

Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
“Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения”
для студентов специальности 6.070106

Харьков 2012

Составители: БАЙЦУР Максим Вячеславович
РЫБАЛКО Ирина Вильгельмовна

Кафедра технологии машиностроения и ремонта машин

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Цель лабораторных работ – изучение эксплуатационных и метрологических характеристик наиболее распространенных измерительных приборов, приобретение навыков работы с этими приборами и закрепление основных понятий о международной системе допусков и посадок.

При измерениях во всех работах необходимо учитывать опыт заводских измерительных лабораторий и инструкции государственного комитета по стандартизации Украины.

При выполнении лабораторных работ, кроме результатов измерений, необходимо подсчитывать предельные размеры и сравнивать полученные действительные результаты с допустимыми отклонениями по стандарту.

Работы поставлены с учетом оборудования, имеющегося в наличии в лаборатории «Стандартизации и технических измерений» кафедры.

Перед выполнением измерений следует внимательно изучить методические рекомендации к работе, осознать цель работы, детально ознакомиться с устройством измерительного прибора и порядком выполнения лабораторной работы. После выполнения работы студент должен привести в порядок рабочее место, оформить и сдать отчет.

Отчет по каждой лабораторной работе оформляется на специальном бланке. Таблицы заполняются чернилами, а схему измерений, эскизы изделий, схемы полей допусков выполняются карандашом.

Студенты, которые не сдали отчет о предыдущей работе, к выполнению следующих работ не допускаются.

ИЗМЕРЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ИНДИКАТОРНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ СРЕДСТВАМИ

Цель работы – освоить методику определения погрешностей формы цилиндрических поверхностей и приобрести навыки практического использования индикаторного нутромера и индикаторной головки.

Приборы и принадлежности: индикаторная головка со штативом, индикаторный нутромер, детали для измерения, набор концевых мер длины (КМД), принадлежности к КМД.

Краткие теоретические сведения

При анализе точности геометрических параметров деталей различают поверхности: номинальные (идеальные, не имеющие отклонений формы и размеров), форма которых задана чертежом, и реальные (действительные), которые ограничивают деталь. Реальные поверхности деталей получают в результате обработки или видоизменения при эксплуатации машин. Реальное расположение поверхности (профиля) определяется действительными линейными и угловыми размерами.

Термины и определения, которые относятся к основным видам отклонений и допусков формы и расположения, установлены ДСТУ 2498-94. Под отклонением формы поверхности (или профиля) понимают отклонение формы реальной поверхности (реального профиля) от формы номинальной поверхности (номинального профиля).

Рассматривают следующие отклонения формы цилиндрических поверхностей: в поперечном сечении – отклонение от круглости, продольном – отклонение профиля продольного сечения.

Отдельными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка.

Овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалоподобную фигуру, наибольший и

наименьший диаметры которой имеют взаимно перпендикулярные направления (рис. 1.1а).

Огранка – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру (рис. 1.1б).

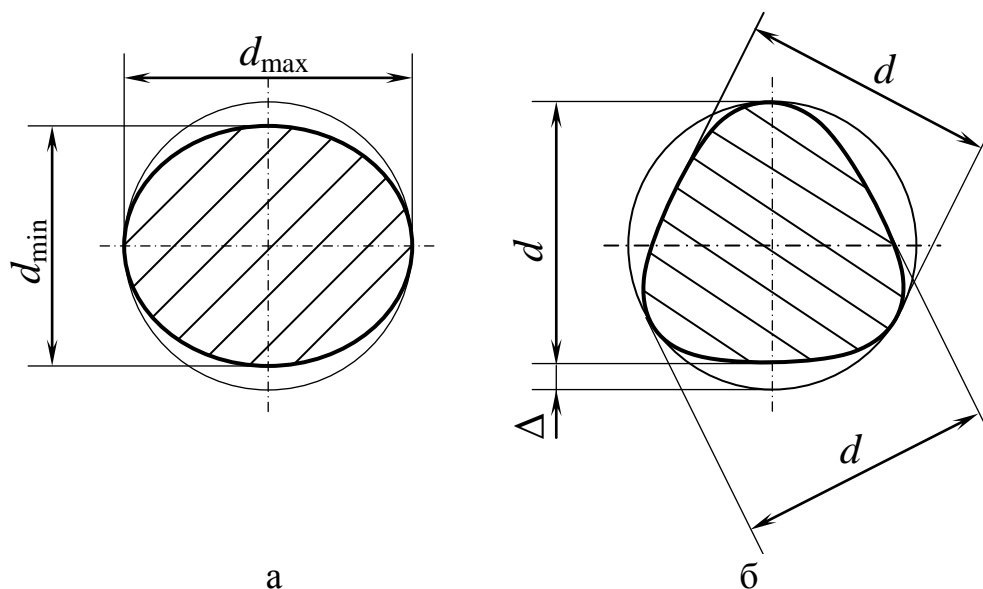


Рисунок 1.1 – Отклонение формы цилиндрических поверхностей в поперечном сечении: а – овальность; б – огранка

Отклонение профиля продольного сечения характеризует отклонение от прямолинейности и параллельности образующих. Отдельными видами отклонения профиля продольного сечения являются конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие являются прямолинейными, но не параллельными (рис.1.2а).

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не являются прямолинейными и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 1.2б).

Седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не являются прямолинейными и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рис. 1.2в).

Количественно оценить величину отклонений формы цилиндрических поверхностей можно по формуле

$$\Delta = \frac{d_{r \max} - d_{r \min}}{2}, \quad (1.1)$$

где $d_{r \max}$ – наибольший действительный размер поверхности вала или отверстия;

$d_{r \min}$ – наименьший действительный размер поверхности вала или отверстия.

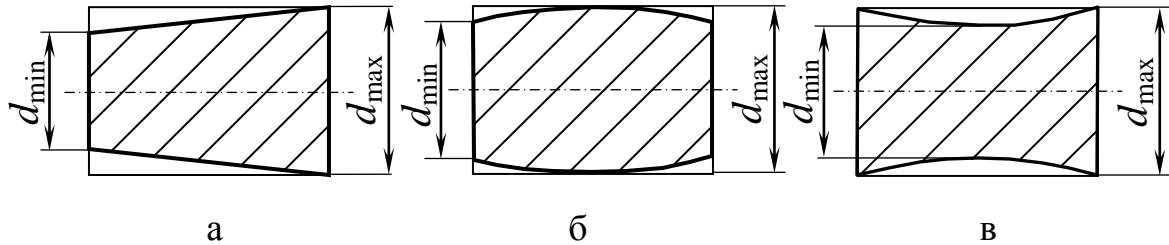


Рисунок 1.2 – Отклонение от цилиндричности профиля продольного сечения: а – конусообразность; б – бочкообразность; в – седлообразность

Измерение цилиндрических валов индикаторной головкой

Ознакомьтесь с внешним и внутренним устройством индикаторной головки (рис. 1.4 и рис. 1.5) и подготовьте ее к измерениям.

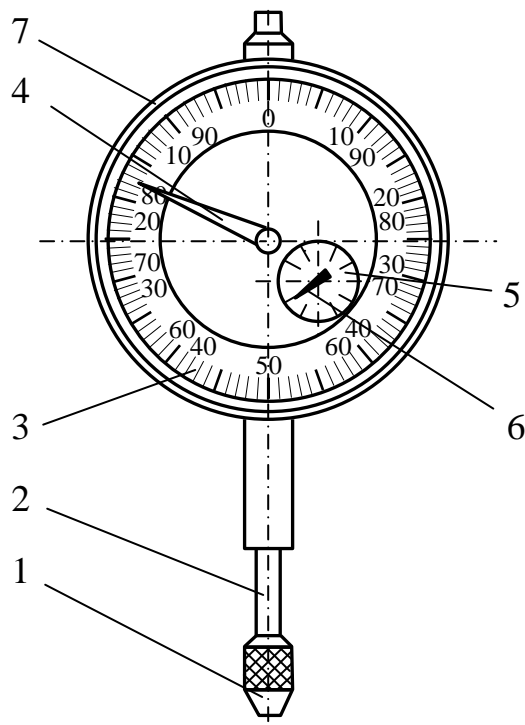


Рисунок 1.4 – Внешнее строение индикаторной головки: 1 – измерительный наконечник; 2 – измерительный стержень; 3 – основная шкала; 4 – большая стрелка; 5 – шкала; 6 – маленькая стрелка; 7 – ободок

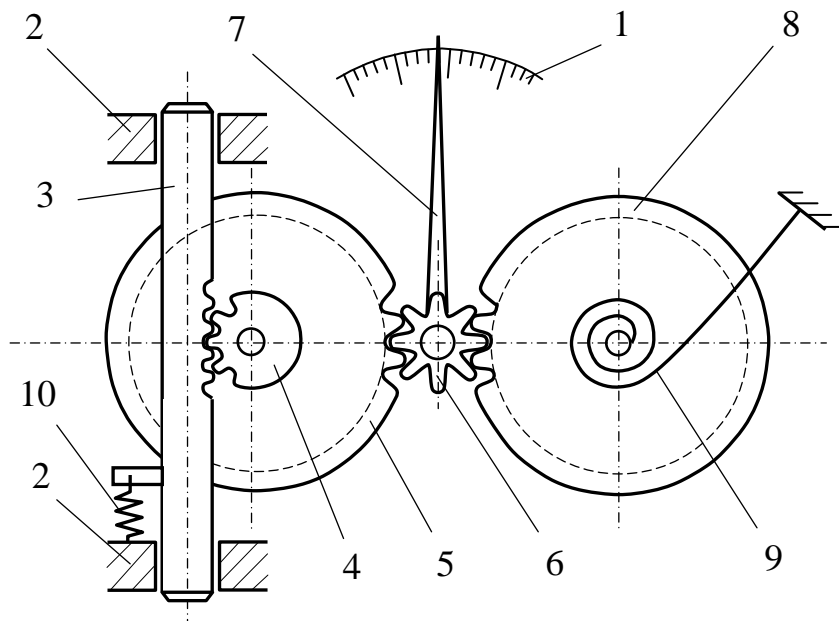


Рисунок 1.5 – Принципиальная схема индикаторной головки: 1 – шкала; 2 – корпус; 3 – измерительный стержень; 4 – малое зубчатое колесо; 5 – большое зубчатое колесо; 6 – триб; 7 – стрелка; 8 – ведомое зубчатое колесо; 9 – пружина стрелки; 10 – пружина измерительного стержня

Перед измерением индикаторную головку зафиксировать в зажимном приспособлении штатива и настроить на нуль по блоку концевых мер, размер которого соответствует номинальному диаметру измеряемой детали (рис. 1.6а). Для этого измерительный наконечник индикатора 5 привести в прикосновение с блоком концевых мер 6 так, чтобы маленькая стрелка шкалы индикатора отклонилась на одно-два деления. Это позволит фиксировать как положительные, так и отрицательные отклонения размера контролируемой детали от номинального значения. Поворачивая рифленый ободок индикатора, установить напротив большой стрелки нулевой штрих основной шкалы.

Выполнить измерения детали типа цилиндрического валика. Для этого установить на предметный столик штатива измеряемый валик (рис. 1.6б) и, проталкивая его под измерительным наконечником индикаторной головки, определить максимальное отклонение большой стрелки от нуля, сначала в делениях шкалы, а потом – в миллиметрах. При этом, обратить внимание на знак отклонения. Если стрелка отклонилась от нуля по часовой стрелке, то знак положительный, если против – отрицательный. Реальный размер D_r

валика получают добавлением отклонения с соответствующим знаком к номинальному размеру D_n , на который был настроен измерительный прибор.

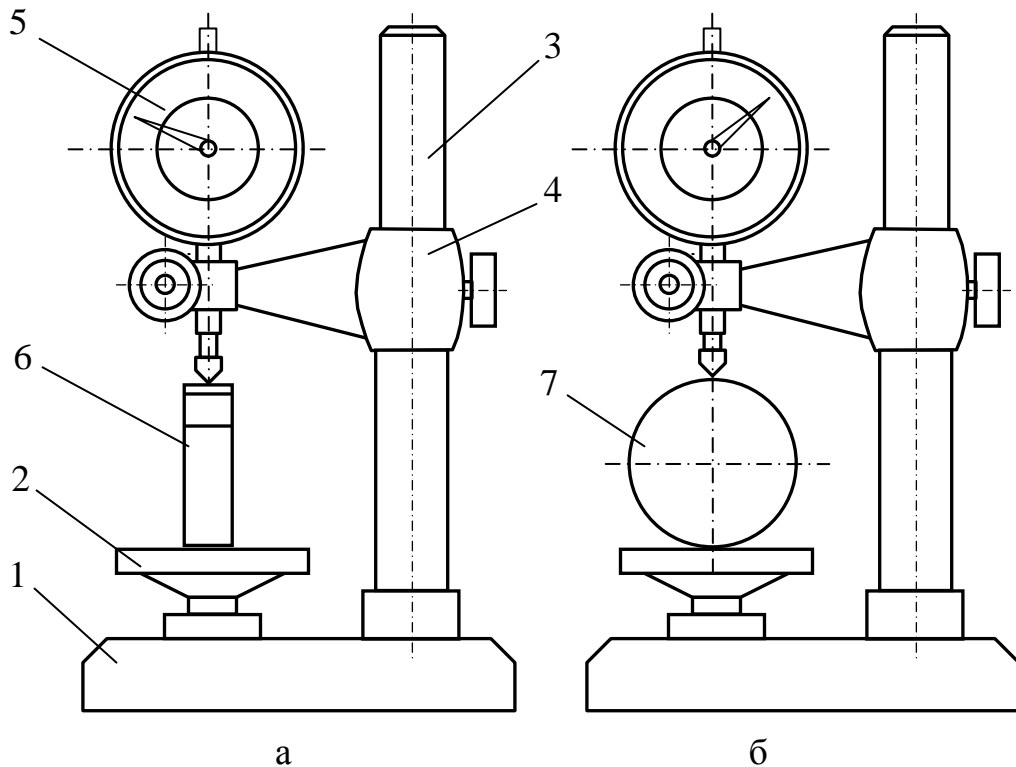


Рисунок 1.6 – Схема настройки измерительного прибора на эталонной размер (а) и установки детали (б): 1 – основание штатива; 2 – предметный столик; 3 – стойка; 4 – подвижная штанга; 5 – индикаторная головка; 6 – блок концевых мер длины; 7 – измеряемая деталь

Выполнить измерения в трех поперечных сечениях В-В, Г-Г и Д-Д в каждом из двух взаимно перпендикулярных продольных сечениях А-А и В-В (рис. 1.7).

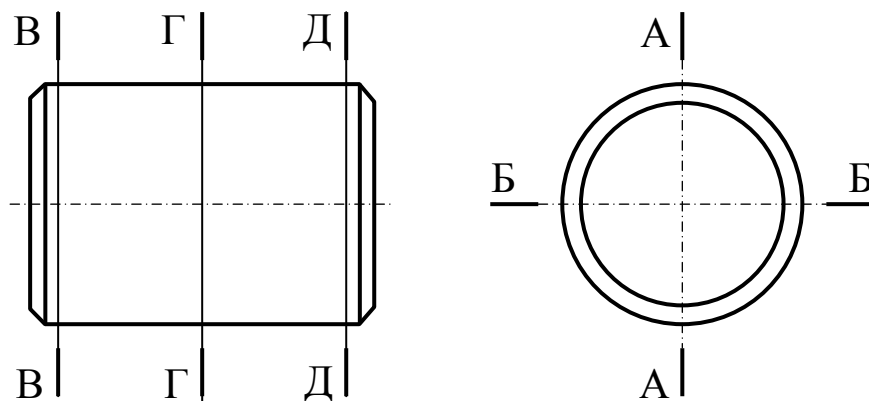


Рисунок 1.7 – Схема измерения цилиндрического валика

Полученные значения отклонений с их знаками внести в отчет.

Сделать вывод относительно отклонений формы поверхности измеренных валиков в продольном и поперечном сечениях и определить по формуле (1.1) их числовые значения.

Выполнить эскизы отверстия в плане с обозначением сечений А-А и Б-Б, а также эскизы двух продольных сечений А-А и Б-Б с изображением формы и указанием действительных размеров.

Измерение цилиндрических отверстий индикаторным нутромером

Изучить устройство индикаторного нутромера (рис. 1.8) и подготовить его к работе.

Перед измерением нажатием на измерительный наконечник проверить функционирование прибора. Движения стрелки индикатора в обоих направлениях должны быть плавными.

По блоку плоскопараллельных концевых мер установить прибор в нулевое положение (рис. 1.9а). Для этого по чертежу или с помощью штангенциркуля определить номинальный размер измеряемого отверстия и составить блок концевых мер 6 (эталонный размер, который соответствует номинальному). К измерительным поверхностям крайних концевых мер, которые входят в блок, притереть боковики 3 и 5 и закрепить их в державке 1. Прибор ввести в пространство между боковиками таким образом, чтобы измерительный стрежень 4 и вставка 2 контактировали с боковиками. Для обеспечения измерения положительных и отрицательных отклонений отрегулировать длину выступающей части вставки (или установить необходимые удлиняющие кольца под буртик вставки с фиксированной длиной) так, чтобы стрелка индикатора отклонилась на 1-2 оборота по часовой стрелке от своего свободного положения. При этом нужно добиться, чтобы указатель оборотов (малая стрелка индикатора) показывал целое число. Путем покачивания прибора в вертикальной, а потом в горизонтальной плоскости, которые перпендикулярны измерительным поверхностям боковиков, добиться крайнего положения стрелки индикатора. Это положение отвечает расстоянию между измерительными наконечниками, которое равно размеру блока концевых мер.

Вращением ободка индикатора совместить нулевое деление шкалы со стрелкой. Потом еще раз проверить правильность настройки прибора последовательным покачиванием его в двух плоскостях.

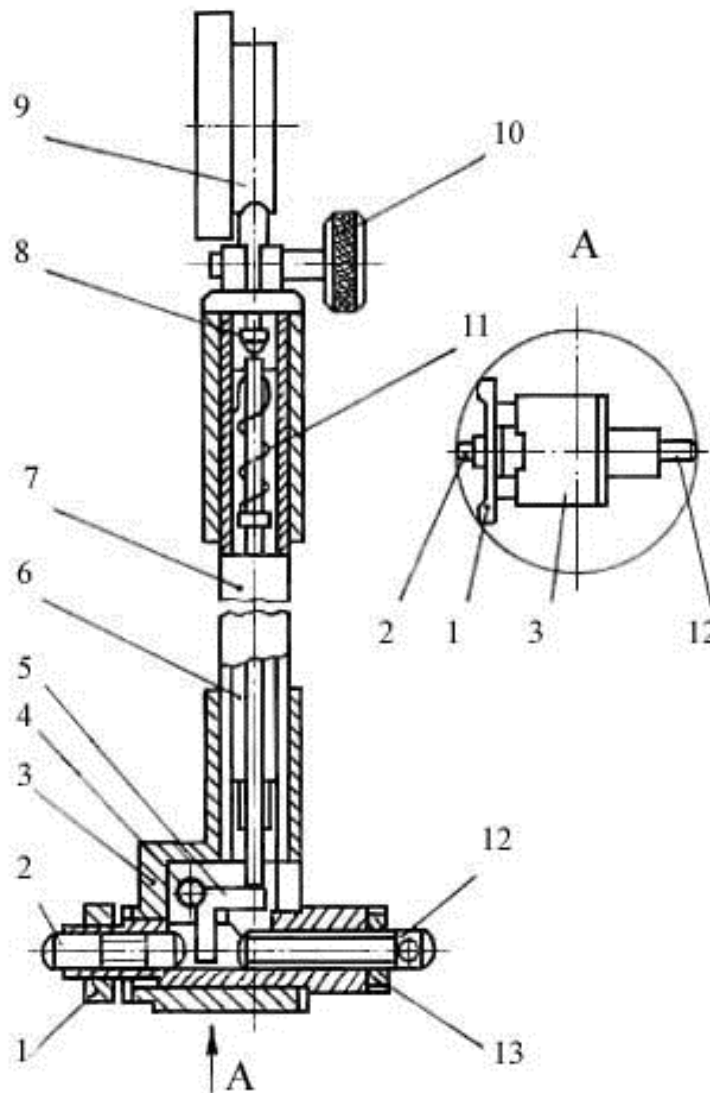


Рисунок 1.8 – Схема индикаторного нутромера: 1 – центрирующее устройство; 2 – измерительный наконечник; 3 – корпус; 4 – ось; 5 – рычаг; 6 – шток; 7 – трубчатый корпус; 8 – измерительный стрежень индикатора; 9 – индикатор; 10 – винт; 11 – пружина; 12 – сменная измерительная вставка; 13 – контргайка

Необходимо знать, что в свободном состоянии размер между измерительными поверхностями нутромера больше, чем в момент контакта с плоскостями боковиков.

Блок концевых мер разбирать не следует.

Измерить диаметр отверстия. Для определения отклонений от правильной геометрической формы отверстия (овальности, конусообразности или бочкообразности), измерения нужно выполнять во взаимно перпендикулярных продольных сечениях А-А и Б-Б в трех поперечных сечениях В-В, Г-Г и Д-Д (рис. 1.10).

Наклонив прибор, ввести его в измеренное отверстие и установить измерительные стержни на уровне соответствующего поперечного сечения в продольном сечении А-А. Установка прибора в продольной плоскости обеспечивается мостиком, который центрирует нутромер относительно измеряемой поверхности. Для установки измерительной линии перпендикулярно оси отверстия прибор нужно покачать в плоскости А-А (рис. 1.9б).

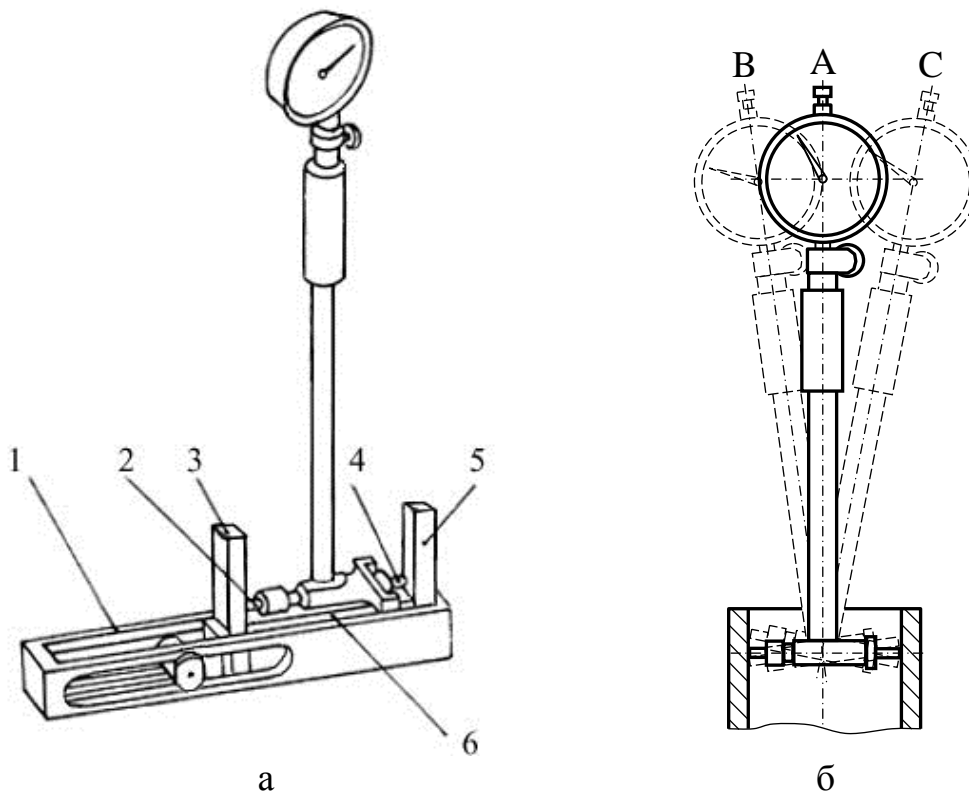


Рисунок 1.9 – Схема настройки на эталонной размер (а) и установки в измеряемой детали (б) индикаторного нутромера: 1 – державка; 2 – измерительная вставка; 3, 5 – боковики; 4 – измерительный наконечник; 6 – блок концевых мер длины

В положениях В и С линия измерения не перпендикулярна оси изделия. Положение А отвечает перпендикулярному расположению измерительных поверхностей прибора относительно оси из-

деля. Оно определяется по наименьшему отклонению стрелки индикатора.

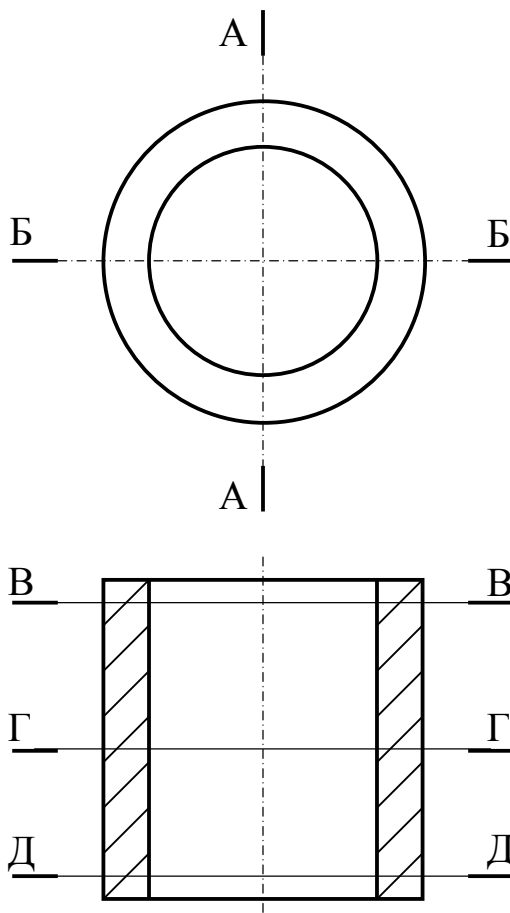


Рисунок 1.10 – Схема измерения цилиндрического отверстия

Действительное значение измеренного диаметра определить по формуле

$$D_r = D_n + e_r , \quad (1.2)$$

где D_n – размер блока концевых мер, по которому устанавливался нутромер в нулевое положение (номинальный или эталонный);

e_r – действительное отклонение с соответствующим знаком, полученное отсчетом по шкале индикатора.

Необходимо помнить, что при размере отверстия большем, чем эталонный размер, стрелка индикатора во время измерения отклоняется против часовой стрелки (+), а при размере отверстия меньшем, чем эталонный, – по часовой стрелке (–). Если размер отверстия отличается от размера блока концевых мер более чем на 1

мм, то в момент отсчета нужно учитывать количество полных оборотов большой стрелки по указателю оборотов (малая стрелка индикатора).

Выполнить измерения в поперечных сечениях В-В, Г-Г и Д-Д продольного сечения А-А, а потом в сечениях В-В, Г-Г и Д-Д продольного сечения Б-Б. Результаты отклонения размеров записать в отчет.

После окончания измерений проверить нулевую установку прибора, для чего вставить его в державку с блоком концевых мер; покачивая прибор последовательно в двух плоскостях, определить погрешность показаний, которая не должна превышать половины деления шкалы индикатора.

По результатам измерений сделать вывод относительно формы детали. По формуле (1.1) вычислить овальность отверстия в трех поперечных сечениях, а также отклонение профиля в продольных сечениях А-А и Б-Б.

Выполнить эскизы отверстия в плане с обозначением сечений А-А и Б-Б, а также эскизы двух продольных сечений А-А и Б-Б с изображением формы и указанием действительных размеров.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют отклонения формы цилиндрических деталей?
2. Что такое овальность, конусообразность, бочкообразность, седлообразность?
3. Сущность сравнительного метода измерения.
4. На чем основан принцип действия индикаторных приборов?
5. Как определить действительный размер детали при измерении индикаторной головкой?
6. Чему равен предел измерения индикаторной головки?
7. Какой метод измерения применяется при использовании индикаторной головки?
8. Как настроить индикаторную головку на нуль?
9. Какое строение индикаторного нутромера?
10. Как настроить индикаторный нутромер на размер?

ПОВЕРКА МИКРОМЕТРА И ИЗМЕРЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы – освоить методику поверки микрометра и приобрести навыки измерения деталей.

Приборы и принадлежности: гладкий микрометр типа МК (ГОСТ 6507-90); набор плоскопараллельных стеклянных пластин; набор концевых плоскопараллельных мер длины (ГОСТ 9038-83); деталь для измерения.

Краткие теоретические сведения

Технические средства, которые используются при измерениях и имеют нормированные метрологические свойства, называются средствами измерения.

Основными параметрами средств измерений являются:

Цена деления шкалы – разность значений измеряемой величины, которая отвечает двум соседним меткам шкалы;

Диапазон показаний – интервал значений измеряемой величины, который ограничен начальным и конечным ее значением;

Диапазон измерений – интервал значений измеряемой величины, в пределах которого являются нормированными погрешности средства измерений.

Под погрешностью измерения понимают отклонение результата измерения от действительного значения измеряемой величины.

Точность измерений – характеристика качества измерения, которая отображает близость результата измерения к истинному значению измеряемой величины. Количественно точность измерения может быть выражена величиной, обратной модулю относительной погрешности.

Абсолютная погрешность измерения – разность между значением величины, полученным при измерении, и ее действительным значением, которая выражена в единицах измеряемой величины.

Погрешность настройки – составляющая погрешности измерения, которая возникает из-за несовершенства процесса настройки.

Микрометрические инструменты являются универсальными измерительными средствами, которые применяются для измерения разных геометрических параметров. В микрометрических инструментах использована винтовая пара, которая применяется для увеличения передаточного отношения. Эти инструменты широко используют для контроля внешних (микрометры) и внутренних размеров (микрометрические нутромеры), глубин и высот пазов (микрометрические глубиномеры) и др. При оснащении этих инструментов специальными губками и вставками их можно использовать для контроля размеров (параметров) резьбы, труб, зубчатых колес и т.д.

Порядок выполнения

Изучить устройство микрометра (рис. 2.1). Корпус микрометра изготавливается в виде скобы 1.

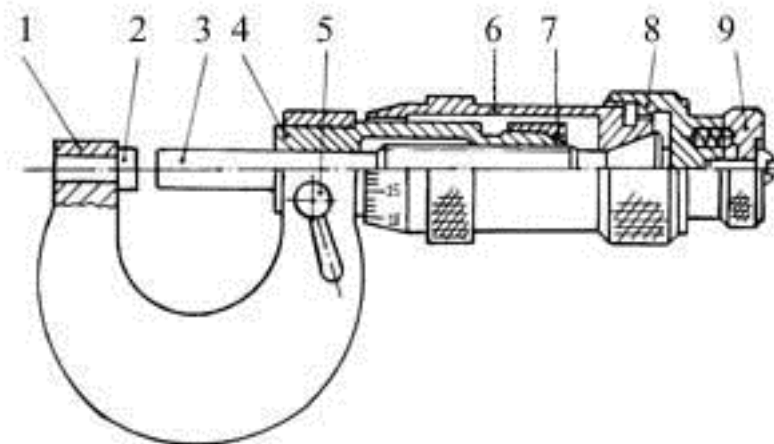


Рисунок 2.1 – Строение гладкого микрометра: 1 – скоба; 2 – неподвижная пятая; 3 – микровинт; 4 – стембель; 5 – фиксатор; 6 – барабан; 7 – гайка; 8 – корпус храповика; 9 – храповик;

В нее запрессовывается с одной стороны неподвижная пятая 2, а с другой стороны – стембель 4, внутри которого двигается микровинт 3, образующий с гайкой 7 резьбовую пару.

Для обеспечения постоянного измерительного усилия микрометр имеет специальный храповой механизм 9, отрегулированный на определенное усилие.

Отсчетное устройство микрометра (рис. 2.2) состоит из двух продольных шкал 1 и 3, нанесенных на стембель 3, и круговой 5 на

барабане 6. Скошенный край барабана служит указателем продольной шкалы, а штрих 2 – указателем круговой шкалы.

Шаг микровинта равняется 0,5 мм, т.е. одному обороту микровинта (и барабана) отвечает линейное перемещение подвижного стрелки, которое равняется 0,5 мм. С учетом того, что круговая шкала на барабане имеет 50 делений, цена одного деления составляет $0,5/50 = 0,01$ мм.

Шкалы на стебле, нанесенные с обеих сторон штриха 2, смещены относительно друг друга на половину деления и имеют цену деления 1 мм. Если возле торца барабана видна отметка нижней шкалы, то результат отсчета отвечает целому числу миллиметров. Если же последней видна метка верхней шкалы, то к целому числу прибавляется 0,5 мм. К показаниям продольных шкал нужно также прибавить показания круговой шкалы. Например, показания на отсчетном устройстве, приведенном на рис. 2.2, составят 11,865 мм.

Проверить настройку микрометра на нуль (с пределами измерений 0-25 мм). Для этого необходимо, медленно поворачивая барабан за насечки втулки храпового механизма, привести в соприкосновение измерительные поверхности торцов микровинта и пяты. Вращение продолжать до тех пор, пока храповой механизм не сделает несколько щелчков.

Для проверки нуля в микрометрах с нижним пределом измерений, отличным от нуля, между торцевыми поверхностями пяты и микровинта установить меру или блок концевых мер размером, который равняется нижнему пределу измерений микрометра.

При соприкосновении измерительной поверхности микровинта и пяты (или поверхности блока) нулевой штрих круговой шкалы, нанесенной на конусную часть барабана, должен находиться против продольного штриха стебля. Если это условие не выполняется, необходимо изменить положения барабана на микровинте. С этой целью, зафиксировав микровинт стопорным устройством 5 (см. рис. 2.1), и, удерживая левой рукой барабан 6 за выступ с накаткой, правой рукой отвернуть корпус храповика 8. Поскольку при затягивании гайки установка на нуль может нарушиться, то микровинт необходимо освободить и проверить установку, как было указано выше, и, при необходимости, повторить настройку.

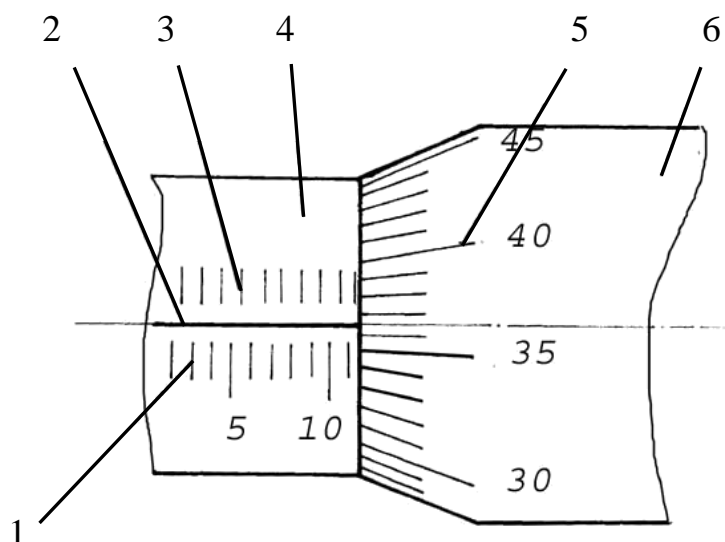


Рисунок 2.2 – Схема отсчетного устройства микрометра: 1 – нижняя продольная шкала; 2 – штрих; 3 – верхняя продольная шкала; 4 – стержень; 5 – круговая шкала; 6 – барабан

Проверить плоскостность измерительных поверхностей микровинта и пяты. Вращая микровинт, обеспечить расстояние между измерительными поверхностями, достаточное для размещения стеклянной пластины. Взяв микрометр за скобу одной рукой, а стеклянную пластину за цилиндрическую часть – другой, наложить ее плоской поверхностью на измерительную поверхность микровинта. Если последняя имеет отклонение, то возникнут интерференционные полосы, которые хорошо можно увидеть на фоне торца микровинта. Слегка нажимая микровинт, добиться такого положения, при котором количество интерференционных полос будет наименьшей (рис. 2.3).

Количество интерференционных полос зависит от кривизны проверяемой поверхности: их будет тем больше, чем больше кривизна или отклонение от плоскостности. Величину этого отклонения определяют умножением длины полуволны белого света на число интерференционных полос. Подсчет колец следует делать на расстоянии 11,5 мм от края измерительной поверхности. При этом незамкнутую пару полос (рис. 2.3) считать одним кольцом. Например, во всех случаях на рисунке 2.3 количество интерференционных полос равняется двум, а отклонение от плоскостности составит $0,3 \cdot 2 = 0,6$ мкм.

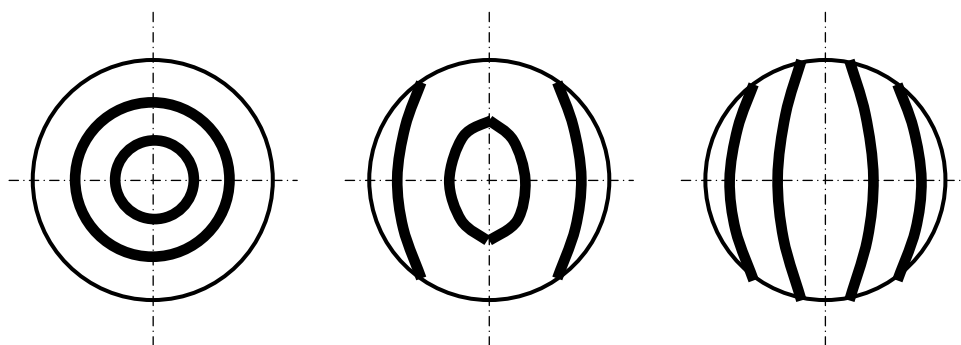


Рисунок 2.3 – Форма интерференционных полос

Измерительные поверхности микрометра считаются пригодными, если число полос не превышает 3, т.е. отклонение от плоскостности составляет не более 0,9 мкм.

Результаты определения количества полос и величины отклонения от плоскостности измерительных поверхностей микровинта и пяты вместе с выводом “пригоден” или “непригоден” внести в отчет.

Проверить параллельность плоских измерительных поверхностей микровинта и пяты. Одну из четырех необходимых для работы стеклянных пластин зажать между микровинтом и пятой и, поддерживая ее рукой (для предотвращения падения), подсчитать сумму интерференционных полос на измерительных поверхностях винта и пяты. Определить отклонение этих поверхностей от параллельности, помножив 0,3 мкм на суммарное число полос. Аналогично сделать, последовательно работая с тремя стеклянными пластинами, которые остались. Максимальное из четырех значений отклонения сравнить с допускаемыми величинами, приведенными в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Допускаемые отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей

Верхний предел измерений микрометра, мм	Допускаемые отклонения от параллельности плоских измерительных поверхностей, мкм
От 0 до 25	2,0
Больше 25 до 50	2,5
Больше 50 до 100	3,0
Больше 100 до 200	4,0

Результаты расчета и вывод "пригоден", "непригоден" внести в отчет.

Проверить показания микрометра в разных точках шкалы (минимум в пяти) сравнением показаний с размерами концевых мер 5-го разряда или 2-го класса точности.

Микрометр настроить на ноль, а потом выполнить проверку в точках, указанных в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Рекомендованные точки поверки микрометра

Верхний предел измерения микрометра, мм	Рекомендованные размеры для поверки микрометра, мм				
	1	2	3	4	5
5	1,12	2,24	3,36	4,5	5,0
10	2,12	4,25	6,36	8,5	10,0
25	5,12	10,24	15,30	21,5	25,0
Выше 25	A+5,12	A+10,24	A+15,30	A+21,5	A+25

Размеры, которые рекомендованы в таблице 2.2 (А – это нижний предел измерений микрометра), последовательно составить из концевых мер и, измеряя последние, определить показания микрометра с точностью до пяти тысячных миллиметра. Наибольшая разность показаний микрометра и размеров соответствующих блоков концевых мер составит погрешность показаний микрометра. Значения допускаемой погрешности приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Значения допускаемой погрешности показаний микрометра

Верхний предел измерений микрометра, мм	Допускаемая погрешность, мм	
	1-й класс	2-й класс
От 0 до 100	±0,004	±0,008
От 100 до 200	±0,005	±0,010
От 200 до 300	±0,006	±0,012

Результаты показаний микрометра и вывод о пригодности ("пригоден по первому классу", "непригоден" или другое) внести в отчет.

Сделать общий вывод о пригодности микрометра на основании результатов всех трех поверок и внести в отчет.

Измерить деталь или несколько деталей по указанию преподавателя и результаты измерений внести в отчет.

Контрольные вопросы

1. Строение и принцип действия гладкого микрометра.
2. Как определить плоскостность измерительных поверхностей микрометра?
3. Как определить отклонение от параллельности измерительных плоскостей микрометра?
4. Как определить погрешность показаний микрометра?

Лабораторная работа 3

НАСТРОЙКА РЕГУЛИРУЕМОЙ СКОБЫ НА РАЗМЕР ПО КОНЦЕВЫМ МЕРАМ ДЛИНЫ (КМД)

Цель работы – освоить методику составления блоков из аттестованных КМД на заданный размер и приобрести навыки практической работы по настраиванию на размер контрольно-измерительных инструментов.

Приборы и принадлежности: набор концевых мер длины (ГОСТ 9038-83) с аттестатом; регулируемая калибр-скоба; ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 24853-81.

Краткие теоретические сведения

Плоскопараллельные концевые меры длины (КМД) предназначены для передачи размеров от эталона (длины основной световой волны) к изделию. Это назначение мер на практике реализуется путем их применения для воспроизведения определенного значения длины, поверки и градуировки мер и приборов, проверки и установ-

ки калибров на размер, настройки на ноль шкалы приборов при относительном методе измерений, определения размеров изделий и приспособлений, разметки при координатно-расточных работах, отладки станков и т.п.

Плоскопараллельные концевые меры длины имеют форму прямоугольного параллелепипеда с двумя плоскими взаимно параллельными измерительными поверхностями, отполированными до зеркального блеска. Концевые меры изготавливаются из высококачественной стали или твердого сплава.

Каждая КМД воссоздает только один размер. Этот размер маркируется на каждой отдельной плитке. Причем номинальный размер на мерах более чем 5,5 мм маркируется на одной из нерабочих поверхностей, а на мерах с номинальным размером 5,5 мм и меньше – на измерительной поверхности. При этом знаки расположены на максимальном расстоянии от середины измерительной поверхности (рис. 3.1). Плитки комплектуют в наборы, которые отличаются размерами плиток с десятичной градацией.

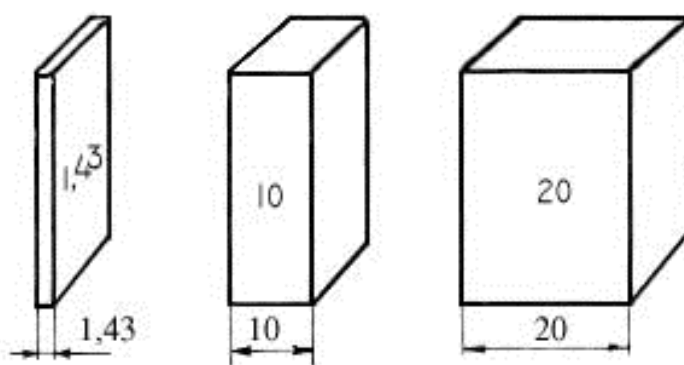


Рисунок 3.1 – Общий вид плоскопараллельных КМД

Точность мер определяется точностью их изготовления и измерения. В зависимости от точности изготовления КМД подразделяют на четыре класса точности 0; 1; 2 и 3.

КМД характеризуются свойством притираемости по измерительным поверхностям, которое обеспечивает прочность соединений концевых мер между собой. Сцепление (адгезия) плиток, которая происходит при притирании (см. рис. 3.2), вызывается молекулярными силами сцепления при наличии тончайшей жировой

пленки между измерительными поверхностями КМД. Плитки по износоустойчивости должны выдерживать не меньше 500 притираний.

Свойство притираемости широко используется для воспроизведения с помощью концевых мер любых размеров в необходимых пределах, с точностью до третьего десятичного знака (рис. 3.2). Точность изготовления концевых мер и точность их аттестации значительно выше точности изготовления и аттестации штриховых мер, что обусловило их широкое использование в промышленности.

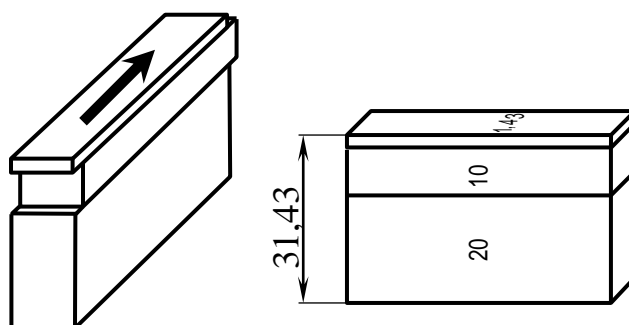


Рисунок 3.2 – Набор КМД в блок

Концевые меры, которые находятся в эксплуатации, периодически поверяются. Результаты поверки позволяют вносить коррективы в размер блока КМД с учетом их износа в результате периодических притираний. Среднестатистические результаты периодических поверок КМД приведены в приложении А.

Непосредственно для определения размеров деталей КМД применяться не могут, а служат для настройки на размер и контроля разных измерительных и контрольных приборов и инструментов. Одним из таких инструментов является калибр-скоба.

Калибрами называют бесшкальные инструменты, предназначенные для контроля размеров, формы и расположения поверхностей деталей. Наибольшее распространение в промышленности нашли предельные калибры. Такие калибры используют для проверки размеров гладких цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых деталей, высоты выступов и глубины впадин (если на размеры, которые проверяются, установленные допуски, не точнее ИТ6).

Чаще всего предельные калибры применяют для контроля цилиндрических валов (калибры-скобы) и отверстий (калибры-пробки).

Преимущество отдают односторонним предельным калибрам. Они сокращают время контроля изделий и затраты материала.

Применяют также регулируемые скобы (со вставными передвижными губками) (рис. 3.3), которые позволяют компенсировать износ и могут быть настроены на разные размеры в заданном интервале значений.

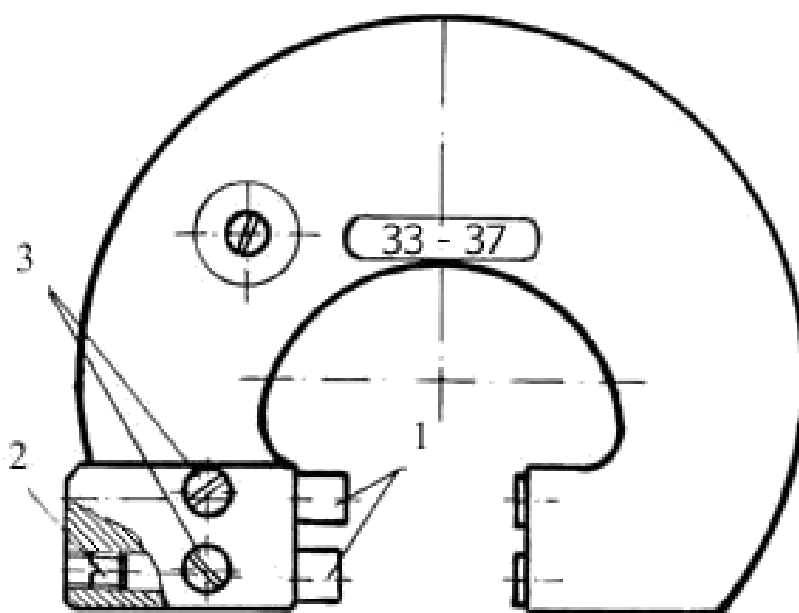


Рисунок 3.3 – Общий вид регулируемой калибра-скобы: 1 – вставки; 2 – установочные винты; 3 – зажимные винты

Порядок выполнения

Ознакомиться с конструкцией гладкой регулируемой скобы и подготовить ее к работе.

Регулируемая скоба имеет измерительные вставки 1 (рис. 3.3), перемещением которых можно установить скобу на необходимый размер. Перемещение вставок в сторону уменьшения размера осуществляется установочными винтами 2 с помощью отвертки, а в сторону увеличения размера – непосредственным нажимом на головку при отвернутых зажимных винтах 3.

Для установки регулируемой скобы на определенный размер по блокам КМД, например, на размер $\text{Ø}25f8$, необходимо вы-

брать скобу, с интервалом размеров (указанных на маркировке скобы), соответствующим размеру вала.

В соответствии с ГОСТ 25346-89 построить схему расположения полей допусков вала. Приняв предельные размеры вала в качестве номинальных и пользуясь таблицами ГОСТ 24853-81, построить схемы полей допусков рабочих и контрольных калибров ПР, НЕ, К-ПР, К-НЕ и К-И. Пример схемы на рис. 3.4.

По схеме рассчитать значения средних и предельных размеров калибров и контркалибров и записать их в отчет.

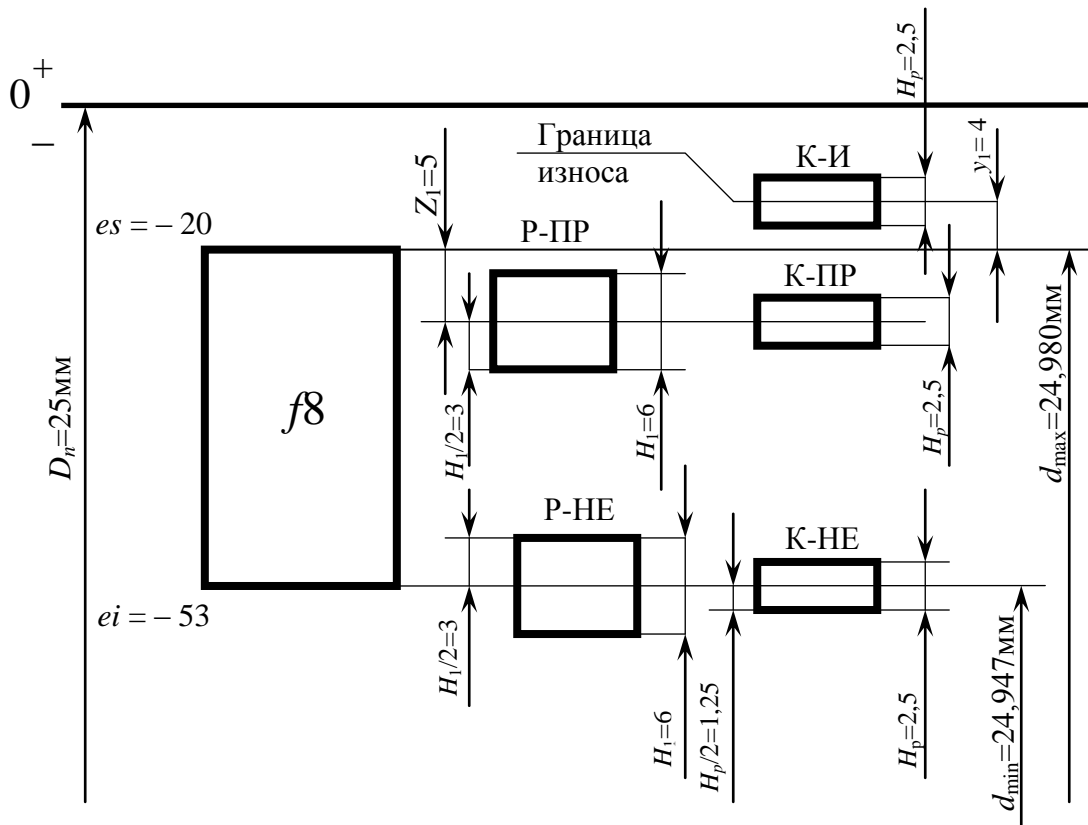


Рисунок 3.4 – Схема расположения полей допусков вала $\text{Ø}25f8$, рабочих и контрольных калибров

В качестве размеров для настройки скобы следует принимать среднеарифметические значения размеров контркалибров, которые могут быть определены из выражений:

$$\text{К-ПР: } d_m = D_n - es - z_1 = 25 - 0,020 - 0,005 = 24,975 \text{ мм};$$

$$\text{К-НЕ: } d_m = D_n - ei = 25 - 0,053 = 24,947 \text{ мм};$$

$$\text{К-И: } d_m = D_n - es + y_1 = 25 - 0,020 + 0,004 = 24,984 \text{ мм}.$$

По подсчитанным среднеарифметическим размерам контркалибров принимают размер блока, округляя полученные значения размеров до третьего десятичного знака. При этом значение принятого размера блока не должно выходить за пределы поля допуска соответствующих контрольных и рабочих калибров.

Для принятых размеров блока необходимо составить наборы концевых мер длины, с помощью которых калибр-скоба настраивается на размер.

Для этого с учетом имеющихся в наборе КМД определить необходимые размеры КМД в блоке. Следует помнить, что первая концевая мера в блоке должна содержать один или два последних знака заданного размера, вторая – последние знаки остатка и т.д. до получения нулевого остатка. Блок должен содержать минимальное количество плиток (не больше пяти), чтобы уменьшить погрешность набранного размера блока, которая равняется сумме погрешностей составляющих плиток (принцип кратчайшей размерной цепи).

Например, нужно составить блок размером 39,675 мм.

Перечень концевых мер будет следующим:

1-я мера	<u>1,005</u>
остаток	38,67
2-я мера	<u>1,17</u>
остаток	37,50
3-я мера	<u>7,5</u>
остаток	30,0
4-я мера	<u>30</u>
остаток	0

Для повышения точности настройки скобы необходимо учесть погрешности плиток, которые вошли в блок, используя аттестат государственной поверки набора КМД (приложение А). Если действительный размер блока выходит за пределы поля допуска контркалибра, принять настроенный размер, который не выходит за пределы поля допуска рабочего калибра.

Составить блок по К-ПР и сделать установку проходной скобы на размер.

Составить блок по К-НЕ и сделать установку непроходной скобы на размер.

Составить блок по К-И и проконтролировать настройку проходной скобы. Блок К-И не должен проходить через проходную сторону калибра ПР.

Настроенную скобу и оформленный отчет предоставить преподавателю.

Контрольные вопросы

1. Какие размеры являются номинальными для калибра и контркалибра?
2. Какие контркалибры применяют для настройки рабочего блока ПР на размер?
3. Какой размер блока по контркалибру считается принятым для настройки рабочего калибра соответственно аттестату?
4. В какой последовательности осуществляется расчет концевых мер, которые составляют блок?

Лабораторная работа 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Цель работы – определение основных параметров цилиндрического прямозубого стандартного колеса с эвольвентным профилем зуба, а также определение отклонения толщины зуба по хорде на делительной окружности от расчетной.

Приборы и принадлежности: штангенциркуль; штангензубомер; зубчатое колесо.

Краткие теоретические сведения

Основными параметрами цилиндрического прямозубого колеса с эвольвентным профилем зуба являются:

- число зубьев колеса z ;
- угол профиля исходного контура режущего инструмента α ;
- окружной модуль зацепления m ;
- шаг зубьев по делительной окружности p_t ;

- диаметры делительной d и основной d_b окружностей ;
- толщина зуба по основной окружности S_b ;
- диаметры вершин d_a и впадин d_f зубьев ;
- высота вершины h_a и впадины h_f зуба.

Порядок выполнения

Для выданного зубчатого колеса определить окружной модуль зацепления m . Его определяют следующим образом. Определяют подсчетом число зубьев колеса z . Обхватывают губками штангенциркуля определенное количество зубьев колеса z_n , соответствующее их общему количеству (определяется по табл. 4.1) так, чтобы плоскости губок соприкасались с эвольвентной частью профиля (рис. 4.1). Например, для зубчатого колеса, которое имеет 19 зубьев, $z_n = 3$.

Таблица 4.1 – Количество измеряемых зубьев колеса

Z	z_n	z	z_n
12-18	2	46-54	6
19-27	3	55-63	7
28-36	4	64-72	8
37-45	5	73-81	9

Линейный размер, который отвечает охвату губками штангенциркуля z_n зубьев колеса, обозначим через W_1 . Чтобы найти данный размер, необходимо сделать, по крайней мере, три измерения в разных местах по окружности колеса. Окончательное значение W_1 подсчитывается как среднее арифметическое из трех измерений. Потом обхватывают губками штангенциркуля z_{n+1} зубьев колеса и определяют соответствующий данному измерению линейный размер W_2 . В этом случае также определяется среднее арифметическое значение из трех измерений.

По линейным размерам W_1 и W_2 вычислить действительный шаг зубьев по основной окружности

$$p_b = W_2 - W_1, \quad \text{мм.} \quad (4.1)$$

Тогда окружной модуль зацепления на основании измерений

$$m = \frac{P_b}{\pi \cos \alpha}, \text{ мм.} \quad (4.2)$$

С учетом того, что зубчатое колесо изготовлено с помощью стандартного нарезного инструмента, угол исходного контура последнего $\alpha = 20^\circ$.

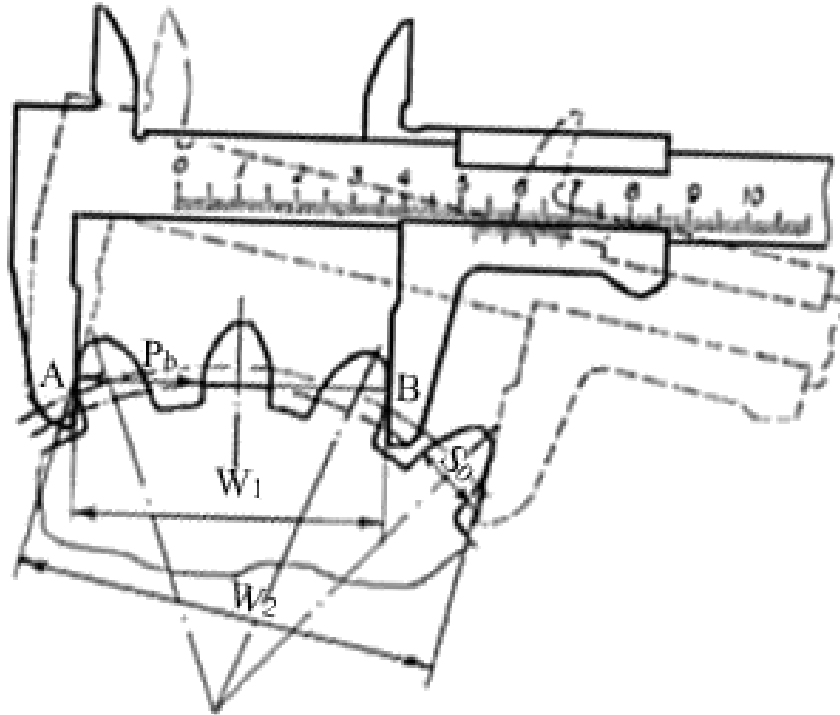


Рисунок 4.1 – Схема определения длины общей нормали W_1 и W_2

Полученное значение m необходимо сравнить со стандартным, и принять для дальнейших расчетов ближайшее к нему. Нужно также, пользуясь таблицей 4.2, уточнить величину окружного шага зубьев по основной окружности.

Таблица 4.2 – Стандартные значения модулей и величины окружного шага

$P_b, \text{ мм}$	$m, \text{ мм}$	$p_b, \text{ мм}$	$m, \text{ мм}$
5,904	2	11,808	4
6,642	2,25	13,284	4,5
7,380	2,50	14,760	5,0
8,118	2,75	16,236	5,5
8,856	3,00	17,712	6,0
10,332	3,50		

Шаг зубьев по делительной окружности p_t и ее диаметр d определяют по формулам

$$p_t = \pi \cdot m_t, \text{ мм}; \quad (4.3)$$

$$d = m_t \cdot z, \text{ мм}. \quad (4.4)$$

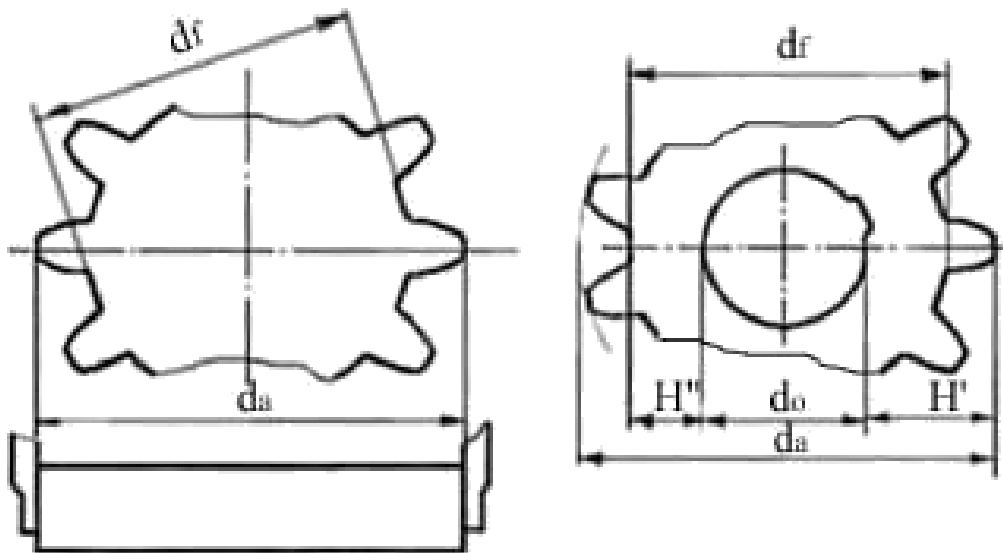
Диаметр основной окружности d_b находим по уже известным значениям d и α .

$$d_b = d \cdot \cos \alpha, \text{ мм}. \quad (4.5)$$

Толщину зуба по основной окружности S_b находят из выражения

$$S_b = W_2 - z_n \cdot p_b. \quad (4.6)$$

Диаметры вершин d_a и впадин d_f зубьев при парном их числе измеряют штангенциркулем (рис. 4.2а). Если же число зубьев колеса нечетное, то для определения d_a и d_f необходимо предварительно измерить диаметр отверстия втулки колеса $d_{\text{отв.}}$, расстояния от отверстия до вершины зуба H' и к окружности впадин H'' (рис. 4.2б).



а

б

Рисунок 4.2 – Схема определения диаметров вершин и впадин зубьев: а – нечетное число зубьев; б – четное число зубьев

Тогда

$$d_a = d_{\text{отв.}} + 2H' ; \quad (4.7)$$

$$d_f = d_{\text{отв.}} + 2H'' . \quad (4.8)$$

Высоту вершин h_a и впадин h_f зуба вычисляют по формулам

$$h_a = \frac{d_a - d}{2} ; \quad (4.9)$$

$$h_f = \frac{d - d_f}{2} . \quad (4.10)$$

Чтобы определить отклонение толщины зуба по хорде на делительной окружности от расчетной, нужно предварительно сделать соответствующие измерения штангензубомером. Этот инструмент (рис. 4.3) имеет две шкалы с нониусами. Шкала В служит для измерения толщины зуба по хорде, а шкала А – для определения расстояния от этой хорды до окружности вершин колеса. Вдоль шкалы А перемещается установочная пластинка.

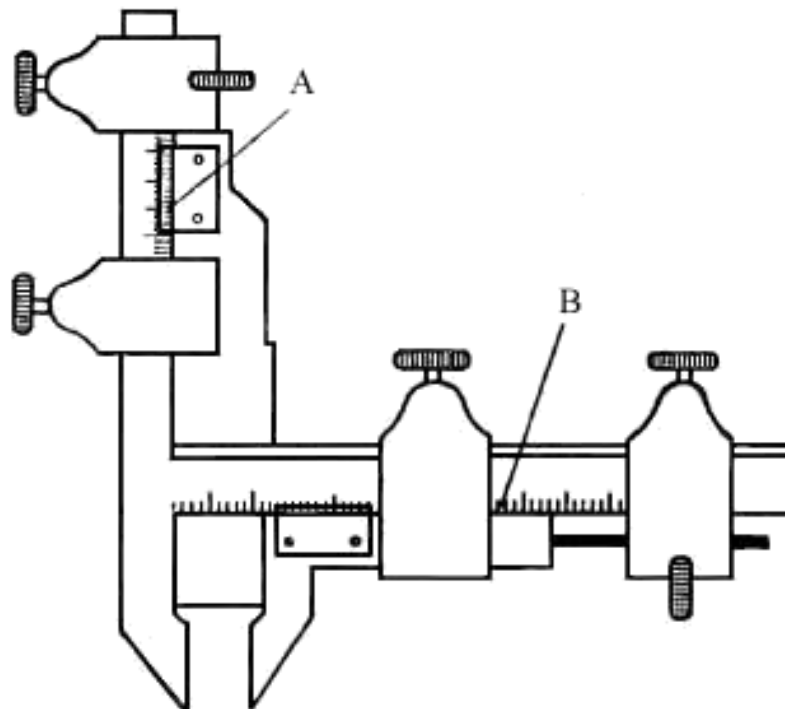


Рисунок 4.3 – Схема штангензубомера

Для измерения толщины зуба по хорде (рис. 4.4) необходимо сначала рассчитать радиальное расстояние данной хорды к вершине зуба \bar{h}_a и отодвинуть на это расстояние установочную пластинку (по шкале А). Потом установить штангензубомер на зубе так, чтобы пластинка упиралась в верхний торец зуба, и двигать губки до их прикосновения с зубом. Результат измерения определяется по шкале В и нониусу. Таких измерений необходимо сделать три-пять.

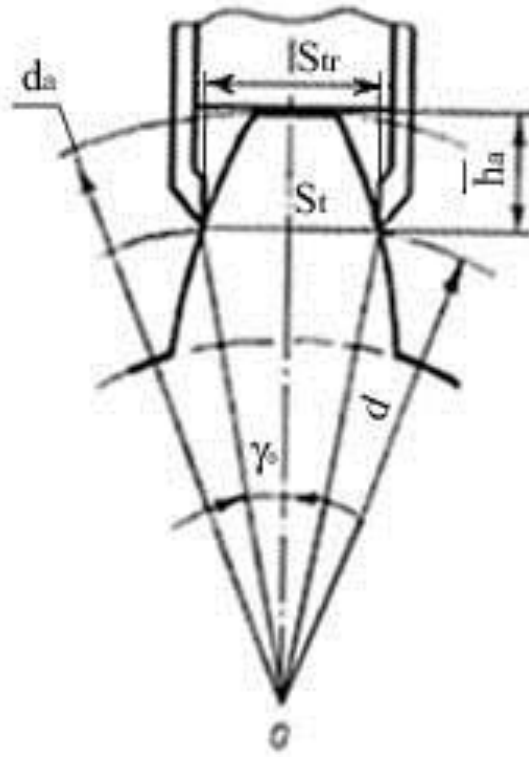


Рисунок 4.4 – Схема измерения толщины зуба по хорде

Радиальное расстояние \bar{h}_a вычисляется по формуле

$$\bar{h}_a = \frac{d_a - d \cdot \left(1 - \frac{\psi^2}{2}\right)}{2}, \quad (4.11)$$

где
$$\psi = \frac{\pi}{2z}. \quad (4.12)$$

Теоретически толщину зуба по хорде на делительной окружности можно определить из формулы

$$\bar{S}_t = d \psi \left(1 - \frac{\psi^2}{6} \right). \quad (4.13)$$

Измеренная штангензубомером длина хорды (\bar{S}_{tr}) и вычисленная по формуле (4.13) не совпадают. Отклонение толщины зуба по хорде на делительной окружности от расчетной

$$E_{tr} = \bar{S}_{tr} - \bar{S}_t. \quad (4.14)$$

Минимальное уменьшение толщины зуба по хорде в соответствии с ГОСТ 1643-81 ограничивается допуском, который обеспечивает необходимую норму бокового зазора в зацеплении.

Контрольные вопросы

1. Как определяют окружной модуль зацепления?
2. Что такое длина общей нормали?
3. Принцип измерения общей нормали.
4. Способы измерения толщины зуба.
5. Строение штангензубомера и его основные метрологические характеристики.

Лабораторная работа 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА (СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ) И ПОСАДКИ

Цель работы – ознакомление студентов с методом точного измерения действительного размера детали рычажной скобой.

Приборы и принадлежности: два валика, микрометр, набор концевых мер длины, рычажная скоба или рычажный микрометр, таблицы системы допусков и посадок.

Краткие теоретические сведения

Плоскопараллельные концевые меры длины имеют форму прямоугольного параллелепипеда или прямого кругового цилиндра с двумя плоскими точно обработанными, взаимно параллельными измерительными поверхностями. На плитках маркируется номинальный размер меры.

Измерительные (рабочие) поверхности имеют способность прочно сцепляться. Такая способность называется притираемостью.

Наборы концевых мер комплектуются так, чтобы из небольшого их количества можно было составить блоки необходимого размера с точностью до третьего десятичного знака. Блок должен состоять из наименьшего количества концевых мер (не больше четырех). Предварительно следует сделать расчет, подбирая в первую очередь концевые меры с размерами в тысячные доли миллиметра, потом сотые и т.д. В такой же последовательности концевые меры и собирают.

Предназначенные для составления блока концевые меры необходимо очистить от смазки ватой, промыть авиационным бензином и насухо вытереть. Потом одну из мер накладывают на другую, приблизительно на треть длины рабочей поверхности, и, плотно прижимая пальцами, двигают в продольном направлении до полного контакта поверхностей. Если после этого с помощью легкого усилия не удастся разъединить собранный блок, меры считаются притертыми. Таким же способом притирают следующие концевые меры.

После окончания работы блок разбирают, концевые меры промывают авиационным бензином, тщательно протирают, смазывают и кладут в соответствующие ячейки футляра набора.

Рычажные скобы используют для относительных измерений. Скоба (рис.5.1) состоит из корпуса 11, в направляющих которого перемещается регулируемая 1 и подвижная 2 пяты. Подвижная пята находится под действием пружины 4, что создает измерительное усилие. Оно регулируется при сборке и ремонте скобы ввертыванием колпачка 3, который потом фиксируется винтом. В вырез пяты 2 входит малое плечо рычага 5. Большое плечо с зубчатым сектором

находится в зацеплении с трибом 10, который имеет на оси стрелку 8. Зазоры в зацеплении выбираются пружинным волоском.

Для передвижения регулируемой пяты 1 служит винт подачи, который поворачивается за головку 13. Фиксируется пята в нужном положении зажимом 12. Винт закрывается предохранительным колпачком 14. Арретир 7 позволяет с помощью рычага 6 отводить подвижную пята для размещения измеряемой детали между губками скобы, что уменьшает износ поверхности мер и упрощает работу с призматическими деталями. Шкала скобы 9 имеет диапазон измерений 0,16 мм (цена деления 0,002 мм). Для удобства проверки больших партий деталей скоба имеет указатели границ допуска, выполненные в виде стрелок.

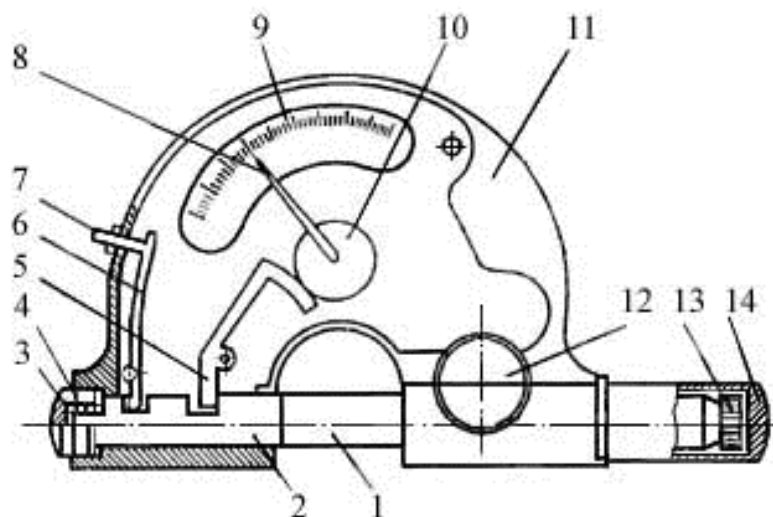


Рисунок 5.1 – Схема рычажной скобы: 1 – регулируемая пята; 2 – подвижная пята; 3 – колпачок; 4 – пружина; 5 – малое плечо рычага; 6 – рычаг арретира; 7 – арретир; 8 – стрелка; 9 – шкала; 10 – триб; 11 – корпус; 12 – зажим; 13 – головка; 14 – предохранительный колпачок

Вместо скобы можно применять рычажный микрометр, который является соединением нормальной микрометрической головки с рычажным механизмом скобы. Микрометр позволяет проводить измерения абсолютным методом, который исключает необходимость предварительной настройки рычажного механизма по блоку плиток на ноль. Это удобно при измерении деталей мелкосерийного и единичного производства. Если с помощью микрометрической головки установить микрометр на определенный размер и закрепить

винтом, то им можно пользоваться для относительных измерений как рычажной скобой.

Порядок выполнения

Получив партию валиков, студент должен измерить их и установить квалитет и посадку в соответствии с ГОСТ 25346-89. Преподаватель указывает систему, в которой изготовлена эта партия деталей и их номинальный диаметр d . Чтобы сократить время, можно выдать для измерений два нумерованных валика, размеры d_1 и d_2 которых отвечают наибольшему и наименьшему действительным размерам контролируемой партии валиков.

Предварительно определяют диаметры d'_1 и d'_2 валиков с помощью микрометра. Затем проводят точные измерения рычажной скобой с применением концевых мер длины.

Относительный метод измерений заключается в сравнении размеров измеренных изделий и образца (концевых мер). Для этого рычажную скобу необходимо настроить на ноль по полученным с помощью микрометра диаметрам валика: сначала для d'_1 , а потом для d'_2 .

Необходимо измерить микрометром диаметры валиков d'_1 и d'_2 .

Затем составить блок концевых мер размером $L_1 = d'_1$.

При этом необходимо придерживаться следующих правил:

- рабочие поверхности промытых концевых мер брать только чистым полотенцем.

- концевые меры размером больше 5,5 мм класть на стол нерабочими поверхностями.

- не притирать рабочую поверхность концевой меры к нерабочей.

Для предотвращения быстрого износа и повреждения концевых мер необходимо применять защитные концевые меры, которые должны располагаться на концах блока.

Блок концевых мер установить между измерительными пятнами рычажной скобы: отпустить зажим 12, снять предохранительный колпачок 14 и отодвинуть арретиром подвижную пятю 2. Потом, поворачивая головку винта подачи, передвинуть пятю 1 до тех пор, по-

ка стрелка не станет на ноль. В этом положении зафиксировать зажим 12 и, отводя арретир, проверить установку на нуль. После этого установить колпачок на место.

Измерить валик рычажной скобой. Нажимая на арретир, вынуть блок концевых мер длины и на его место поставить измеряемый валик диаметром d_1 . Отпустив арретир, снять показания по шкале скобы и записать в таблицу протокола. Схема измерения валика изображена на рисунке 5.2. Для большей точности измерения необходимо повторить не менее десяти раз, вращая деталь.

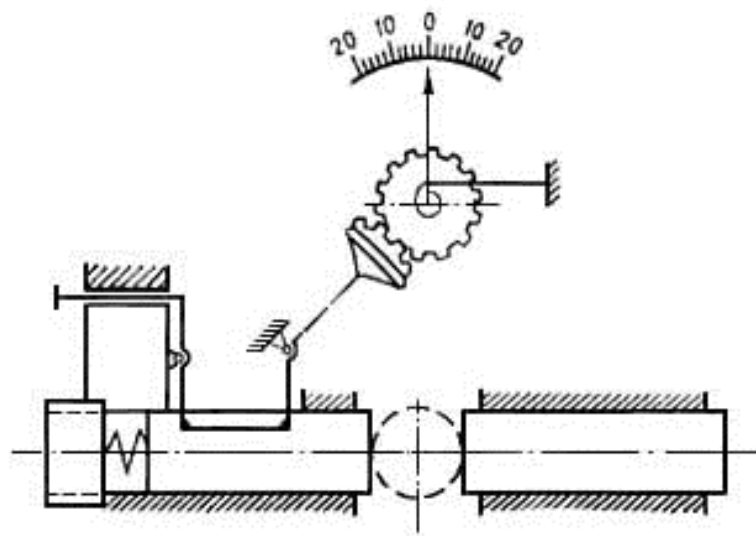


Рисунок 5.2 – Схема измерения валика рычажной скобой

По полученным размерам $a_1, a_2, a_3, \dots, a_{10}$ определить среднее арифметическое

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_{10}}{10}. \quad (5.1)$$

Определить действительный размер валика по формуле

$$d_1 = L_1 + a_m. \quad (5.2)$$

Установить отклонение действительного размера валика от номинального в микрометрах

$$e_{r1} = d_1 - d. \quad (5.3)$$

В том же порядке измерить второй валик, и установить отклонение действительного размера валика от номинального

$$e_{r2} = d_2 - d. \quad (5.4)$$

Пользуясь таблицами ГОСТ 25346-89, определить посадку и качество точности партии валиков. При пользовании таблицами ГОСТ 25346-89 следует иметь в виду, что наибольшее и наименьшее действительные отклонения от номинального размера должны находиться между предельными отклонениями, которые отвечают определенному качеству, посадке и номинальному диаметру.

Предположим, что для заданного номинального диаметра $d = 45$ мм по результатам измерений получены действительные отклонения $e_{r1} = +74$ мкм и $e_{r2} = +60$ мкм. По таблицам ГОСТ 25346-89 находят, что для данного номинального диаметра таким отклонениям отвечает посадка с натягом $H7/t7$. Если бы для того же номинального диаметра вала получили, например, $e_{r1} = -46$ мкм и $e_{r2} = -30$ мкм, то им соответствовала бы посадка с зазором $H8/f7$.

Выполнить схему расположения полей допусков для полученной посадки, и указать на ней отклонения, приведенные в таблице стандарта, сплошной линией, а действительные – штриховой (см. рисунок 5.3а и 5.3б).

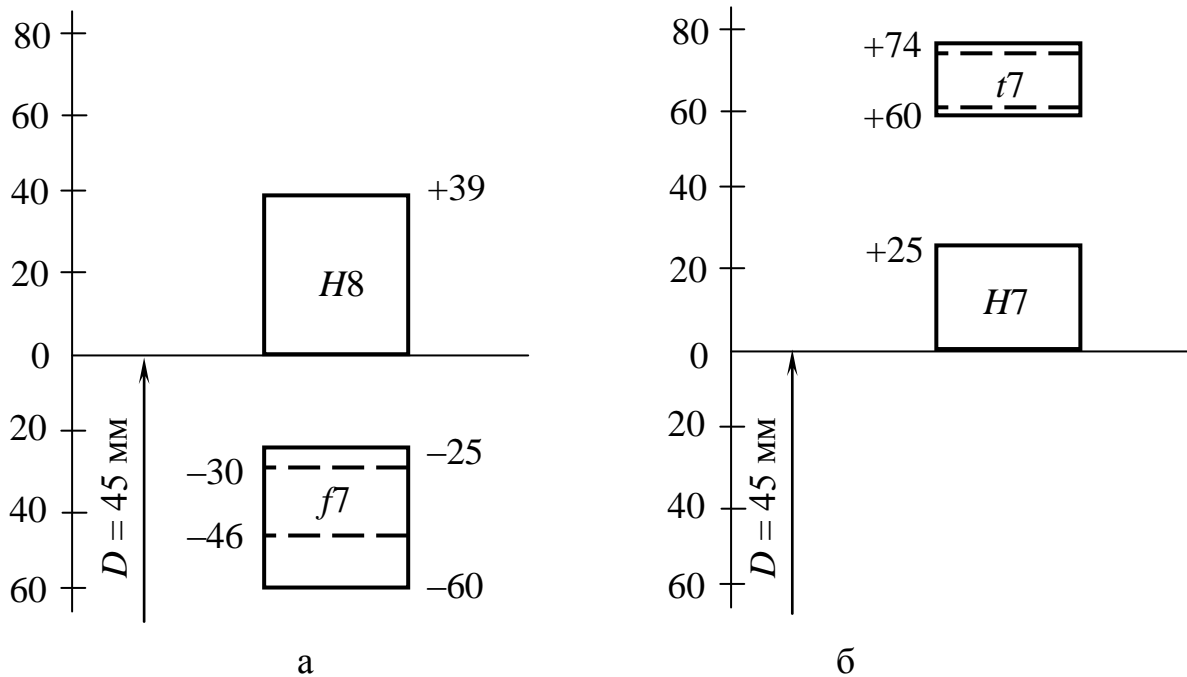


Рисунок 4.3 – Схема полей допусков посадок $H8/f7$ (а) и $H7/t7$ (б)

Контрольные вопросы

1. Назначение плоско-параллельных концевых мер длины?
2. В какой последовательности составляется блок концевых мер длины?
3. Устройство и принцип действия рычажной скобы.
4. Какие средства измерения используют для относительных измерений?
5. Что такое номинальный, действительный и предельные размеры?
6. Что такое основное, действительное и предельные отклонения?

Лабораторная работа 6

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКЕ-АВТОМАТЕ ОПЫТНО-СТАТИСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы – освоить статистический метод оценки случайных погрешностей и приобрести практические навыки обработки результатов многократных технических измерений.

Приборы и принадлежности: мгновенная выборка деталей типа вал или ролик (изготовленных на токарном автомате) с заданным номинальным размером и конструкторским полем допуска в системе допусков ISO; микрометр типа МК (ГОСТ 6507-90).

Краткие теоретические сведения

При обработке резанием имеют место систематические и случайные погрешности, которые влияют на точность размеров обрабатываемых поверхностей.

Источниками систематических (постоянных или закономерно изменяющихся во времени) погрешностей являются: погрешность настройки режущего инструмента на размер, а также его размерный износ, неточности изготовления или износ технологического оборудования, упругие и тепловые деформации системы СПИД.

Основными причинами возникновения случайных погрешностей являются зазоры в элементах станков, неравномерность процесса резания, обусловленная флюктуациями механических свойств обрабатываемой заготовки, тепловыми деформациями из-за непостоянства температуры и т.д.

Суммарное влияние случайных погрешностей определяет величину рассеяния ω размеров деталей. Обычно принимают, что при обработке поверхностей вращения рассеяние размеров происходит по нормальному закону распределения. При этом $\omega=6S$. На этапе изготовления продукции параметры точности технологических операций определяются главным образом опытно-статистическими методами по одной или нескольким мгновенным выборкам.

Порядок выполнения

На бланке протокола отчета построить схему расположения заданного поля допуска изделия, обозначив номинальный размер, рассчитав и обозначив предельные размеры (максимальный и минимальный), предельные отклонения, допуск размера T и средний размер d_n , на который настраивается станок-автомат. Средний размер определяется по формуле

$$d_n = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} . \quad (6.1)$$

Для расчета этих параметров использовать таблицы допусков и предельных отклонений размеров до 500 мм системы ISO.

Например, заданный размер вала $\varnothing 6d11$. По ГОСТ 25346-89 находим $es = -0,030$ мм; $Td = 0,080$ мм. Для построения схемы расположения поля допуска, рассчитываем:

$$ei = es - Td = -0,030 - 0,080 = -0,110 \text{ мм};$$

$$d_{\max} = d + es = 6,000 + (-0,030) = 5,970 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = d + ei = 6,000 + (-0,110) = 5,890 \text{ мм}.$$

Диаметр настройки станка на размер

$$d_n = \frac{5,890 + 5,970}{2} = 5,930 \text{ мм.}$$

Проверить установку шкалы микрометра на ноль и, в случае необходимости, скорректировать ее.

Измерить однократно диаметр каждого изделия выборки микрометром с погрешностью отсчета 0,01 мм. Результаты измерения каждого изделия x_i занести в отчет.

Выполнить математическую обработку полученной с помощью измерений статистической информации.

Выполнить оценку математического ожидания (центра рассеяния) генеральной совокупности (партии изделий) – среднее арифметическое значение диаметра по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (6.2)$$

где n – объем выборки (количество измеренных изделий).

Результат с тремя значащими цифрами после запятой занести в отчет.

Определить погрешность Δx_i каждого отдельного измерения x_i как его отклонение от \bar{x} по формуле

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}. \quad (6.3)$$

Вычислить квадрат погрешности $(\Delta x_i)^2$ для каждого измерения с учетом шести значащих цифр после запятой (в квадратных миллиметрах).

Результаты расчетов занести в таблицу отчета.

Выполнить оценку рассеяния действительных размеров в генеральной совокупности (в партии изделий) – среднее квадратичное отклонение S (мм) контролируемого параметра в выборке (с учетом трех значащих цифр после запятой) по формуле

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (6.4)$$

Результаты занести в отчет.

Построить гистограмму (столбчатую диаграмму) статистического распределения размеров изделий в выборке. Пример гистограммы приведен на рис. 6.1.

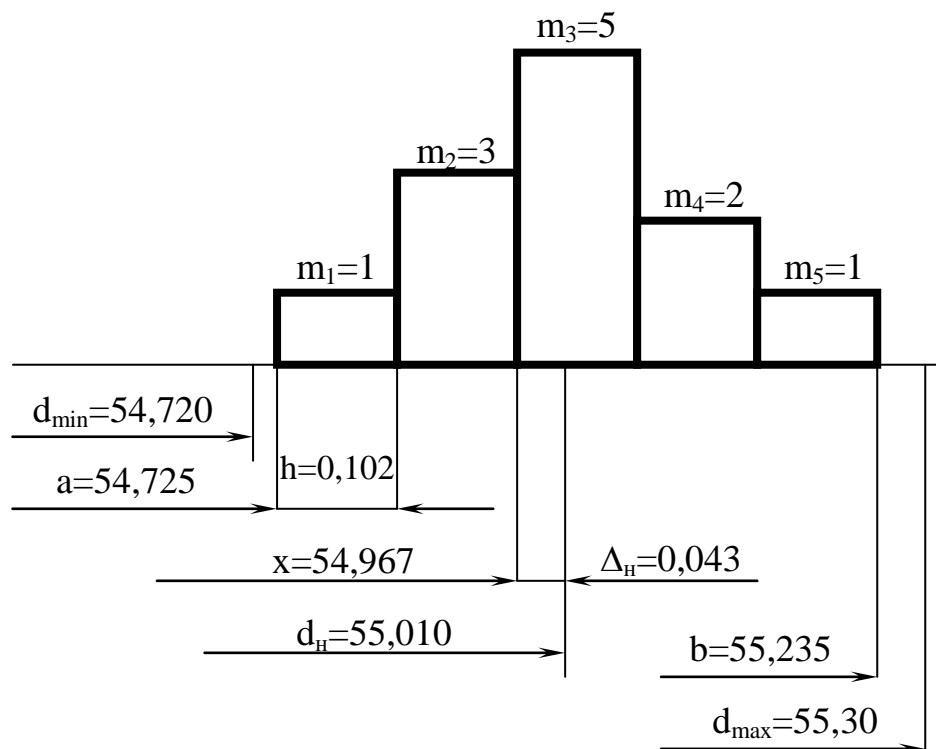


Рисунок 6.1 – Гистограмма статистического распределения размеров изделий в выборке

Границы a и b гистограммы на оси абсцисс определяют таким образом. Наименьшее предельное значение первого интервала a и наибольшее предельное значение последнего интервала b находят из условий

$$a = x_{\min} - \frac{c}{2} ; \quad (6.5)$$

$$b = x_{\max} + \frac{c}{2} , \quad (6.6)$$

Где x_{\min} и x_{\max} – наименьшее и наибольшее значение в массиве чисел выборки, мм;

c – цена деления средства измерения, мм

Цена деления c шкалы измерительного прибора должна отвечать условию

$$c \leq \frac{1}{6}T, \quad (6.7)$$

где T – допуск размера измеренного изделия, мм.

Количество столбцов r гистограммы определяют таким образом: при количестве наблюдений (изделий), составляющих массив чисел n от 30 до 50, r должно приниматься от 5 до 7. Если n имеет значение от 50 до 100, то r принимается от 6 до 10.

Количество интервалов r принимают так, чтобы обеспечить условие

$$h \geq 2c. \quad (6.8)$$

Ширина интервала определяется по формуле

$$h = \frac{b-a}{r}. \quad (6.9)$$

Значение h допускается округлять в сторону его увеличения, но не больше, чем на 5 %.

Результаты расчета границ необходимо занести в протокол отчета, потом провести классификацию чисел массива по интервалам гистограммы, подсчитывая при этом частоту распределения размеров m (количества чисел) в каждом интервале. Для контроля находят величину

$$\sum_{j=1}^r m_j = n. \quad (6.10)$$

Построить гистограмму, обозначив вдоль оси абсцисс числовые значения границ каждого интервала, включая a и b , центр рассеяния \bar{x} – действительный размер, на который необходимо было настроить станок, а также размер d_n , на который был настроен станок-автомат, и предельные размеры d_{\min} , d_{\max} , ограничивающие допуск размера изделия.

Оценить надежность технологической операции, т.е. ответить на следующие вопросы:

а) позволяет ли форма гистограммы утверждать, что распределение размеров деталей отвечает эмпирическому распределению по закону Гаусса (хотя бы приблизительно)?

б) существует ли брак в выборке?

в) соответствующее ли качество настройки станка? Если центр рассеяния \bar{x} находится внутри границ $d_H \pm \delta_H$, т.е. $(d_H - \delta_H) \leq \bar{x} \leq (d_H + \delta_H)$, то наладка считается правильной. Допуск на наладку $2\delta_H = 0,1 \cdot T$ (T – допуск размера изделия);

г) отвечает ли технологическая точность станка точности изделия, установленной конструкторским допуском T ? Станок отвечает точности изготавливаемой детали, если выполняется условие $6S \leq (T - 2\delta_H)$;

д) существует ли возможность возникновения брака в партии изделий и в каком количестве? Количество брака в партии (при $d_{\min} \leq \bar{x} \leq d_{\max}$) определяется по следующим формулам:

количество брака по нижней границе допуска d_{\min}

$$q_H = [0,50 - \Phi(t_1)] \cdot 100\% ; \quad (6.11)$$

количество брака по верхней границе допуска d_{\max}

$$q_6 = [0,50 - \Phi(t_2)] \cdot 100\% , \quad (6.12)$$

где $\Phi(t)$ – нормированная функция Лапласа (табл. 6.1)

$$t_1 = \frac{\bar{x} - d_{\min}}{S} ; \quad (6.13)$$

$$t_2 = \frac{d_{\max} - \bar{x}}{S} . \quad (6.14)$$

е) каковы причины брака?

Таблица 6.1 – Значение функции Лапласа

t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$	t	$\Phi(t)$
0,80	0,2881	1,40	0,4192	2,00	0,4772	2,60	0,4953
0,90	0,3159	1,50	0,4332	2,10	0,4821	2,70	0,4965
1,00	0,3413	1,60	0,4452	2,20	0,4861	2,80	0,4974
1,10	0,3643	1,70	0,4554	2,30	0,4893	2,90	0,4981
1,20	0,3849	1,80	0,4641	2,40	0,4918	3,00	0,49865
1,30	0,4032	1,90	0,4713	2,50	0,4938	3,10	0,49898

Контрольные вопросы

1. Какие погрешности являются систематическими?
2. Какие погрешности являются случайными?
3. Какой размер деталей партии принимают за наиболее вероятный?
4. Как определяется средняя плотность распределения размеров в интервалах гистограммы?
5. Как строится гистограмма статистического распределения?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анухин В.И. Допуски и посадки. Учебное пособие. 3-е изд. – СПб. Питер, 2004. – 207 с.
2. Допуски и посадки. Справочник в 2-х ч. Ч.1 / Под ред. В.Д. Мягкова. Л.: Машиностроение, 1983. – 544 с.
3. Допуски и посадки. Справочник в 2-х ч. Ч.2 / Под ред. В.Д. Мягкова. Л.: Машиностроение, 1983. – 545 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.М., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов. - Г.: Машиностроение, 1986. – 343 с.
5. ГОСТ 25346-89 ОНВ. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений.
6. ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски.
7. ГОСТ 1643-81 ОНВ. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.

Приложение А

Таблица А. 1 – Среднестатистические результаты периодических проверок КМД

Номинальный размер, мм	Отклонение, мкм	Номинальный размер, мм	Отклонение, мкм	Номинальный размер, мм	Отклонение, мкм
0,5	-0,4	1,36	-0,1	11,5	-0,4
1,0	-0,1	1,37	-1,0	12	-0,4
1,005	-0,2	1,38	-0,3	12,5	0,0
1,01	0,1	1,39	-0,2	13	0,0
1,02	-0,5	1,40	-0,1	13,5	0,0
1,03	0,0	1,41	-0,4	14	0,0
1,04	-0,5	1,42	-0,2	14,5	0,0
1,05	-0,3	1,43	-0,6	15	0,8
1,06	-0,3	1,44	-0,3	15,5	0,0
1,07	-0,2	1,45	-0,2	16	0,0
1,08	0,1	1,46	-0,4	16,5	0,0
1,09	-0,1	1,47	-0,7	17	0,0
1,1	0,0	1,48	-1,4	17,5	0,0
1,11	-0,2	1,49	-1,3	18	0,0
1,12	-0,3	1,50	-0,6	18,5	0,0
1,13	-0,2	1,6	0,2	19	0,0
1,14	0,0	1,7	0,0	19,5	0,0
1,15	0,1	1,8	-0,1	20	-1,4
1,16	-0,2	1,9	0,0	20,5	0,0
1,17	-0,1	2	-0,9	21	0,0
1,18	-0,3	2,5	-1,0	21,5	0,0
1,19	-0,1	3	-0,3	22	0,0
1,20	-0,9	3,5	-0,9	22,5	0,0
1,21	0,0	4	-2,1	23	0,0
1,22	-0,1	4,5	-0,6	23,5	0,0
1,23	-0,1	5	-1,7	24	0,0
1,24	-0,0	5,5	-0,8	24,5	0,0
1,25	0,3	6	-1,2	25	0,0
1,26	-0,2	6,5	-1,0	30	-2,3
1,27	-0,1	7	-0,9	40	-0,5
1,28	-0,2	7,5	-1,3	50	-0,6
1,29	-0,1	8	-0,9	60	-0,6
1,3	-0,2	8,5	-1,1	70	-0,1
1,31	-0,1	9	-1,3	75	0,0
1,32	0,2	9,5	-0,4	80	0,3
1,33	-0,2	10	-3,2	90	1,0
1,34	-0,1	10,5	0,0	100	-0,1
1,35	-0,7	11	0,0	0	0

Учебное издание
Методические указания
к лабораторным работам по дисциплине
“ Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения ”
для студентов специальности 6.070106

Составители: БАЙЦУР Максим Вячеславович
РЫБАЛКО Ирина Вильгельмівна

Ответственный за выпуск Абрамов Д.В.

Редактор

Подписано в печать	Формат 60x84 1/16.	Бумага тип. №
Отпечатано на ризографе	Условн.печать.лист 1,0	Обл.вид.лист. 1,2
Заказ №	Тираж	

Адрес редакции издателя и полиграфпредприятия

ХНАДУ, 61002, Харьков, ул. Петровського,25
