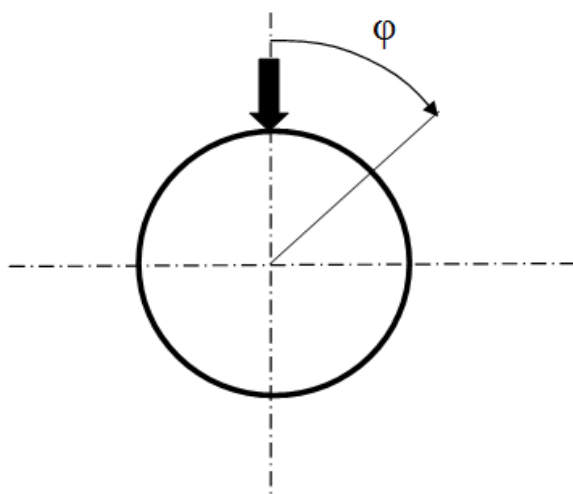


Таблица 7.1 - Результаты измерений

№	Угол φ поворота вала, град	Показания индикатора, δ	
		Радиальное биение	Торцевое биение
1	0		
2	45		
3	90		
4	135		
5	180		
6	225		
7	270		
8	315		

- Строится график зависимости биения вала δ от его углового положения φ (рис. 7).

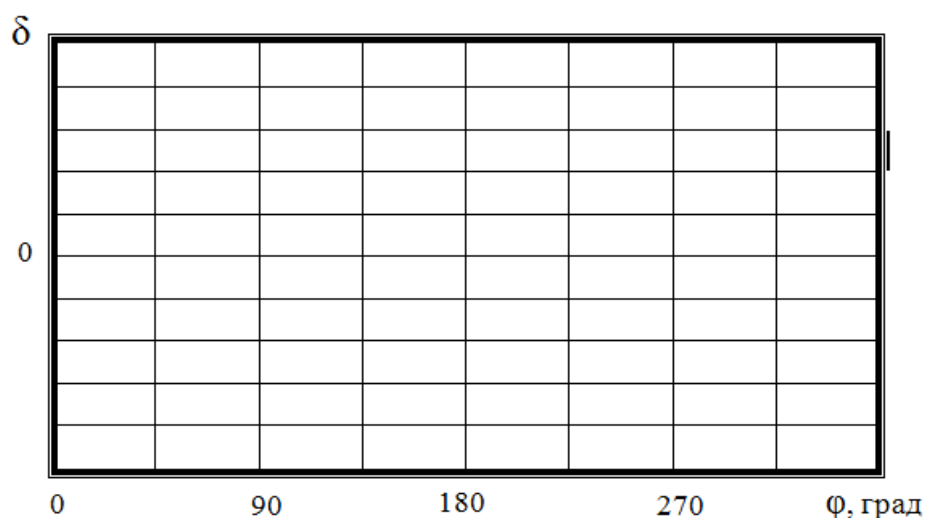


Рисунок 7 – Шаблон графика построения биения δ от углового положения φ

7.4. Содержание отчета

В отчете должны быть приведены:

- название, цель лабораторной работы;
- таблица результатов измерений
- график зависимости биения δ от углового положения φ

7.5. Контрольные вопросы

1. Устройство индикаторов часового типа.
2. Метрологические характеристики индикаторных приборов. Метод измерения.
3. Измерение индикаторными приборами.
4. Индикаторная скоба. Настройка скобы для измерений.
5. Измерения индикаторной скобой.
6. ПКМД. Назначение.
7. ПКМД. Устройство струбины для формирования размера.
8. Что такое радиальное биение?
9. Что такое торцевое биение?

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 577-68 (СТ СЭВ 3138-81). Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия : утв. Госстандартом СССР 05.02.1968 : ред. от 01.07.1987. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992 — URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1019479909> (дата обращения: 25.09.2023). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
2. ГОСТ 4381-87. Микрометры рычажные. Общие технические условия : утв. Постановлением Госстандарта СССР от 20.02.1987 N 294 : ред. от 01.10.1992. — Текст : электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992 — URL: <https://client.consultant.ru/site/list/?id=1019479732> (дата обращения: 25.09.2023). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
3. ГОСТ 10197-70. Государственный стандарт Союза ССР. Стойки и штативы для измерительных головок. Технические условия : утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 08.09.1970 N 1387 : ред. от 01.01.1991. Текст : электронный // КонсультантПлюс : справ. правовая система. — 1992 — URL: <https://login.consultant.ru/link/?req=doc&base=OTN&n=18648&dst=100005,2> (дата обращения: 25.09.2023). — Режим доступа: из локальной сети Севастопольского государственного университета.
4. Никифоров А. Д. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А. Д. Никифоров. — М. : Высш. шк., 2000. — 510 с. — Текст : непосредственный.
5. Козловский Н. С. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / Н. С. Козловский, А. Н. Виноградов. — М. : Машиностроение, 1982. — 284 с. — Текст : непосредственный.
6. Очеретяный В. А. Допуски и технические измерения : методические указания для рядового состава машинной команды / В. А. Очеретяный,

К. В. Перепадя, Н. В. Шерстнев, Д. В. Бойченко. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2005. – 28 с. – Текст : непосредственный.

7. Индикатор часового типа с демпфирующим устройством. Модель ИЧ 10МД. Методы и средства поверки МИ 481-84 : методические указания. – URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/a3f/4293778720.pdf> (дата обращения: 25.09.2023). – Текст : электронный.
8. ЧИЗ. Челябинский инструментальный завод : официальный сайт. – URL: <http://www.chiz.ru>. (дата обращения: 25.09.2023). – Текст : электронный.
9. Mitutoyo Japan : официальный сайт. – URL: <https://www.mitutoyo.co.jp/eng/useful/catalog-2014/index.html#page=379>. (дата обращения: 25.09.2023). – Текст : электронный.
10. HEXAGON. TESA. Technology : официальный сайт. – URL: <http://www.tesagroup.fr/en-gb/products/internal-measurement-f23.htm#> (дата обращения: 25.09.2023). – Текст : электронный.

Учебное издание

**Гриненко Надежда Константиновна
Тимофеев Вячеслав Алексеевич
Очеретяный Владимир Анатольевич**

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И СЕРТИФИКАЦИЯ
СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Изд. № 157/2023. Объем 4,5 п.л. Усл. печ. л. 4,18. Уч.-изд. л. 4,41.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»