Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»

Лабораторная работа № 3

Измерение отклонений формы цилиндрических поверхностей

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2026

Измерение отклонений формы цилиндрических поверхностей

Цель работы: изучение отклонений формы цилиндрических поверхностей и конструкции индикаторного нутромера, приобретение практических навыков измерения отклонений формы цилиндрических поверхностей.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Качество деталей машин, кроме точности размеров поверхностей, характеризуется точностью формы и расположения поверхностей. Многочисленными исследованиями установлено, что эти виды погрешностей деталей оказывают большое влияние на качество работы машин и приборов. Они вызывают усиленный износ деталей, их перенапряжение и поломки, ухудшение эксплуатационных характеристик (появление вибраций, шума, кинематической погрешности) и т. п.

Основные понятия и определения точности формы и расположения поверхностей регламентированы ГОСТ 24642-81 «Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения».

Номинальная поверхность – идеальная поверхность, размеры и форма которой соответствуют заданным номинальным размерам и номинальной форме.

Реальная поверхность – поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды.

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или с заданной поверхностью (существуют понятия реального и номинального профилей, аналогичные понятиям номинальной и реальной поверхностей).

Нормированный участок (L) – участок поверхности или линии, к которому относится допуск формы, допуск расположения или соответствующее отклонение.

Если нормированный участок не задан, то допуск или отклонение относится ко всей рассматриваемой поверхности или длине рассматриваемого элемента. Если расположение нормируемого участка не задано, то он может занимать любое расположение в пределах всего элемента.

Базовый элемент для оценки отклонений формы – это элемент номинальной формы, служащий основой для оценки отклонений формы реальной поверхности или реального профиля.

Базовый элемент для оценки отклонений формы используют также для исключения влияния отклонений формы или определения отклонений расположения.

В основу нормирования и систему отсчёта отклонений формы и расположения поверхностей положен **принцип прилегающих**

прямых, поверхностей и профилей.

Прилегающая поверхность – поверхность, имеющая форму номинальной поверхности, соприкасающаяся с реальной поверхностью, и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение. Условие минимального значения отклонения не распространяется на прилегающий цилиндр.

Прилегающая плоскость – плоскость, соприкасающаяся с реальной поверхностью, и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от нее наиболее удаленной точки реальной поверхности в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис.1).Аналогичны определения прилегающих профиля и прямой.

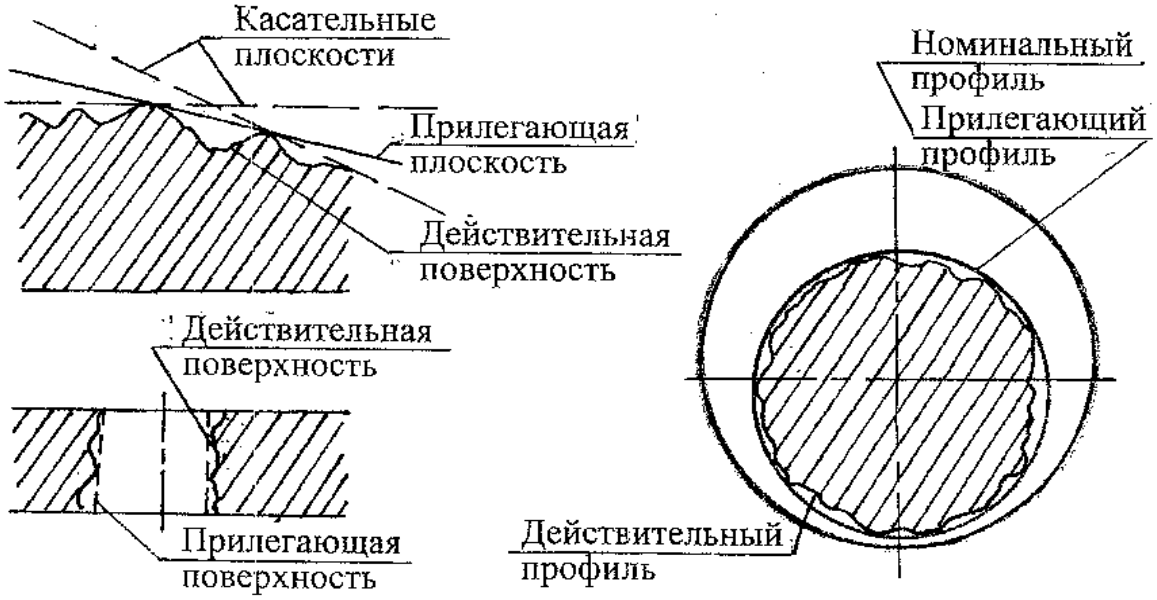

Рис. 1

Для отверстия – это **прилегающий цилиндр** или **прилегающая окружность** наибольшего возможного диаметра, вписанные соответственно в действительную поверхность или действительный профиль. Для вала – это цилиндр или окружность наименьшего диаметра, описанные вокруг действительной поверхности или действительного профиля.

Прилегающая поверхность применяется в качестве базовой при определении формы и расположения. Прилегающие поверхности и профили соответствуют условиям сопряжения деталей при посадках с нулевым зазором. При измерении отклонений формы прилегающими

поверхностями служат рабочие поверхности контрольных плит, интерференционных стекол, лекальных и поверочных линеек, калибров, контрольных оправок и т. д.

Под **отклонением формы** понимается отклонение формы действительной поверхности (или профиля) от формы номинальной поверхности (или профиля), заданной чертежом. За величину отклонения принимают наибольшее расстояние от точек действительной поверхности (или профиля) до прилегающей поверхности (или профиля).

Для нормирования отклонений формы установлены дифференцированные (элементарные) и комплексные показатели. При определении погрешности формы и расположения поверхности величины ее шероховатости и волнистости не учитываются. При измерении формы влияние шероховатости, как правило, устраняется за счет применения достаточно большого радиуса измерительного наконечника.

Допуск формы – наибольшее допустимое значение отклонения формы.

Поле допуска формы – область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реального рассматриваемого элемента в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр которой определяется значением допуска, а расположение относительно реального элемента – прилегающим элементом.

База – элемент детали (или выполняющее ту же функцию сочетание элементов), по отношению к которому задается допуск расположения или суммарный допуск формы и расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

Комплект баз – совокупность двух или трех баз, по отношению к которой задается допуск расположения или суммарный допуск формы и расположения рассматриваемого элемента, а также определяется соответствующее отклонение.

Участок базирования – точка, линия или ограниченная площадь на базовой поверхности детали, в которых должен быть обеспечен контакт детали с базирующими элементами обрабатывающего или контрольного оборудования, или они используются для удовлетворения функциональных требований.

Номинальное расположение – расположение рассматриваемого элемента (поверхности или профиля), определяемое номинальными линейными или угловыми размерами между ними и базами, или между рассматриваемыми элементами, если базы не заданы.

Реальное расположение определяется действительными линейными или угловыми размерами.

Отклонение расположения – отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения.

При оценке отклонений расположения должны исключаться из

рассмотрения отклонения формы рассматриваемых элементов и баз. При этом реальные поверхности (профили) заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных поверхностей или профилей принимаются оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

Допуск расположения – предел, ограничивающий допустимое значение отклонения расположения.

Поле допуска расположения – область в пространстве или заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка, ширина или диаметр которой определяются значением допуска, а расположение относительно баз – номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Зависимый допуск расположения – это допуск расположения или формы, указываемый на чертеже или в других технических документах в виде значения, которое допускается превышать на величину, зависящую от отклонения действительного размера рассматриваемого элемента и/или базы от предела максимума материала (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия).

Независимый допуск расположения – это допуск расположения или формы, численные значения которого постоянны для всей совокупности деталей и не зависят от действительного размера рассматриваемого элемента и/или базы.

Суммарное отклонение формы и расположения – отклонение, которое является результатом совместного проявления отклонения формы и отклонения расположения рассматриваемой поверхности или рассматриваемого профиля относительно баз.

Количественно суммарное отклонение формы и расположения оценивается по точкам реального рассматриваемого элемента относительно прилегающих базовых элементов или их осей.

Суммарный допуск формы и расположения – предел, ограничивающий суммарные отклонения формы и расположения.

Поле суммарного допуска формы и расположения – область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка, ширина которого определяется значением допуска, а расположение относительно баз номинальным расположением рассматриваемого элемента.

Отклонения формы цилиндрических поверхностей

Для цилиндрических деталей отклонения формы определяются в по-

перечном и продольном сечениях.

Контур поперечного сечения цилиндрического тела описывается окружностью. Комплексным показателем отклонений контура поперечного сечения является **некруглость**, которая определяется как наибольшее расстояние от точек действительного профиля до прилегающей окружности (рис.2,а). Некруглость характеризует совокупность отклонений формы поперечного сечения цилиндрического тела, к которым относятся овальность (рис.2,б) или огранка (рис.2,в).

Овальность и огранка относятся к дифференцированным показателям отклонений формы.

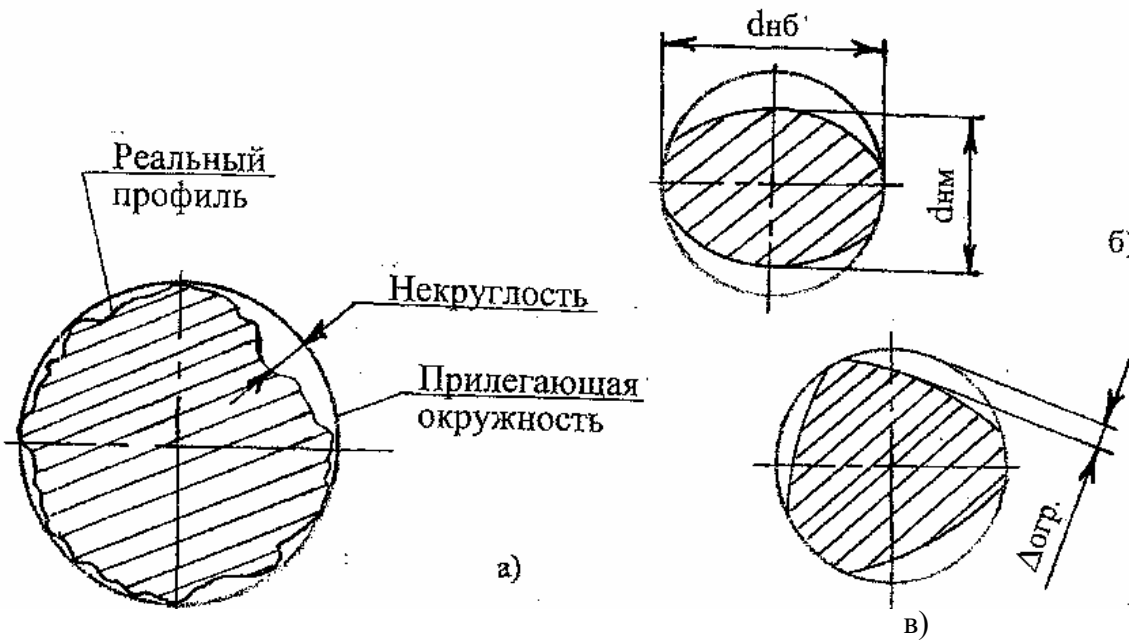

Рис. 2

Овальность – это отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овальную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимно перпендикулярных направлениях. За величину овальности принимают разность между наибольшим и наименьшим диаметрами сечения, т. е. удвоенную величину некруглости.

Огранка – отклонение, при котором действительный профиль детали представляет собой многогранную фигуру с криволинейными гранями. Величина огранки определяется как наибольшее расстояние от точек действительного профиля до прилегающей окружности. Количество граней может быть от 3 и более.

Совокупность всех отклонений формы цилиндрической поверхности в продольном сечении (отклонения от прямолинейности и параллельности образующих) может быть определена комплексным показателем – **отклонением профиля продольного сечения** (рис.3,а). Отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности определяется как наи-

большее расстояние от точек действительного профиля до соответствующей стороны прилегающего профиля. Комплексным показателем отклонений от цилиндрической формы в продольном сечении является нецилиндричность (рис.3,б).

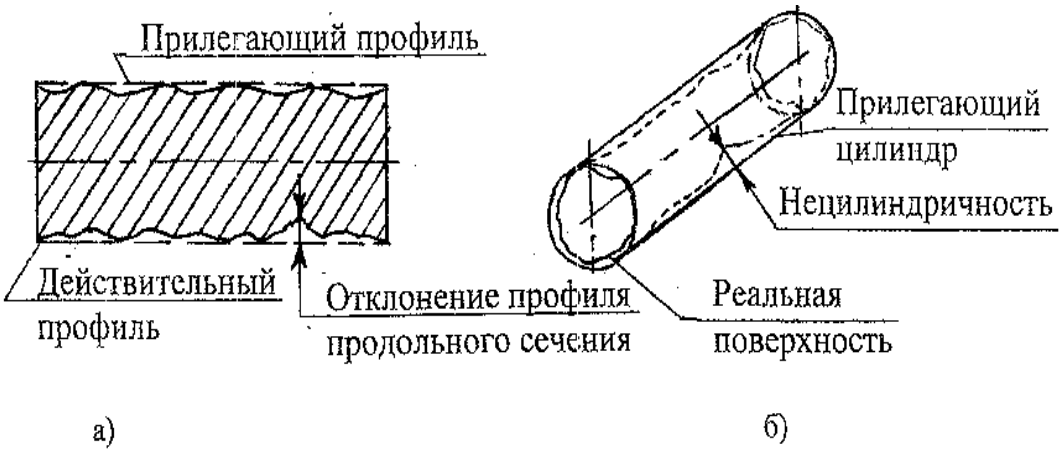

Рис. 3

К элементарным отклонениям формы цилиндрических поверхностей в продольном сечении относятся **бочкообразность** (рис.4,а), **седлообразность** (рис.4,б), **конусообразность** (рис.4,в), **изогнутость** (рис.4,г). За величину бочкообразности, седлообразности, конусообразности принимают разность между наибольшим и наименьшим диаметрами продольного сечения, т. е. удвоенную величину отклонения профиля продольного сечения. Количественно изогнутость оценивается так же, как отклонение профиля продольного сечения.

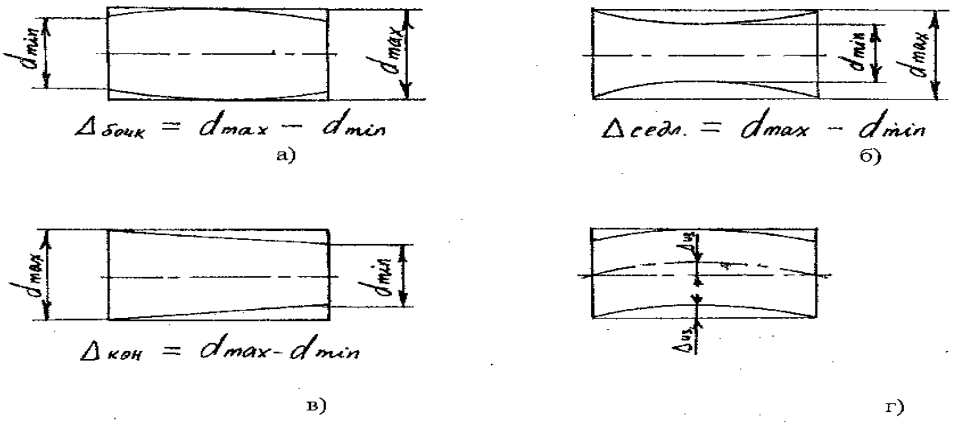

Рис. 4

Для нормирования предельных отклонений формы установлено 10 степеней точности (ГОСТ 10556-63). При переходе от высшей степени точности к низшей величина допусков растёт по геометрической прогрессии (знаменатель ряда 1,6), (см. табл.2, прилож. 1). Если предельные

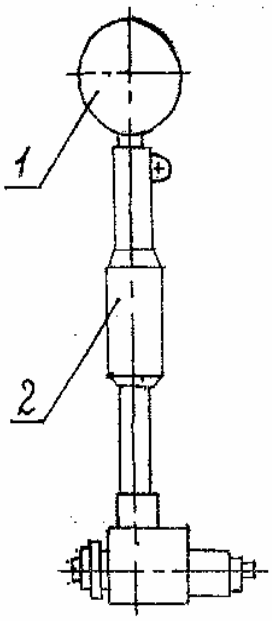

Рис.5

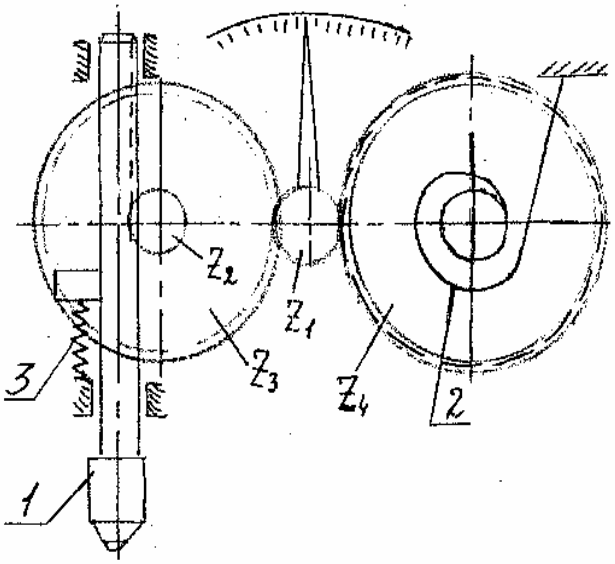

Рис.6

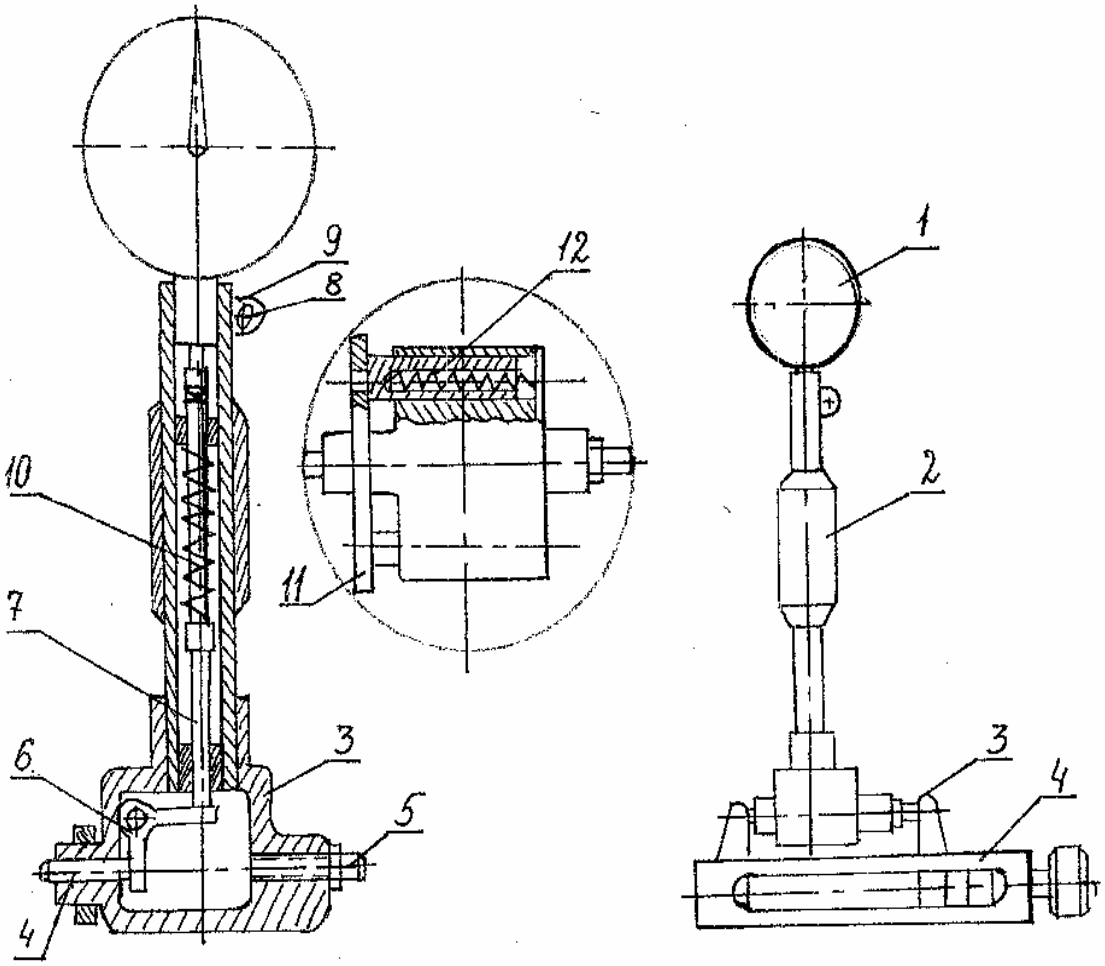

Рис. 7 Рис.8

Порядок выполнения работы

1. Измерить штангенциркулем диаметр контролируемого отверстия, если не известен номинальный размер детали.

2. Подобрать сменный штифт и сменные валы так, чтобы их суммарный размер отличался от определенного штангенциркулем размера не более чем на 0,5 - 1 мм, и установить их в тройник.

3. Установить в гнездо трубки нутромера индикатор так, чтобы при этом большая стрелка повернулась примерно на 1 оборот. В этом положении закрепить индикатор винтом.

4. В соответствии с номинальным или измеренным штангенциркулем диаметром отверстия набрать блок плиток, притереть к ним боковички 3, зажать в струбцину 4 (рис.8).

5. Настроить индикаторный нутромер по блоку плиток на ноль. Для этого поместить измерительные наконечники нутромера между боковичками и, покачивая нутромер в двух взаимно перпендикулярных направлениях, найти такое положение, при котором будет наименьшее показание индикатора. В этом положении повернуть циферблат индикатора до совмещения нулевого деления со стрелкой.

6. Измерить диаметр отверстия детали. Для этого ввести нутромер в отверстие и, покачивая прибор, найти положение, соответствующее наименьшему показанию индикатора. Произвести отсчёт отклонений от нуля и результат внести в отчёт. При этом следует иметь в виду, что отклонение стрелки от нуля по ходу часовой стрелки указывает на уменьшение размера. Измерение произвести в двух взаимно перпендикулярных направлениях, в трёх сечениях по высоте отверстия.

7. Дать заключение о годности детали по форме и размеру согласно предельным отклонениям, заданным преподавателем.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1. Прежде чем пользоваться прибором, изучите устройство и принцип действия измерительной головки (индикатора).
2. О выявленных неисправностях прибора немедленно сообщите преподавателю или лаборанту.
3. Во время работы быть внимательным и осторожным в обращении с прибором.
4. При выполнении лабораторной работы группой студентов работать на приборе должен только один студент.
5. Категорически запрещается трогать приборы, не относящиеся к выполняемой работе, без разрешения преподавателя.

СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО РАБОТЕ

1.Название работы.
2.Цель работы.

3.Таблица с результатами измерений (табл.1).
4.Схема измерений (рис. 9).
5.Расчёт предельных размеров отверстия.
6.Схема поля допуска отверстия с указанием номинального, действительного и предельных размеров (пр.1, рис. 10).
7.Заключение о годности детали по размеру и по отклонениям формы.

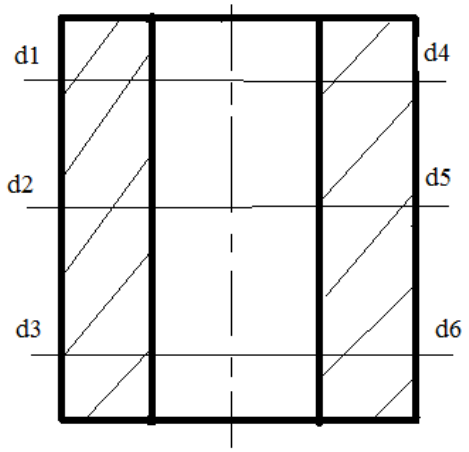

Рис.9

Таблица 1

№ п/п	Отклонения, мм	Действительный размер отверстия, мм	Наибольшая овальность, мм	Наибольшая конусность, бочкообразность, седлообразность, мм
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте определения допуска, предельных размеров и предельных отклонений.
2. Что называют основным отклонением?
3. Что называют номинальной поверхностью?
4. Что называют реальной поверхностью?
5.На каком принципе основано нормирование отклонений формы и расположения поверхностей деталей?
6. Что называют нормируемым участком?
7. Дайте определения прилегающих прямых, поверхностей и профилей.

8. Что называют отклонением формы поверхности?
9. Что называют отклонением расположения поверхности?
10. Дайте определения допуску формы и допуску расположения поверхности.
11. Что называют базой?
12. Охарактеризуйте зависимый и независимый допуск расположения поверхности.
13. Что называют суммарным отклонением формы и расположения поверхности?
14. Назовите отклонения формы цилиндрических поверхностей.
15. Охарактеризуйте частные виды отклонения в поперечном сечении поверхности.
16. Охарактеризуйте частные виды отклонения в продольном сечении поверхности.

Литература

1. .Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т.1. /В. И. Анурьев – М.: Машиностроение, 1979. - 728 с.
2. Аристов А. И. Метрология, стандартизация, сертификация: Учеб. пособие / Аристов А. И., Приходько В. М., Сергеев И. Д., Фатюхин Д. С. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.
3. Якушев А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения /А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов – М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
4. ГОСТ 24642-81 «Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения»

Интернет-ресурсы

1. http://www.twirpx.com/files/machineri/metrology/ (Интернет-библиотека по различным отраслям знаний)
2. http://metrologyia.ru/ (информационный сайт по метрологии)

Приложение 1

Таблица 2

Предельные отклонения формы цилиндрических поверхностей

Интервалы номинальных диаметров, мм	Предельные отклонения, мкм, при степени точности									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
До 6	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20
6 - 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30
18 - 50	0,6	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40
50 - 120	0,8	],2	2	3	5	8	12	20	30	50
120 - 260	1	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60
260 - 500	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80
500 - 300	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100
800 - 1250	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120
1250 - 2000	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160

Схема поля допуска на размер

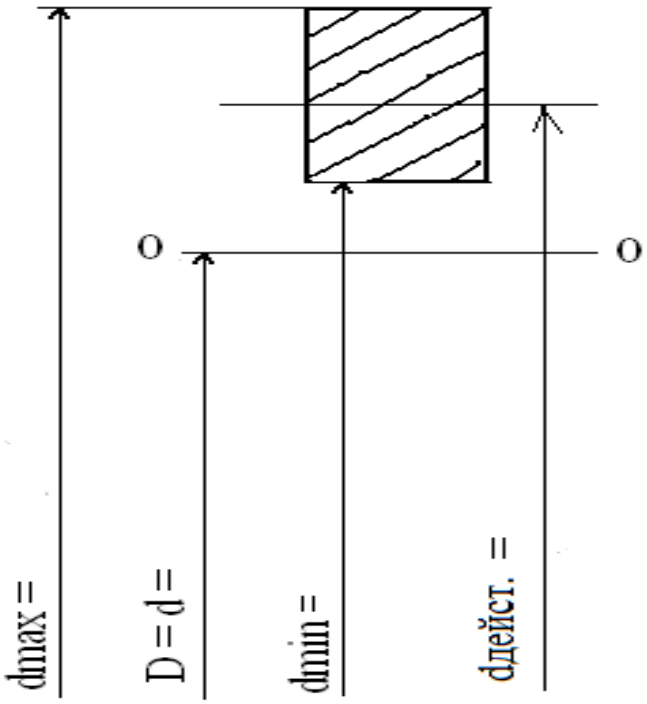

Рис. 10

Приложение 2

Таблица 3

Обозначения отклонений формы и расположения поверхностей на чертежах

Отклонения		Обозначение на чертежах
Отклонения формы	Отклонение от прямолинейности	—
	Отклонение от плоскостности	⏥
	Отклонение от круглости	○
	Отклонение профиля продольного сечения цилиндрической поверхности	⌓
Отклонения расположения	Отклонение от параллельности	//
	Отклонение от перпендикулярности	⊥
	Отклонение от соосности	◎
	Отклонение от пересечения осей	×
	Отклонение от симметричности	⌯
	Позиционное отклонение	⊕