



А. В. Шустов
В. В. Илюшин

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Екатеринбург
УГЛТУ
2024

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

Кафедра технологических машин и технологии машиностроения

А. В. Шустов
В. В. Илюшин

Метрология, стандартизация и сертификация

Методические указания для выполнения лабораторных работ студентами
направлений «Строительство», «Технологические машины
и оборудование», «Наземные транспортно-технологические комплексы»,
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»,
«Наземные транспортно-технологические средства»,
«Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих
производств». Дисциплина «Метрология стандартизация и сертификация».
Для всех форм обучения

Печатается по рекомендации методической комиссии
Инженерно-технического института.

Протокол № 2 от 5 октября 2023 г.

Рецензент – доцент, канд. техн. наук *В. А. Ягуткин*

Предназначены для всех обучающихся, осваивающих образовательные программы всех направлений и специальностей высшего образования, реализуемых в УГЛТУ.

Редактор В. Д. Билык
Компьютерная верстка О. А. Казанцева

Подписано в печать 16.12.2024

Плоская печать

Формат 60×84/16

Поз. 18

Заказ №

Печ. л. 0,93

Тираж 10 экз.

Редакционно-издательский сектор РИО УГЛТУ
Сектор оперативной полиграфии РИО УГЛТУ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Измерение размеров наружных цилиндрических деталей (контроль валов)

Цель работы – освоить закономерности выбора измерительных средств, научиться измерять действительные размеры и действительные отклонения формы для оценки точности изготовления наружных цилиндрических поверхностей.

Теоретическая часть

Геометрические параметры проектируемых деталей машин задаются размерами элементов, а также формой и взаимным расположением их поверхностей. При изготовлении возникают отступления геометрических параметров реальных деталей от идеальных (запроектированных) значений. Эти отступления называются *погрешностями*.

Геометрические погрешности неизбежны при изготовлении деталей, поэтому на все поверхности деталей устанавливаются предельно допустимые размеры (допуск размера). На отдельные элементы деталей устанавливаются предельные отклонения формы и расположения поверхностей (допуск формы, допуск расположения).

При определении годности детали по размеру устанавливается соответствие действительного размера с предельными размерами:

$$d_{max} \geq d_r \geq d_{min},$$

где d_{max} – наибольший предельный размер поверхности; определяется как алгебраическая сумма номинального размера (d) и верхнего отклонения (es):

$$d_{max} = d + es;$$

d_r – действительный размер поверхности детали; определяется как среднее арифметическое нескольких измерений поверхности в произвольных точках с допустимой погрешностью; количество измерений для определения d_r должно быть не менее пяти;

d_{min} – наименьший предельный размер поверхности; определяется как алгебраическая сумма номинального размера (d) и нижнего отклонения (ei):

$$d_{min} = d + ei.$$

Номинальный размер и предельные отклонения (*es*, *ei*) задаются на чертеже (эскизе) детали. Например, 40h14, или Ø 20e8, или Ø 40±0,2.

Контроль детали по допуску формы проводится, если допуск формы поверхности задан на чертеже и если деталь по допуску размера является годной. В учебных целях можно выполнить оценку годности по допуску формы детали, если она не годна по допуску размера.

Условие годности детали по допуску формы может быть записано в следующем виде:

$$\Delta_r \leq T_\phi.$$

где Δ_r – действительное отклонение формы; величина, определяемая в процессе измерения с допустимой погрешностью;
 T_ϕ – допуск формы, заданный на чертеже.

Задание

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы.
2. Выполнить измерения и занести данные в таблицы.
3. Дать заключение о годности детали.
4. Оформить отчет.

Задание выдается преподавателем на бригаду студентов из 3–4 человек: деталь и эскиз детали, измерительные инструменты и нормативные документы.

Порядок выполнения работы

1. Познакомиться с общими сведениями оценки годности детали по допуску формы и допуску размера поверхностей.
2. Получить у преподавателя чертеж (эскиз) детали и саму деталь. Уяснить, какие поверхности детали должны подвергаться измерению и оценке годности.
3. По номинальному размеру поверхности и предельным отклонениям определить допустимые предельные размеры измеряемых поверхностей. Если предельные отклонения заданы условным буквенно-цифровым обозначением (например, Ø 60h7), то для определения числовых значений предельных отклонений необходимо использовать ГОСТ 25347–82. Значения номинального, наибольшего и наименьшего предельных размеров, предельных отклонений и допуска размера занести в табл. 1.

Таблица 1

Значения предельных размеров, предельных отклонений и допусков измеряемой детали

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение и величина допуска размера, мм	Номинальный размер d , мм	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Условное обозначение допуска формы	Величина допуска формы, мкм
			es	ei	d_{max}	d_{min}		

Допуск размера определяется как разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или как алгебраическая разность между верхним и нижним предельными отклонениями.

4. По внешнему виду детали, номинальному размеру, качеству или допуску размера выбрать измерительный инструмент, используя РД 50–98–86. У выбранного инструмента определить пределы измерения и цену деления.

Из предложенных в РД 50–98–86 универсальных измерительных средств для измерения наружных линейных размеров в лаборатории имеются штангенциркули, микрометры гладкие, микрометры рычажные, скобы рычажные.

5. Провести настройку выбранных измерительных средств. Порядок и правильность настройки уточнить по технической инструкции на измерительные инструменты или по справочной литературе. Для настройки гладких микрометров с нижним пределом измерения свыше 25 мм необходимо использовать специальную концевую меру, которая имеется в комплекте микрометра.

6. Провести измерения действительных размеров. Определить среднее арифметическое значение действительных размеров и занести в табл. 2.

7. По предельным размерам (см. табл. 1) и действительному размеру (среднее арифметическое значение) сделать заключение о годности измеряемой поверхности по допуску размера в соответствии с неравенством $d_{max} \geq d_r \geq d_{min}$.

8. Если деталь по допуску размера годна и на чертеже детали указан допуск формы поверхности (допуск круглости, допуск профиля продольного сечения или допуск цилиндричности), то необходимо определить соответствующее действительное отклонение формы.

Таблица 2

Действительные размеры детали

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение действительных размеров	Числовые значения действительных размеров, мм	Среднее арифметическое значение, мм
	d _{r1} d _{r2} d _{r3} d _{r4} d _{r5}		d _r =
	l _{r1} l _{r2} l _{r3} l _{r4} l _{r5}		l _r =

Действительное отклонение от круглости определяется в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра. Вычисляется величина действительного отклонения от круглости как полуразность наибольшего и наименьшего действительных размеров в этой плоскости.

Действительное отклонение от цилиндричности является наибольшим значением найденных действительных отклонений.

Полученные значения действительных отклонений формы занести в табл. 3.

Таблица 3

Значения действительных отклонений формы
(круглости, профиля продольного сечения, цилиндричности)

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение действительных размеров	Числовые значения действительных размеров, мм	Действительные отклонения, мм
	d _{r1} d _{r2} d _{r3} d _{r4} d _{r5}		$\Delta r_{\phi} = \frac{(d_{r \max} - d_{r \min})}{2}$ или Δ _{rmax} для цилиндричности

Требования к отчету

По выполненной работе оформляется индивидуальный отчет, в котором необходимо представить:

- название и цель работы;
- эскиз измеряемой детали;
- сведения о размерах и допусках детали, указанных на чертеже (табл. 1);
- выбор измерительных средств;
- метрологические характеристики выбранных измерительных инструментов (пределы измерения, цену деления);
- результаты измерений действительных размеров и действительных отклонений (табл. 2, 3);
- выводы, в которых дается заключение о годности измеряемых деталей и способах исправления бракованных деталей (механообработка точением или шлифованием, возможная наплавка с последующим шлифованием).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Измерение размеров внутренних цилиндрических поверхностей (контроль отверстий)

Цель работы – освоить закономерности выбора измерительных средств, научиться измерять действительные размеры и действительные отклонения формы для оценки точности изготовления наружных цилиндрических поверхностей.

Теоретическая часть

Закономерности оценки годности внутренних размеров по допуску размера и допуску формы такие же, как и для наружных поверхностей. При выполнении данной лабораторной работы следует пользоваться общими сведениями оценки годности детали, изложенными в лабораторной работе 1.

Задание

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы.
2. Выполнить измерения и занести данные в таблицы.
3. Определить погрешность и дать заключение о годности детали.
4. Оформить отчет.

Задание выдается преподавателем на бригаду студентов из 3–4 человек: деталь и эскиз детали, измерительные инструменты, нормативные документы.

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя чертеж (эскиз) детали и саму деталь. Уяснить, какие поверхности детали должны измеряться и оцениваться по точности размера и формы,

2. По номинальному размеру поверхности и предельным отклонениям определить допустимые предельные размеры измеряемых поверхностей. Если предельные отклонения заданы условным буквенно-цифровым обозначением (например, $\varnothing 100 H8$), то для определения числовых значений предельных отклонений необходимо использовать ГОСТ 25347–82. Значения номинального, наибольшего и наименьшего предельных размеров, предельных отклонений и допуска размера занести в табл. 1.

Таблица 1

Значения предельных размеров, предельных отклонений
и допусков измеряемой детали

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение и величина допуска размера, мм	Номинальный размер D , мм	Предельные отклонения, мкм		Предельные размеры, мм		Условное обозначение допуска формы	Величина допуска формы, мкм
			ES	EI	D_{max}	D_{min}		

Допуск размера определяется как разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или как алгебраическая разность между верхним и нижним предельными отклонениями.

3. По номинальному размеру, качеству или допуску размера выбрать по РД 50–98–86 измерительный инструмент. У выбранного инструмента определить пределы измерения и цену деления.

Из предложенных в РД 50–98–86 универсальных измерительных средств для измерения внутренних линейных размеров в лаборатории имеются нутромеры микрометрические и нутромеры индикаторные.

4. Провести настройку выбранных измерительных средств. Порядок и правильность настройки уточнить по технической инструкции на измерительные инструменты или по справочной литературе. Для настройки нутромера микрометрического необходимо использовать установочную меру (скобу), которая входит в комплект нутромера. Для настройки индикаторного нутромера необходимо использовать плоскопараллельные концевые меры длины и набор принадлежностей к ним. Длина блока концевых мер должна соответствовать номинальному или одному из предельных размеров.

5. Провести измерение действительных размеров. Определить среднее арифметическое значение действительных размеров. Полученные значения занести в табл. 2.

6. По предельным размерам (см. табл. 1) и действительному размеру (среднее арифметическое значение) сделать заключение о годности измеряемой поверхности по допуску размера.

7. Если деталь по допуску размера годна и на чертеже детали указан допуск формы поверхности, то необходимо определить действительное отклонение формы.

Таблица 2

Действительные размеры детали

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение действительных размеров	Числовые значения действительных размеров, мм	Среднее арифметическое значение, мм
	D_{r1} ... D_{r5}		$D_r =$

Действительное отклонение от круглости определяется в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра. Вычисляется величина действительного отклонения от круглости как полуразность наибольшего и наименьшего действительных размеров в этой плоскости.

Действительное отклонение от профиля продольного сечения определяется в плоскости, параллельной оси цилиндра. Вычисляется величина действительного отклонения профиля продольного сечения как полуразность наибольшего и наименьшего действительных размеров в этой плоскости (табл. 3).

Таблица 3

Значения действительных отклонений формы
(круглости, профиля продольного сечения, цилиндричности)

Наименование детали, вариант, поверхность	Обозначение действительных размеров	Числовые значения действительных размеров, мм	Действительные отклонения, мм
	D_{r1} ... D_{r5}		$\Delta r_\phi = \frac{(D_{r \max} - D_{r \min})}{2}$ или $\Delta_{r \max}$ для цилиндричности

Действительное отклонение от цилиндричности является наибольшим значением найденных действительных отклонений.

8. По величине найденных действительных отклонений и допуску формы детали сделать заключение о годности детали по форме поверхности.

Требования к отчету

По выполненной работе оформляется индивидуальный отчет. Содержание отчета соответствует требованиям, указанным в лабораторной работе № 1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Контроль точности резьбовых деталей

Цели работы:

- познакомиться с показателями точности резьбовых поверхностей, средствами и методами контроля;
- определить годность резьбовой детали по наружному и среднему диаметрам.

Теоретическая часть

Номинальные размеры параметров резьбы являются одинаковыми для болта и гайки.

Наружный диаметр резьбы d , (D)¹ (рис. 1) – диаметр воображаемого цилиндра, касательного к вершинам наружной резьбы или впадинам внутренней резьбы. Наружный диаметр для большинства резьб принимается за номинальный диаметр резьбы.

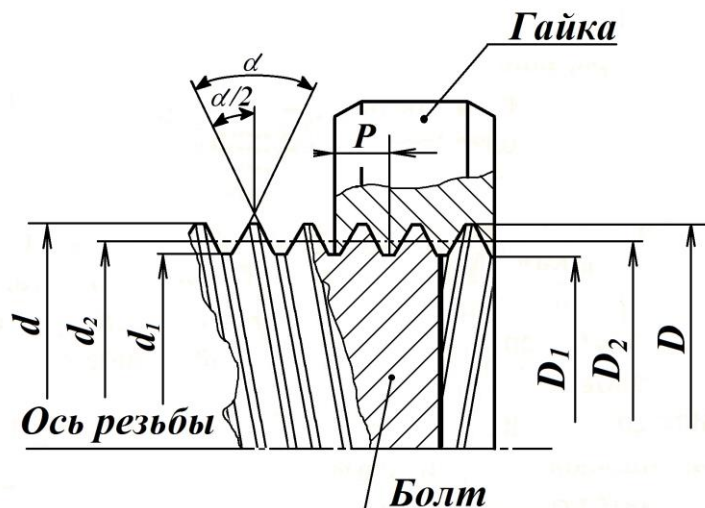


Рис. 1. Основные параметры резьбы

Внутренний диаметр резьбы d_1 , (D_1) (см. рис. 1) – диаметр воображаемого цилиндра, вписанного касательно к вершинам внутренней резьбы или впадинам наружной резьбы. Внутренний диаметр резьбы определяет опасное сечение болта (шпильки, винта и т. д.).

¹ Диаметры, относящиеся к наружным резьбам (болт, шпилька и т. д.), обозначают d , d_1 , d_2 ; диаметры, относящиеся к внутренним резьбам (гайка, гнездо и т. д.) – D , D_2 , D_1 .

Средний диаметр резьбы $d_2, (D_2)$ (см. рис. 1) – диаметр воображаемого цилиндра с резьбой, образующая которого пересекает профиль витков в точках, где ширина канавки равна половине номинального шага.

Шаг резьбы P (см. рис. 1) – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное в направлении, параллельном оси резьбы.

Угол профиля α (см. рис. 1) – угол между боковыми сторонами профиля в осевой плоскости. При изменении резьб с симметричным профилем контролируют половины углов профиля $\alpha/2$.

Для обеспечения требований взаимозаменяемости свинчиваемых изделий устанавливают предельные контуры резьбы болта и гайки.

Свинчиваемость резьбовых деталей и требуемое качество соединений обеспечиваются, если действительные контуры болта и гайки не будут выходить за соответствующие предельные контуры.

Свинчивание резьбовых деталей, имеющих прогрессивные (зависящие от числа витков) и местные отклонения шага (ΔP_n) и отклонения угла профиля ($\Delta \alpha/2$), возможно, если положительная разность средних диаметров гайки и болта, полученная за счет уменьшения d_2 у болта или увеличения D_2 гайки, достаточна для компенсации таких отклонений.

Приведенный средний диаметр d_{2np}, D_{2np} – значение среднего диаметра, увеличенное для наружной резьбы (или уменьшенное для внутренней резьбы) на суммарную диаметральною компенсацию отклонений шага и половины угла профиля.

$$\begin{aligned} d_{2np} &= d_{2r} + f_p + f_\alpha, \\ D_{2np} &= D_{2r} - f_p - f_\alpha, \end{aligned}$$

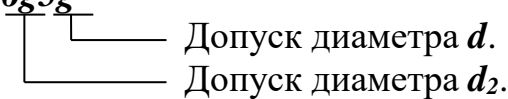
где d_{2r}, D_{2r} – измеренный средний диаметр болта, гайки;

f_p – диаметральноя компенсация погрешности шага;

f_α – диаметральноя компенсация погрешности половины угла профиля

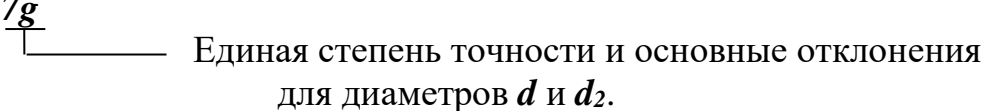
Обозначение допусков метрической резьбы состоит из цифры, показывающей степень точности, и буквы, обозначающей основное отклонение. Всего установлено 10 степеней точности.

$M12 \times 1 - 6g5g$



Допуск диаметра d .
Допуск диаметра d_2 .

$M20 \times 2 - 7g$



Единая степень точности и основные отклонения
для диаметров d и d_2 .

M12x1 – 5H6H

Допуск диаметра D_1 .
Допуск диаметра D_2 .

M20x2 – 6H

Единая степень точности и основные отклонения для диаметров D_1 и D_2 .

Примеры обозначения резьбы на чертежах приведены на рис. 2 и 3.

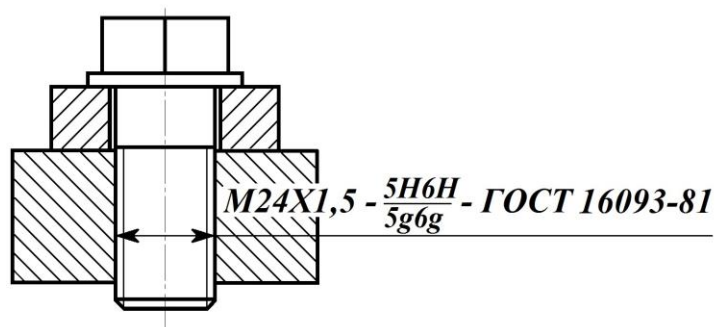


Рис. 2. Обозначение резьбового соединения на сборочном чертеже (посадка с зазором)

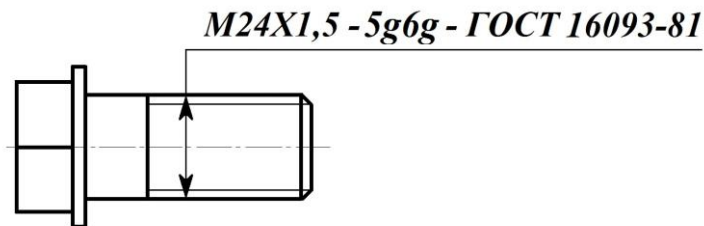


Рис. 3. Обозначение наружной резьбы (болт)

Задание

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы.
2. Выполнить измерения и занести данные в таблицы.
3. Дать анализ результатов измерений и выводы о годности измеряемой детали.
4. Оформить отчет.

Задание выдается преподавателем на бригаду студентов из 3–4 человек: измеряемую деталь (шпильку или болт), измерительные инструменты и нормативно-технические документы.

Порядок проведения работы

1. Получив задание у преподавателя и используя ГОСТ 24705-81, определить номинальные размеры резьбы у заданной детали:

d_2 – средний размер;
 d – наружный размер.

Найденные размеры занести в табл. 1.

Используя ГОСТ 16093-81, определить численные значения предельных отклонений диаметров d и d_2 :

$es_d, ei_d, es_{d_2}, ei_{d_2}$.

Найденные значения занести в табл. 1.

Определить предельные значения диаметров $d_{min}, d_{max}, d_{2min}, d_{2max}$.

Полученные значения занести в табл. 1.

Таблица 1

Значения номинальных, предельных размеров и предельных отклонений контролируемой детали

Контролируемый размер	Величина номинального размера, мм, ГОСТ 24705–81	Обозначение и величина допуска, мкм	Допустимые предельные отклонения, мкм, ГОСТ 16093-81		Предельные, размеры, мм	
			Верхнее es	Нижнее ei	Наибольший	Наименьший
Средний диаметр, d_2						
Наружный диаметр, d						

2. Провести контроль годности резьбовых деталей по наружному и среднему диаметрам. Для измерения действительного значения наружного диаметра d используется микрометр гладкий. Порядок измерений следующий:

– провести настройку микрометра гладкого. Порядок и правильность настройки уточнить по технической инструкции;

– провести измерения действительных размеров. Сделать не менее 5 измерений. Определить среднее арифметическое значение. Полученные данные занести в табл. 2;

– по предельным размерам и действительному значению сделать заключение о годности измеряемой детали по наружному диаметру. Критерий оценки годности:

$$d_{max} \geq d_r \geq d_{min}.$$

Таблица 2

Результаты измерения наружного и среднего диаметров резьбы

Измеряемый диаметр	Условное обозначение и величина допуска размера, мм	Допустимые предельные значения, мм		Численные значения действительных размеров, мм	Среднее арифметическое значение, мм
		min	max		
Наружный диаметр, d				d_{r1} d_{r2} d_{r3} d_{r4} d_{r5}	d_r
Средний диаметр, d_2				d_{2r1} d_{2r2} d_{2r3} d_{2r4} d_{2r5}	d_{2r}

Для измерения действительного размера среднего диаметра резьбы используется микрометр со вставками. Порядок измерений следующий:

– провести настройку микрометра с теми вставками, с которыми будет проводиться измерение. Коническая и призматическая вставка для одного интервала шагов имеют условный одинаковый номер. При необходимости выполнить настройку;

– провести измерения действительных размеров. Сделать не менее 5 измерений. Определить среднее арифметическое значение. Полученные данные занести в табл. 2;

– по предельным размерам и действительному значению сделать заключение о годности измеряемой детали по среднему диаметру. Критерий оценки годности:

$$d_{2max} \geq d_{2r} \geq d_{2min}.$$

Требования к отчету

По выполненной работе оформляется отчет, в котором необходимо представить:

- название и цель работы;
- эскиз измеряемой детали с указанием заданной степени точности;

- сведения о размерах и допусках деталей (табл. 1);
- метрологические характеристики используемых средств измерения (пределы измерений, цена деления);
- результаты измерений наружного и среднего диаметров резьбы, полученных с помощью микрометров (табл. 2);
- анализ результатов измерений и выводы о годности измеряемой детали.