Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра технологии машиностроения, сертификации и
методики профессионального обучения

ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению практических работ
по дисциплине
«***Приборы и автоматы для контроля точности и качества***»

для студентов заочной формы обучения
направления подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профиля подготовки «Машиностроение и материалообработка»
профилизации «Сертификация, метрология и управление качеством в
машиностроении»

Екатеринбург
РГППУ
2015

Задания и методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Приборы и автоматы для контроля точности и качества». Екатеринбург, ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2015. 26 с.

Авторы: канд. пед. наук, доцент М.А.Черепанов,
старший преподаватель С.А. Башкова

Приведены общие теоретические сведения, изложен порядок выполнения работ и оформления отчета. Даны контрольные вопросы для самопроверки, список рекомендуемой литературы к работе.

Одобрены на заседании кафедры технологии машиностроения, сертификации и методики профессионального обучения РГППУ.
Протокол от _____ г., № ___.

Заведующий кафедрой технологии машиностроения, сертификации и методики профессионального обучения Н.В. Бородина

Рекомендована к печати научно-методической комиссией института инженерно-педагогического образования РГППУ. Протокол от _____ г., № ____.

Председатель научно-методической комиссии института ИПО А.О. Прокубовская

Зам. директора научной библиотеки Е.Н. Билева
Директор института ИПО Е.В. Чубаркова

© ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2015
© Черепанов М.А., Башкова С.А., 2015

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
Определение класса точности измерительных средств

Цель занятия: научиться:

– определять способы нормирования и формы выражения метрологических характеристик средств измерений;

– определять пределы допускаемых основных и дополнительных погрешностей.

Оснащение:

– приборы электрические и др. измерительные средства;

– ГОСТ 8.401-80 Классы точности средств измерений. Общие требования;

– методические указания к выполнению практической работы.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Измерительные приборы служат для выработки данных на основе информации, сообщаемой измерителю шкальными, цифровыми, регистрирующими и сигнальными отчетными устройствами. Существует множество конструкций измерительных приборов, в том числе и для линейных измерений. Приборы различаются по методам измерения и его точности, конструкции, диапазонами измерений и т.д.

Класс точности средства измерений (РМГ 29-99) – это обобщенная характеристика данного типа средств измерений, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность.

Классом точности называется обобщенная характеристика всех средств измерений конкретного типа, обеспечивающая правильность их показаний и устанавливающая оценку снизу точности показаний.

В стандартах на средства измерения конкретного типа устанавливаются требования к метрологическим характеристикам, в совокупности определяющие класс точности средств измерений этого типа. У плоскопараллельных концевых мер длины (ПКДМ), например, такими характеристиками являются: пределы допускаемых отклонений от номинальной длины и плоскопараллельности; пределы допускаемого изменения длины в течение года.

При малоизменяющихся метрологических характеристиках допускается устанавливать требования, единые для двух и более классов точности. Независимо от класса точности нормируют метрологические характеристики, требования к которым целесообразно устанавливать едиными для средств измерений всех классов точности, например, входные или выходные сопротивления.

Классы точности присваиваются типам средств измерений с учетом результатов государственных приемочных испытаний. Средствам измерений с несколькими диапазонами измерений одной и той же физической величины или предназначенным для измерений разных физических величин могут быть присвоены различными классами точности для каждого диапазона или каждой измеряемой

величины. Так, например, амперметр с диапазонами 0-10, 0-20 и 0-50 А может иметь разные классы точности для отдельных диапазонов; электроизмерительному прибору, предназначенному для измерения напряжения и сопротивления, могут быть присвоены два класса точности: один – как вольтметру, другой – как омметру.

Метрологические характеристики средств измерений должны соответствовать установленным классам точности, как при выпуске готовой продукции, так и в процессе эксплуатации. Обозначение классов точности наносится на циферблаты, щитки и корпуса средств измерений, приводятся в нормативно - технических документах. При этом в эксплуатационной документации на средство измерения, содержащей обозначение класса точности, должна быть ссылка на стандарт или технические условия, в которых установлен класс точности для этого типа средств измерений.

В таблице 1 приведены основные характеристики электроизмерительных приборов прямого действия, наивысший класс точности, диапазон измеряемых величин на постоянном и (или) переменном токе, частотный диапазон, метод расширения пределов измерения. Приведены характеристики измерителей тока и напряжения, в качестве которых использованы рассмотренные измерительные приборы.

Таблица 1 – Характеристики измерителей напряжения и тока

Тип прибора	Наивысший класс точности	Измеряемая величина				Условное обозначение	Примечание
		Напряжение		Ток			
		Диапазон В	Частота	Диапазон А	Частота		
Магнитоэлектрические	0,1	$10^{-4} – 10^{5}$ (ДР)	Постоянный ток	$10^{-6} – 10^{5}$ (Ш)	Постоянный ток		ДР – добавочный резистор ТН – трансформатор напряжения ТТ – трансформатор тока Ш – шунт
Электродинамический	0,1	$0,5•10^{2} – 10^{5}$ (ДР) $0,5•10^{-2} – 10^{5}$ (ДР, ТН)	Постоянный ток 40 Гц – 5 кГц	$10^{-3} – 10^{2}$ $10^{-3} – 4•10^{4}$ (ТТ)	Постоянный ток 40 Гц – 10 кГц		
Ферродинамический	0,5	$0,5•10^{-2} – 10^{5}$ (ДР, ТН)	40 Гц – 1 кГц	$10^{-3} – 10^{2}$	–		
Электромагнитный	0,2	$0,5 – 0,8•10^{5}$ $0,5 – 4,5•10^{5}$ (ТН, ДР)	Постоянный ток 40 – 1000 Гц	$10^{-2} – 0,8•10^{5}$ $10^{-3} – 1,5•10^{3}$ (ТТ)	Постоянный ток 40 – 1500 Гц		
Выпрямительный	1,5	$10^{-2} – 10^{3}$ (ДР)	20 Гц- 10 кГц	$10^{-1} – 1$ (Ш)	20 Гц – 10 кГц		
Электронный	2,5	$10^{-2} – 0,5•10^{3}$ $10^{-4} – 0,5•10^{3}$	Постоянный ток 40 Гц – 100 мГц	– –	– –		

На рисунке 1 показана шкала прибора со всеми принятыми обозначениями. Обозначение могут иметь форму заглавных букв латинского алфавита (*М*, *С*, и т.д.) или римских цифр (I, II, III, IV и т.д.) с добавлением условных знаков. Смысл таких обозначений раскрывается в нормативно – технической документации. Если же класс точности обозначается арабскими цифрами с добавлением какого – либо условного знака, то эти цифры непосредственно устанавливают оценку снизу точности показаний средств измерений.

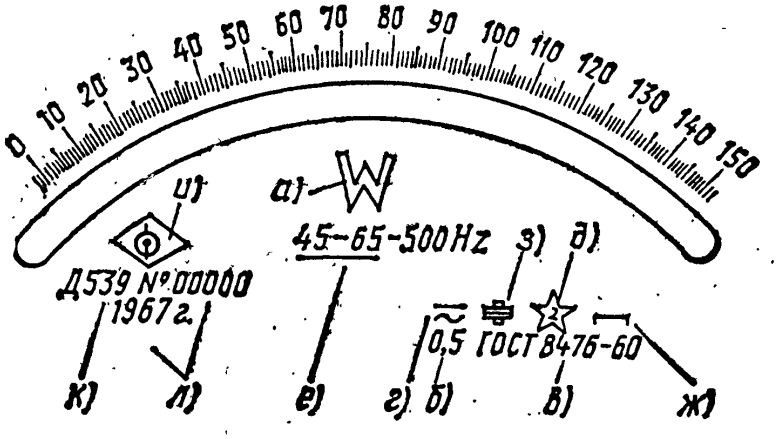

Рисунок 1 – Условные обозначения на шкале электроизмерительного прибора:
а – измеряемая величина; б – класс точности; в – стандарт; г – род тока;
д – испытательное напряжение изоляции от корпуса; е – нормальная и расширенная области частот; ж – используемое положение прибора; з – принцип действия прибора;
и – марка завода-изготовителя; к – тип прибора; л – год выпуска и номер прибора

Правила для определения измеряемой величины измерительных средств

1. Для средств измерений с равномерной шкалой, практически равномерной или степенной шкалой, нулевое значение входного (выходного) сигнала у которых находится на краю или вне диапазона измерений, обозначение класса точности арабской цифрой из ряда (1; 1,5; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6) $\cdot\ 10^n$, где n = 1, 0, -1, -2 и т.д., означает, что значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель отчетного устройства более чем на соответствующее число процентов от верхнего предела измерений.

2. Если при тех же условиях нулевое значение находится внутри диапазона, то значение измеряемой величины не отличается от того, что показывает указатель, больше чем на соответствующее классу точности число процентов от большего из модулей пределов измерений.

3. У средств измерений с установленным номинальным значением отличие измеряемой величины от того, что показывает указатель, не может превысить соответствующее числа процентов от номинального значения. В других случаях, когда классы точности обозначаются цифрами из приведенного выше ряда, следует обращаться к стандартам на средства измерения этого ряда.

4. Обозначение классов точности из того же ряда предпочтительных может сопровождаться применением условных дополнительных знаков. Отметка снизу ($0{,}5\sqrt{\ }$; $1{,}6\sqrt{\ }$; $2{,}5\sqrt{\ }$ и т.д.) означает, что у измерительных приборов этого типа с существенно неравномерной шкалой значение измеряемой величины не

может отличаться от того, что показывает указатель отчетного устройства, больше чем на указанное число процентов от всей длины или ее части, соответствующей диапазону измерений.

5. Заключение цифры в окружность (0,02; 0,4; 1,0; 3,0 и т.д.) означает, что проценты исчисляются непосредственно от того значения, которое показывает указатель.

6. Иногда обозначение класса точности дается в виде дроби $\left[\frac{0,02}{0,01}\right]$. Это означает, что измеряемая величина не может отличаться от значения $\boldsymbol{X}$, показанного указателем, больше чем на $\left\{(c+d)(\frac{|X_K|}{X}-1\right\}\%$,

где $\boldsymbol{c}$ и $\boldsymbol{d}$ – соответственно числитель и знаменатель в обозначении класса точности; $\boldsymbol{X_к}$ – больший (по модулю) из пределов измерений.

Еще раз можно отметить, что класс точности является обобщенной характеристикой средств измерений. Знание его позволяет определить не точность конкретного измерения, а лишь указать пределы, в которых находится значение измеряемой величины.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью.
2. Записать правила определения измеряемой величины средства измерения.
3. Решить задачи.
4. Оформить отчет.

ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Шкалу прибора (рисунок 1).
4. Правила для определения измеряемой величины средства измерения.
5. Решение задач.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое класс точности прибора?
2. По каким критериям различают измерительные приборы?
3. На что влияет класс точности средства измерения?
4. Дать определение понятиям: практически равномерная шкала, существенно неравномерная шкала, степенная шкала.

ЛИТЕРАТУРА

Шишкин И.Ф. Метрология, стандартизация и управление качеством : учеб. для вузов / под ред. Н.С. Соломина. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 342 с.

ГОСТ 8.401-80. Классы точности средств измерения. Общие требования. – М. : Изд-во стандартов, 1986. – 14 с.

РМГ 29-99. Метрология. Основные термины и определения. – М. : Изд-во стандартов, 2000. – 46 с.

ЗАДАЧИ

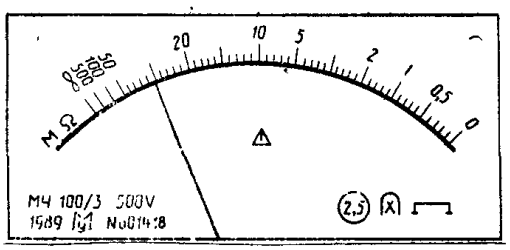

Рисунок 2

1. Указатель отчетного устройства (рисунок 2) показывает 40 Ом. Дать название прибора. Определить класс точности, тип прибора и шкалы, чему равна измеряемая величина?

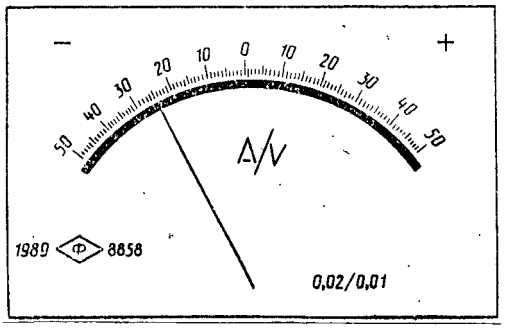

Рисунок 3

2. Указатель отчетного устройства (рисунок 3) показывает 25 А. Дать название прибора. Определить класс точности, тип прибора и шкалы, чему равна измеряемая величина?

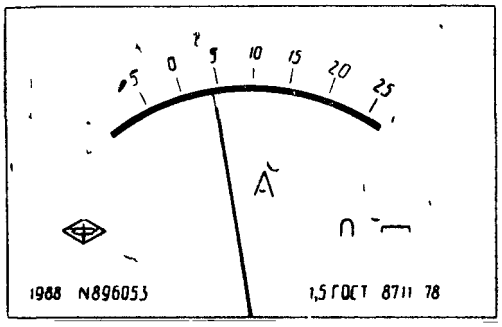

Рисунок 4

3. Указатель отчетного устройства (рисунок 4) показывает +4 А. Дать название прибора. Определить класс точности, тип прибора и шкалы, чему равна измеряемая величина?

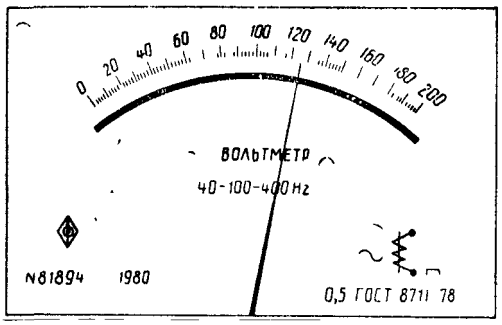

Рисунок 5

4. Указатель отчетного устройства (рисунок 5) показывает 124 В. Дать название прибора. Определить класс точности, тип прибора и шкалы, чему равна измеряемая величина

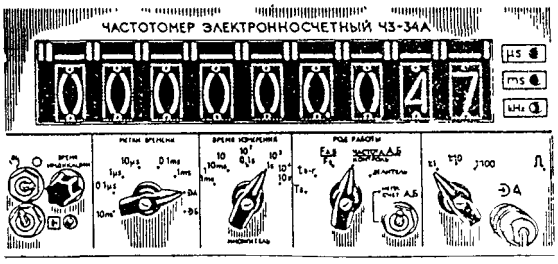

Рисунок 6

5. Часовой частотомер класса точности 2,0 с номинальной частотой 50 Гц (рисунок 6) показывает 47 Гц. Определить чему равна измеряемая величина?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Определение чувствительности измерительных средств

Цель занятия: научиться определять чувствительность средств измерений.

Оснащение:

– методические указания по выполнению практической работы;

– микрокалькулятор.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Длина деления шкалы (*a*) – расстояние между осями (или центрами) двух соседних отметок шкалы, измеренное вдоль воображаемой линии, проходящей через середины самых коротких отметок шкалы.

Цена деления шкалы – разность значений величин, соответствующих двум соседним отметкам шкалы средства измерений (значение измеряемой величины, вызывающее перемещение подвижного элемента отчетного устройства на одно деление) $C = \frac{a}{S}$,

где *a* – интервал деления шкалы; *S* – абсолютная чувствительность.

Диапазон показаний – область значений шкалы прибора, ограниченная наибольшим и наименьшим значениями шкалы.

Числовая отметка шкалы – отметка шкалы, у которой проставлено число отсчета.

Число отсчета – число, соответствующее некоторому значению измеряемой величины или указывающее порядковый номер отметки.

Отсчет – число, отсчитанное по отчетному устройству средства измерений, либо полученное счетом последовательных отметок или сигналов.

Чувствительность средства измерений – свойство средства измерений, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызвавшему его изменению измеряемой величины. Различают абсолютную и относительную чувствительность.

Абсолютная чувствительность $S = \frac{a}{c} = \frac{\Delta L}{\Delta X}$,

где *ΔL* – изменение сигнала на выходе (величина перемещения указателя средства измерения); *ΔX* – изменение измеряемой величины, вызвавшее перемещение указателя.

При измерениях длин чувствительности прибора является безразмерной величиной и называется также передаточным отношением прибора.

Относительная чувствительность $So = \frac{\Delta l}{1} \cdot \frac{\Delta X}{x} = \frac{\Delta l \cdot x}{\Delta X}$,

где *x* – измеряемая величина.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью.
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Решение задач.
4. Оформить отчет.

Примеры решения задач

Пример 1. Определить коэффициент вертикального увеличения профилографа – профилометра (чувствительность).

Условие: записана профилограмма (рисунок 1) одноштриховой меры высоты неровности (рисунок 2). Глубина впадины на профилограмме ΔL = 39,5 мм, действительное значение глубины впадины меры ΔX = 0,41 мкм = = 0,00041 мм.

Решение: вертикальное увеличение (чувствительность) определяется по формуле $S = \frac{\Delta L}{\Delta X} = \frac{39{,}5}{0{,}00041} \approx 96341$

Профилограмма

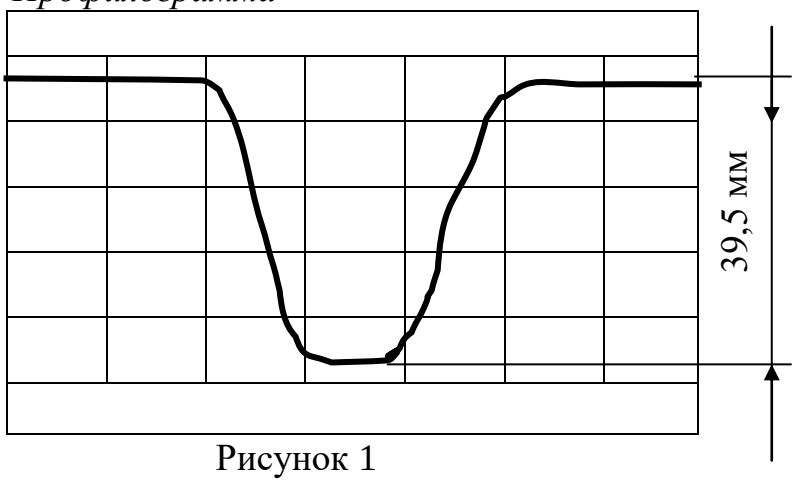

Рисунок 1

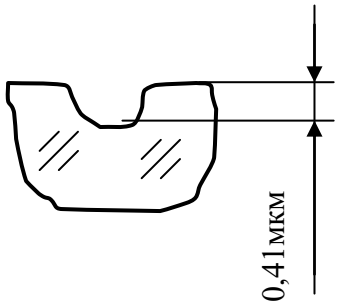

Рисунок 2

Пример 2. Измерительный наконечник многооборотного рычажно-зубчатого индикатора при перемещении на ΔX = 200 мкм вызвал поворот стрелки на 0,5 оборота. Радиус стрелки равен R = 30 мм. Определить чувствительность индикатора.

Решение: Чувствительность определяется по формуле $S = \Delta L / \Delta X$.

Угол поворота стрелки в градусах $\alpha = 0{,}5 \cdot 360° = 180°$.

Угол поворота в радианах $\alpha = \alpha \cdot \pi / 180° = 180° \cdot \pi / 180 \approx 3{,}141$ рад.

Определяем $\Delta L = R \cdot \alpha = 30 \cdot 3{,}141 \approx 95{,}25$ мм.

Чувствительность индикатора равна S = 95,25 / 0,2 = 431.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Основные определения и формулы.
4. Решение задач.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Что такое шкала?
2. Как определить абсолютную чувствительность?
3. Что такое предел измерения?
4. Назвать характеристики чувствительности средств измерений к влияющим величинам?

ЛИТЕРАТУРА

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

Зинин Б.С., Ройтенберг Б.Н. Сборник задач по допускам и техническим измерениям : учеб. пособие. – М. : Машиностроение, 1988. – 160 с.

Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении : учеб пособие для студентов приборостроит. спец. вузов. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.

Измерительные приборы в машиностроении / под ред. Г.Д. Бурдуна, Б.А. Тайца. – М. : Машиностроение, 1964.

ЗАДАЧИ

1. На кругломере произведена запись профилограммы цилиндрического вала с лыской (рисунок 3). Величина лыски – 2,54 мкм, наибольшее расстояние от прилегающей поверхности до профилограммы вала равно 25,8 мм (рисунок 4). Определить увеличение (чувствительность) кругломера, при котором произведена запись.

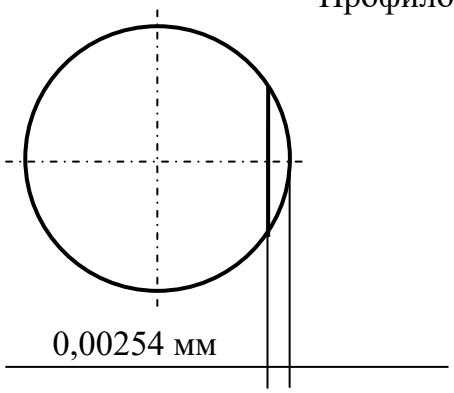

Рисунок 3

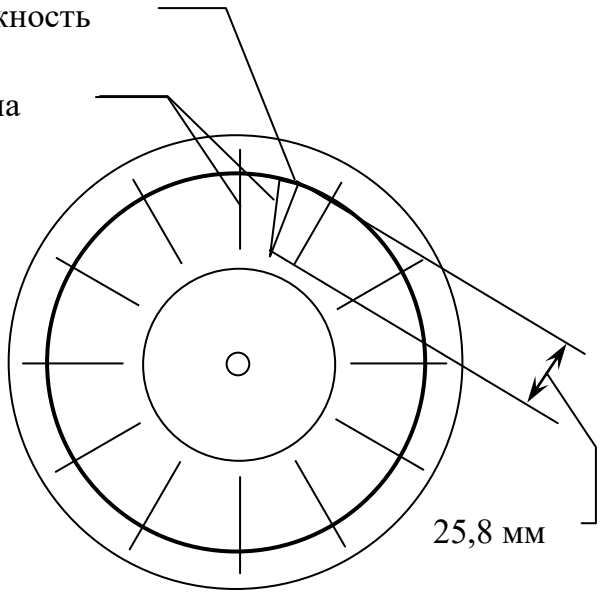

Рисунок 4

2. Пневматический калибр-пробка поочередно помещается в два установочных кольца с разностью диаметра 6,2 мкм, поплавок пневматического длинномера при этом перемещается на 31 мм, Определить интервал деления шкалы при цене деления 1 мкм.

3. Предел измерения пружинной измерительной головки (микрокатора) ±15 мкм, шкала имеет 60 делений. Определить цену деления.

4. При перемещении измерительного наконечника индикатора на величину 0,25 мм его стрелка повернулась на угол 90°, Радиус стрелки равен 25 мм, интервал деления шкалы – 1,57 мм. Определить цену деления.

5. Определить чувствительность индикатора часового типа, если его измерительный наконечник переместился на 1,55 мм, а стрелка – на 1,55 оборота. Радиус стрелки равен 25 мм.

6. Определить чувствительность многооборотного рычажно-зубчатого индикатора, если его измерительный наконечник переместился на 50 мкм, а стрелка при этом повернулась на 90°. Радиус стрелки равен 30 мм.

7. Три оборота барабана микрометра вызывают перемещение микровинта вдоль оси на 1,5 мм. Диаметр барабана, на котором нанесены штрихи, равен 18 мм. Определить чувствительность.

8. Шаблон, служащий для обработки профилограмм, записываемых при измерении отклонений от круглости деталей на кругломере, имеет концентрические окружности, нанесенные с интервалом в 2 мм, число делений, образованных окружностями – 15. Кругломер имеет следующие увеличения (чувствительность): 2500, 5000, 10000, 20000. Определить цену деления шаблона и предел измерения кругломера для каждого увеличения.

9. Барабан микрометрического винта инструментального микроскопа имеет 100 делений, шаг микрометрического винта равен 0,5 мм. Определить величину отсчета.

10. Длина шкалы пневматического длинномера 250 мм. Поплавок длинномера переместился вдоль шкалы на 15 мм при изменении измеряемого размера на 3 мкм. Определить диапазон показаний, число делений шкалы, интервал деления шкалы при цене деления 0,5 и 1 мкм.

11. Определить угол наклона колонки инструментального микроскопа при измерении профиля и шага наружной резьбы:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Обозначение измеряемой резьбы	M12	M20x2	M24x1L	M16x1	M42x6	M36x1,5	M27x2	M32x2	M24x1L	M16

12. Определить чувствительность, т.е. определить число делений для градуировки интерферометра, если:

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цена деления, мкм	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,05	0,1	0,2	0,1
Длина световой волны светофильтра, мкм	0,80	0,76	0,63	0,60	0,589	0,57	0,55	0,495	0,44	0,40
Число интерференционных полос	8	16	32	8	16	32	8	16	32	16

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Определение погрешности формы, расположения поверхностей и шероховатости

Цель занятия: научиться определять и производить расчет погрешности формы, расположения поверхностей и шероховатости.

Оснащение:

– методические указания по выполнению практической работы;

– справочные данные;

– микрокалькулятор.

Работа рассчитана на 4 академических часа.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей указывают на чертежах условными знаками по ГОСТ 2.308-79.

Предельные отклонения формы и расположения поверхностей нормируются стандартами ГОСТ 24642-81 и ГОСТ 24643-81 и назначаются при наличии особых требований, вытекающих из условий работы, изготовления или измерений деталей. Числовые значения отклонений приведены в приложении (таблица 1). Выбранные из таблица 1 отклонения наносятся на чертежах с использованием условных знаков по ГОСТ 2.308-79.

Для измерения величины отклонений от круглости деталей типа тел вращения (например, цилиндров) применяются приборы – кругломеры. Кругломеры обеспечивают точное относительное вращение преобразователя (датчика) и контролируемой детали. При этом, в случае отклонения поперечного сечения детали от правильной окружности, измерительный наконечник преобразователя получает перемещения, которые усиливаются усилителем и записываются в виде профилограммы. Для определения некруглости на профилограмму накладывают прилегающую окружность, для вала – это окружность наименьшего возможного диаметра, описанная вокруг профилограммы вала (рисунок 1), для отверстия – окружность наибольшего возможного диаметра, вписанная в профилограмму отверстия (рисунок 2).

Отклонение от круглости δ определяется по формуле $\delta_{огр} = \Delta / У$,

где Δ – наибольшее расстояние прилегающей окружности до профилограммы, мм, измеренное в радиальном направлении; У – коэффициент увеличения прибора, при котором произведена запись профилограммы (1000, 2000, 4000 и т.д.).

Одним из элементарных видов отклонений от круглости является овальность (рисунок 3). Для определения овальности можно применять двухконтактные средства измерений (микрометры, рычажные скобы и т.д.).

Овальность $\delta_{ов}$ определяется по формуле $\delta_{ов} = (d_{нб} - d_{нм})/2$,

где $d_{нб}$ – наибольший измеренный диаметр, мм; $d_{нм}$ – наименьший измеренный диаметр, мм.

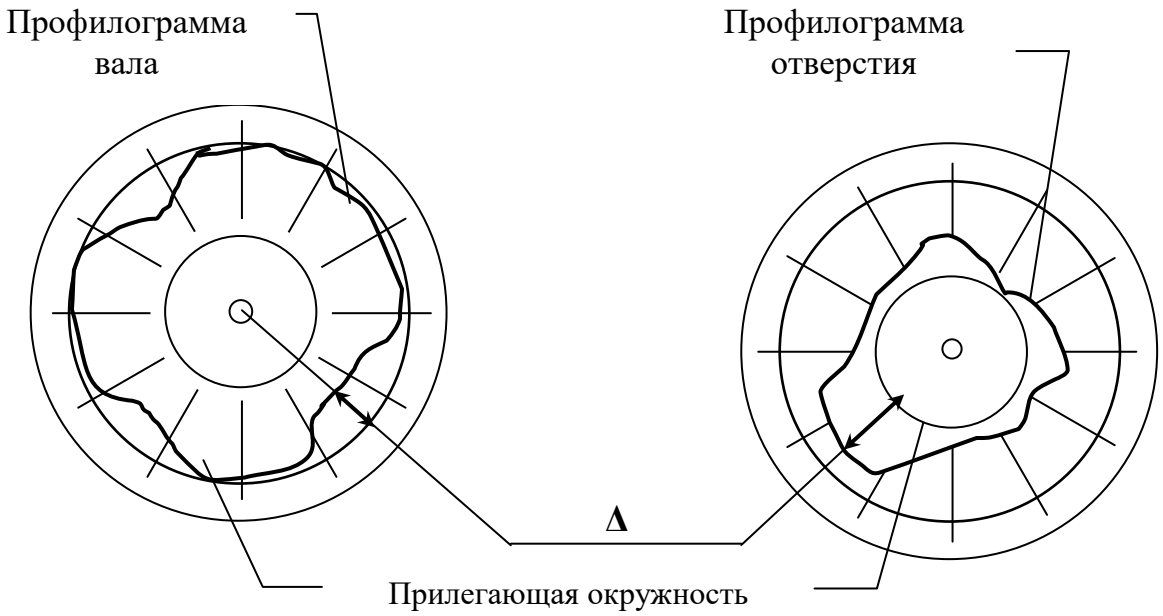

Рисунок 1 Рисунок 2

К другому элементарному виду отклонений от круглости относится огранка (рисунок 4), которая может иметь различное число граней.

Величина огранки $\delta_{огр}$ для нечетного числа граней в призме рассчитывается по формуле $\delta_{огр} = \Delta / К$,

где Δ – величина показаний отсчетного устройства, мм; К – передаточный коэффициент, зависящий от числа граней и угла призмы (приложение, таблица 2).

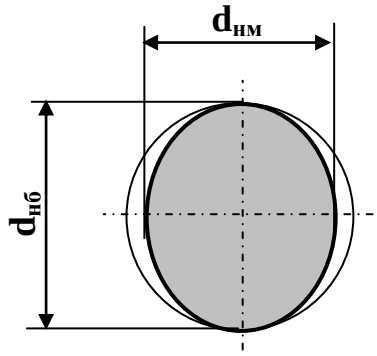

Рисунок 3

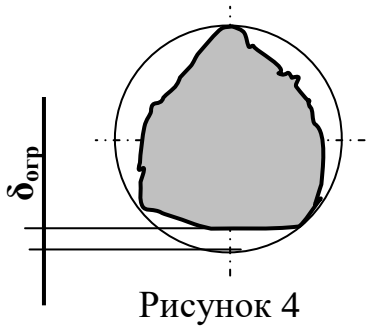

Рисунок 4

Частными видами отклонения профиля продольного сечения цилиндрической поверхности являются:

конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рисунок 5);

бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рисунок 6);

седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие непрямолинейны и диаметры уменьшаются от краев к середине сечения (рисунок 7).

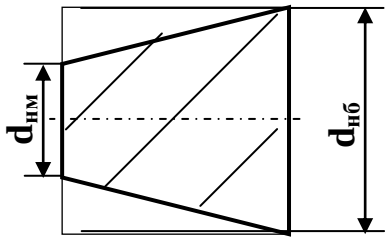

Рисунок 5

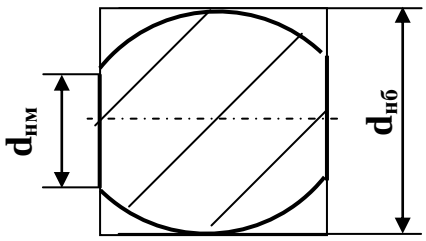

Рисунок 6

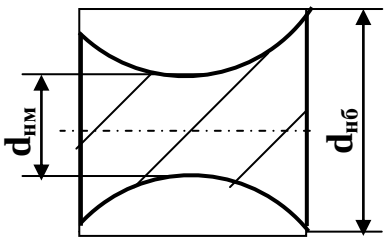

Рисунок 7

Количественно конусообразность, бочкообразность и седлообразность оцениваются по формуле $\delta = (d_{нб} - d_{нм})/2$,

где $d_{нб}$ – наибольший измеренный диаметр, мм; $d_{нм}$ – наименьший измеренный диаметр, мм. Для измерения этих отклонений можно применять двухконтактные средства измерения (микрометры, рычажные скобы и т.д.).

ГОСТ 2789-73 предусматривает следующие параметры шероховатости поверхности:

Ra – среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz – высота неровности профиля по 10 точкам;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

S – средний шаг неровностей по вершинам;

t_p – относительная опорная длина профиля; *p* – шаговое значение уровня профиля.

Значения этих параметров определяется на участке поверхности в пределах базовой длины *l*.

Наиболее распространенными параметрами высоты неровностей профиля являются *Ra* и *Rz* (приложение, таблица 3).

Значение параметров шероховатости для параметра *Ra* указывают без символа, например 0,5, для остальных параметров – после соответствующего символа, например, *Rz* 32; R_{max} 6,3; S_m 0,63.

Требования шероховатости поверхности обозначаются на чертежах условными знаками в соответствии с ГОСТ 2.309-73.

Базовую длину в обозначении шероховатости поверхности не указывают, если определение значений параметров *Ra* или *Rz* должно производиться в пределах базовой длины, соответствующей значению параметра в таблица 3 (см. приложение).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с теоретической частью.
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Решение задач.
4. Оформить отчет.

Примеры решения задач

Пример 1. По результатам измерений построить график и определить величину отклонения от прямолинейности линейки. Схема измерения представлена на рисунок 8.

Условие: измерения проводились в точках, расположенных через равные интервалы на длине 500 мм. Показания индикатора в проверяемых точках (мкм): $\Delta_0 = 0$; $\Delta_1 = +5$; $\Delta_2 = +8$; $\Delta_3 = +15$; $\Delta_4 = +10$; $\Delta_5 = +3$.

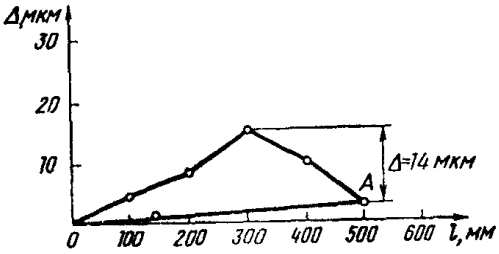

Рисунок 8

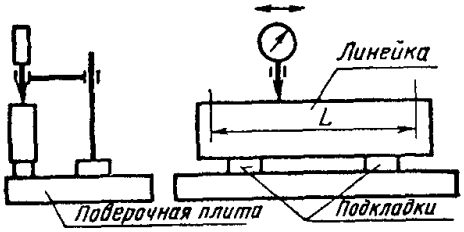

Рисунок 9

Решение: по полученным данным строим график (рисунок 9). По оси ординат откладываем показания индикатора, а по оси абсцисс – расстояние между проверяемыми точками. Через начальную и конечную точки графика проводим прямую ОА. Величина непрямолинейности Δ с учетом выбранного масштаба равна перпендикуляру, опущенному на прямую ОА из наиболее отдаленной от нее точки графика. Отклонение от прямолинейности Δ = 14 мкм.

Пример 2. Указать шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73 и обозначить по ГОСТ 2.309-73.

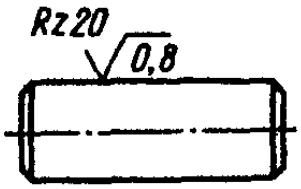

Рисунок 10

Условие: вид поверхности – цилиндрический валик, вид обработки – точение чистовое. Базовая длина для определения шероховатости – 0,8 мм.

Решение: по таблица 4 (см. приложение) для чистового точения рекомендуются 4-6-й классы шероховатости. Принимаем середину рекомендуемого диапазона – 5-й класс. По таблица 3 (см. приложение) определяем, что для 5-го класса рекомендуется параметр *Rz* с наибольшим значением 20 мкм; заданная базовая длина отличается от значения по таблица 3 (см. приложение), направление поверхности не указано. Обозначаем шероховатость поверхности так, как показано на рисунок 10.

Пример 3. Определить параметр шероховатости *Rz*.

Условие: дана профилограмма (рисунок 11), записанная с вертикальным увеличением $У_В = 2000$ и горизонтальным $У_Г = 80$, базовая длина $l = 2{,}5$. Запись производилась на прямолинейном участке детали.

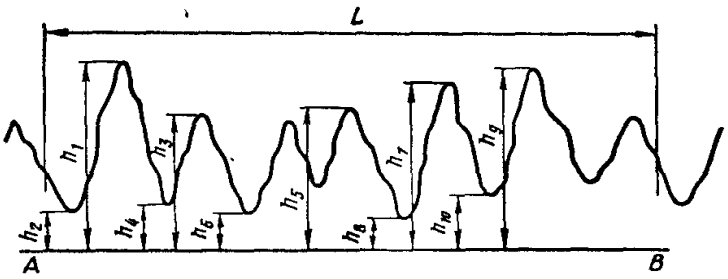

Рисунок 11

Решение: так как измерение производилось на прямолинейном участке под профилограммой, проводим параллельно общему направлению профилограммы прямую линию АВ. Эта линия проводится в пределах базовой длины L, равной $L = l \cdot У_Г = 2{,}5 \cdot 80 = 200$ мм.

Измеряем расстояние от линии АВ до пяти высших выступов h_1, h_3, h_5, h_7, h_9 и пяти низшим впадин h_2, h_4, h_6, h_8, h_{10}.

Измеренные расстояния (мм): $h_1 = 56$, $h_3 = 40$, $h_5 = 42$, $h_7 = 49$, $h_9 = 53$, $h_2 = 11$, $h_4 = 12$, $h_6 = 10$, $h_8 = 8$, $h_{10} = 16$.

$$Rz = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5У_B} =$$

$$= \frac{(56 + 40 + 42 + 49 + 53) - (11 + 12 + 10 + 8 + 16)}{5 \cdot 2000} = 0{,}0193\,\text{мм} = 19{,}3\,\text{мкм}$$

Пример 4. Определить требования к шероховатости поверхности детали.

Условие: дан вал $\varnothing 80_{-0{,}03}$, допускаемое отклонение круглости 18 мкм.

Решение: исходя из номинального размера (80 мм) и допуска размера (30 мкм), по табл. 4 [6] определяем: допуск вала соответствует *IT7*.Допуск формы поверхности (18 мкм) составляет 60% допуска размера. По таблице 5 (см. приложение) находим: шероховатость поверхности детали *Ra* 1,6 мкм.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Основные определения и формулы.
4. Решение задач.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Дайте определение конусообразности, седлообразности, бочкообразности.
2. Перечислите основные параметры шероховатости.
3. Дайте понятия отклонению формы и отклонению поверхности. В чем между ними разница?

ЛИТЕРАТУРА

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений : справоччник. – М. : Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Бирюков Г.С., Серко А.Л. Измерение геометрических величин и их метрологическое обеспечение : учеб. пособие. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 368 с.
3. Васильев А.С. Основы метрологии и технические измерения : учеб. пособие. – М. : Машиностроение, 1988. – 240 с.
4. Городецкий Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – М. : Машиностроение, 1971.
5. Журавлев А.Н. Допуски и технические измерения. – М. : Высш. шк., 1981.
6. Зинин Б.С., Ройтенберг Б.Н. Сборник задач по допускам и техническим измерениям : учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1988. – 160 с.
7. Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении : учеб. пособие для студентов приборостроит. спец. вузов. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.

ЗАДАЧИ

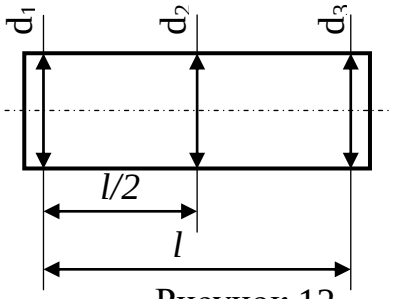

Рисунок 12

Задача 1. Микрометром измерены диаметры валов по краям и в середине (рисунок 12), по результатам измерения определить величину и вид отклонения профиля продольного сечения (конусообразность, седлообразность, бочкообразность).

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_1, мм	4,05	15,98	24	9,97	8,01	11,99	19,99	25	16	32,01
d_2, мм	4,1	16,02	23,93	9,99	8,04	11,92	20,03	24,95	15,98	31,95
d_3, мм	4,15	15,97	23,98	9,95	8,07	11,98	19,97	24,99	15,96	32

Задача 2. Определить значение отклонения от круглости (см. рисунки 1 и 2) с учетом коэффициента увеличения кругломера, при котором произведена запись, и определить степень точности на погрешность формы при заданном диаметре *d*.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d, мм	50	80	60	32	120	10	4	12	180	100
Δ, мм	9	7	18	10	7,5	3	3,5	4	8	8
$У \cdot 10^3$	5	10	4	20	2,5	5	4	10	0,5	1

Задача 3. При измерении рычажной скобой валов установлено, что детали имеют четко выраженную овальность. Определить значения овальности по результатам измерений.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$d_{нб}$, мм	10,95	4,20	7,86	47,30	35,01	17,50	43,60	15,85	39,99	25,00
$d_{нм}$, мм	10,90	4,19	7,82	47,22	34,97	17,42	43,51	15,80	39,93	24,94

Задача 4. Определить величину отклонения от соосности цилиндра *d* относительно цилиндров d_1 по результатам измерения радиального биения (рисунок 13).

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показания отсчетного устройства, мм	18	42	25	15	54	78	12	47	34	128

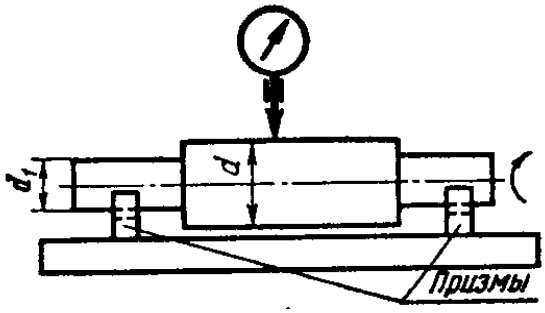

Рисунок 13

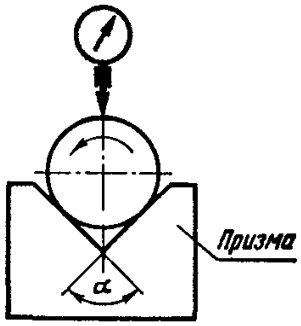

Рисунок 14

Задача 5. Определить годность валов по результатам измерения огранки в призме (рисунок 14).

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Допустимая величина огранки, мм	0,04	0,025	0,03	0,016	0,02	0,012	0,05	0,04	0,025	0,03
Число граней вала *n*	2	5	7	9	3	5	5	3	5	7
Угол *α* призмы, град	60	108	120	60	90	90	120	60	108	108
Показания отсчетного устройства, мкм	100	48	70	50	40	23	120	110	46	32

Задача 6. На валу закреплен маховик. Определить наименьший и наибольший возможный эксцентриситет и радиальное биение маховика при вращении вала, зависящие от зазора в сопряжении (без учета влияния биения в подшипниках, погрешности формы и т.д.). При решении задачи считать, что при установке маховика на вал зазор в сопряжении выбран в одну сторону.

Вариант	Номинальный размер и предельные отклонения, мм	
	вала	отверстия
1	$50_{-0,017}$	$50^{+0,027}$
2	$80^{-0,030}_{-0,012}$	$80^{+0,03}$
3	$110^{+0,018}_{-0,060}$	$110^{+0,046}$
4	$50^{+0,027}_{-0,009}$	$50^{+0,027}$
5	$90_{-0,015}$	$90^{+0,035}$
6	$120_{-0,040}$	$120^{+0,035}$
7	$80_{-0,06}$	$80^{+0,06}$
8	$75^{+0,03}_{+0,01}$	$75^{+0,03}$
9	$100^{+0,035}_{+0,012}$	$110^{+0,035}$
10	$140^{-0,05}_{-0,04}$	$140^{+0,04}$

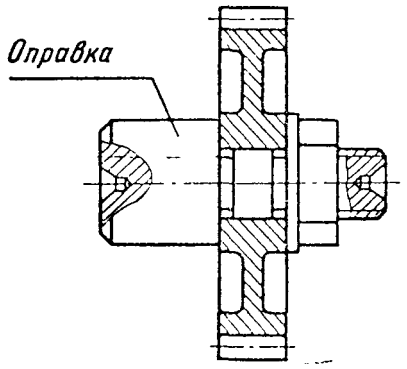

Рисунок 15

Задача 7. Измерение биения окружности выступов зубчатого колеса относительно посадочного отверстия производится на оправке в центрах (рисунок 15). Определить наибольшую возможную ошибку измерения биения, которая может возникнуть из-за эксцентриситета *E* оправки относительно ее центровых отверстий и из-за разности диаметров оправки D_O и посадочного отверстия D_K зубчатого колеса, когда зазор выбран в одну сторону.

Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_K, мм	$10^{+0,016}$	$12^{+0,019}$	$14^{+0,027}$	$18^{+0,019}$	$22^{+0,033}$	$36^{+0,027}$	$16^{+0,019}$	$40^{+0,027}$	$30^{+0,023}$	$25^{+0,045}$
D_O, мм	$10_{-0,01}$	$12_{-0,008}$	$14_{-0,008}$	$18_{-0,012}$	$22_{-0,09}$	$36_{-0,011}$	$16_{-0,012}$	$40_{-0,11}$	$30_{-0,014}$	$25_{-0,009}$
E, мм	0,005	0,01	0,03	0,007	0,002	0,011	0,006	0,008	0,004	0,005

Задача 8. По результатам измерений построить график и определить величину отклонений от прямолинейности линейки (см. рисунки 8 и 9). Измерения производились в точках, расположенных через равные расстояния.

Показания индикатора, мм	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_0	+10	0	0	0	0	-10	-20	0	0	+20
Δ_1	+ 7	0	+ 4	+ 7	+3	7	5	6	+ 5	+ 8
Δ_2	+ 5	7	+ 8	+15	-4	6	-18	-10	+12	+17
Δ_3	+10	-13	+10	+20	+6	-12	-15	-12	+13	+14
Δ_4	+20	-10	+ 7	+16	-5	-21	-32	8	+10	+30
Δ_5	+27	-15	+ 8	+10	+5	-25	-30	7	+ 5	+28
Δ_6	+30	-20	+10	+ 2	-3	-30	40	11	+ 9	+35
Общая длина измеряемого участка L, мм	800	1000	1500	1000	1200	600	1500	600	900	1200

Задача 9. Определить значение параметра *Rz* шероховатости поверхности по приведенным результатам обработки профилограммы с учетом коэффициента вертикального увеличения $У_B$, использованного при записи профилограммы на профилографе (см. рисунок 11).

Расстояние от базовой линии до высших точек выступов и низших точек впадин, мм	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_1	33	66	31	63	49	42	37	68	41	60
Δ_2	7	16	11	10	8	21	12	18	11	10
Δ_3	37	75	27	55	56	39	36	72	43	55
Δ_4	8	15	9	8	10	19	14	17	9	7
Δ_5	32	65	32	61	48	36	38	63	50	63
Δ_6	15	28	14	12	12	23	11	30	15	15
Δ_7	22	47	36	67	33	38	33	44	54	65
Δ_8	6	13	17	14	7	17	8	12	12	12
Δ_9	30	58	35	68	45	43	45	60	49	63
Δ_{10}	12	23	8	9	11	18	15	25	18	16
Вертикальное увеличение $У_B \cdot 10^3$	1	2	20	10	1	200	100	4	40	20

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные данные

Таблица 1 – Допуски формы и расположения поверхностей

Интервалы номинальных размеров, мм	Степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски плоскостности и прямолинейности, мкм									
До 10	0,25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16
Св. 10 до 16	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
» 16 » 25	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 25 » 40	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 40 » 63	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 63 » 100	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 100 » 160	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 160 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	10	20	30	50	80	120
» 630 » 1000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160

Примечание. Под номинальным размеров понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцовой поверхности

Интервалы номинальных размеров, мм	Степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
Св. 3 до 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
» 10 » 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 18 » 30	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 30 » 50	0,8	1,2	2	3	5	8	10	20	30	50
» 50 » 120	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 120 » 250	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 250 » 400	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 400 » 630	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120

Примечание. Под номинальным размеров понимается номинальная длина нормируемого участка. Если нормируемый участок не задан, то под номинальным размером понимается номинальная длина большей стороны поверхности или номинальный больший диаметр торцовой поверхности

Интервалы номинальных размеров, мм	Степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски параллельности, перпендикулярности, наклона и торцового биения, мкм									
До 10	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25
Св. 10 до 16	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
» 16 » 25	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
» 25 » 40	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
» 40 » 63	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 63 » 100	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 100 » 160	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 160 » 250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 250 » 400	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 400 » 630	3	5	8	10	20	30	50	80	120	200
» 630 » 1000	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250

Примечание. При назначении допусков параллельности, перпендикулярности, наклона под номинальным размером понимается номинальная длина нормируемого участка или номинальная длина всей рассматриваемой поверхности. При назначении допусков торцового биения под номинальным размером понимается заданный номинальный диаметр торцовой поверхности

Интервалы номинальных размеров, мм	Степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Допуски радиального биения. Допуски соосности, симметричности, пересечения осей, мкм									
До 3	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50
Св. 3 до 10	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
» 10 » 18	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
» 18 » 30	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
» 30 » 50	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
» 50 » 120	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160
» 120 » 250	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200
» 250 » 400	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250
» 400 » 630	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300

Примечание. При назначении допусков радиального биения под номинальным размером понимается номинальный размер рассматриваемой поверхности. При назначении допусков соосности, симметричности, пересечения осей под номинальным размером понимается номинальный диаметр рассматриваемой поверхности вращения или номинальный размер между поверхностями, образующими рассматриваемый симметричный элемент

Таблица 2 – Передаточные коэффициенты ***K*** для различных углов призм и разного числа граней проверяемой детали

Число граней	Угол призмы, град				Число граней	Угол призмы, град			
	60	90	108	120		60	90	108	120
3	3,0	2,0	1,6	1,0	7	0	0	1,3	2,0
5	0	2,0	2,2	2,0	9	3,0	0	0	1,0

Таблица 3 – Рекомендации по выбору числовых значений и параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73 по аналогии с классами шероховатости

Класс шероховатости	Нормируемый параметр шероховатости	Наибольшие значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73	Базовая длина *l*, мм	Класс шероховатости	Нормируемый параметр шероховатости	Наибольшие значения параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73	Базовая длина *l*, мм
∇ 1	*Rz*	***Rz*** 320√	8	∇ 8	*Ra*	0,63√	0,8
∇ 2	*Rz*	***Rz*** 160√	8	∇ 9	*Ra*	0,32√	0,25
∇ 3	*Rz*	***Rz*** 80√	8	∇ 10	*Ra*	0,16√	0,25
∇ 4	*Rz*	***Rz*** 40√	2,5	∇ 11	*Ra*	0,08√	0,25
∇ 5	*Rz*	***Rz*** 20√	2,5	∇ 12	*Ra*	0,04√	0,25
∇ 6	*Ra*	2,5√	0,8	∇ 13	*Rz*	***Rz*** 0,1√	0,08
∇ 7	*Ra*	1,25√	0,8	∇ 14	*Rz*	***Rz*** 0,05√	0,08

Таблица 4 – Ориентировочные рекомендации классов шероховатости поверхности в зависимости от вида обработки

Вид обработки	Классы	Вид обработки	Классы
Точение обдирочное	2,4	Сверление	4-6
Точение чистовое	1-6	Фрезерование обдирочное	3,4
Торцовое обтачивание обдирочное	3,4	Фрезерование чистовое	5-7
		Протягивание отделочное	8,9
Строгание обдирочное	3,4	Шлифование получистовое	5-7
Развертывание чистовое	5-7	Шлифование чистовое	7-9
Развертывание отделочное	7-9	Притирка чистовая	7-9
Протягивание чистовое	6-8	Притирка тонкая	9-14

Таблица 5 – Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размера и формы

Допуск размера по квалитету	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
		Значения ***Ra***, мкм, не более			
IT5	100	0,4	0,8	1,6	1,6
	60	0,2	0,4	0,8	0,8
	40	0,1	0,2	0,4	0,4
IT6	100	0,8	1,6	1,6	3,2
	60	0,4	0,8	0,8	1,6
	40	0,2	0,4	0,4	0,8
IT7	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	1,6	3,2
	40	0,4	0,8	0,8	1,6
IT8	100	1,6	3,2	3,2	3,2
	60	0,8	1,6	3,2	3,2
	40	0,4	0,8	1,6	1,6
IT9	100, 60	3,2	3,2	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
IT10	100, 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	6,3	6,3
	25	1,8	1,6	1,6	3,2
IT11	100, 60	6,3	6,3	12,5	12,5
	40	3,2	3,2	6,3	6,3
	25	1,6	1,6	3,2	3,2

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

Правиков Ю.М. Метрологическое обеспечение производства : учеб. пособие для вузов. – М. : Кнорус, 2009. – 237 с.

Артемьев Б.Г. Метрология и метрологическое обеспечение. – М. : ФГУП «Стандартинформ», 2010. – 568 с.

Метрологическое обеспечение измерений, контроля и испытаний / В.Г. Лукашин, В.К. Гарипов, В.В. Слепцов. – М. : Машиностроение, 2009. – 24 с.

Дополнительная литература:

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

Иванов А.Г. Измерительные приборы в машиностроении : учеб. пособие для студентов приборостроит. спец. вузов. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 496 с.

Измерительные приборы в машиностроении / под ред. Г.Д.Бурдуна, Б.А.Тайца. – М. : Машиностроение, 1964.

Кострицкий В.Г., Кузьмин А.Н. Контрольно-измерительные инструменты и приборы в машиностроении : справочник. – Киев : Техника, 1986. – 135 с.

Кучин А.А., Обрадович К.А Оптические приборы для измерения шероховатости поверхности. – Л. : Машиностроение, 1981.

Технология технического контроля в машиностроении : справ. пособие / под общ. ред. В.Н. Чупырина. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 400 с.

Периодические издания и журналы:

«Вестник Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии», «Законодательная и прикладная метрология», «Национальные стандарты», «Измерительная техника», «Мир измерений», «Стандарты и качество», «Методы оценки соответствия», «Методы менеджмента качества».

Программное обеспечение и Интернет ресурсы:

Официальный сайт Ростехрегулирования. – Режим доступа : www.gost.ru.

Каталоги стандартов и нормативных документов. – Режим доступа : www.standards.ru/catalog/gost.aspx.

Все российские законодательные акты, СанПиН. – Режим доступа : www.referent.ru.

Общероссийская сеть распространения правовой информации. – Режим доступа : www.consultant.ru

Библиотека технической литературы. – Режим доступа : http://delta-grup.ru/bibliot/.

Журнал «Вестник Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии». – Режим доступа : http://www.interstandart.ru/vgr.htm

Журнал «Законодательная и прикладная метрология». – Режим доступа :

http://www.rsk-k.ru/journals.html.

Журнал «Главный метролог». – Режим доступа : http://www.rsk-k.ru/journals.html#gm

Журнал «Советник метролога». – Режим доступа : http://www.rsk-k.ru/journals.html#sm.

Журнал «Измерительная техника». – Режим доступа : http://www.gostinfo.ru/show.php?/izdanie/files/izmer_texn.htm

Журнал «Мир измерений». – Режим доступа : http://ria-stk.ru/mi/

Журнал «Стандарты и качество». – Режим доступа : http://ria-stk.ru/stq/detail.php.

Журнал «Методы менеджмента качества». – Режим доступа : http://ria-stk.ru/mmq/detail.php

Журнал «Методы оценки соответствия». – Режим доступа : http://ria-stk.ru/mos/detail.php

KODA: оборудование для измерения линейно-угловых величин : каталог. – Режим доступа : http://www.koda.ua/products/

Измерение линейных геометрических величин : каталог средств. – Режим доступа: http://www.pribor-s.ru/

ПромКомплектИнжиниринг: Измерительные приборы и средства измерений, поставка КИП и А, каталог. – Режим доступа : http://pki-pribor.ru/index.php

MITUTOYO: измерительный инструмент : каталог. – Режим доступа : http://mitutoyo.su/

Средства измерения, измерительные приборы и измерительный инструмент в Беларусии, каталог. – Режим доступа: http://meritel.by/

О компании Mahr: Мир Станочника : каталог. – Режим доступа : http://mirstan.ru/?page=mahr

Mahr: измерительная техника для производства : каталог. – Режим доступа : http://www.mahr.com/index.php?NodeID=0

ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практических работ
по дисциплине
«***Приборы и автоматы для контроля точности и качества***»

Подписана в печать …… Формат 60 × 84/16. Бумага для множ. аппаратов.
Печать плоская. Усл. печ. л. …… Уч.-изд. л. …… Тираж …… экз. Заказ …
ФГАОУ ВПО «Российский государственный профессионально-педагогический университет». 620012, Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

Ризограф ФГАОУ ВПО РГППУ. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.