

ВВЕДЕНИЕ

Индикаторными называют инструменты, у которых линейные перемещения измерительного наконечника преобразуются в пропорциональные угловые перемещения стрелки по циферблату, имеющему соответствующие деления.

Индикаторные инструменты применяются для контроля размеров и геометрической формы изделий, а также для проверки правильности взаимного расположения поверхностей деталей в узлах машин.

Основной задачей лабораторной работы является закрепление знаний студентов по вопросам технических измерений с помощью индикаторного измерительного инструмента. При ее выполнении студенты должны приобрести практические навыки в решении конкретных задач теоретического и производственного характера по вопросам определения, назначения и области применения индикаторного измерительного инструмента, проведения измерений и контроля с его помощью.

Цель работы:

- 1) изучить устройство индикаторных инструментов и область их применения;
- 2) научиться производить измерения с помощью индикаторных инструментов.

Оснащение рабочего места: индикаторы часового типа с ценой деления 0,01–0,002 мм, стойка легкого типа с индикатором, индикаторный нутромер, индикаторный глубиномер, индикаторные скобы, микрометры гладкие, плоскопараллельные концевые меры длины, плакаты, объекты измерения.

Лабораторная работа подразделяется на два этапа – подготовительный и исполнительный.

Подготовительный этап включает:

- 1) повторение (изучение) темы «Универсальные средства измерений. Индикаторный измерительный инструмент»;
- 2) изучение содержания данных методических указаний;
- 3) оформление отчета с указанием темы лабораторной работы, ее цели и общих сведений об индикаторном измерительном инструменте;
- 4) построение необходимых эскизов объектов измерений и таблиц для записи результатов измерений.

Исполнительный этап включает практическую работу по измерению деталей индикаторным измерительным инструментом и оформление отчета.

1. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ИНДИКАТОРНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И ИХ НАСТРОЙКА

1.1. Индикаторы часового типа

Промышленностью выпускаются индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 и 0,002 мм. Наиболее распространены индикаторы с ценой деления 0,01 мм, которые бывают двух типов:

- 1) *нормальные* – с пределом измерений по шкале 0–5 и 0–10 мм;
- 2) *малогабаритные* – с пределом измерений по шкале 0–2 и 0–3 мм.

Индикаторы часового типа являются рычажно-механическими приборами с зубчатой передачей. Принцип действия их основан на преобразовании возвратно-поступательного движения измерительного стержня во вращательное движение стрелки с помощью зубчатого передаточного механизма. Индикаторы широко используются в различных приборах, а также совместно со штативами и стойками при определении размеров, овальности, конусности, биения, несоосности и других погрешностей деталей как абсолютным, так и относительным методами.

Индикатор часового типа (рис. 1) состоит из корпуса, в направляющей гильзе которого перемещается измерительный стержень 1. Средняя часть выполнена в виде рейки, которая находится в зацеплении с зубчатым колесом 2, имеющим 16 зубьев. На оси этого колеса посажено большое колесо 4 с числом зубьев $z = 100$. Колесо 4 находится в зацеплении с колесом 5, имеющим 10 зубьев. На оси колеса 5 посажена большая стрелка индикатора 3. В корпусе индикатора имеется другое зубчатое колесо 6 с числом зубьев $z = 100$, к оси которого присоединена спиральная пружина 7. Другой конец спиральной пружины прикреплен к корпусу головки. Пружина и колесо введены в конструкцию головки для того, чтобы обеспечить работу передачи по одной стороне профиля зуба, благодаря чему выбираются боковые зазоры между зубьями колес и, следовательно, устраняется погрешность мертвого хода. С корпусом индикатора подвижно соединен ободок, связанный со шкалой. Шкала вместе с ободком поворачивается относительно корпуса головки, что необходимо для совмещения нулевого деления шкалы с концом стрелки 3 индикатора при настройках инструмента. Индикаторы имеют малую стрелку, предназначенную для фиксации числа оборотов большой стрелки. Измерительный стержень 1 перемещается в направляющей гильзе, которая служит для крепления головки к измерительным приборам. Диаметр гильзы равен 8 мм. В нижнюю часть измерительного стержня 1 ввинчивается нако-

нечник. Пределы измерения индикаторных головок определяются осевым ходом измерительного стержня.

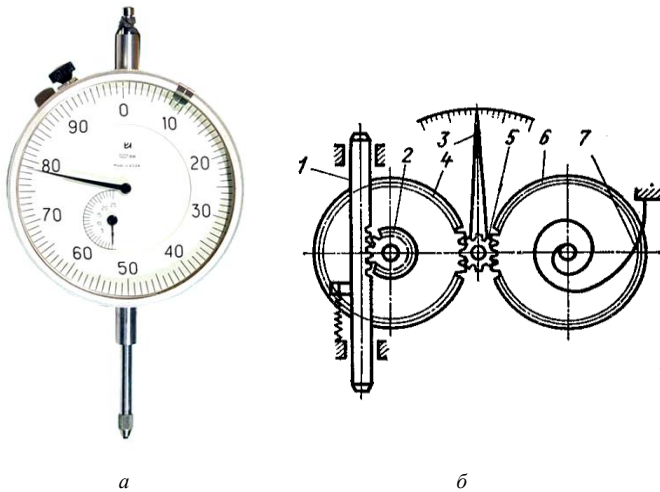


Рис. 1. Индикатор часового типа: *а* – общий вид; *б* – кинематическая схема: 1 – измерительный стержень; 2 – зубчатое колесо на 16 зубьев; 3 – большая стрелка индикатора; 4, 6 – зубчатое колесо на 100 зубьев; 5 – зубчатое колесо на 10 зубьев; 7 – спиральная пружина

В индикаторах часового типа поступательному перемещению измерительного стержня на 0,01 мм соответствует перемещение большой стрелки на одно деление шкалы. А так как шкала индикатора имеет 100 делений, следовательно, полный оборот большой стрелки соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм. Каждый полный оборот большой стрелки соответствует повороту на одно деление малой стрелки по шкале указателя поворотов, значит, цена деления шкалы указателя поворотов равна 1 мм. Измерительное усилие, создаваемое пружиной 10, находится в пределах 1,2–2,2 Н. Указанная пружина удерживает измерительный стержень индикатора в крайнем нижнем положении.

Малогабаритные индикаторы незначительно отличаются от нормальных. Они имеют меньшие размеры корпуса и применяются в тех случаях, когда измерения производят в стесненных условиях.

Допустимые погрешности показаний индикаторов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Допустимые погрешности показаний индикаторов часового типа

В пределах всего интервала измерений		В пределах 1 мм на любом участке измерения	В пределах аттестованного участка шкалы, мм
Для индикаторов с пределом измерения		Для индикаторов всех пределов измерения	
0–5	0–10		
0,020	0,025	0,015	0,008

1.2. Индикаторные нутромеры

Индикаторные нутромеры предназначены для относительных измерений внутренних размеров деталей. Выпускаются индикаторные нутромеры нескольких типов:

- *цанговые* – для измерения отверстий диаметром от 3 до 10 мм;
- *с клиновой и рычажной передачей* – для измерения диаметров от 6 до 450 мм;
- *с прямой передачей* – для измерения отверстий от 450 до 1000 мм.

Индикаторные нутромеры получили широкое применение как в машиностроительной промышленности, так и в ремонтном производстве. Особенно широко применяются в ремонтном производстве индикаторные нутромеры с клиновой и рычажной передачами.

Основными частями индикаторного нутромера (рис. 2, а) являются подвижный 1 и неподвижный 2 измерительные стержни, индикатор часового типа 3, рычаг 4 и шток 5, служащие для передачи перемещения подвижного стержня индикатору, и центрирующий мостик 6.

Наличие мостика обеспечивает касание индикаторного нутромера с измеряемым отверстием в дополнительных двух подвижных точках и более точную установку прибора по диаметру этого отверстия.

Подвижный измерительный стержень и рычаг размещены в корпусе 7 прибора, индикатор часового типа – в кожухе 8, а шток – в трубке 9 с надетой на нее теплоизоляционной втулкой 11. Для создания измерительного усилия служит пружина 12. Рычаг, вращающийся на оси 10, выполнен равноплечим, поэтому отклонения подвижного измерительного стержня 1 и измерительного стержня индикатора при измерении всегда равны между собой.

Индикаторные нутромеры с клиновой и рычажной передачами выпускаются с пределами измерения 6–10, 10–18, 18–35, 35–50, 50–100, 100–160, 160–250 и 250–450 мм.

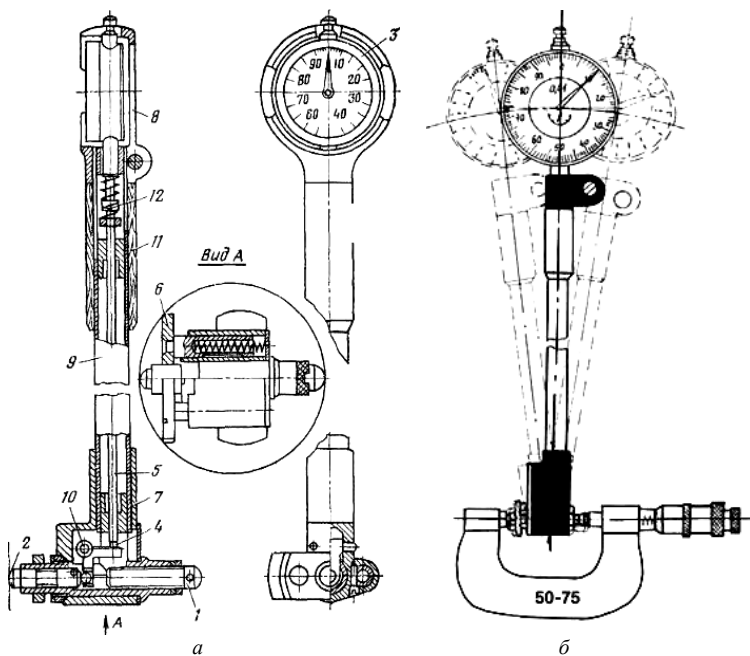


Рис. 2. Индикаторный нутромер с рычажной передачей: а – схема индикаторного нутромера; б – установка индикаторного нутромера на нуль; 1 – подвижный (измерительный) стержень; 2 – неподвижный (регулируемый) стержень; 3 – индикатор часового типа; 4 – двуплечий рычаг; 5 – шток; 6 – центрирующий мостик; 7 – корпус; 8 – кожух; 9 – трубка; 10 – ось вращения рычага; 11 – теплоизоляционная втулка (рукоятка); 12 – пружина

Установка индикаторного нутромера на нуль производится либо по установочному кольцу, либо по блоку плоскопараллельных концевых мер длины с фиксацией его в специальном приспособлении или микрометре, либо по микрометру (рис. 2, б), который должен быть поверен и настроен. Во всех перечисленных случаях настройка индикаторного нутромера производится на размер, равный номинальному диаметру измеряемого отверстия. Отклонение размера отверстия от номинального отсчитывается по шкале индикатора с ценой деления, равной обычно 0,01 мм.

Пределы измерений всех типов индикаторных нутромеров, наибольшая глубина проверяемого отверстия и допустимые погрешности показаний приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные метрологические характеристики индикаторных нутромеров

Типы нутромеров	Пределы измерения, мм	Наибольшая глубина измерения, мм	Число сменных стержней, шт.	Допустимая погрешность показаний, мм
Цанговые	3–10	20	–	–
	6–10	30	–	–
Клиновые	6–10	50	9	0,015
	10–18	130	9	0,015
Рычажные	18–35	135	6	0,015
	35–50	150	3	0,015
	50–100	200	5	0,020
	100–160	255	3	0,020
	160–250	355	3	0,020
	250–450	455	4	0,025
С прямой передачей	450–700	Не ограничивается	–	0,025
	700–1000		–	0,025

1.3. Индикаторные глубиномеры

Индикаторные глубиномеры применяются для измерения глубины отверстий, пазов, всевозможных выточек уступов относительным методом. Измерение глубины до 10 мм производится абсолютным методом. Индикаторный глубиномер (рис. 3) состоит из основания (траверсы) 1, индикатора 2, закрепляемого во втулке траверсы стопорным винтом 3, и сменного измерительного стержня 4.

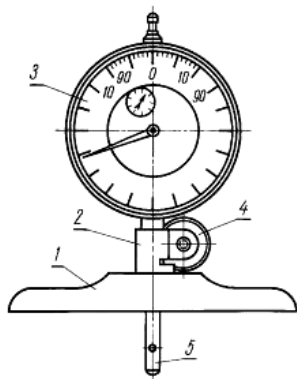


Рис. 3. Индикаторный глубиномер:
1 – основание (траверса);
2 – индикатор; 3 – стопорный винт;
4 – сменный измерительный стержень

Изготавливаются индикаторные глубиномеры с пределом измерения 0–100 мм. К индикаторному глубиномеру прилагается набор сменных

измерительных стержней с пределами 0–10, 10–20 и т. д. до 100 мм с диапазоном 10 мм.

Установка индикаторного глубиномера на нуль при сменном стержне 0–10 мм производится следующим образом. На резьбовую часть измерительного стержня индикатора навинчивается сменный стержень 4, и индикатор вставляется в отверстие траверсы индикаторного глубиномера. При опущенном стопоре 3 глубиномер доведенной плоскостью траверсы устанавливается на плиту и индикатор перемещают до тех пор, пока стрелка, показывающая обороты большой стрелки, не остановится против штриха, соответствующего 10 оборотам. В таком положении поворотом ободка индикатора против большой стрелки устанавливают нуль основной шкалы и закрепляют головку стопорным винтом. После этого приступают к измерению того размера детали, на который производили настройку прибора.

В случае когда для измерения определенного размера детали нужно использовать сменные стержни с пределами измерения 10–20, 20–30 мм и т. д., настройку индикаторного глубиномера производят аналогично, но с использованием двух плоскопараллельных концевых мер длины одинакового размера, равных нижнему пределу измерения сменного стержня. Затем концевые меры укладывают на плиту и на них устанавливают индикаторный глубиномер. Дальнейший порядок настройки производится так же, как и при настройке при сменном стержне с пределом измерения 0–10 мм. При измерении траверсу индикаторного глубиномера ставят на базовую поверхность измеряемой детали так, чтобы наконечник стержня соприкасался с дном детали.

Измеренная глубина отверстия или паза детали h_d будет равна:

$$h_d = H + \Delta,$$

где H – нижний предел измерения с данным стержнем, мм;

Δ – показание индикатора с учетом числа оборотов большой стрелки при измерении.

Точность измерения индикаторного глубиномера зависит от точности применяемого индикатора (приложение).

1.4. Индикаторные скобы

Индикаторная скоба служит для измерения наружных размеров деталей третьего и ниже классов точности относительным методом. Она состоит (рис. 4) из корпуса 9 с теплоизоляционной накладкой 10, ин-

дикатора часового типа 7, двух измерительных пяток – переставной 3 и подвижной 5, регулирующего упора 4 и отводного рычага подвижной пятки 8. Измерительное усилие скобы создается совместным действием пружины 6, находящейся под подвижной пяткой 5, и пружины индикатора. Переставная пятка 3 передвигается в пределах от 60 до 100 мм. Необходимое положение пятки фиксируется стопором 2, а свободный ее конец закрывается предохранительным колпаком. Для предохранения измерительных поверхностей пяток от износа и поломок индикаторные скобы имеют отводной рычаг 8, с помощью которого при измерении и настройке отводят подвижную пятку.

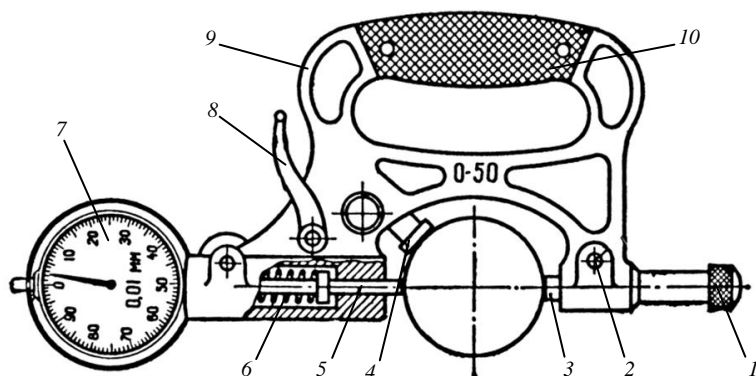


Рис. 4. Индикаторная скоба: 1 – предохранительный колпак; 2 – стопор; 3 – переставная измерительная пятка; 4 – регулирующий упор; 5 – подвижная измерительная пятка; 6 – пружина; 7 – индикатор часового типа; 8 – отводной рычаг подвижной пятки; 9 – корпус; 10 – теплоизоляционная накладка

Индикаторные скобы изготовляют с пределами измерения 0–50, 50–100, 100–200 мм и так далее до 1000 мм с интервалом 100 мм.

Скобы размером более 200 мм изготовляют по специальному заказу.

Перед измерением скобу настраивают на нуль по блоку плоскопараллельных концевых мер длины размером, равным номинальному размеру детали. Для этого блок плиток устанавливается между подвижной и переставной пятками. Передвижением переставной пятки создается натяг индикатора, равный 1–2 оборотам большой стрелки, что соответствует перемещению малой стрелки индикатора на 1–2 деления. Затем переставная пятка закрепляется стопором и против большой стрелки индикатора устанавливается нуль

шкалы. После этого блок плиток удаляют и между пятками вводят измеряемую деталь. При измерении детали скобу покачивают в двух направлениях: перпендикулярно к оси детали и в направлении ее оси. Правильному положению прибора соответствует крайнее левое положение стрелки индикатора.

Действительный (замеренный) размер B_d детали подсчитывается по формуле

$$B_d = N \pm \Delta,$$

где N – размер блока плиток, равный номинальному размеру детали, мм;

Δ – отклонение стрелки от нуля, мм.

Если при измерении стрелка индикатора будет находиться влево от нуля, отклонение берется со знаком минус, вправо – со знаком плюс.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы необходимо:

1. Изучить устройство, область применения и настройку индикаторных измерительных инструментов.
2. Провести настройку изучаемых инструментов на номинальный размер измеряемых деталей.
3. Всеми изучаемыми в данной работе инструментами произвести измерение 2–3 размеров деталей по заданию преподавателя. Результаты измерений занести в табл. 3.

Таблица 3. Результаты измерения индикаторным измерительным инструментом

Эскиз измеряемой детали с буквенным или цифровым обозначением размеров, которые необходимо измерить индикаторными измерительными инструментами	Результаты измерений		Возможные предельные размеры с учетом $\pm\Delta_{lim}$	
	по размеру	в мм	max	min

4. Дать метрологическую характеристику инструментов, применяемых при измерении. Заполнить табл. 4.

Таблица 4. **Метрологическая характеристика инструментов, применяемых при измерении**

Название прибора	Пределы измерения прибора, мм	Пределы измерения измерительной головки, мм	Цена деления шкалы, мм	Предельная погрешность средств измерения $\pm\Delta_{lim}$, мкм

Контрольные вопросы

1. Какой инструмент называют индикаторным?
2. Для чего применяют индикаторный инструмент?
3. Какие инструменты относят к индикаторным?
4. Назовите виды индикаторов часового типа.
5. Опишите устройство индикатора часового типа.
6. Принцип работы индикатора часового типа.
7. Для чего применяются индикаторные нутромеры?
8. Назовите виды индикаторных нутромеров.
9. Опишите устройство индикаторного нутромера.
10. Каким способом производится установка индикаторного нутромера на нуль?
11. Для чего применяется индикаторный глубиномер?
12. Опишите устройство индикаторного глубиномера.
13. Каким способом производится установка индикаторного глубиномера на нуль?
14. Для чего применяется индикаторная скоба?
15. Опишите устройство индикаторной скобы.
16. Каким способом производится установка индикаторной скобы на нуль?
17. Какими способами можно проводить измерения индикаторным инструментом?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / А. И. Аристов [и др.]. – Москва: Академия, 2008. – 384 с.
2. Соломахо, В. Л. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения: учеб. пособие / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович. – Минск: Оракул, 2004. – 216 с.
3. Ганевский, Г. М. Лабораторно-практические работы по предмету «Допуски и технические измерения»: учеб. пособие / Г. М. Ганевский. – Москва: Высш. шк., 1988. – 64 с.
4. Васильев, А. С. Основы метрологии и технические измерения: учеб. пособие / А. С. Васильев. – Москва: Машиностроение, 1988. – 240 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Предельные суммарные погрешности средств измерения линейных величин ($\pm\Delta_{\text{lim}}$)

№ п/п	Название инструмента	Интервалы размеров, мм							
		1–10	10–50	50–80	80–120	120–180	180–260	260–360	360–500
		Значения Δ_{lim} , мкм							
1	Индикатор с ценой деления 0,002 мм при работе с учетом погрешности по аттестату	3	3	3,5	4	5	6	7	8,5
2	Индикатор с ценой деления 0,01 мм 0-го класса при работе в пределах одного оборота стрелки	12	12	13	13	14	15	16	17
3	Индикатор с ценой деления 0,01 мм 1-го класса при работе в пределах одного оборота стрелки	15	15	5	15	15	16	16	16
4	Индикатор с ценой деления 0,01 мм 2-го класса при работе в пределах одного оборота стрелки	20	20	20	22	22	22	22	22
5	Индикаторный нутромер с индикатором 0-го класса при работе в пределах одного оборота стрелки	11	11	12	12	13	14	14	15
6	Индикаторный нутромер с индикатором 1-го класса при работе в пределах одного оборота стрелки	16	17	17	17	18	19	19	20

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Краткое описание индикаторных инструментов и их настройка.....	4
1.1. Индикатор часового типа.....	4
1.2. Индикаторные нутромеры.....	6
1.3. Индикаторные глубиномеры.....	8
1.4. Индикаторные скобы.....	9
2. Порядок выполнения лабораторной работы.....	11
Библиографический список.....	13
Приложение.....	14