

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 18.05.2026 10:09:45  
Уникальный программный ключ:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

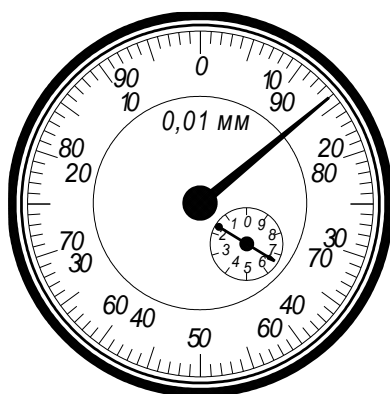
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Рязанский институт (филиал)  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Кафедра «Энергетические системы и точное машиностроение»

С.А. Атаманов

## ИЗМЕРЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫМИ НУТРОМЕРАМИ

Руководство по выполнению лабораторной работы



Рязань  
2022

**УДК 621.7.08**

**ББК 30.10**

**A92**

**Атаманов, С.А.**

**A92** Измерения индикаторными нутромерами: руководство по выполнению лабораторной работы / С.А. Атаманов. – Рязань: Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета, 2022. – 28 с.

Руководство соответствует федеральным государственным образовательным стандартам высшего образования по направлениям подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

Руководство предназначено для самостоятельной подготовки и выполнения студентами лабораторной работы. Для этого подробно рассмотрены наиболее важные положения теоретического, методического, практического и справочного характера в области использования многочисленных разновидностей индикаторных нутромеров, являющихся основным и наиболее распространённым универсальным средством измерения размерных параметров отверстий в современном машиностроении и приборостроении.

Руководство предназначено для студентов всех форм обучения, изучающих дисциплины «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» и «Метрология, стандартизация и сертификация», а также для преподавателей, ведущих указанные дисциплины.

Печатается по решению методического совета Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

**УДК 621.7.08**

**ББК 30.10**

© Атаманов С.А., 2022

© Рязанский институт (филиал)

Московского политехнического  
университета, 2022

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение .....   | 4  |
| 1 Цель работы .....  | 6  |
| 2 Техническое оснащение работы .....                                 | 6  |
| 3 Задание .....  | 6  |
| 4 Основные теоретические положения .....                             | 6  |
| 4.1 Отклонения формы цилиндрических поверхностей .....               | 6  |
| 4.2 Индикаторы – измерительные головки .....                         | 11 |
| 4.3 Нутромеры индикаторные .....                                     | 13 |
| 4.4 Настройка и процесс измерения индикаторным нутромером .....      | 14 |
| 5 Порядок выполнения работы и методические указания .....            | 20 |
| 6 Содержание отчёта .....  | 22 |
| 7 Контрольные вопросы .....  | 22 |
| Библиографический список .....                                       | 24 |
| Приложение А – Пример оформления отчёта по лабораторной работе ..... | 25 |

## Введение

Главная задача современного промышленного производства – обеспечить высокое качество выпускаемой продукции, отвечающей требованиям потребления и конкурентоспособности на мировом рынке.

В современной рыночной экономике производство высококачественной продукции повышает конкурентоспособность, возможность кредитования и инвестиций. Решение проблемы качества продукции способствует повышению эффективности производства, экономии материальных ресурсов, расширению экспортных возможностей.

*Основным показателем качества машин, достижение и обеспечение которого вызывает наибольшие трудности и затраты в процессе создания и особенно в процессе изготовления машин, является точность машины и её деталей.*

**Деталь** (по ГОСТ 2.101–2016) – изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала, без применения сборочных операций.

*Любая деталь, даже простейшей формы, состоит из совокупности нескольких элементов, сгруппированных определённым образом в одно целое.*

**Элемент детали** – обобщенный термин, под которым в зависимости от соответствующих условий может пониматься поверхность или её часть, линия или точка. По назначению *элементы детали часто делят* на конструктивные и технологические.

*Конструктивные элементы* (буртик, лыска, ребро жёсткости, резьба, отверстия, зубья шестерён, шпоночные пазы и т. д.) обеспечивают выполнение деталью её служебного назначения, т. е. её рабочих функций.

*Технологические элементы* обеспечивают удобство изготовления детали (например, центровые отверстия при обработке) и её сборки с другими деталями (фаски, проточки) или связаны с особенностями изготовления детали (литейные скругления и уклоны для литых деталей) и её элементов (сбеги и недорезы резьб, канавки для свободного выхода инструмента и т. д.).

Известно, что *точность деталей характеризуется* не только *точностью размеров её элементов, но и точностью их геометрических характеристик* (форма, расположение) поверхностей. В процессе изготовления деталей не только её размеры, но и форма и расположение ограничивающих поверхностей не могут быть выполнены идеально, т. к. всегда возникают отклонения в виде погрешностей или искажений.

*Источниками искажений обычно являются:* погрешности станка, неточности и износ инструмента, температурные и упругие деформации заготовок во время обработки, неравномерности величины припуска на обработку, неодинаковой твердости заготовки и др.

Искажения поверхностей очень нежелательны, т. к. *в процессе эксплуатации детали по этим причинам возникают* её интенсивный износ, неопределённость базирования, изменение характера посадки, быстрый выход из строя сопряженных поверхностей и узлов, например, подшипников качения.

*Искажения поверхностей вызывает много трудностей и в процессе*

*изготовления детали:* снижаются точность измерения и контроля размеров, а также точность базирования детали в приспособлениях, увеличивается трудоёмкость изготовления и сборки, а иногда становится необходимой и пригонка.

Изложенное *вызывает необходимость вводить отдельное нормирование допускаемых искажений поверхностей*, т. е. необходимо задавать (регламентировать) определённые допуски на отклонения размеров, формы и расположение поверхностей элементов деталей.

*Важнейшая роль в обеспечении точности машины и её деталей принадлежит* метрологическому обеспечению производства, где особая роль отводится обоснованному выбору и грамотному применению средств измерения и контроля.

*Измерение и контроль* геометрических величин в таких отраслях как машиностроение, станкостроение, автомобиле- и тракторостроение, приборостроение, электроника и многих других *являются основой проверки качества продукции и управления современными технологическими процессами.*

Затраты на измерения и контроль только в металлообрабатывающей промышленности составляют от 8 % до 15 % затрат производства, причём от 90 % до 95 % этих затрат относятся к измерению линейных величин. При этом 78 % измерений производится на рабочих местах у технологического оборудования.

Отсюда следует, что обучение владением техникой проведения измерений и контроля должно становиться в вузе неотъемлемой частью учебного процесса, формирующей профессиональную квалификацию и компетенции специалистов, предназначенных для работы в различных отраслях промышленности.

*Важным элементом учебного процесса в вузе является выполнение лабораторных работ*, которые позволяют студентам не только закрепить теоретические знания, но и самостоятельно их применять на практике, хотя бы сначала в рамках решения учебных практико-ориентированных задач. Такой подход к лабораторным работам обязывает индивидуализировать задания и вносить в них элементы, требующие творческого подхода.

*Цель настоящего пособия*, являющегося подробным руководством для подготовки и самостоятельного выполнения студентами лабораторной работы – ознакомить студентов с основными понятиями, терминами, определениями и приобрести практические навыки в области использования различных разновидностей индикаторных нутромеров, являющихся в современном машиностроении и приборостроении основным и наиболее распространённым универсальным средством измерения размерных параметров точных отверстий.

*В руководстве изложены:* цель и техническое оснащение лабораторной работы, задание, основные теоретические положения, порядок выполнения работы и методические указания; приведены контрольные вопросы, содержание, форма и пример оформления отчёта с выводами и предложениями.

*В процессе выполнения лабораторной работы* студенты изучают назначение и устройство индикаторных нутромеров, приобретают практические

навыки самостоятельного измерения нескольких заданных размерных параметров реальных деталей с целью определения их годности.

*Планируемая трудоёмкость лабораторной работы* составляет четыре академических часа.

## **1 Цель работы**

Изучить назначение, устройство, порядок настройки и применения индикаторных нутромеров для измерения и контроля размерных параметров точных отверстий различных деталей.

## **2 Техническое оснащение работы**

При выполнении лабораторной работы применяются:

- нутромеры индикаторные различного конструктивного исполнения;
- наборы плоскопараллельных концевых мер длины и принадлежностей к ним;
- микрометры гладкие типа МК 75-100, закрепленные на стойке;
- штангенциркули ШЦ-I или ШЦ-II;
- детали для измерения – гильзы двигателей внутреннего сгорания;
- плакаты по теме лабораторной работы.

## **3 Задание**

Измерить отверстие заданной гильзы двигателя внутреннего сгорания и дать заключение о её годности исходя из условия, что отклонения формы отверстия не должны превышать 0,02 мм.

## **4 Основные теоретические положения**

В настоящей работе исследуется точность формы отверстия гильзы. Поэтому возникает необходимость иметь чёткое представление о нормировании отклонений формы цилиндрических поверхностей.

### **4.1 Отклонения формы цилиндрических поверхностей**

подавляющее большинство деталей машин представляет собой сочетание простейших геометрических поверхностей. В основном это цилиндрические (до 70 %) и плоские (до 12 %) поверхности, значительно реже – конические, сферические, резьбовые и др. Получить идеальную форму поверхностей в процессе изготовления деталей невозможно из-за погрешностей станка, деформаций станка, инструмента и обрабатываемой заготовки,

неравномерности припуска на обработку, неоднородности материала и т. д.

В то же время искажение формы поверхностей приводит к снижению эксплуатационных свойств деталей машин. Так, в подвижных соединениях отклонение от правильной формы приводит к неплавности перемещений детали, быстрому её износу из-за контакта по ограниченной поверхности. В неподвижных соединениях искажение формы приводит к неравномерности натягов в соединениях, из-за чего снижается их прочность, герметичность и точность центрирования. Все сказанное вызвало необходимость ввести отдельное нормирование (установить требования) по допускаемым искажениям формы, и этот параметр получил название отклонение формы.





**Отклонением формы** называется отклонение формы реальной (истинной) поверхности или реального (истинного) профиля от формы номинальной (идеальной) поверхности или номинального (идеального) профиля.

**Профилем** называется линия пересечения поверхности плоскостью или с иной заданной поверхностью. Если в технической документации не указано по-другому, то направление секущей плоскости определяется по перпендикуляру к поверхности.


Для оценки отклонений формы применяют *два вида показателей – комплексные и частные* (дифференцированные или элементные).

**Комплексными показателями** формы являются отклонения, используемые для характеристики работы детали в условиях эксплуатации. Во всем мире нормируется (в виде допусков) пять видов комплексных отклонений формы, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Виды отклонений формы и знаки, используемые для условного обозначения допуска

| Вид отклонения формы и обозначение допуска | Определение параметра  | Условный знак допуска формы   |
|--|--|---|
| Отклонение от прямолинейности, TFL         | Наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка       |  |
| Отклонение от плоскостности, TFE           | Наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка |  |
| Отклонение от цилиндричности, TFZ          | Наибольшее расстояние от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка |  |
| Отклонение от круглости, TFK               | Наибольшее расстояние от точек реального профиля до прилегающей окружности                                   |  |

Продолжение таблицы 1

|   |   |   |
|---|---|---|
| Отклонение профиля продольного сечения, TFP | Наибольшее расстояние от точек, образующих реальную поверхность и лежащих в плоскости, проходящей через её ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка |  |
|---|---|---|

Последние три показателя, представленные в таблице 1, относятся только к цилиндрическим поверхностям – внутренним и наружным. При этом отклонение от цилиндричности является обобщающим (общим) комплексным показателем отклонения формы цилиндрической поверхности.

Два других вида отклонений формы – отклонение от круглости и отклонение профиля продольного сечения, представляют собой как бы разделенные, также комплексные показатели отклонения от цилиндричности, получаемые в результате *поперечного сечения* (плоскостью перпендикулярной оси) и *продольного сечения* (плоскостью, проходящей через ось) цилиндрической поверхности (рисунок 1).

*Комплексные показатели задаются в основном нормативными документами. На практике, однако, ими пользуются редко, т. к. в производственных условиях сложно установить их величину, а главное, отклонение позволяет оценить лишь работоспособность детали и не даёт никакой информации о причинах брака, что затрудняет корректировку технологического процесса с целью повышения качества продукции.*

**Частными показателями** отклонений формы являются отклонения определенной геометрической формы (например, овальность, огранка, конусообразность, бочкообразность и седлообразность, представленные на рисунке 1).

*Необходимо усвоить*, что это не другие виды отклонений формы, помимо перечисленных в таблице 1, а частные проявления комплексного показателя. Например, в поперечном сечении отклонения от круглости могут быть любой формы и, в частности, в виде овальности или огранки. Вот эти искажения реального профиля и являются частными видами комплексного показателя – «отклонение от круглости».

*Частные показатели отклонений формы обычно проще измерять, и они обеспечены необходимыми методами и средствами измерения и более доступны для практического использования, чем комплексные.*

У цилиндрических поверхностей деталей машин различают следующие виды частных показателей отклонений формы, представленные на рисунке 1:

1) **овальность** – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший  $d_{max}$  и наименьший  $d_{min}$  диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях.

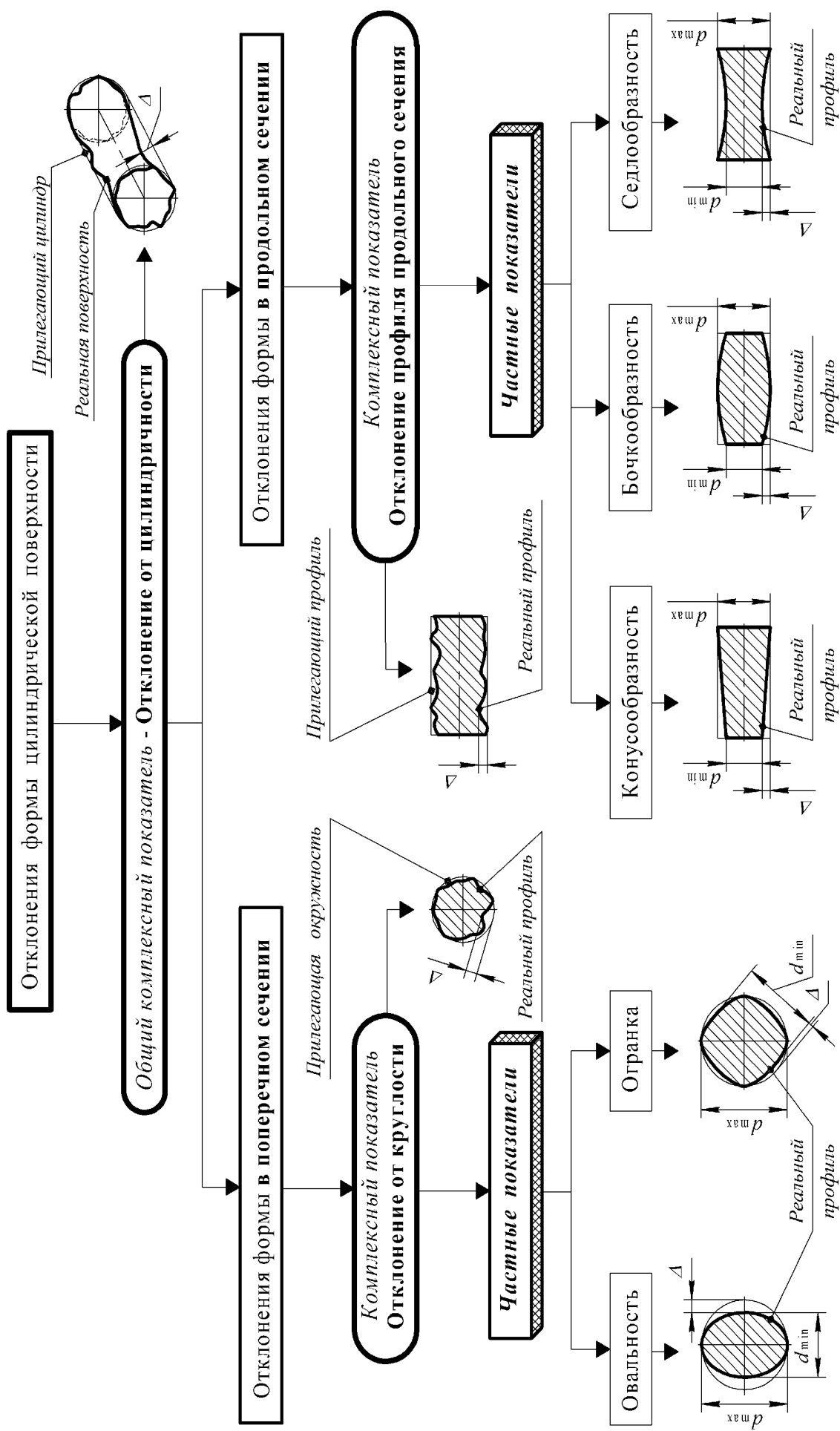


Рисунок 1 – Виды отклонений формы цилиндрических поверхностей

Причинами появления овальности являются овальность заготовки, овальность опорных поверхностей шпинделя станка, упругие деформации детали при её закреплении на станке или при сборке;

2) **огранка** – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру (с четным или нечетным числом граней). Появление огранки зависит от способа закрепления обрабатываемой детали на станке, способа обработки и от режимов резания. Особенно часто огранка возникает при бесцентровом шлифовании вследствие проскальзывания детали в процессе обработки (из-за неправильной заправки подающего круга);

3) **конусообразность** – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие цилиндрической поверхности прямолинейны, но не параллельны. Появляется из-за отклонений от параллельности в станке направляющих и линии центров в горизонтальной плоскости, извёрнутости направляющих станины станка, износа и температурных деформаций инструмента и т.д.;

4) **бочкообразность** – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие имеют выпуклость, а диаметры увеличиваются от краев к середине сечения. Появляется при обработке нежестких деталей на токарных или шлифовальных станках из-за упругих деформаций от сил резания;

5) **седлообразность** – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие имеют вогнутость, а диаметры уменьшаются от краёв к середине сечения.

Седлообразность появляется при обработке жестких деталей на изношенном станке, когда недостаточна жесткость передней и задней бабки, а также из-за отклонений от параллельности в станке направляющих и линии центров в вертикальной плоскости.

*Частные показатели отклонений формы не имеют своего условного обозначения, но такие требования должны указываться на чертеже текстом, если они важны для эксплуатационных условий работы детали.*

Например, «Допуск овальности поверхности А 0,02 мм». При этом допуски для частных видов отклонений принимаются как по нормам комплексных показателей, поскольку это и есть отклонение от цилиндричности, но имеет характерный (частный) вид.

Следует обратить внимание, что для количественной оценки всех частных видов отклонений формы цилиндрических поверхностей принимается полуразность максимального  $d_{max}$  и минимального  $d_{min}$  диаметра, т. е.

$$\Delta = \frac{d_{max} - d_{min}}{2}. \quad (1)$$

Рассмотренные частные показатели легко выявляются при измерении диаметра детали в нескольких сечениях по длине – обычно в трёх поперечных (в середине и вблизи от краёв нормируемого участка) и двух взаимно перпендикулярных продольных (осевых) сечениях.

Для измерения в деталях диаметральных размеров отверстий широко применяются универсальные средства измерения – нутромеры.

Существует большое разнообразие конструкций нутромеров, которые можно разделить на две группы – микрометрические и индикаторные.

**Микрометрическим нутромером** называется накладной прибор для измерения внутренних размеров с двухточечной схемой измерения, в котором перемещение одной из точек определяется с помощью резьбовой пары «винт-гайка». Принципиальная схема этого нутромера аналогична микрометрам, но он не имеет устройства для стабилизации измерительного усилия.

**Нутромер индикаторный (НИ)** – это накладной прибор для измерения внутренних размеров, в котором перемещение измерительного наконечника определяется с помощью стрелочной измерительной головки – индикатора.

Индикаторные приборы по точности измерения и удобству использования значительно превосходят микрометрические нутромеры. Поэтому НИ получили более широкое распространение для определения диаметра отверстий, изготовленных по 7-8-му квалитетам и грубее.

#### 4.2 Индикаторы – измерительные головки

*Под измерительными головками принято понимать* механические отсчетные устройства, преобразующие малые перемещения измерительного наконечника в большие перемещения стрелки, по которой отсчитываются величины перемещения наконечника.

*В качестве отдельного (самостоятельного) прибора эти головки использоваться не могут, т. к. у индикатора лишь одна измерительная поверхность – конец измерительного стержня. Поэтому измерять индикатором можно только в сочетании с другими приборами и приспособлениями.*

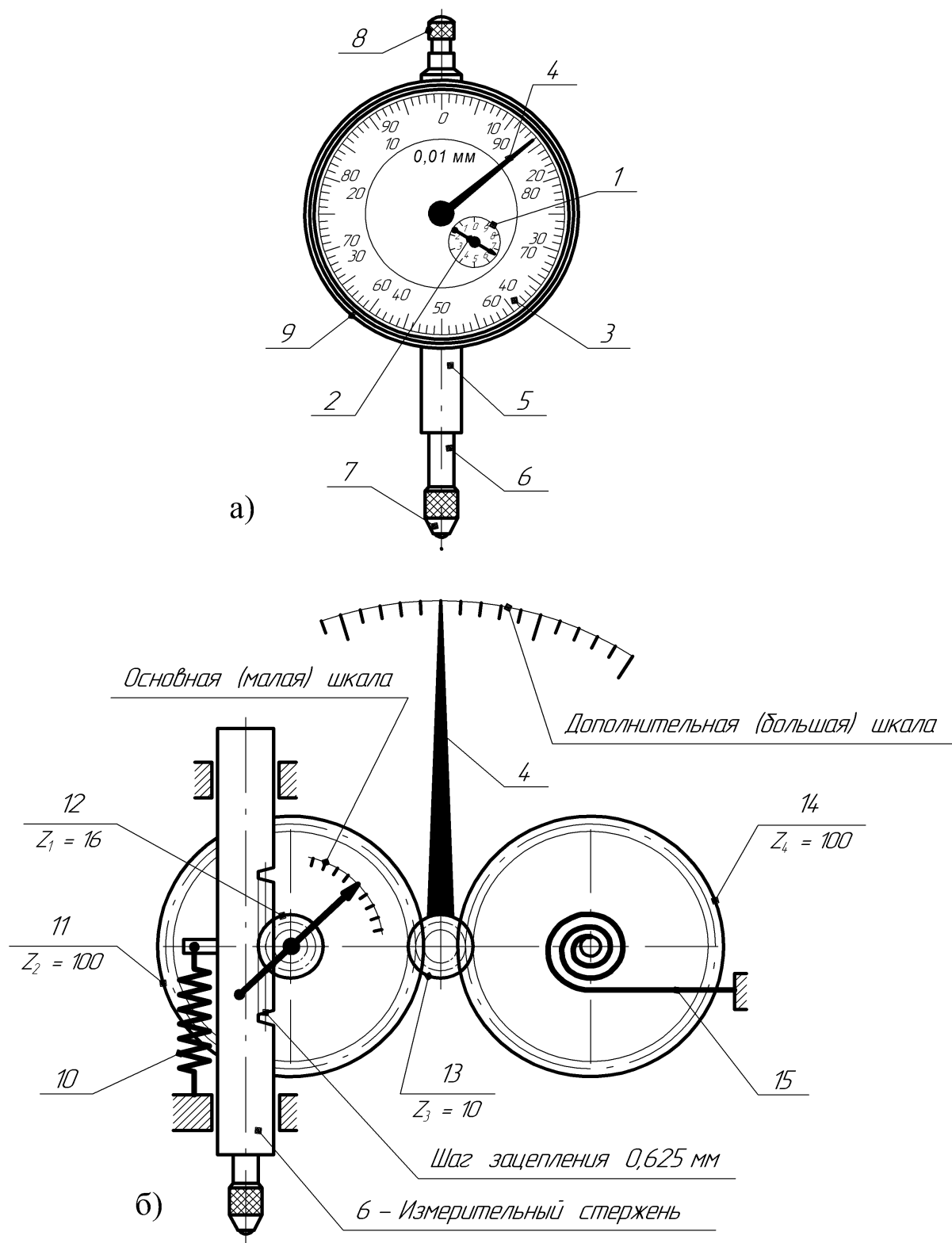
*По конструкции различают* измерительные головки с зубчатым, с рычажно-зубчатым и с рычажно-пружинным механизмом. Наиболее часто применяются измерительные головки с зубчатым механизмом – это так называемые индикаторы часового типа.

Отечественная промышленность выпускает три типа таких индикаторов: ИЧ-2, ИЧ-5 и ИЧ-10 с точностью отсчета 0,01 мм. Цифра в обозначении типа прибора указывает верхний предел измерений в миллиметрах.

На рисунке 2 представлен общий вид и схема индикатора часового типа, имеющего две шкалы:

- *основную (малую) шкалу 1* со стрелкой 2, которые предназначены для отсчета целых миллиметров. На шкале может быть выполнено 5 или 10 делений, цена деления 1 мм, диапазон показаний по шкале 0-5 или 0-10 мм;

- *дополнительную (большую) шкалу 3* с большой стрелкой 4, отсчитывающей сотые доли миллиметра, цена деления 0,01 мм, диапазон показаний по шкале 0-1 мм.



1 – основная (малая) шкала; 2 – малая стрелка; 3 – дополнительная (большая) шкала; 4 – большая стрелка; 5 – гильза; 6 – измерительный стержень; 7 – наконечник; 8 – головка измерительного стержня; 9 – ободок; 10 – возвратная пружина; 11, 12, 13 и 14 – зубчатые колёса; 15 – спиральная пружина

Рисунок 2 – Общий вид (а) и схема (б) индикатора часового типа

Зубчатая рейка, нарезанная на измерительном стержне 6, находится в зацеплении с зубчатым колесом 12, на оси которого жестко закреплено колесо 11. Зубчатое колесо 11 находится в зацеплении с колесом 13, на оси которого

неподвижно закреплена стрелка 4. Линейное перемещение измерительного стержня вызывает поворот зубчатых колёс 12 и 14.

Зубчатое колесо 11 вращает колесо 13 и одновременно большую стрелку индикатора. Полный оборот стрелки 4 соответствует перемещению измерительного стержня на 1 мм.

С зубчатым колесом 13 находится в зацеплении еще и колесо 14, к оси которого присоединена спиральная пружина 15. Другой конец пружины прикреплен к корпусу головки. Пружина 15 и зубчатое колесо 14 обеспечивают работу передачи на одной стороне профиля зуба, благодаря чему выбираются боковые зазоры между зубьями колёс 11, 13 и 14. Этим уничтожается погрешность мёртвого хода. Пружина 10 удерживает измерительный стержень в крайнем положении.

С корпусом индикатора подвижно соединен ободок 9, который связан со шкалой 3. Шкала вместе с рифленным ободком 9 может поворачиваться относительно корпуса головки и, таким образом, любое деление шкалы может быть совмещено с концом большой стрелки 4. Именно эта возможность позволяет настроить большую шкалу прибора на ноль.

Измерительный стержень 6 перемещается в направляющей гильзе 5, которая служит также для крепления индикатора к измерительным и контрольным приспособлениям и, в частности, к корпусу индикаторного нутромера.

Для определения целых оборотов большой стрелки 4 имеется малая стрелка 2 со своим циферблатом (малой шкалой) 1.

**Чтение показаний индикатора** осуществляется следующим образом:

- при подъёме измерительного стержня (прямой ход, когда большая стрелка перемещается в направлении «часовой стрелки») показания читают по наружным (чёрного цвета) цифрам большой шкалы;
- при опускании измерительного стержня (обратный ход, когда большая стрелка перемещается в направлении «против часовой стрелки») показания читают по внутренним (красного цвета) цифрам большой шкалы.

### 4.3 Нутромеры индикаторные

НИ предназначены для измерения диаметров отверстий и внутренних размеров (7-8-го квалитетов и грубее) в диапазоне от 3 до 1000 мм относительным методом. Глубина измерения – от 100 до 500 мм.

В зависимости от диапазона измерения отечественная промышленность выпускает НИ со следующими механизмами передачи измерительных перемещений:

- 1) *цанговые*, которые изготавливают двух типов:
  - для размеров от 6 до 10 мм;
  - для размеров от 10 до 18 мм;
- 2) *с клиновой передачей*, изготавливаемых также двух типоразмеров:

- для размеров от 6 до 10 мм;
  - для размеров от 10 до 18 мм;
- 3) с *рычажной передачей*, изготавливаемых семи типоразмеров:
- для размеров от 6 до 10 мм;
  - для размеров от 10 до 18 мм;
  - для размеров от 18 до 50 мм;
  - для размеров от 50 до 100 мм;
  - для размеров от 100 до 160 мм;
  - для размеров от 160 до 250 мм;
  - для размеров от 250 до 450 мм;
- 4) с *прямой передачей* выпускают двух типоразмеров:
- для размеров от 450 до 750 мм;
  - для размеров от 700 до 1000 мм.

Наиболее широкое распространение получили индикаторные нутромеры с рычажной передачей, конструкция которых представлена на рисунке 3, а принципиальная схема НИ – на рисунке 4.

Измерительный узел этих НИ состоит из двух стержней, из которых 1 в процессе измерения неподвижен, а 2 перемещается по направляющим скользящим. Перемещение подвижного стержня 2 через двуплечий рычаг 3 передаётся на шток 5, а через него – на индикатор 4.

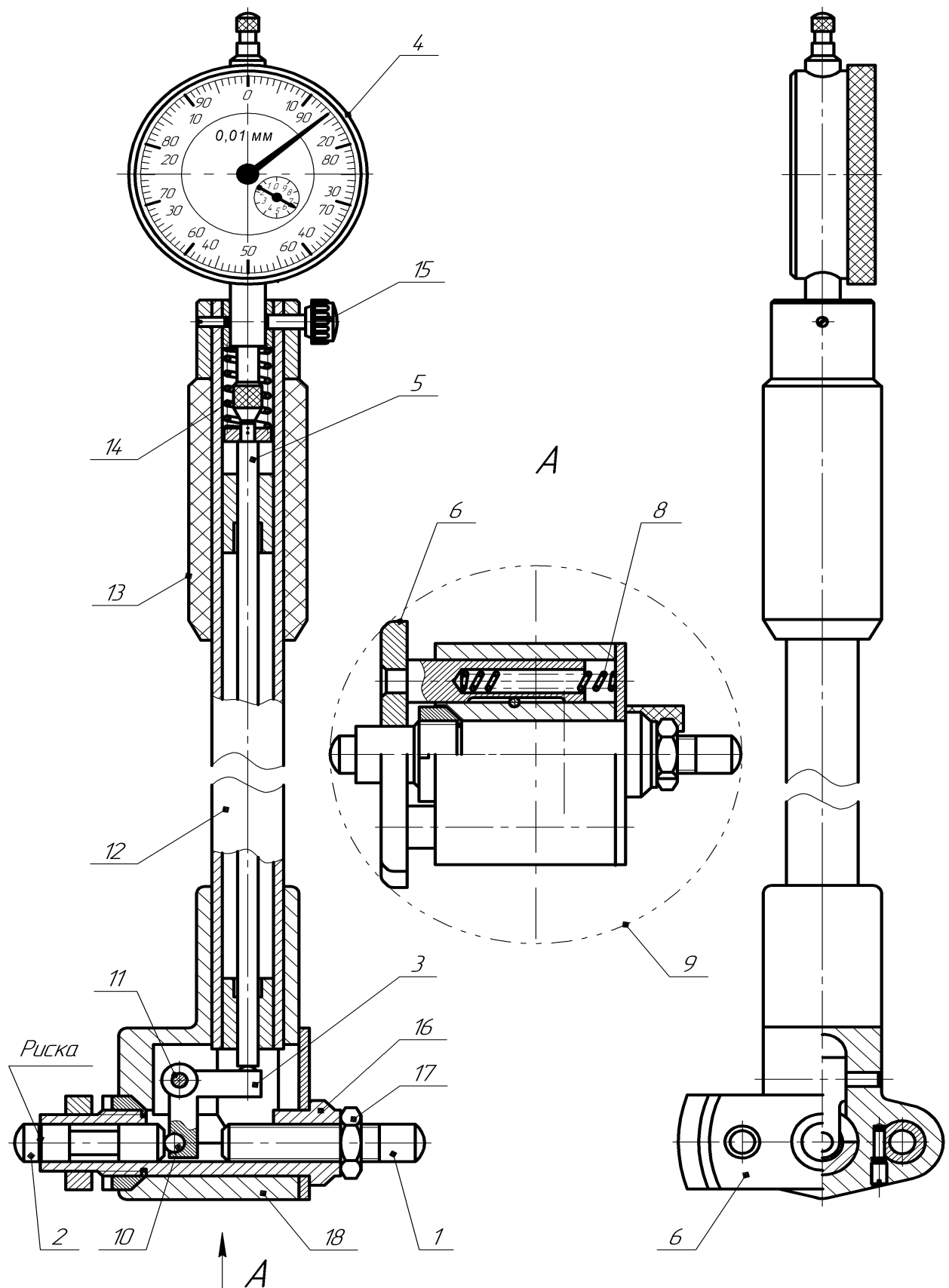
Для установки НИ в плоскости, проходящей через ось измеряемого отверстия, предусмотрено специальное устройство, называемое «центрирующим устройством». Оно представляет собой центрирующую планку («центрирующий мостик») 6 со скругленными концами 7, с помощью которых планка контактирует с измеряемой деталью, т. е. под действием пружин 8 планка прижимается к детали 9.

Таким образом, при введении НИ в отверстие он оказывается забазированным внутри цилиндра, как это представлено на рисунке 4, с помощью трёх точек – две точки 7 центрирующего устройства и одна точка неподвижного стержня 1. Эти точки образуют вершины равнобедренного треугольника, а линия измерения совпадает по направлению с высотой этого треугольника.

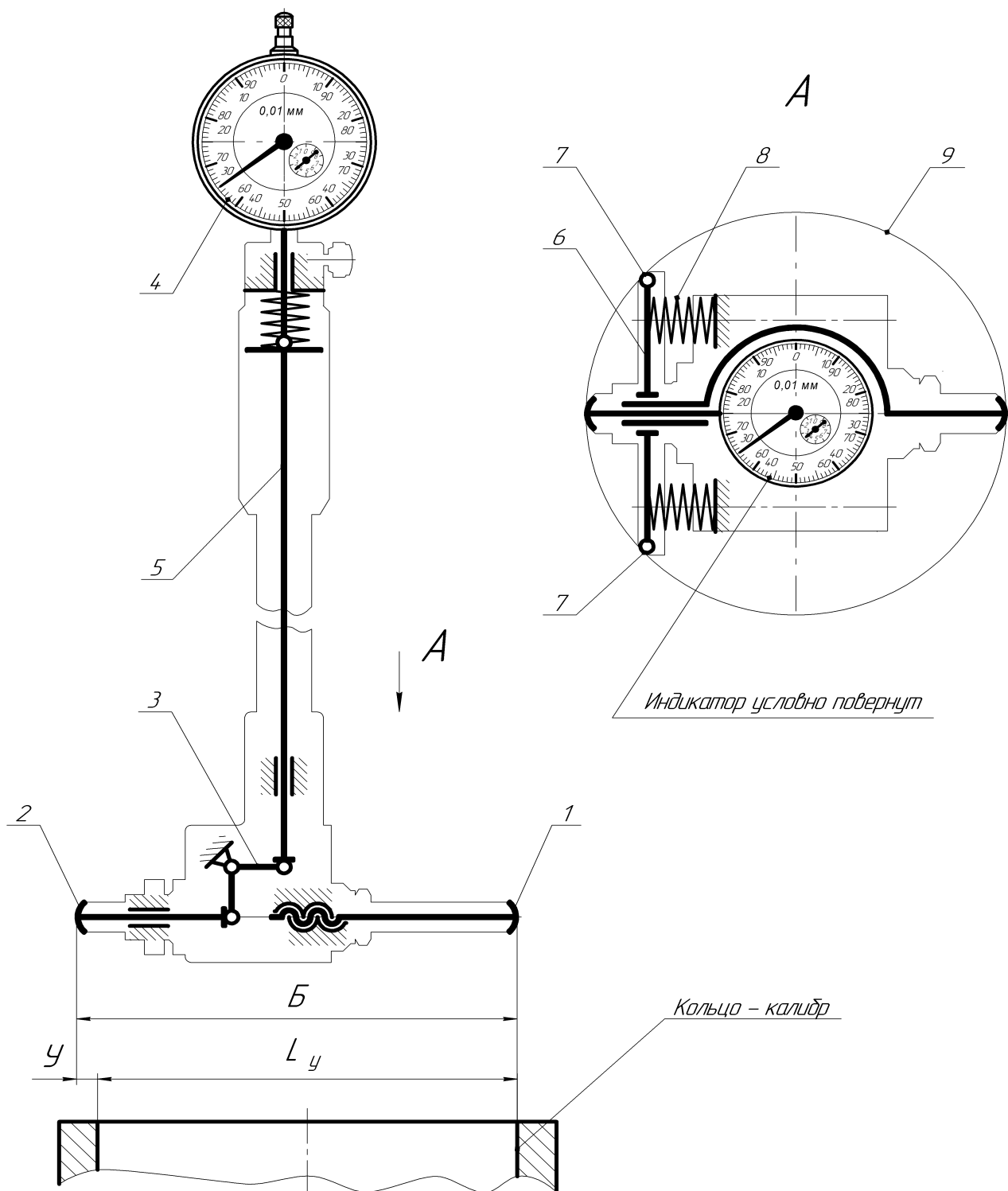
Погрешность измерения НИ зависит от погрешности нутромера, погрешности его настройки и температурных деформаций. Последняя особенно бывает большой, когда НИ при работе держат не за термоизоляционную ручку 13 (рисунок 3) и нагревают прибор теплотой руки.

#### **4.4 Настройка и процесс измерения индикаторным нутромером**

НИ реализуют *относительный метод измерения*, при котором определяется только отклонение измеряемой величины от заранее известного размера меры или образца. Поэтому все приборы для относительных измерений всегда требуют предварительной настройки на *установочный размер  $L_0$* , относительно которого будут определяться отклонения в процессе измерения.



1 – неподвижный (сменный) стержень; 2 – подвижный стержень; 3 – двухплечий рычаг;  
 4 – индикатор; 5 – шток; 6 – центрирующая планка; 8 – пружина; 9 – контур отверстия  
 детали; 10 – шарик; 11 – ось; 12 – трубка; 13 – термоизоляционная ручка; 14 – пружина; 15 –  
 стопорный винт; 16 – втулка; 17 – контргайка; 18 – корпус  
 Рисунок 3 – Конструкция индикаторного нутромера с рычажной передачей



1 – неподвижный (сменный) стержень; 2 – подвижный стержень; 3 – двуплечий рычаг;  
 4 – индикатор; 5 – шток; 6 – центрирующая планка; 8 – пружина; 9 – деталь  
 Рисунок 4 – Схема индикаторного нутромера с рычажной передачей

В зависимости от измеряемой величины НИ можно настраивать различными методами. Их можно настраивать для определения:

- отклонений от заданного размера. Этот метод обычно используется при изготовлении или восстановлении деталей, размеры которых должны находиться в границах заданного допуска;
- отклонений от предписанной геометрической формы измеряемого изделия;

- *действительных размеров* в процессе изготовления или дефектации деталей или разовых измерений, когда размеры заранее не известны. Этот метод занимает по объёму измерений ведущее место в ремонтной практике и поэтому применяется в настоящей лабораторной работе.

*Обязательным условием для любого метода настройки НИ* является создание в измерительной системе предварительного «натяга». Необходимую величину натяга «у» создают перемещением (закручиванием или выкручиванием по резьбе) неподвижного (сменного) стержня 1 (рисунок 4). При этом базовый размер  $B$  – расстояние между концом подвижного стержня 2 в свободном (без натяга) состоянии и концом неподвижного стержня 1, задается больше установочного размера  $L_u$  на величину предварительного натяга «у». *Натяг необходим для того*, чтобы в процессе измерения НИ мог показывать как отрицательные, так и положительные отклонения от установочного размера.

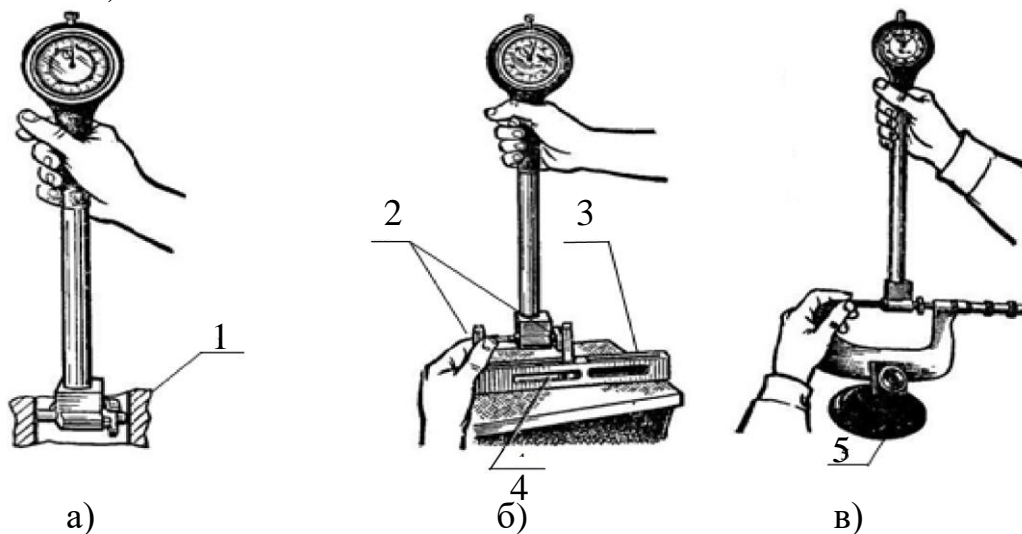
Для воспроизведения установочного размера  $L_u$  при настройке НИ могут применяться различные приспособления, показанные на рисунке 5.

**Настройка НИ** выполняется в следующем порядке:

а) определяют необходимую величину установочного размера  $L_u$ , на который требуется настроить НИ. Часто за величину  $L_u$  принимают номинальный размер, если известно его значение;

б) составляют блок концевых мер для требуемой величины установочного размера  $L_u$  и закрепляют его в струбцине с боковиками. В отдельных случаях, при невысоких требованиях к точности измерения, для этих целей используют гладкий микрометр на стойке, установленный на размер  $L_u$  (рисунок 5в);

в) в зависимости от установочного размера  $L_u$  подбирают и ввертывают в корпус нутромера неподвижный сменный стержень 1 (рисунки 3 и 4) соответствующего типоразмера, который обеспечит требуемый диапазон измерения НИ;



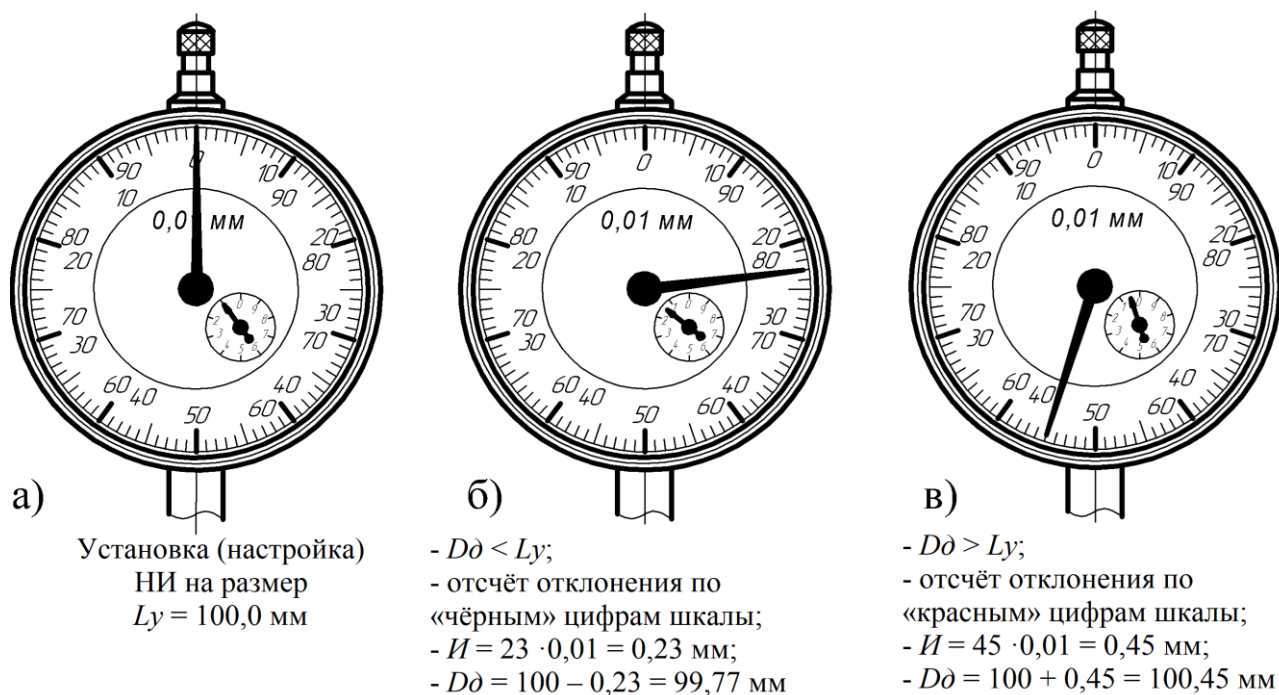
а – установочное аттестованное кольцо-калибр; б – блок концевых мер с боковиками, закреплёнными в струбцине; в – гладкий микрометр, закреплённый на стойке; 1 – установочное кольцо-калибр; 2 – боковики; 3 – струбцина; 4 – блок концевых мер; 5 – стойка микрометра

Рисунок 5 – Приспособления для настройки НИ на размер  $L_u$

г) регулируя положение сменного стержня 1 при отпущенной контргайке 17 (рисунок 3), добиваются, чтобы размер  $B$  между торцами подвижного и неподвижного стержней был немного меньше  $L_y$  (рисунок 4);

д) при  $B < L_y$  НИ свободно вводится в установочное приспособление между боковиками струбины (или подвижной и неподвижной пятой микрометра), где производится его настройка следующим образом (рисунок 5).

1. Взяв в правую руку НИ и прижимая сменным стержнем к боковику струбины (или пяте микрометра), левой рукой начинают медленно его выкручивать, добиваясь того, чтобы маленькая стрелка индикатора оставалась на риске 1 или 2 мм, т. е. показывала целое число миллиметров (рисунок 6а).



а – настройка на размер  $L_y$ ; б – отсчёт по «чёрной» шкале;  
 в – отсчёт по «красной» шкале

Рисунок 6 – Настройка, отсчёт и чтение показаний по шкалам НИ

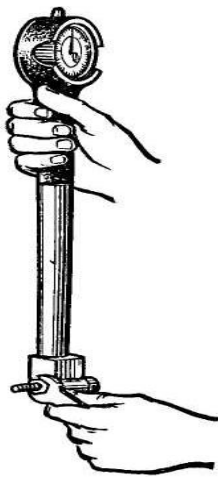
В этом случае упрощаются последующие измерения и в НИ будет установлена требуемая величина натяга  $1 \leq y \leq 2$  мм.

2. НИ наклоняют в сторону центрирующего мостика и извлекают его из струбины (или микрометра).

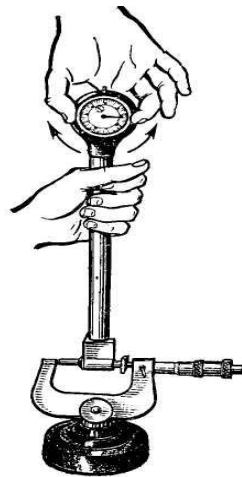
3. Не сбивая положение сменного стержня, закрепляют его контргайкой, как это показано на рисунке 7а, после чего снова вводят в установочное приспособление (в струбину или в микрометр).

Окончательно уточняют величину натяга и устанавливают большую стрелку индикатора на ноль путем поворота его ободка, как это показано на рисунке 7б.

При этом, поворачивая шкалу индикатора за ободок 9 (рисунок 2), большую стрелку устанавливают на ноль в том положении, когда она изменяет направление своего вращения при небольшом покачивании НИ в скобе из боковиков. После этого НИ готов к использованию.



а)



б)

Рисунок 7 – Окончательная фиксация сменного стержня (а) и установка НИ на ноль (б)

**Измерения НИ** рекомендуется выполнять в следующем порядке.

А. НИ вводят в измеряемое отверстие так, как это показано на рисунке 8а, т. е. наклонно, чтобы сначала опустился в сжатом виде центрирующий мостик 6, а потом уже подвижный стержень 2. После этого НИ переводят из позиции А в позицию Б.

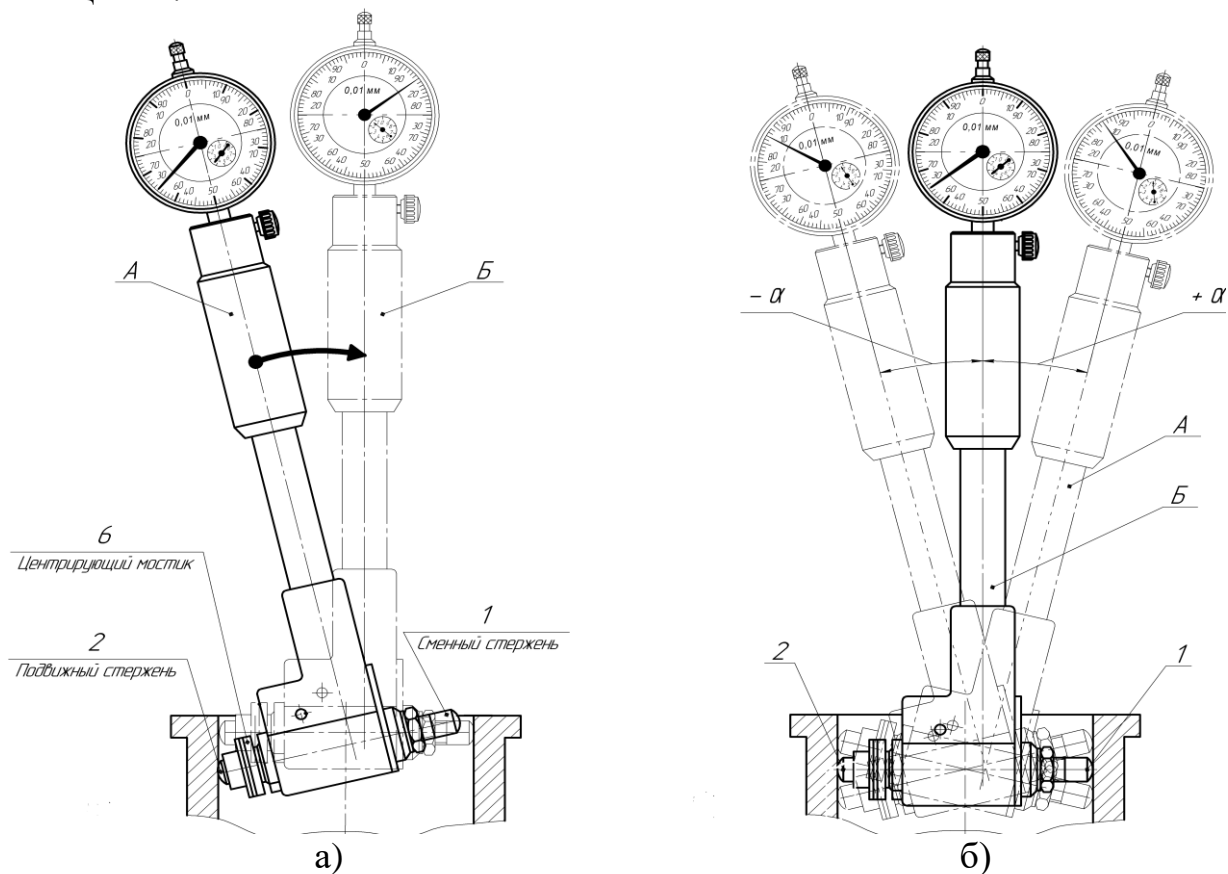


Рисунок 8 – Измерение отверстия индикаторным нутромером

Б. В процессе измерения добиваются такого положения НИ, при котором ось стержней 1 и 2 (рисунок 8б) была бы перпендикулярна к оси измеряемого

отверстия.

Это положение находят в процессе плавного покачивания нутромера на небольшой угол  $\pm\alpha$ , переводя НИ из позиции *A* в позицию *B* и обратно (рисунок 8б). Наблюдая в это время за большой стрелкой индикатора, отмечают её наибольшее отклонение вправо (в направлении «часовой стрелки»). Этому отклонению и соответствует искомый размер отверстия.

В. При отсчёте по индикатору искомого отклонения *I* действительного размера отверстия  $Dd$  от установочного размера  $L_y$ , руководствуются следующими правилами.

1. Если маленькая стрелка индикатора, которая при настройке НИ стояла на цифре 1 или 2 мм, *отклонилась влево* (против «часовой стрелки»), то это означает, что  $Dd < L_y$ . В этом случае (рисунок 8б) *искомое отклонение I отсчитывают по «чёрным» цифрам* большой шкалы индикатора и *принимают со знаком «-» минус*.

2. Если маленькая стрелка индикатора отклонилась *вправо* (по «часовой стрелке») относительно исходного положения, достигнутого при настройке НИ, следовательно  $Dd > L_y$ . Поэтому *искомое отклонение I отсчитывают по «красным» цифрам* большой шкалы индикатора и *принимают со знаком «+» плюс* (рисунок 8в).

3. *Значение искомого отклонения I подсчитывают* умножением числа делений по большой шкале на цену деления, равную 0,01 мм (рисунок 8).

Г. После окончания измерений НИ поднимают (перемещают) вверх до края отверстия и снова наклоняют в сторону центрирующего мостика *б* до тех пор, пока сменный стержень *1* перестанет касаться поверхности измеряемого отверстия, т. е. нутромер переводят из позиции *B* в позицию *A* (рисунок 8а). В таком положении НИ извлекают из отверстия.

*Если не соблюдать этого правила, можно поломать стрелку или зубчатые колеса индикатора. При работе с НИ следует оберегать его от ударов, влаги и масел.*

Д. Определяют действительный размер  $Dd$  диаметра отверстия, который будет равен

$$Dd = L_y \pm I, \quad (2)$$

где *I* – измеренное НИ отклонение с соответствующим знаком.

*Несмотря на кажущуюся сложность определения размеров НИ, технику измерения освоить нетрудно, усвоив сущность настройки и правила отсчёта отклонений.*

## 5 Порядок выполнения работы и методические указания

1. *Изучить по методическим указаниям* цель работы, задание и основные теоретические положения. *Особое внимание уделить:*

- частным показателям отклонения формы, представленным на рисунке 1,

и их количественной оценке по формуле (1);

- шкалам и чтению показаний индикатора, изложенным в разделе 4.2;
- устройству НИ с рычажной передачей, изложенному в разделе 4.3;
- настройке и процессу измерения НИ, изложенному в разделе 4.4.

2. Подготовить *предварительный отчёт* по лабораторной работе, который по аналогии с приложением А должен содержать следующие данные:

- наименование работы;
- задание на выполнение работы;
- схема настройки индикаторного нутромера;
- схема измерения детали «гильза»;
- исходные данные для настройки индикаторного нутромера;
- результаты измерения детали.

3. *Получить* у преподавателя *техническое оснащение*, необходимое для выполнения работы, которое изложено в разделе 2.

4. *Определить* и записать в отчёт *конкретные исходные данные* для настройки индикаторного нутромера:

- диаметр отверстия гильзы  $\cap D$ , который определяют в результате его измерения штангенциркулем;

- в качестве установочного размера  $L_y$  принимают размер диаметра  $\cap D$ , округлённого в большую сторону до целого числа миллиметров.

5. *Подготовить установочное приспособление* для настройки НИ:

- составляют блок концевых мер для требуемой величины установочного размера  $L_y$  и закрепляют его в струбцине с боковиками;

- или используют гладкий микрометр на стойке, установленный на размер  $L_y$ .

6. *Настроить НИ на размер  $L_y$* :

- подобрать сменный стержень, соответствующий размеру  $L_y$ , и вернуть его в корпус нутромера;

- выполнить настройку НИ, как это подробно изложено в разделе 4.4;

- при этом важно, чтобы маленькая стрелка индикатора оставалась на риске 1 или 2 мм, а большая стрелка путём вращения ободка была установлена на ноль шкалы.

7. *Выполнить измерения отверстия гильзы*:

- согласно схеме измерения, представленной на рисунке А.2;

- в соответствии с правилами измерения, подробно изложенными в разделе 4.4;

- измеренные по индикатору отклонения  $I$  записать в таблицу А.1.

8. *Выполнить обработку результатов измерения*:

- по формуле (2) определить для каждого сечения действительные размеры  $\cap D$ ;

- по формуле (1) определить отклонения формы  $\Delta$  во всех поперечных и продольных сечениях;

- выполнить анализ результатов измерения детали и сделать соответствующие выводы о величине и характере выявленных отклонений формы отверстия гильзы.

9. *Дать заключение о годности гильзы*, если по техническим условиям

отклонения от правильной геометрической формы отверстия не должны превышать 0,02 мм.

10. *Привести рабочее место и инструмент в порядок, сдать преподавателю полученное техническое и методическое обеспечение.*

11. *Отчёт о выполненной работе представить преподавателю.*

## **6 Содержание отчёта**

Отчёт по лабораторной работе должен содержать следующие данные.

1. Наименование работы.
2. Задание на выполнение работы.
3. Схема настройки индикаторного нутромера.
4. Схема измерения детали «Гильза».
5. Исходные данные для настройки индикаторного нутромера.
6. Результаты измерения детали.
7. Выводы, вытекающие из анализа результатов измерения детали.
8. Общий вывод о годности детали «Гильза».

Пример оформления отчёта по лабораторной работе представлен в приложении А.

## **7 Контрольные вопросы**

1. Почему невозможно в процессе изготовления детали получить идеальную форму её поверхностей?

2. На какие эксплуатационные свойства влияет искажение формы поверхностей деталей машин?

3. Что принято понимать под отклонением формы поверхностей деталей машин?

4. Что понимают под профилем поверхности?

5. Какие виды показателей применяют для оценки отклонений формы поверхностей?

6. Что характеризуют комплексные показатели отклонения формы поверхности?

7. Какие условные знаки применяют для обозначения на чертежах допусков формы поверхности?

8. Что является обобщающим комплексным показателем отклонения формы цилиндрической поверхности?

9. В каких сечениях нормируют отклонения формы цилиндрических поверхностей?

10. Что представляют собой частные показатели отклонений формы поверхностей?

11. В чём заключаются достоинства частных показателей отклонений формы поверхностей?

12. Какие различают виды частных показателей отклонений формы цилиндрических поверхностей?
12. Что представляет собой овальность (огранка, конусообразность, бочкообразность, седлообразность)?
13. Какие причины могут породить появление у деталей машин овальности (огранки, конусообразности, бочкообразности, седлообразности)?
14. Имеют ли свое условное обозначение частные показатели отклонений формы поверхностей?
15. Как принято указывать на чертежах предельные значения частных видов отклонений формы?
16. Как назначают допуски для частных видов отклонений формы?
17. Как оцениваются количественно все частные виды отклонений формы цилиндрических поверхностей?
18. Какие размерные параметры цилиндрической поверхности участвуют в количественной оценке всех частных видов отклонений формы?
19. По какой формуле определяется количественная оценка всех частных видов отклонений формы цилиндрической поверхности?
20. Как называют средства, предназначенные для измерения диаметров отверстий?
21. На какие две группы можно разделить все нутромеры?
22. В чём заключается конструктивная особенность микрометрических нутромеров?
23. В чём заключается конструктивная особенность НИ?
24. Что принято понимать под измерительными головками?
25. Какие виды измерительных головок различают по конструкции?
26. Какие измерительные головки принято называть индикаторами часового типа?
27. В чём заключается конструктивная особенность индикаторов?
28. Пояснить назначение и метрологическую характеристику шкал индикатора.
29. Каким образом выполняют чтение показаний индикатора?
30. Для чего предназначены НИ?
31. Какие виды НИ различают в зависимости от механизма передачи измерительных перемещений?
32. Какие НИ получили наиболее широкое распространение и почему?
33. Какой метод измерения (по настройке) реализуют НИ?
34. Для определения каких величин применяют различные методы настройки НИ?
35. Какое условие является обязательным для любого метода настройки НИ?
36. С какой целью создают натяг при настройке НИ?
37. Что понимают под установочным размером  $L_u$  и как определяют его величину?
38. Поясните порядок настройки НИ.
39. Что может применяться при настройке НИ для воспроизведения

установочного размера  $L_y$ ?

40. С помощью чего достигается требуемая величина натяга «у» при настройке НИ?

41. Что предопределяет минимально необходимую величину натяга «у»?

42. Поясните порядок измерения диаметров отверстий НИ.

43. Для чего предназначен центрирующий мостик НИ?

44. Для чего предназначены сменные стержни НИ?

45. С какой целью рекомендуется НИ плавно покачивать при измерении?

46. Какова роль маленькой (большой) стрелки индикатора при измерении отверстий НИ?

47. Как определяется величина искомого отклонения «И» при измерении отверстий НИ?

48. С какой целью отверстия измеряют НИ в двух продольных и трёх поперечных сечениях поверхности?

49. Как определяют действительный размер отверстия при измерении его НИ?

50. К чему сводится условие годности детали, когда регламентируется отклонение формы поверхности?

51. Можно ли и каким образом определить (по результатам измерения НИ) отклонения формы поверхности, не прибегая к вычислению действительных размеров диаметра отверстия?

## Библиографический список

1. Серый, И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. Учебник / И.С. Серый. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367 с.

2. Иванов, А.И. Основы взаимозаменяемости и технические измерения / А.И. Иванов. М.: «Колос», 1975. – 425 с.

3. Иванов, А.И. Контрольно-измерительные приборы в сельском хозяйстве: Справочник / А.И. Иванов, А.А. Куликов, Б.С. Третьяков. – М.: «Колос», 1984. – 352 с.

4. Белкин, И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник / И.М. Белкин. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.

5. Берков, В.И. Технические измерения / В.И. Берков. – М.: Высш. шк., 1977. – 232 с.

6. Марков, Н.Н. Взаимозаменяемость и технические измерения. Учебник / Н.Н. Марков. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 288 с.

7. Захаров, В.Н. Взаимозаменяемость, качество продукции и контроль в машиностроении / В.Н. Захаров. – Л.: Лениздат, 1990. – 302 с.

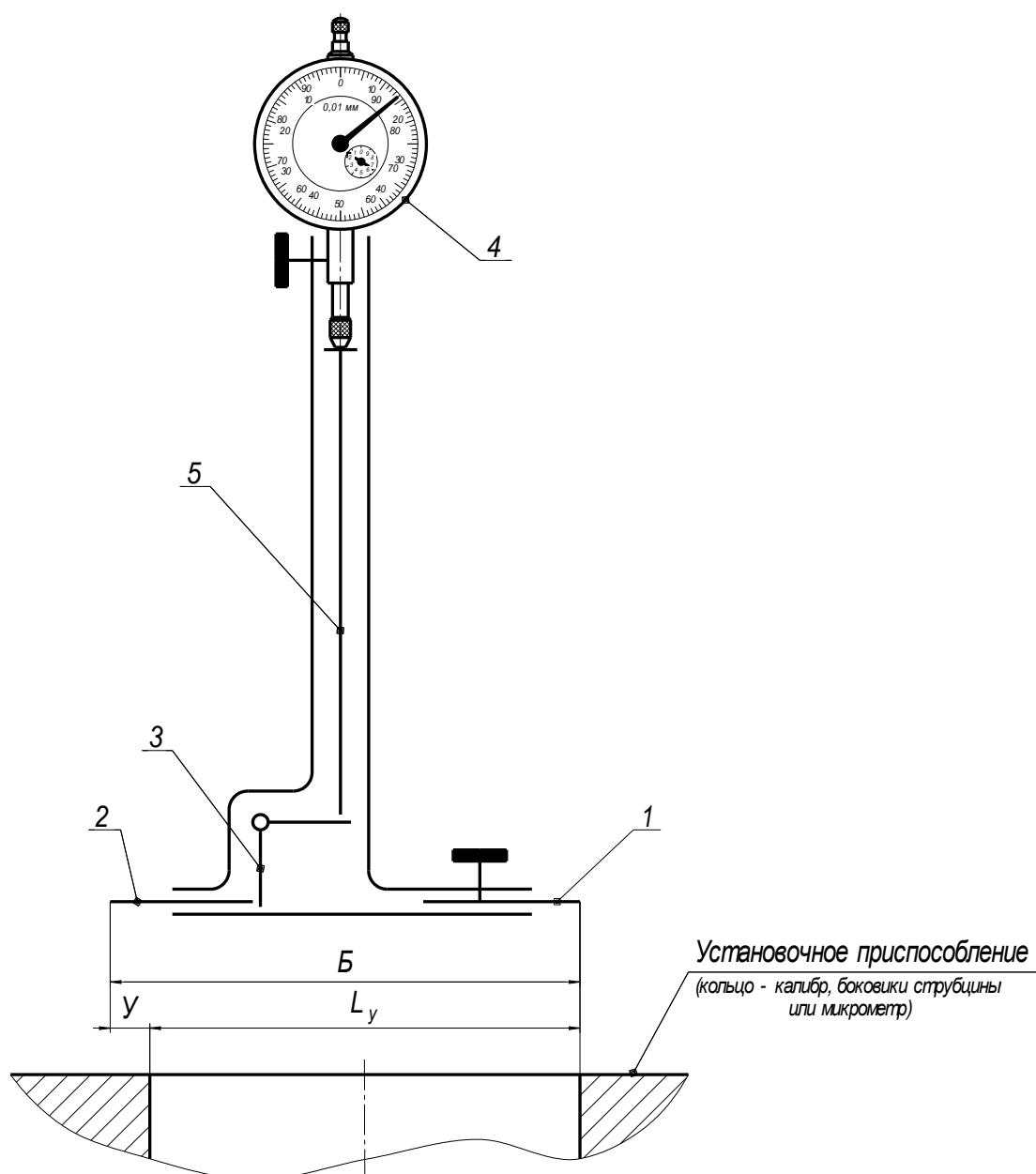
8. Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация: Учебник для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.

Приложение А  
рекомендуемое

**Пример оформления отчёта по лабораторной работе**

**Лабораторная работа № 5 – Измерения индикаторными нутромерами**

*Задание* – измерить отверстие гильзы двигателя внутреннего сгорания и дать заключение о годности детали исходя из условия, что отклонения формы поверхности не должны превышать 0,02 мм (рисунок А.1).



1 – неподвижный (сменный) стержень; 2 – подвижный стержень; 3 – двуплечий рычаг;  
4 – индикатор; 5 – шток

Рисунок А.1 – Схема настройки индикаторного нутромера

Сечения, в которых измерялась деталь (рисунок А.2):

- поперечные сечения: А – А, Б – Б, В – В;
- продольные сечения: I – I, II – II.

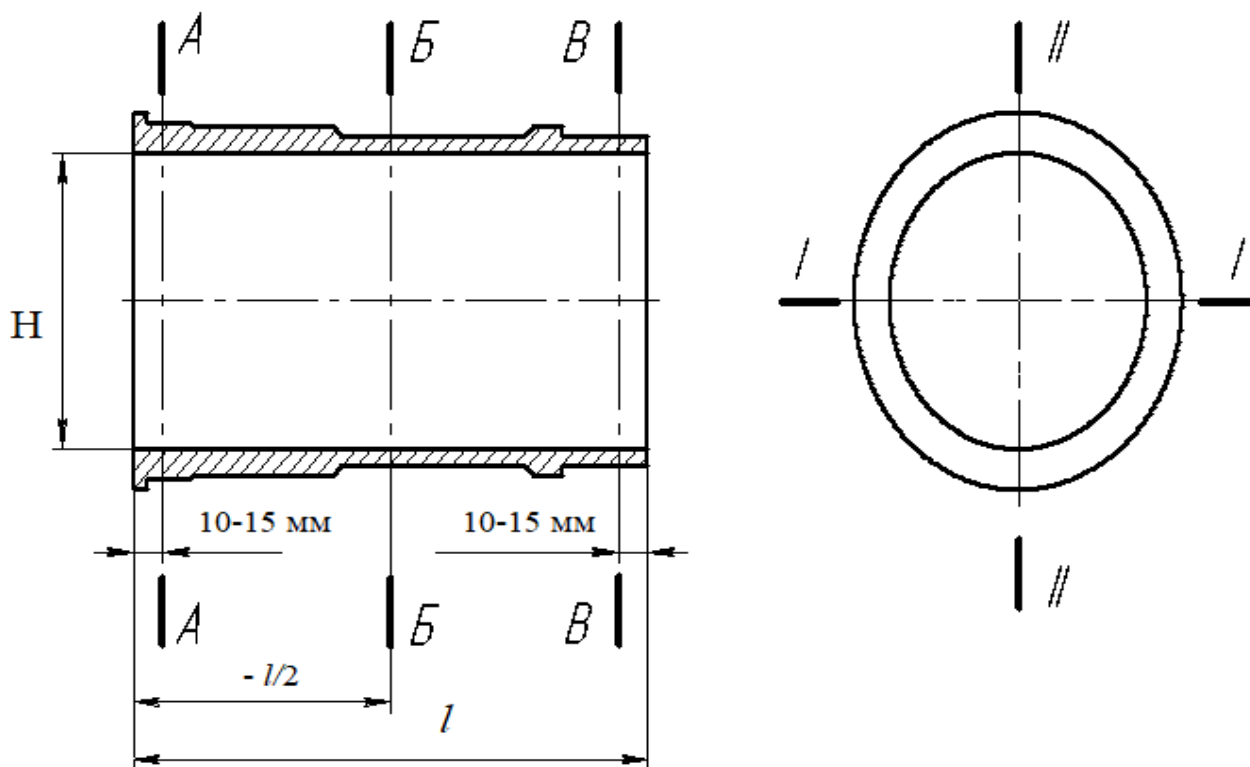


Рисунок А.2 – Схема измерения детали «Гильза»

Исходные данные для настройки нутромера:

- $\varnothing D = 99,6$  мм – измерения штангенциркулем ШЦ-I;
- принять установочный размер  $L_y = 100,0$  мм.

Результаты измерений записать в таблицу А.1.

Таблица А.1 – Результаты измерения детали

| Поперечные сечения                                   | Продольные сечения  |                                  |  |                                  | Отклонения формы в поперечном сечении (овальность), $\Delta$ , мм |
|--|---|----------------------------------|--|----------------------------------|---|
|  | I - I   |                                  | II - II  |                                  |   |
|  | Отклонение по индикатору, $I$ , мм                            | Действительный размер, $Dd$ , мм | Отклонение по индикатору, $I$ , мм                             | Действительный размер, $Dd$ , мм |   |
| A – A  | -0,05   | 99,95                            | +0,45  | 100,45 (max)                     | 0,25  |
| Б – Б  | -0,23   | 99,77 (min)                      | +0,20  | 100,20                           | 0,215   |
| В – В  | +0,03   | 100,03 (max)                     | +0,05  | 100,05 (min)                     | 0,01  |
| Отклонения формы в продольном сечении, $\Delta$ , мм | Седлообразность<br>$\Delta = \frac{100,03 - 99,77}{2} = 0,13$ |                                  | Конусообразность<br>$\Delta = \frac{100,45 - 100,05}{2} = 0,2$ |                                  | –   |

По результатам измерения детали вытекают *следующие выводы*:

1) в продольном сечении *I – I* выявлена седлообразность отверстия величиной 0,13 мм, а в сечении *II – II* – конусообразность в пределах 0,2 мм;

2) во всех трёх поперечных сечениях выявлена овальность в пределах от 0,01 до 0,215 мм.

3) отклонения формы только в поперечном сечении *B-B* (овальность 0,01 мм) вписывается в установленные по заданию границы допуска, равного 0,02 мм.

Таким образом, на основании изложенного можно сделать общий вывод – измеренную гильзу двигателя внутреннего сгорания следует признать бракованной, т.к. отклонения формы отверстия во всех измеренных сечениях, за исключением сечения *B-B*, превышают 0,02 мм.

Учебное издание

**Атаманов** Станислав Азович

**ИЗМЕРЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫМИ  
НУТРОМЕРАМИ**

Руководство по выполнению лабораторной работы

Подписано в печать \_\_\_\_\_ . Тираж 5 экз.

Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета  
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53