С. С. Клименков
А. Н. Голубев

Витебский государственный технологический университет

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Витебск
2020

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

С. С. Клименков, А.Н. Голубев

Витебский государственный технологический университет

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»,
«Компьютерная мехатроника»

Витебск
2020

УДК

Рецензенты:

профессор кафедры «Технология машиностроения» Белорусского национального технического университета, д.т.н.
И.А. Каштальян;

доцент кафедры «Машиностроение и эксплуатация автомобилей» Брестского государственнного технического университета, к.т.н.
О.А. Медведев.

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»,
«Компьютерная мехатроника»

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским
советом УО «ВГТУ», протокол № __ от «__» _____ 2019 г.

Клименков, С. С. Нормирование точности изделий: учебное пособие / С. С. Клименков, А. Н. Голубев. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 250 с.

В учебном пособии изложены основные принципы построения системы допусков и посадок для типовых соединений, сущность и методы нормирования точности параметров макро- и микрогеометрии поверхностей. Приведены методические указания для подготовки к тестовому контролю, примеры выполнения курсовой работы, необходимые справочные данные.

Предназначено для студентов специальностей 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» и 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника» при изучении дисциплины «Нормирование точности изделий». Может быть полезным для инженерно-технических работников.

УДК

УО «ВГТУ», 2020

Витебский государственный технологический университет

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7

1 Нормирование точности изделий 8

1.1 Точность и взаимозаменяемость 8
1.2 Система допусков на линейные размеры 9
1.2.1 Основные термины и определения 9
1.2.2 Основные отклонения 10
1.2.3 Классы допусков 12
1.2.3.1 Нанесение предельных отклонений размеров и обозначение классов допусков на чертежах 14
1.2.3.2 Выбор классов допусков 15
1.2.4 Посадки 17
1.2.4.1 Образование посадок 17
1.2.4.2 Посадки в системе отверстия и вала 19
1.2.4.3 Обозначения посадок 21
1.2.4.4 Применение внесистемных и системных посадок 21
1.2.4.5 Назначение посадок и квалитетов 23
1.2.4.6 Примеры использования посадок 24
1.2.4.7 Области ориентировочного применения квалитетов 25
1.2.5 Классы допусков и посадки соединений деталей из пластмасс 26
1.3 Допуски формы и расположения поверхностей 28
1.3.1 Общие сведения, термины и определения 28
1.3.2 Отклонения и допуски формы 31
1.3.3 Отклонения и допуски расположения поверхностей 37
1.3.4 Суммарные отклонения и допуски формы и расположения 48
1.3.5 Независимые и зависимые допуски 55
1.3.6 Назначение степеней точности и допусков формы и расположения поверхностей 58
1.3.7 Примеры назначения степеней точности формы и расположения 60
1.3.8 Общие допуски формы и расположения поверхностей 63
1.4 Шероховатость поверхности 65
1.4.1 Общие сведения, термины и определения 65
1.4.2 Параметры шероховатости поверхности 67
1.4.3 Назначение параметров шероховатости 70
1.4.4 Обозначение параметров шероховатости на чертежах 77
1.5 Допуски и посадки типовых соединений 79
1.5.1 Нормирование требований к точности угловых размеров и конических поверхностей 79
1.5.1.1 Угловые размеры 79
1.5.1.2 Допуски и углы конусов 82
1.5.1.3 Степени точности 83

Витебский государственный технологический университет

1.5.1.4 Посадки конических соединений 84
1.5.1.5 Нормирование допусков 86
1.5.1.6 Обозначения гладких конических соединений на чертежах 88
1.5.2 Нормирование точности шпоночных соединений 89
1.5.3 Нормирование точности шлицевых соединений 92
1.5.3.1 Основные размеры 92
1.5.3.2 Допуски и посадки 94
1.5.3.3 Условные обозначения шлицевых соединений 96
1.5.4 Нормирование точности резьбовых соединений 98
1.5.4.1 Общие сведения, основные элементы и параметры резьбы 98
1.5.4.2 Допуски резьбы 100
1.5.4.3 Резьбовые посадки с зазором 104
1.5.4.4 Выбор полей допусков посадок с зазором 105
1.5.4.5 Резьбы с натягами и переходными посадками 107
1.5.4.6 Обозначение резьбовых сопряжений на чертежах 110
1.5.5 Нормирование точности размеров и посадки подшипников качения 111
1.5.5.1 Точность подшипников качения 111
1.5.5.2 Назначение посадок в сопряжениях с подшипниками качения 113
1.5.5.3 Условное обозначение посадок на чертежах 118
1.5.6 Нормирование точности зубчатых колес и передач 119
1.5.6.1 Общие сведения, термины, определения и обозначения 119
1.5.6.2 Показатели кинематической точности колес и передач 120
1.5.6.3 Показатели плавности работы колес и передач 124
1.5.6.4 Показатели контакта зубьев 127
1.5.6.5 Степени точности 129
1.5.6.6 Виды сопряжений зубьев в передаче 131
1.5.6.7 Обозначение параметров зубчатых колес на чертежах .. 132
1.6 Размерные цепи 133
1.6.1 Общие сведения, термины и определения 133
1.6.2 Цели расчета размерных цепей 136
1.6.3 Методы расчета размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости (расчет на «максимум-минимум») 136
1.6.4 Методы обеспечения точности замыкающих звеньев размерных цепей 139
2 Содержание курсовой работы 141
2.1 Расчет допусков и посадок гладких цилиндрических соединений 142
2.1.1 Содержание задания 142
2.1.2 Ход выполнения задания 142

Витебский государственный технологический университет

2.1.3 Индивидуальные задания....146
2.2 Расчет исполнительных размеров гладких калибров 148
2.2.1 Основные термины и определения 148
2.2.2 Содержание задания....152
2.2.3 Ход выполнения задания 152
2.2.4 Индивидуальные задания....155
2.3 Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений ..157
2.3.1 Шпоночные соединения....157
2.3.1.1 Содержание задания....157
2.3.1.2 Ход выполнения задания 157
2.3.1.3 Индивидуальные задания....160
2.3.2 Шлицевые соединения 162
2.3.2.1 Содержание задания....162
2.3.2.2 Ход выполнения задания 162
2.3.2.3 Индивидуальные задания....163
2.4 Нормирование точности метрической резьбы....165
2.4.1 Содержание задания....165
2.4.2 Ход выполнения задания 165
2.4.3 Индивидуальные задания....169
2.5 Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач....173
2.5.1 Содержание задания....173
2.5.2 Ход выполнения задания 173
2.5.3 Индивидуальные задания....174
2.6 Расчет размерных цепей....176
2.6.1 Содержание задания....176
2.6.2 Ход выполнения задания 176
2.6.3 Индивидуальные задания....181
3 Содержание тестовых заданий....182
3.1 Тестовый контроль по теме «Допуски и посадки гладких соединений» 182
3.1.1 Чтение посадок (часть 1.1)....182
3.1.2 Терминология (часть 1.2)....183
3.1.3 Задания для самостоятельной подготовки....184
3.2 Тестовый контроль по теме «Показатели шероховатости поверхности»....187
3.2.1 Обозначения (часть 2.1)....187
3.2.2 Терминология (часть 2.2)....188
3.2.3 Задания для самостоятельной подготовки....189
3.3 Тестовый контроль по теме «Допуски формы и расположения» 190
3.3.1 Обозначения (часть 3.1)....190
3.3.2 Терминология (часть 3.2)....191
3.3.3 Задания для самостоятельной подготовки....191

Витебский государственный технологический университет

4 Справочный раздел 193
4.1 Допуски и предельные отклонения валов и отверстий 193
4.2 Параметры шероховатости поверхностей 221
4.3 Параметры метрической резьбы 223
4.4 Допуски шпоночных и шлицевых соединений 233
4.5 Допуски зубчатых колес и передач 240
4.6 Допуски предельных калибров 255
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 258

ВиТебский государственный технологический университет

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и освоение современной техники и технологий невозможно без умения читать и разрабатывать чертежи. По чертежу детали выясняют форму и размеры всех ее элементов, назначенный материал, шероховатость поверхности, показатели свойств материалов, покрытий, предельные размеры, допуски формы и расположения поверхностей. Необходимо не только умение правильно читать чертежи, но и грамотно, технически и экономически обоснованно назначать эти параметры. Настоящее пособие предназначено помочь студентам приобрести практические навыки определения точностных параметров изделий.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-36 07 02, учебным планом учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» и учебными программами по дисциплине «Нормирование точности изделий» для специальностей 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий», 1-55 01 03 «Компьютерная мехатроника».

Особенность дисциплины заключается в том, что в ней содержится большое количество информации, которая не всегда поддается логическому осмыслению, но которую следует понимать в интерпретации, изложенной в официальных технических документах (стандартах). Кроме того, требования к точности на чертежах приводятся в виде условных обозначений, которые необходимо понимать и уметь расшифровывать.

В разделе 1 изложены основные принципы построения систем допусков и посадок для типовых соединений, сущность и методы нормирования точности параметров макро- и микрогеометрии поверхностей. Для закрепления теоретического материала в разделе 2 рассмотрены примеры выполнения заданий курсовой работы. В разделе 3 содержатся методические указания для подготовки к тестовому контролю, раздел 4 включает необходимые справочные данные. Такая структура учебного пособия позволяет максимально облегчить условия изучения теоретического материала и приобретения практических навыков.

За основу учебного пособия был принят учебник:

Клименков, С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении : учебник / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание ; Москва : Инфра-М, 2016. – 248 с.

Витебский государственный технологический университет

1 Нормирование точности изделий

1.1 Точность и взаимозаменяемость

Точность – это степень приближения действительных параметров к заданным (номинальным) значениям. Отступление действительных параметров от заданных называется *погрешностью*, которая неизбежна и в определенных пределах допустима. Установление допустимой погрешности называется *нормированием точности.*

В машиностроении основными причинами возникновения погрешностей являются: погрешности станка; износ инструмента; упругие деформации в системе станок-приспособление-инструмент-деталь (система СПИД); температурные деформации системы СПИД; погрешности измерений, включая и погрешности средств измерений; погрешности исходной заготовки; низкая квалификация и возможные ошибки рабочего.

Перечень причин возникновения погрешностей показывает, что изготовление совершенно одинаковых деталей невозможно. Поэтому принцип нормирования точности заключается в оптимальном назначении погрешностей, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям и условиям обработки.

Нормирование точности связано с необходимостью обеспечения взаимозаменяемости изделий.

Взаимозаменяемость – это принцип назначения при конструировании требований к размерам элементов деталей, узлов, механизмов, обеспечивающий возможность их изготовления и сборки без дополнительной обработки при соблюдении технических требований к изделию.

Различают следующие виды взаимозаменяемости.

Полная взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость всех без исключения деталей и узлов, которые устанавливают при сборке или ремонте без дополнительной обработки, регулировки, сортировки и т.д.

Неполная (ограниченная) взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость, при которой для получения требуемой точности сборки применяют групповой подбор деталей (селективную сборку), компенсаторы, регулировку, пригонку и другие дополнительные технологические мероприятия при обязательном выполнении требований к качеству сборочных единиц и изделий.

Внешняя взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость по входным и выходным параметрам, присоединительным размерам, конструктивному исполнению.

Внутренняя взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость деталей, входящих в узел, или узлов, составляющих изделие.

Функциональная взаимозаменяемость – это взаимозаменяемость изделий по оптимальным эксплуатационным параметрам.

Витебский государственный технологический университет

В результате взаимозаменяемости упрощаются процессы проектирования, сборки, ремонта; обеспечивается широкая специализация, кооперирование, организация поточного производства, а в конечном итоге, снижается стоимость изделий.

1.2 Система допусков на линейные размеры

1.2.1 Основные термины и определения

Основные термины и определения, относящиеся к системе допусков на линейные размеры, установлены в стандарте ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1: 2010).

Размерный элемент – геометрическая форма, определяемая линейным или угловым размером. Размерными элементами могут быть цилиндр, сфера, две параллельные плоскости, конус, призма.

Номинальный размер (D, d) – это размер геометрического элемента идеальной формы, определенной чертежом. Номинальный размер используют для расчета предельных размеров.

Реальная поверхность детали – совокупность физически существующих геометрических элементов, которые отделяют всю деталь от окружающей среды.

Действительный размер – размер, установленный измерением с допустимой погрешностью.

Предельные размеры – два предельно допустимых размера, между которыми должен находиться или которым может быть равен действительный размер. Эти размеры имеют название – *верхний предельный размер* (D_{max}, d_{max}) и *нижний предельный размер* (D_{min}, d_{min}). Предельные размеры могут быть больше или меньше номинального размера, один из предельных размеров может быть равен номинальному.

Предельное отклонение – алгебраическая разность между одним из предельных размеров и номинальным.

Верхнее предельное отклонение:

$$\text{для отверстия: } ES = D_{max} - D, \quad (1.1)$$

$$\text{для вала: } es = d_{max} - d. \quad (1.2)$$

Нижнее предельное отклонение:

$$\text{для отверстия: } EI = D_{min} - D, \quad (1.3)$$

$$\text{для вала: } ei = d_{min} - d. \quad (1.4)$$

Допуск – это разность между верхним и нижним предельными размерами или между верхним и нижним предельными отклонениями:

Витебский государственный технологический университет

допуск отверстия: $TD = D_{max} - D_{min} = ES - EI,$ (1.5)

допуск вала: $Td = d_{max} - d_{min} = es - ei.$ (1.6)

Интервал допуска – совокупность значений размера между пределами допуска, включая эти пределы. Он определяется значением допуска и его расположением относительно номинального размера. Пределы допуска могут располагаться по одну или по обе стороны относительно номинального размера. На графическом изображении интервалов допусков (рис. 1.1) номинальному размеру соответствует *нулевая линия*, которая обычно располагается горизонтально.

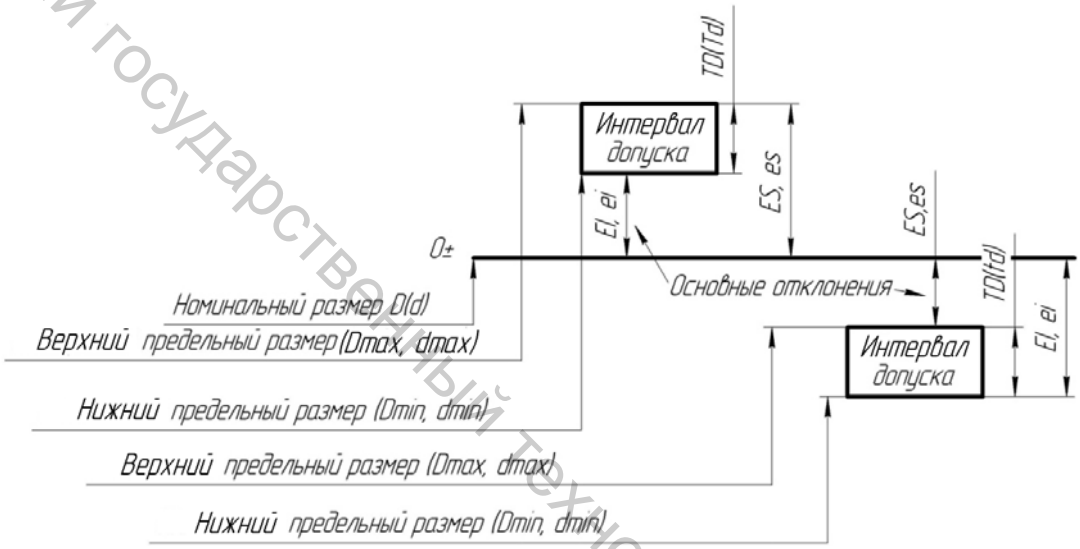


Рисунок 1.1 – Графическое изображение интервалов допусков

Основное отклонение – предельное отклонение, определяющее расположение интервала допуска относительно номинального размера. Основным является то из предельных отклонений, которое соответствует предельному размеру, ближайшему к номинальному (рис. 1.1).

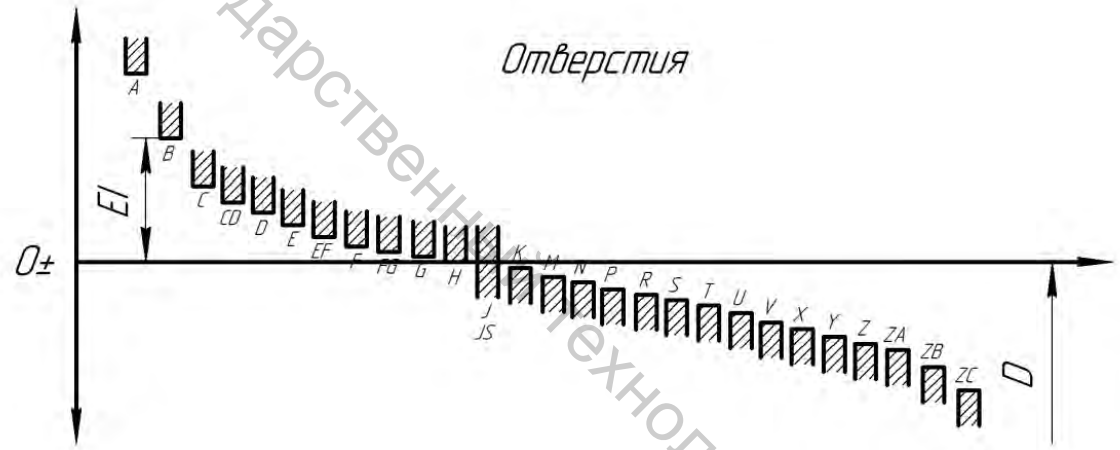
1.2.2 Основные отклонения

Основные отклонения стандартизованы (ГОСТ 25346-2013). Предусмотрено по 27 вариантов основных отклонений для валов и отверстий. Каждому из основных отклонений соответствует определенный уровень относительно номинального размера (на схемах – относительно нулевой линии), от которого должен начинаться интервал допуска (рис. 1.2).

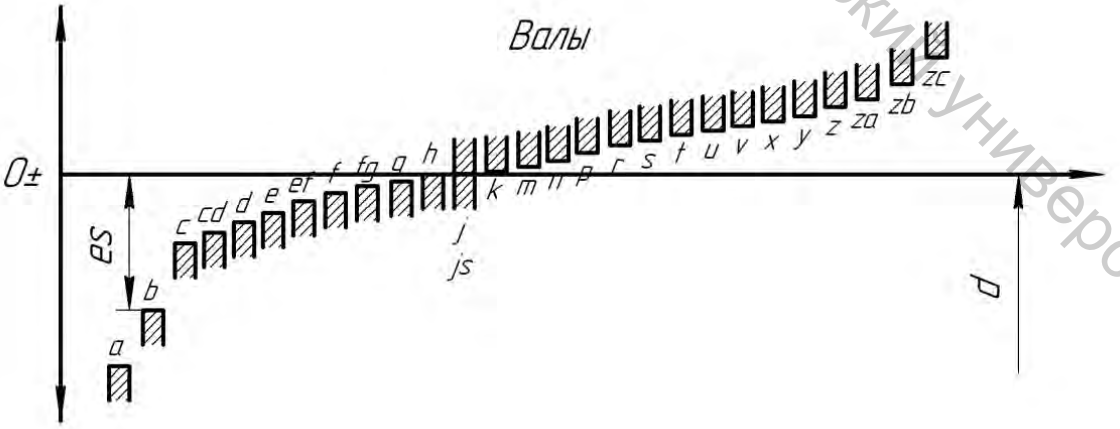
Витебский государственный технологический университет

Значения основных отклонений, как правило, независимы от допусков. Каждое расположение основного отклонения обозначается латинской буквой – малой для валов и большой для отверстий. Для дополнительных отклонений, введенных в систему ISO, обозначение состоит из двух букв. Это либо отклонения, занимающие промежуточное положение между двумя соседними отклонениями (cd, ef, fg), либо отклонения, располагающиеся за отклонением z (za, zb, zc).

Ряды основных отклонений для отверстий и валов построены на основе правил – общего и специального. Согласно общему правилу, основные отклонения отверстий равны по значению и противоположны по знаку основным отклонениям валов. Например, основные отклонения EI для отверстий от A до H и основные отклонения es для валов от a до h равны по модулю. Для построения некоторых основных отклонений отверстий применяется специальное правило.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Схемы расположения основных отклонений отверстий (*а*) и валов (*б*)

Витебский государственный технологический университет

Буквой h обозначается верхнее отклонение вала, равное нулю; буквой H – нижнее отклонение отверстия, равное нулю. Буквами js, JS обозначаются симметричные расположения интервалов допусков вала и отверстия относительно нулевой линии.

1.2.3 Классы допусков

Квалитетом называют группу допусков на линейные размеры, характеризующуюся общим обозначением. Квалитеты являются критериями относительной точности. Установлено 20 квалитетов, которые обозначаются: IT01, IT0, IT1, …, IT18. Самые точные квалитеты IT01 и IT0 введены дополнительно к основным системным квалитетам IT1…IT18.

Классом допуска называют сочетание основного отклонения и квалитета.

Запись, включающая номинальный размер и класс допуска, содержит информацию о значении допуска и положении интервала допуска относительно номинального размера. Значение допуска зависит от номера квалитета и номинального размера.

Единица допуска – это мера точности, устанавливающая соотношение между величиной допуска и номинальным размером, а также учитывающая влияние технологических, метрологических, конструктивных параметров. Зависимость между единицей допуска и линейным размером установлена экспериментально и для размеров до 500 мм имеет вид:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D, \text{ мкм}, \tag{1.7}$$

где D – среднее геометрическое из крайних значений интервалов номинальных размеров, мм.

Величина допуска вычисляется по формуле:

$$T = a \cdot i, \tag{1.8}$$

где a – количество единиц допуска, строго постоянное для каждого квалитета (табл. 1.1).

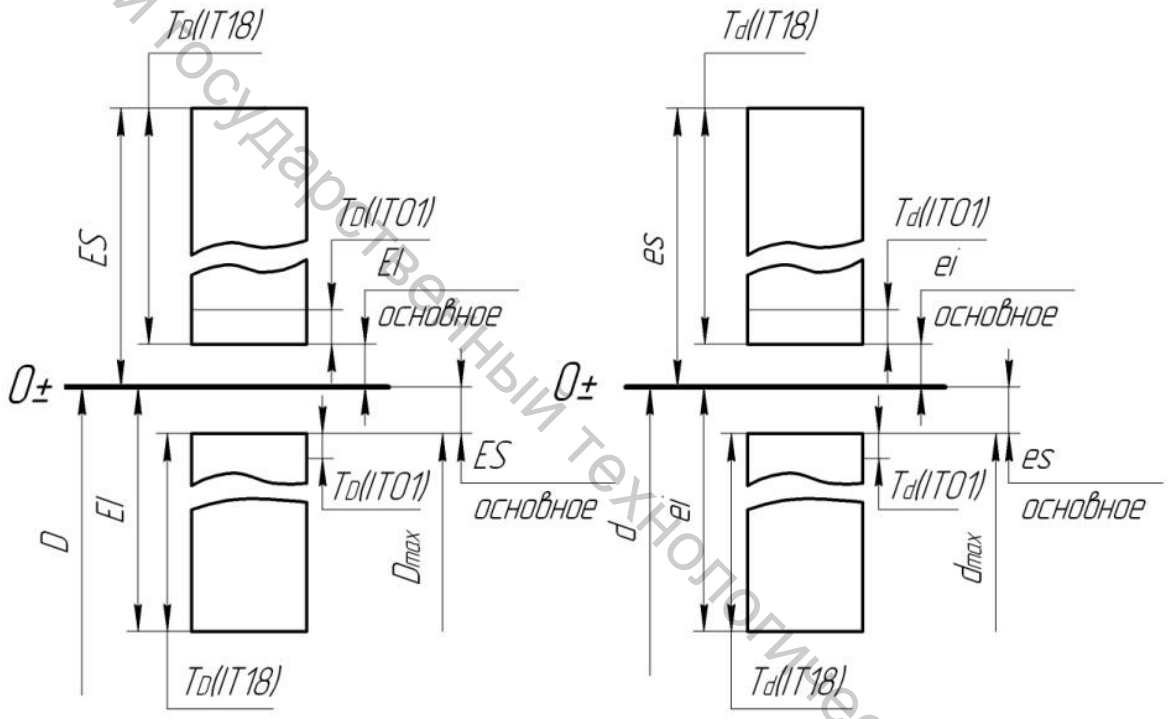
Для квалитетов IT6 и грубее количество единиц допуска возрастает в геометрической последовательности со знаменателем 1,6. Через каждые 5 квалитетов количество единиц допуска увеличивается в 10 раз.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.1 – Соответствия между квалитетами и количеством единиц допуска

IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
a	1	1,4	2	2,7	3,7	5,1	7	10	16	25
IT	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a	40	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

При известных численных значениях номинального диаметра, основного отклонения и допуска можно определить второе отклонение, ограничивающее интервал допуска (рис. 1.3)



а) б)

Рисунок 1.3 – Схемы образования интервалов допусков для отверстия (*а*) и вала (*б*)

Для тех классов допусков, у которых основным является нижнее отклонение, верхнее отклонение вычисляется по формулам:

$$\text{для отверстия } ES = EI + T_D, \tag{1.9}$$

$$\text{для вала } es = ei + T_d. \tag{1.10}$$

Если основное отклонение верхнее, то нижнее отклонение:

$$\text{для отверстия } EI = ES - T_D, \tag{1.11}$$

Витебский государственный технологический университет

для вала $ei = es - T_d$. (1.12)

На базе одного номинального размера и основного отклонения возможно рассчитать по 20 классов допусков для отверстия и вала (по количеству квалитетов).

1.2.3.1 Нанесение предельных отклонений размеров и обозначение классов допусков на чертежах

При нанесении предельных отклонений размеров на чертежах необходимо руководствоваться следующими указаниями.

Для всех размеров, нанесенных на чертежах, должны быть указаны предельные отклонения. Линейные размеры и предельные отклонения на чертежах указывают в миллиметрах без обозначения единиц измерения. Предельные отклонения размеров указывают непосредственно после номинальных размеров. Предельные отклонения размеров относительно низкой точности допускается не указывать непосредственно после номинальных размеров, а указывать в виде общей записи в технических требованиях чертежа.

Предельные отклонения указывают шрифтом с уменьшенной высотой цифр, верхнее отклонение указывают над нижним (рис. 1.4 а).

Отклонение, равное нулю, не указывают (рис. 1.4 б).

Для симметричных интервалов допусков отклонение указывают один раз (рис. 1.4, в), при этом высота цифр, определяющих отклонения, должна быть равна высоте шрифта номинального размера.

Такой способ указания отклонений рекомендуется для размеров, проверка которых может быть осуществлена показывающими приборами.

Класс допуска обозначают сочетанием буквы (букв) основного отклонения и порядкового номера квалитета, при этом указывают значение номинального размера элемента, например: $\emptyset 40g6$, $\emptyset 40\text{H}7$.

Такой способ обозначения рекомендуется для размеров, контроль которых может быть осуществлен предельными калибрами.

Смешанный способ обозначения классов допусков предполагает указание условными обозначениями и числовыми значениями предельных отклонений (рис. 1.5).

Применение смешанного способа рекомендуется тогда, когда неизвестно, какими средствами будет контролироваться размер – предельными калибрами или приборами.

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

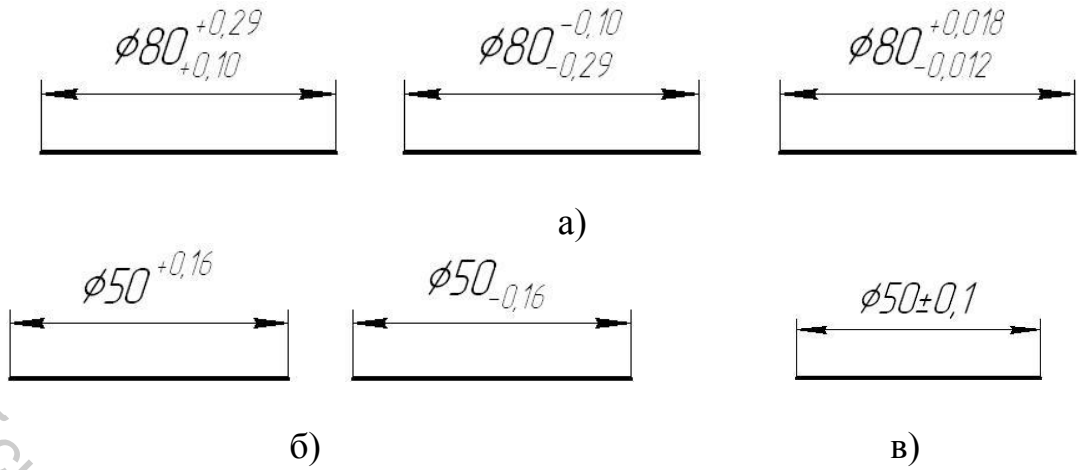


Рисунок 1.4 – Указание предельных отклонений размеров: *а* – верхнего и нижнего; *б* – нулевого; *в* – симметричных



Рисунок 1.5 – Обозначения классов допусков смешанным способом

Общие допуски на размеры элементов, которые не указаны непосредственно у размера, нормируются в соответствии с ГОСТ 30893.1-2002.

Общие допуски установлены по четырем классам точности: точный f, средний m, грубый c, очень грубый v. Между классами точности общих допусков и квалитетами существуют примерные соотношения: точный *f* соответствует IT12, средний *m* – IT14, грубый *c* – IT15…IT16, очень грубый *v* – IT17.

Указание общих допусков должно содержать номер стандарта и буквенное обозначение класса точности. Например, для класса точности средний: «*Общие допуски по ГОСТ 30893.1 – m*» или «*ГОСТ 30893.1 – m*».

Обозначение указывают на чертеже в составе технических требований в правом нижнем углу листа, над основной надписью.

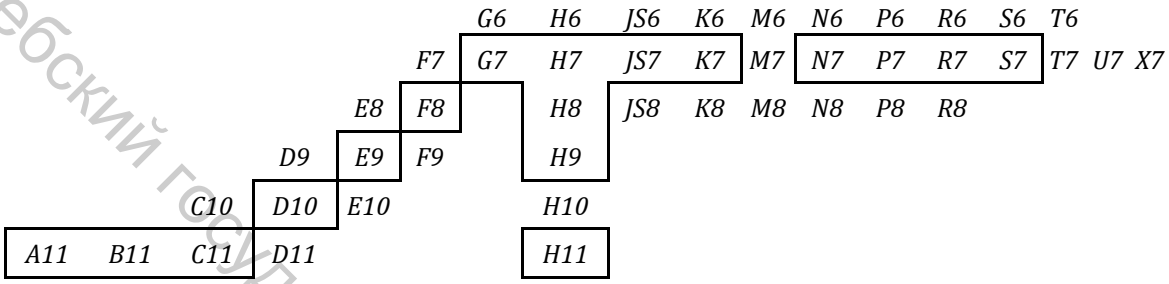
1.2.3.2 Выбор классов допусков

В стандарте ГОСТ 25347-2013 приведены перечни сформированных в соответствии с рассмотренной системой классов допусков. Для номинальных размеров из диапазона до 500 мм эти перечни содержат 203 класса допусков для отверстий и 204 класса допусков для валов. Для этих

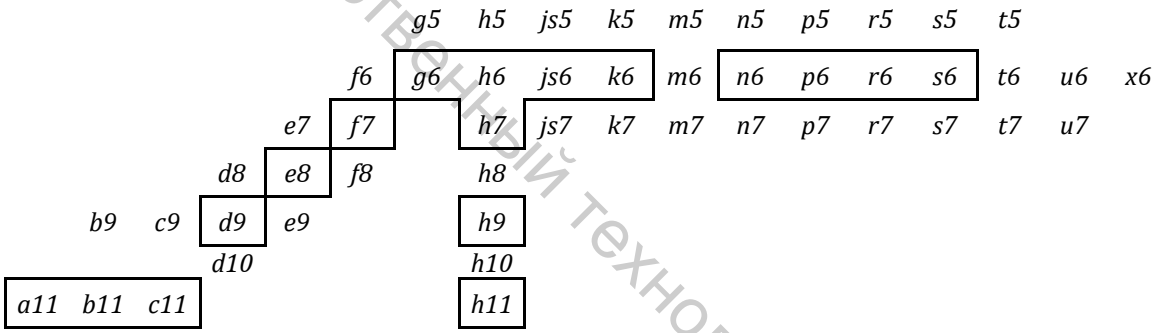
Витебский государственный технологический университет

классов допусков приведены таблицы с указанными в них стандартными значениями предельных отклонений. Данные классы допусков называют *специальными* или *классами допусков широкого выбора*.

В стандарте ГОСТ 25346-2013 из перечней специальных классов допусков отобраны *классы допусков общего применения*. Выделено 45 классов допусков общего применения для отверстий и 50 классов допусков общего применения для валов (рис. 1.6).



а)



б)

Рисунок 1.6 – Классы допусков общего применения и предпочтительные классы допусков: *а* – отверстий, *б* – валов

В свою очередь, из классов допусков общего применения отобраны *предпочтительные классы допусков*, которые необходимо применять в первую очередь. Отобрано по 17 предпочтительных классов допусков для отверстий и валов. На рис. 1.6 предпочтительные классы допусков обведены в рамку.

Практика показывает, что на основе предпочтительных классов допусков можно до 90-95% обеспечить потребность в посадках, максимально унифицировать изделия и сократить номенклатуру размерных инструментов и калибров.

Витебский государственный технологический университет

1.2.4 Посадки

1.2.4.1 Образование посадок

Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Номинальный размер посадки – размер, общий для отверстия и вала, составляющих соединение.

Зазор (S) – разность между размерами отверстия и вала до сборки, когда размер отверстия больше размера вала.

Натяг (N) – разность между размерами вала и отверстия до сборки, когда размер вала больше размера отверстия.

Посадка с зазором – посадка, при которой в соединении всегда образуется зазор, т.е. нижний предельный размер отверстия D_{min} больше верхнего предельного размера вала d_{max}. При графическом изображении (рис. 1.7 а) интервал допуска отверстия расположен над интервалом допуска вала.

Наибольший S_{max} (наименьший S_{min}) зазор равен разности предельных размеров отверстия и вала:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei, \tag{1.13}$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es. \tag{1.14}$$

Посадка с натягом – посадка, при которой в соединении всегда образуется натяг, т.е. нижний предельный размер вала d_{min} больше верхнего предельного размера отверстия D_{max}. При графическом изображении интервал допуска вала располагается над интервалом допуска отверстия (рис. 1.7 б).

Наибольший N_{max} (наименьший N_{min}) натяг равен разности предельных размеров вала и отверстия:

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI, \tag{1.15}$$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES. \tag{1.16}$$

Переходная посадка – посадка, при которой в соединении возможно образование зазора или натяга в зависимости от действительных размеров сопрягаемых деталей. При графическом изображении интервалы допусков могут перекрываться полностью (рис. 1.7 в) или частично (рис. 1.7 г, д). При частичном перекрытии интервалов допусков в сопряжении могут преобладать посадки с зазором (рис. 1.7, г) или с натягом (рис. 1.7, д).

Витебский государственный технологический университет

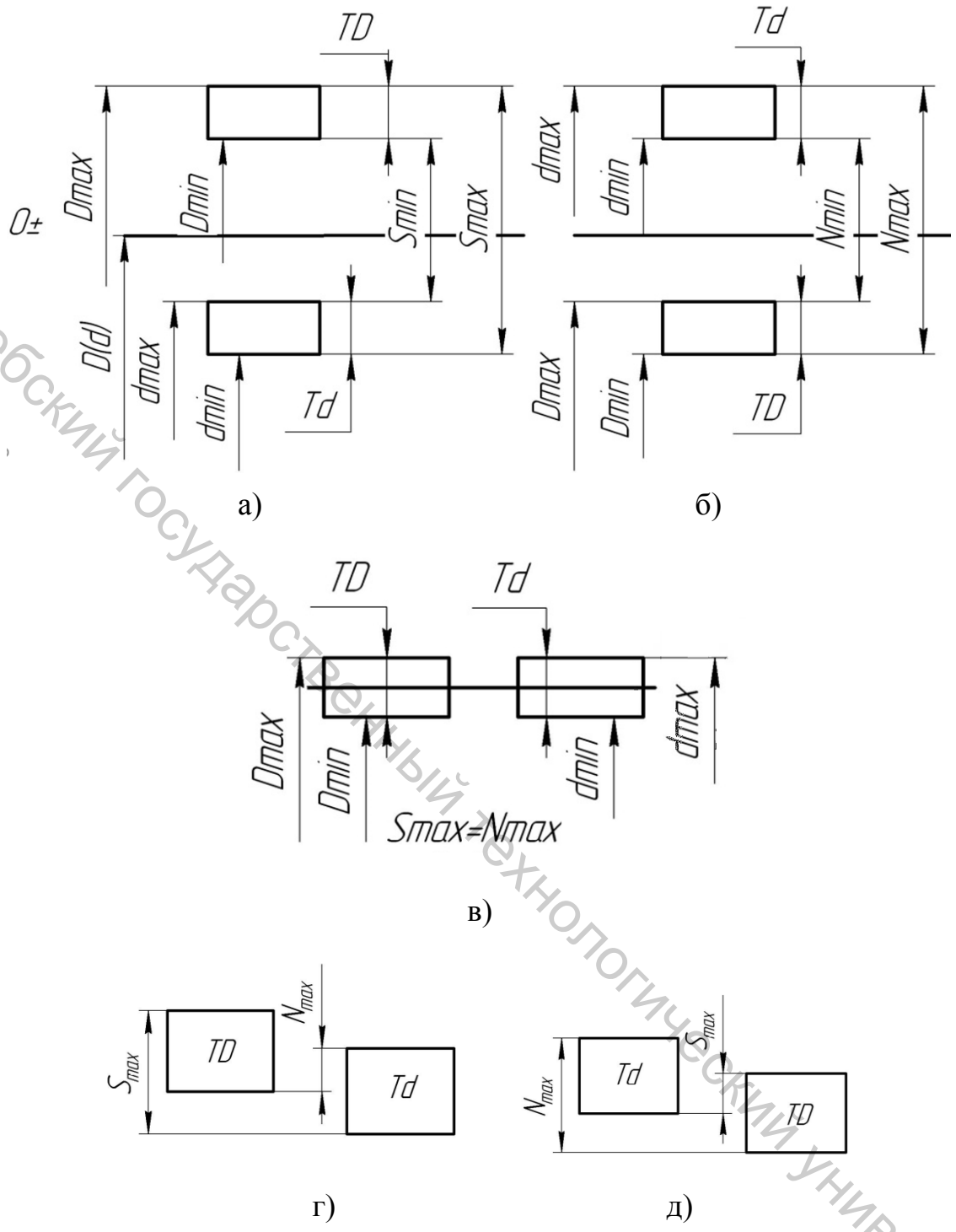


Рисунок 1.7 – Схемы образования внесистемных посадок:
а – с зазором; *б* – с натягом; *в*, *г*, *д* – переходных

Диапазон посадки – это арифметическая сумма допусков отверстия и вала, образующих соединение. Диапазон посадки характеризует ее точность.

Для посадки с зазором и посадки с натягом диапазон равен разности предельных значений зазора или натяга:

Витебский государственный технологический университет

$$TS = S_{max} - S_{min} = T_D + T_d, \quad (1.17)$$

$$TN = N_{max} - N_{min} = T_D + T_d. \quad (1.18)$$

Диапазон переходной посадки равен сумме наибольшего предельного натяга и наибольшего предельного зазора:

$$TS(N) = N_{max} + S_{max} = T_D + T_d. \quad (1.19)$$

Витебский государственный технологический университет

1.2.4.2 Посадки в системе отверстия и вала

Для унификации деталей и инструментов наиболее рациональным является такой способ образования посадок, когда одна деталь (отверстие или вал) в различных посадках имеет постоянное расположение интервала допуска, а требуемый характер посадки обеспечивается подбором расположения интервала допуска другой сопрягаемой детали. Деталь, имеющая постоянное расположение интервала допуска, является базовой в системе образования посадок. В качестве базовых элементов принимают основные отверстия и основные валы, у которых *основные отклонения равны нулю*, т.е. нижний предельный размер отверстия и верхний предельный размер вала равны номинальному.

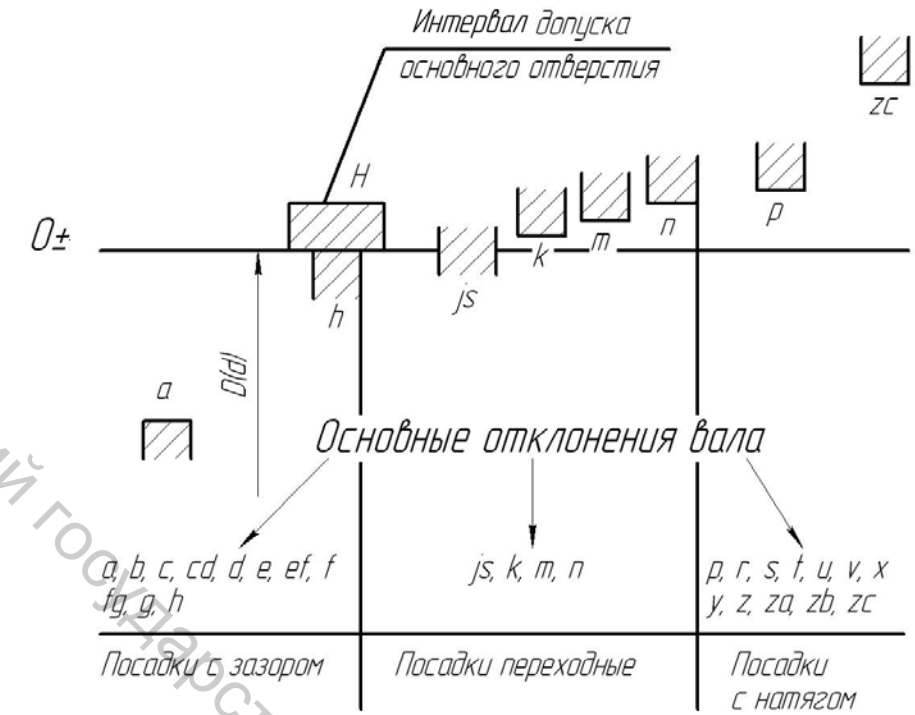
Посадки в системе отверстия – посадки, у которых требуемый зазор или натяг получают сочетанием различных классов допусков валов с классом допуска основного отверстия (рис. 1.8 а).

Интервалы допусков валов, образованные на базе основных отклонений от a до h (a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h), будут расположены ниже интервала допуска основного отверстия, т.е. размеры валов меньше минимального размера отверстия, а значит, в сопряжении будет только зазор.

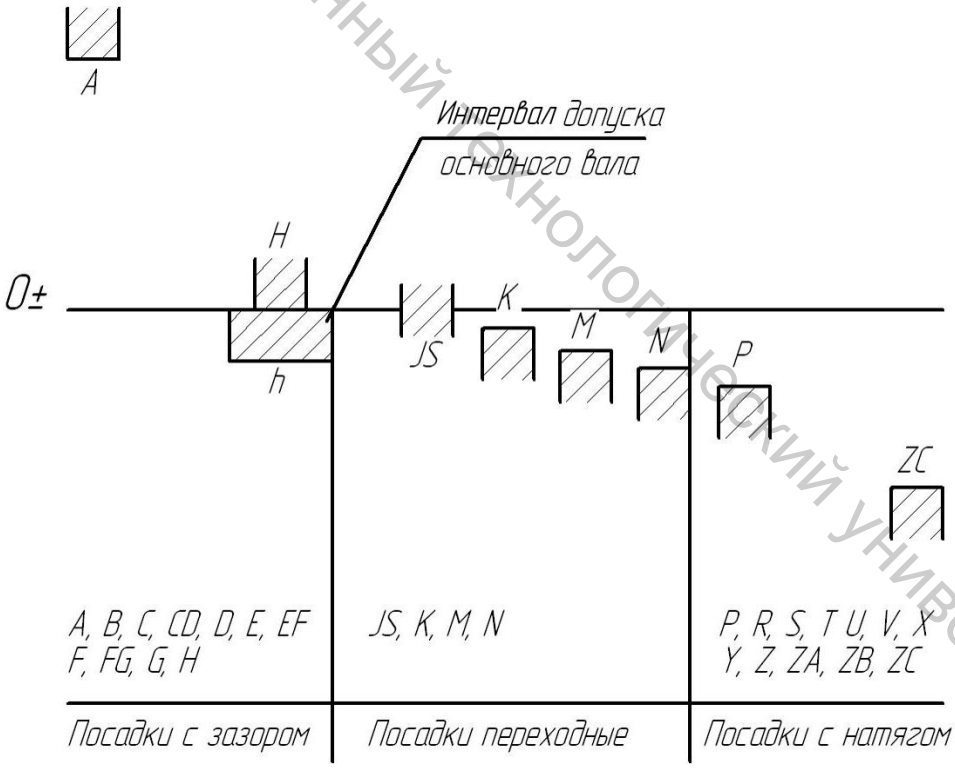
Интервалы допусков валов, образованные на базе основных отклонений от js до n (js, k, m, n), будут частично перекрываться с интервалом допуска отверстия, а значит, в сопряжении возможен и зазор, и натяг в зависимости от действительных размеров сопрягаемых деталей.

Интервалы допусков валов, образованные на базе основных отклонений от p до zc (p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc), будут расположены выше интервала допуска основного отверстия, т.е. размеры валов будут превышать размеры верхнего предельного размера основного отверстия, а значит, в сопряжении будет только натяг.

Посадки в системе вала – посадки, у которых требуемый зазор или натяг получают сочетанием различных классов допусков отверстий с классом допуска основного вала (рис. 1.8 б).



а)



б)

Рисунок 1.8 – Схемы образования посадок:
а – в системе отверстия, *б* – в системе вала

Витебский государственный технологический университет

Характер относительного положения интервалов допусков в системах отверстия и вала одинаков, значит, наличие зазора или натяга в сопряжении определяется только основными отклонениями и не зависят от системы. При этом, одноименные основные отклонения вала и отверстия образуют в обеих системах одинаковые посадки, т.е. отклонения $A-H$ $(a-h)$ образуют посадки с зазором, $JS-N$ $(js-n)$ – переходные и $P-ZC$ $(p-zc)$ – посадки с натягом.

1.2.4.3 Обозначения посадок

Обозначение посадки на сборочном чертеже оформляется в виде дроби. Перед дробью указывают номинальный размер сопряжения. В числителе дроби указывают класс допуска отверстия, в знаменателе – класс допуска вала, например:

$$Ø80\,\frac{K7}{k6},\ Ø80\,\frac{H7}{f6},\ Ø80\,\frac{F7}{h6}.$$

В текстовой части удобно обозначения посадок указывать в следующем виде: $Ø80\ K7/k6$, $Ø80\ H7/f6$, $Ø80\ F7/h6$.

Классы допусков отверстия и вала в посадке могут быть выполнены с одинаковой точностью ($H8/e8$, $F9/h9$) или с различной точностью. Как правило, более точно выполняется класс допуска вала. Посадки при точности размеров вала и отверстия с 4-го по 7-й квалитет рекомендуется образовывать путем сопряжения отверстия на квалитет грубее, чем вал ($H7/g6$, $H7/js6$, $N7/h6$).

1.2.4.4 Применение внесистемных и системных посадок

Внесистемные посадки, у которых ни одна из деталей не является основной, применяются крайне редко. Например, внесистемные посадки $F8/js7$, $D9/f7$, $F10/js7$, $F10/d9$, $D9/f8$, $D9/e8$, $F10/f8$ применяются в шлицевых прямобочных соединениях.

Системные посадки – в системе вала и в системе отверстия – находят применение, но в разной степени. Наиболее широко применяется система отверстия, поскольку вал является более технологичным элементом по сравнению с отверстием. Требуемый зазор или натяг проще обеспечить в соединении путем обработки наружных поверхностей валов, чем внутренних поверхностей отверстия.

Витебский государственный технологический университет

Система вала применяется в конструкции машин и механизмов, когда деталь может быть изготовлена из прутковых калиброванных заготовок, без обработки сопрягаемых поверхностей. Например, в системе вала образованы посадки по ширине призматических шпонок в пазы на валах и во втулках.

На участках валов одного номинального размера, но сопрягаемых по разным посадкам (рис. 1.9 а), сопряжение поршня двигателя с поршневым пальцем требует весьма высокой точности, отличается резко переменными нагрузками, разборке подвергается крайне редко. Для таких условий назначается посадка $N6/h5$ в системе вала. Сопряжение поршневого пальца с втулкой шатуна требует подвижного соединения высокой точности. Это условие соблюдается при назначении посадки $H6/h5$, в которой минимальный зазор равен нулю.

В этом случае применение системы вала оправдано конструктивными соображениями. Одна и та же деталь - поршневой палец, сопрягается по двум посадкам. При образовании посадок в системе вала поршневой палец представляет гладкий цилиндр (рис. 1.9 б). При назначении посадок в системе отверстия поршневой палец представлял бы собой ступенчатый стержень (рис. 1.9 в).

Система вала также применяется в случае использования стандартных деталей, например, в соединениях подшипников качения по наружному кольцу с отверстием в корпусе.

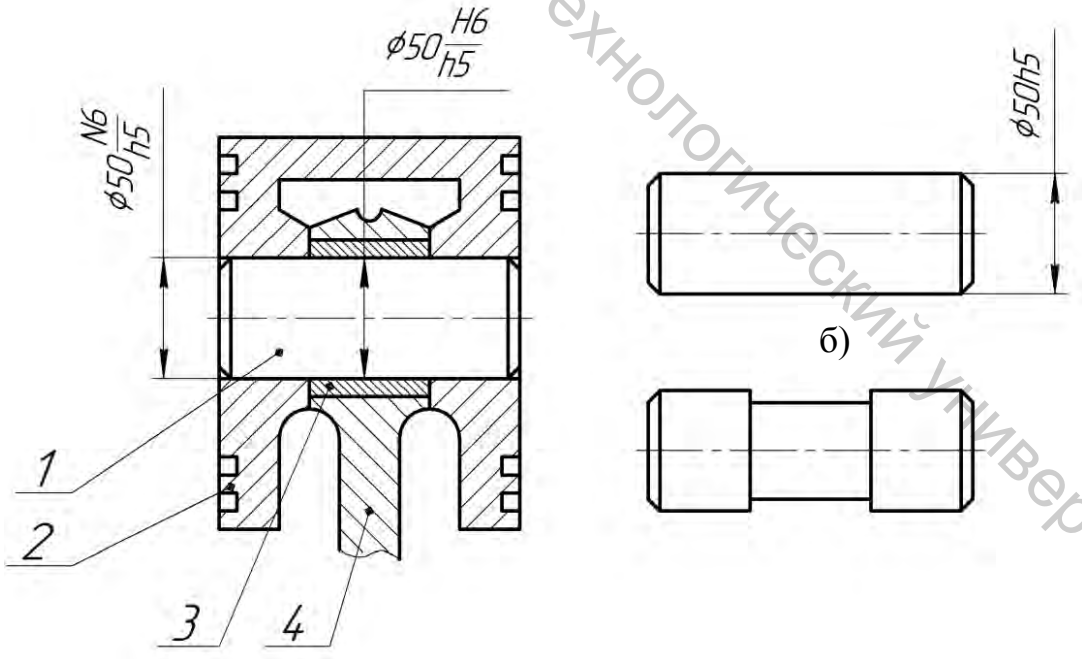


Рисунок 1.9 – Конструктивная схема применения системы вала: *а* – эскиз сборочной единицы; *б* – поршневой палец в системе вала; *в* – вид поршневого пальца при назначении посадок в системе отверстия; *1* – поршневой палец; *2* – поршень; *3* – втулка; *4* – шатун

Витебский государственный технологический университет

1.2.4.5 Назначение посадок и квалитетов

Существует три способа назначения посадок и квалитетов: способ аналогов, способ подобия и расчётный.

Способ аналогов – заключается в том, что конструктор отыскивает в однотипных машинах, находящихся в эксплуатации, узел аналогичный проектируемому и назначает посадку. Сложность способа заключается в оценке и сопоставлении условий работы проектируемого узла и аналога.

Способ подобия – основан на классификации деталей и узлов машин по конструктивному и эксплуатационному признакам. Посадки назначаются на основании рекомендаций отраслевых технических документов и литературных источников. Недостатком способа является отсутствие точных количественных оценок условий работы сопряжений.

Расчётный способ выполняется для посадок с зазором наиболее ответственных деталей вращения: подшипников скольжения двигателей, станков, турбин, компрессоров, а также для возвратно-поступательного движения поршней, пружинных пар и т.д. Расчеты основаны на использовании теории гидродинамической смазки и сводятся к расчёту минимального и максимального зазора.

При расчёте посадок с натягом определяют минимально необходимый натяг, обеспечивающий прочность соединения в условиях максимально возможного нагружения и максимально возможный натяг, определяемый прочностью деталей.

Расчёт переходных посадок сводится к определению средневероятного значения натяга или зазора и ожидаемого процента получения соединений с натягом или зазором при заданных условиях производства.

Для предпочтительного применения в ГОСТ 25346-2013 выделено небольшое количество посадок (табл. 1.2, 1.3). По экономическим соображениям, в первую очередь следует выбирать те из посадок, которые заключены в рамки.

Таблица 1.2 – Предпочтительные посадки в системе отверстия

Основное отверстие	Классы допусков валов для посадки																					
	с зазором							переходной				с натягом										
H6							*g5*	*h5*	*js5*	*k5*	*m5*		*n5*	*p5*								
H7						*f6*	*g6*	*h6*	*js6*	*k6*	*m6*	*n6*		*p6*	*r6*	*s6*	*t6*	*u6*	*x6*			
H8					*e7*	*f7*		*h7*	*js7*	*k7*	*m7*					*s7*		*u7*				
				d8	*e8*	*f8*		*h8*														
H9				*d8*	*e8*	*f8*		*h8*														
H10	*b9*	*c9*	*d9*	*e9*				*h9*														
H11	*b11*	*c11*	*d10*					*h10*														

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.3 – Предпочтительные посадки в системе вала

Основной вал	Классы допусков валов для посадки																		
	с зазором							переходной				с натягом							
h5						*G6*	*H6*	*JS6*	*K6*	*M6*		*N6*	*P6*						
h6					*F7*	*G7*	*H7*	*JS7*	*K7*	*M7*	*N7*		*P7*	*R7*	*S7*	*T7*	*U7*	*X7*
h7				*E8*	*F8*		*H8*												
h8			*D9*	*E9*	*F9*		*H9*												
h9				*E8*	*F8*		*H8*												
			D9	*E9*	*F9*		*H9*												
	B11	*C10*	*D10*				*H10*												

1.2.4.6 Примеры использования посадок

Посадки с зазором

Посадки $H7/g6$, $H7/g5$ имеют малый гарантированный зазор, что обеспечивает хорошее центрирование деталей и отсутствие ударов при перемене нагрузки. При хорошей смазке посадки применяют для сопряжения шейки коленчатого вала с шатуном в поршневом двигателе, вала ротора турбины и шпинделей станков, клапанов.

Посадки $H7/f7$, $H7/f6$ применяют для соединения деталей, которые работают в основном при умеренных и постоянных скоростях и при безударной нагрузке (например, вращающиеся в подшипниках валы и шпиндели).

Посадки $H8/e8$, $H8/e7$, $H7/e8$ имеют относительно большие зазоры и применяются для подвижных соединений при большой длине втулки и частоте вращения 1000 мин$^{-1}$ (например, цапф валов с втулками, подшипников в центробежных насосах, в приводах шлифовальных станков и турбогенераторах, валов холостых шкивов и свободно вращающихся колес).

Посадки $H8/d9$, $H9/d9$ характеризуются относительно большими зазорами и применяются для соединения деталей, работающих с большими скоростями, когда по условиям работы деталей допускается неточное центрирование (например, в сельскохозяйственных, дорожных и других машинах).

Посадка $H7/c8$ применяется для деталей, работающих при высокой температуре (например, в тепловых двигателях).

Витебский государственный технологический университет

Переходные посадки

Посадки H/js, JS/h образуют преимущественно зазор. Вероятность получения натяга 0,5… 5%.

Посадки H/k, K/h характеризуются увеличением количества сопряжений с натягом. Вероятность получения натяга составляет 24…68%. Посадки обеспечивают хорошее центрирование. Сборка и разборка проводится при незначительных усилиях, например, при помощи молотков.

Посадки H/n, N/h обеспечивают преимущественно в сопряжении натяг, вероятность которого составляет 88…100%. Сборка и разборка осуществляется при значительных усилиях с применением прессов.

Посадки с натягом

Посадки $H7/p6$, $P7/h6$ характеризуются минимальным гарантированным натягом. Применяются в тех случаях, когда крутящие моменты или осевые силы малы; для соединения тонкостенных деталей.

Посадки $H7/r6$, $H7/s6$ характеризуются умеренными гарантированными натягами, обеспечивающими передачу нагрузок средней величины. Сборка соединений возможна под прессом в холодном состоянии, а также способом термических деформаций.

1.2.4.7 Области ориентировочного применения квалитетов

Квалитеты 4-й и 5-й применяются сравнительно редко. В особо точных соединениях, требующих высокой однородности зазора или натяга (приборные подшипники в корпусах и на валах, высокоточные зубчатые колеса на валах и оправках в измерительных приборах).

Квалитеты 6-й и 7-й применяются для ответственных соединений в механизмах, где к посадкам предъявляются высокие требования в отношении определенности зазоров и натягов для обеспечения точности перемещений, плавности хода, герметичности соединения, механической прочности сопрягаемых деталей, а также для обеспечения точной сборки деталей (подшипники качения нормальной точности в корпусах и на валах, зубчатые колеса высокой и средней точности на валах, подшипники скольжения и т.п.).

Квалитеты 8-й и 9-й применяются для посадок при относительно меньших требованиях к однородности зазоров или натягов и для посадок, обеспечивающих среднюю точность сборки посадки с зазором, для компенсации погрешностей формы и расположения сопрягаемых деталей, опоры скольжения средней точности, посадки с большими натягами).

Квалитет 10-й применяют в посадках с зазором и в тех случаях, что и 9-й, если условия эксплуатации допускают некоторое увеличение колебаний зазоров в соединениях.

Витебский государственный технологический университет

Квалитеты 11-й и 12-й применяются в соединениях, где необходимы большие зазоры и допустимы их значительные колебания (грубая сборка). Эти квалитеты распространены в неответственных соединениях машин (крышки, фланцы, дистанционные кольца и т.п.).

1.2.5 Классы допусков и посадки соединений деталей из пластмасс

Пластмассы используются для получения изделий исключительно широкого диапазона от чрезвычайно малых по массе до крупногабаритных конструкций: емкости, корпуса, водопроводные колодцы и т.д.

В машиностроении и приборостроении осваивается изготовление деталей точностью до IT3 без последующей механической обработки. В мировой практике освоено производство высокоточных деталей для часовых механизмов, дисков памяти, линз, оптических волокон, миниатюрных шариков, роликовых подшипников.

Наиболее распространены детали с размерами до 500 мм; расширяется применение деталей свыше 500 мм.

Допуски и посадки деталей из пластмасс регламентируются стандартом ГОСТ 25349-88 «*Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков деталей из пластмасс*».

Допуски и предельные отклонения относятся к размерам деталей при температуре 20°С и относительной влажности окружающего воздуха 50%.

Основные отклонения, классы допусков деталей из пластмасс приведены в табл. 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4 – Классы допусков валов для номинальных размеров до 500 мм

IT	Основные отклонения															
	a	b	c	d	e	f	h	js	k	u	x	y	z	za	zb	zc
8	-	-	$c8$	$d8$	$e8$	$f8$	$h8$	$js8^*$	$k8$	$u8$	$x8$	-	$z8$	-	-	-
9	-	-	-	$d9$	$e9$	$f9$	$h9$	$js9^*$	$k9$	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	$d10$	-	-	$h10$	$js10^*$	$k10$	-	$x10$	$y10$	$z10$	$za10$	$zb10$	$zc10$
11	$a11$	$b11$	$c11$	$d11$	-	-	$h11$	$js11^*$	$k11$	-	-	-	-	-	-	$zc11$
12	-	$b12$	-	-	-	-	$h12$	$js12^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	$h13$	$js13^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	$h14^*$	$js14^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	$h15^*$	$js15^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	$h16^*$	$js16^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
17	--	-	-	-	-	-	$h17^*$	$js17^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	$h18^*$	$js18^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
* Классы допусков, не рекомендуемые для посадок.																

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.5 – Классы допусков отверстий для номинальных размеров до 500 мм

IT	Основные отклонения															
	A	B	C	D	E	F	H	JS	N	U	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC
8	-	-	-	$D8$	$E8$	$F8$	$H8$	$JS8^*$	$N8$	$U8$	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	$D9$	$E9$	$F9$	$H9$	$JS9^*$	$N9$	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	$D10$	-	-	$H10$	$JS10^*$	$N10$	-	$X10$	$Y10$	$Z10$	$ZA10$	$ZB10$	$ZC10$
11	$A11$	$B11$	$C11$	$D11$	-	-	$H11$	$JS11^*$	$N11$	-	-	-	-	-	-	$ZC11$
12	-	$B12$	-	-	-	-	$H12$	$JS12^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	$H13$	$JS13^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	$H14^*$	$JS14^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	$H15^*$	$JS15^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	$H16^*$	$JS16^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	$H17^*$	$JS17^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	$H18^*$	$JS18^*$	-	-	-	-	-	-	-	-
* Классы допусков, не рекомендуемые для посадок.																

Посадки в соединениях пластмассовых деталей с пластмассовыми или металлическими рекомендуется назначать в соответствии с табл. 1.6 (в системе отверстия) и табл. 1.7 (в системе вала).

Таблица 1.6 – Рекомендуемые посадки в системе отверстия для номинальных размеров до 500 мм

Основное отверстие	Основные отклонения валов																	
	ay	az	a	b	c	d	e	f	h	k	u	x	y	z	za	zb	zc	ze
$H8$	-	-	-	-	$\frac{H8}{c8}$	$\frac{H8}{d8}$	$\frac{H8}{e8}$	$\frac{H8}{f8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{H8}{k8}$	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	-	$\frac{H8}{z8}$	-	-	-	-
$H9$	-	-	-	-	-	$\frac{H9}{d9}$	$\frac{H9}{e9}$	$\frac{H9}{f9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{H9}{k9}$		$\frac{H9}{x10}$	$\frac{H9}{y10}$	$\frac{H9}{z10}$	$\frac{H9}{za10}$	$\frac{H9}{zb10}$	-	-
$H10$	-	-	-	-	-	$\frac{H10}{d10}$	-	-	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{H10}{k10}$	-	-	$\frac{H10}{y10}$	$\frac{H10}{z10}$	$\frac{H10}{za10}$	$\frac{H10}{zb10}$	$\frac{H10}{zc10}$ $\frac{H10}{zc11}$	$\frac{H10}{ze11}$
$H11$	$\frac{H11}{ay11}$	$\frac{H11}{az11}$	$\frac{H11}{a11}$	$\frac{H11}{b11}$	$\frac{H11}{c11}$	$\frac{H11}{d11}$	-	-	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{H11}{k11}$	-	-	-	-	-	-	$\frac{H11}{zc11}$	$\frac{H11}{ze11}$
$H12$	-	-	-	$\frac{H12}{b12}$	-	-	-	-	$\frac{H12}{h12}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$H13$	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{H13}{h13}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Для металлических деталей в соединении с деталями из пластмасс рекомендуется назначать следующие классы допусков:

– классы допусков валов: $h7,\ h8,\ h9,\ h10,\ h11,\ h12$;

– классы допусков отверстий: $H7,\ H8,\ H9,\ H10,\ H11,\ H12$.

Контроль деталей из пластмасс должен производиться после выдержки, необходимой для релаксации внутренних напряжений материала и стабилизации размеров. Время выдержки деталей после изготовления до контроля, если оно не оговорено особо, должно быть не менее 16 ч.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.7 – Рекомендуемые посадки в системе вала для номинальных размеров до 500 мм

Основной вал	Основные отклонения отверстия																
	AY	AZ	A	B	C	D	E	F	H	N	U	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	ZE
$h8$	-	-	-	-	-	$\frac{D8}{h8}$	$\frac{E8}{h8}$	$\frac{F8}{h8}$	$\frac{H8}{h8}$	$\frac{N8}{h8}$	$\frac{U8}{h8}$	$\frac{X8}{h8}$	-	-	-	-	-	-
$h9$	-	-	-	-	-	$\frac{D9}{h9}$	$\frac{E9}{h9}$	$\frac{F9}{h9}$	$\frac{H9}{h9}$	$\frac{N9}{h9}$	-	$\frac{X10}{h9}$	$\frac{Y10}{h9}$	$\frac{Z10}{h9}$	$\frac{ZA10}{h9}$	$\frac{ZB10}{h9}$	-	-
$h10$	-	-	-	-	-	$\frac{D10}{h10}$	-	-	$\frac{H10}{h10}$	$\frac{N10}{h10}$	-	-	$\frac{Y10}{h10}$	$\frac{Z10}{h10}$	$\frac{ZA10}{h10}$	$\frac{ZB10}{h10}$	$\frac{ZC10}{h10}$ $\frac{ZC11}{h10}$	$\frac{ZE11}{h10}$
$h11$	$\frac{AY11}{h11}$	$\frac{AZ11}{h11}$	$\frac{A11}{h11}$	$\frac{B11}{h11}$	$\frac{C11}{h11}$	$\frac{D11}{h11}$	-	-	$\frac{H11}{h11}$	$\frac{N11}{h11}$	-	-	-	-	-	-	$\frac{ZC11}{h11}$	$\frac{ZE11}{h11}$
$h12$	-	-	-	$\frac{B12}{h12}$	-	-	-	-	$\frac{H12}{h12}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$h13$	-	-	-	-	-	-	-	-	$\frac{H13}{h13}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1.3 Допуски формы и расположения поверхностей

1.3.1 Общие сведения, термины и определения

Точность геометрических параметров характеризуется не только точностью размеров, но и точностью формы и взаимного расположения поверхностей. Отклонения формы и расположения возникают в процессе обработки деталей в результате деформации станка, инструмента, приспособления, детали, неоднородности материала заготовки и температуры обработки. В подвижных соединениях эти отклонения приводят к уменьшению износостойкости деталей вследствие повышения давлений на выступах неровностей, к нарушению плавности работы и шумообразованию. В неподвижных соединениях погрешности формы и расположения вызывают неравномерность натягов, вследствие чего снижаются прочность соединения, герметичность и точность центрирования.

Погрешности формы и расположения влияют на точность базирования при изготовлении детали, повышают объем пригоночных работ, увеличивают трудоемкость изготовления.

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

Нормируемый участок – участок поверхности или линии, к которому относятся допуск формы, допуск расположения, суммарный допуск формы и расположения или соответствующие отклонения.

Витебский государственный технологический университет

Для количественной оценки отклонений формы используются понятия о *прилегающих элементах*.

Прилегающая поверхность – это 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.

Прилегающая прямая – это прямая, соприкасающаяся с реальным профилем и расположенная вне материала детали так, чтобы отклонение от неё наиболее удаленной точки реального профиля в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 1.10).

Профиль – линия пересечения поверхности с плоскостью или заданной поверхностью.

Прилегающий профиль продольного сечения – две параллельные прямые, соприкасающиеся с реальным профилем осевого (продольного) сечения цилиндрической поверхности и расположенные вне материала детали так, чтобы наибольшее отклонение точек реального профиля от соответствующей стороны прилегающего профиля продольного сечения в пределах нормируемого участка имело минимальное значение (рис. 1.11).

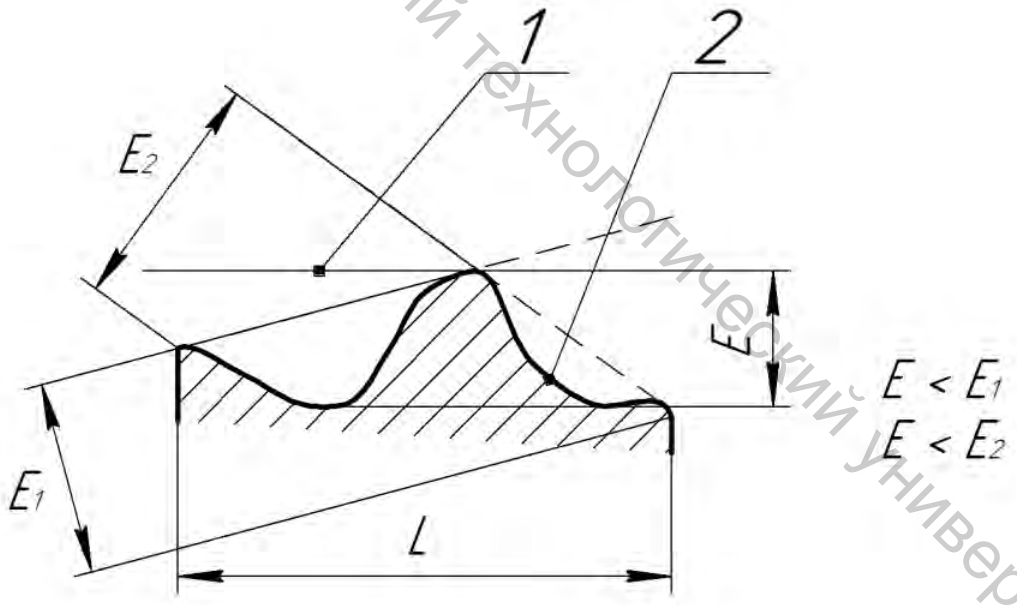


Рисунок 1.10 – Схема для определения положения прилегающей прямой: *1* – прилегающая прямая; *2* – реальный профиль

Витебский государственный технологический университет

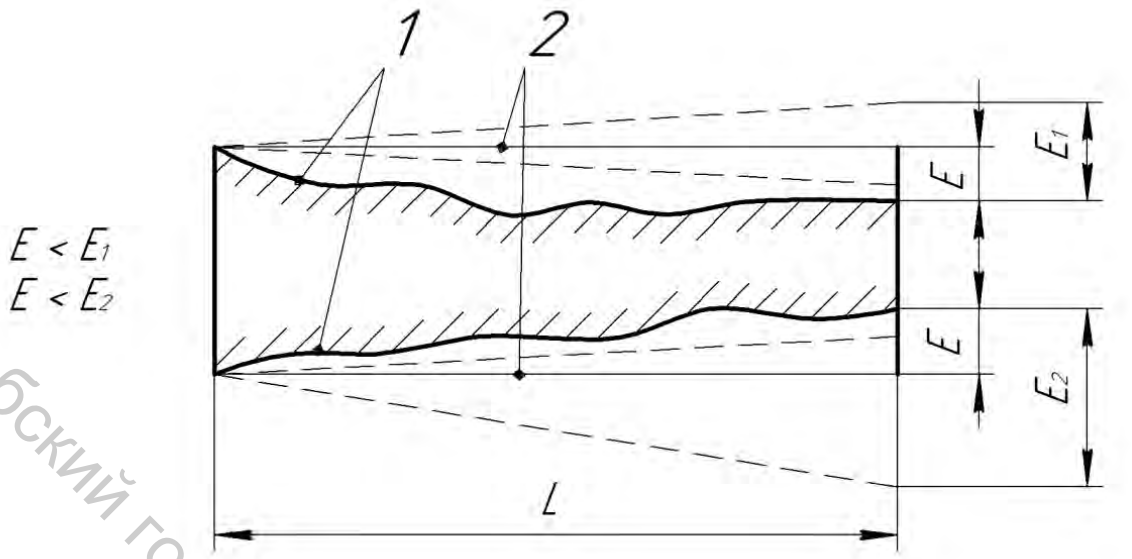
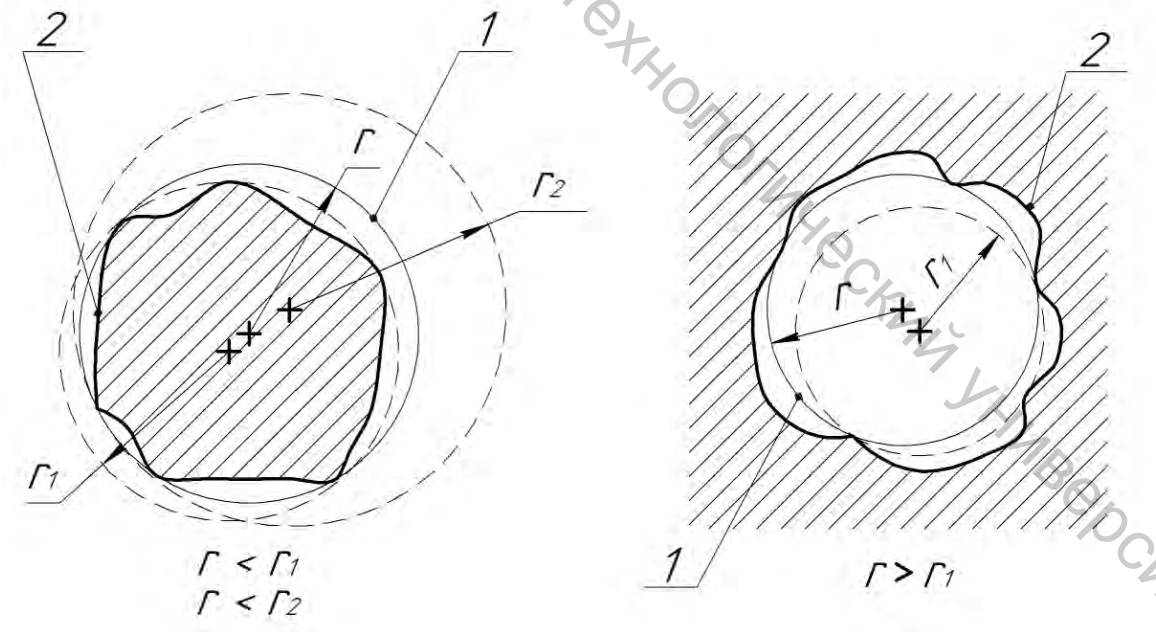


Рисунок 1.11 – Схема определения положения прилегающего профиля продольного сечения: *1* – реальный профиль; *2* – прилегающий профиль продольного сечения

Прилегающая окружность – это окружность минимального диаметра, описанная вокруг реального профиля наружной поверхности вращения (рис. 1.12 а), или окружность максимального диаметра, вписанная в реальный профиль внутренней поверхности вращения (рис. 1.12 б).



а) *б*)

Рисунок 1.12 – Схемы для определения прилегающих окружностей: *а* – описанной; *б* – вписанной; 1 – прилегающая окружность; 2 – реальный профиль

Витебский государственный технологический университет

1.3.2 Отклонения и допуски формы

Отклонение формы реального элемента от номинальной формы оценивается наибольшим расстоянием от точек реального элемента по нормали к прилегающему элементу.

Допуск формы – наибольшее допускаемое значение отклонения формы.

Поле допуска формы – это область в пространстве или на плоскости, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности или реального профиля в пределах нормируемого участка.

Допуски формы и расположения указываются на чертежах в виде условных обозначений, которые помещают в прямоугольную рамку, разделенную на два или три поля. В первом поле помещают условный знак допуска, во втором – значение предельного отклонения в миллиметрах, в третьем (при необходимости) – буквенное обозначение базы или другого элемента, с которым связан допуск.

Отклонение от прямолинейности в плоскости – это наибольшее расстояние EFL[1] от точек реального профиля до прилегающей прямой в пределах нормируемого участка (рис. 1.13).

Отклонение от прямолинейности оси в пространстве – наименьшее значение EFL диаметра цилиндра, внутри которого располагается реальная ось поверхности вращения в пределах нормируемого участка (рис. 1.14 а).

Поле допуска прямолинейности оси в пространстве – область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску прямолинейности TFL (рис. 1.14 б).

Отклонение от плоскостности – наибольшее расстояние EFE от точек реальной поверхности до прилегающей плоскости в пределах нормируемого участка (рис. 1.15 а).

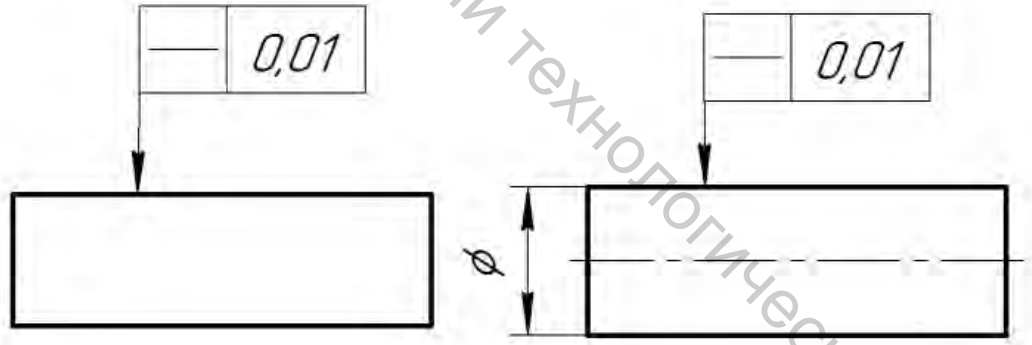
Поле допуска плоскостности – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстающими друг от друга на расстояние, равное допуску плоскостности TFE (рис. 1.15 б).

Витебский государственный технологический университет

[1] В тексте определений и на поясняющих рисунках приводятся обозначения отклонений и допусков (EFL, TFL и т.п.) в соответствии с ГОСТ 24642-81. Эти обозначения не указывают в чертежах.



а)



б) в)

Рисунок 1.13 – Отклонение от прямолинейности:
а – схема для определения; *б* – пример обозначения на чертеже для плоской поверхности; *в* – пример обозначения для цилиндрической поверхности

Витебский государственный технологический университет

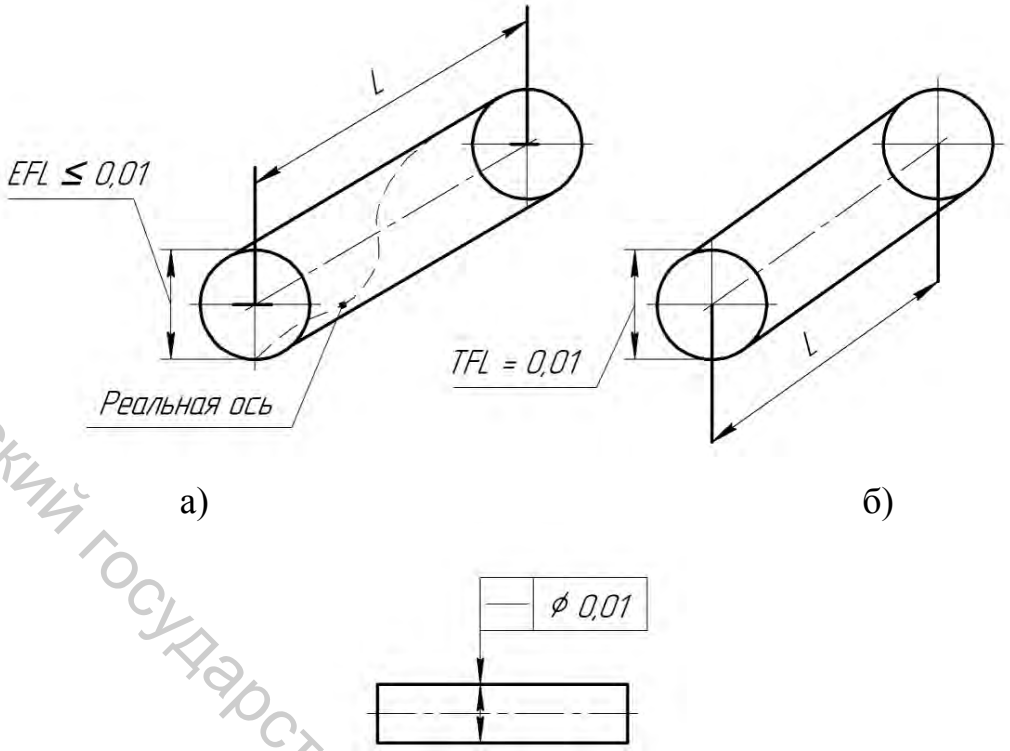


Рисунок 1.14 – Отклонение от прямолинейности оси в пространстве:
а – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – обозначение на чертеже

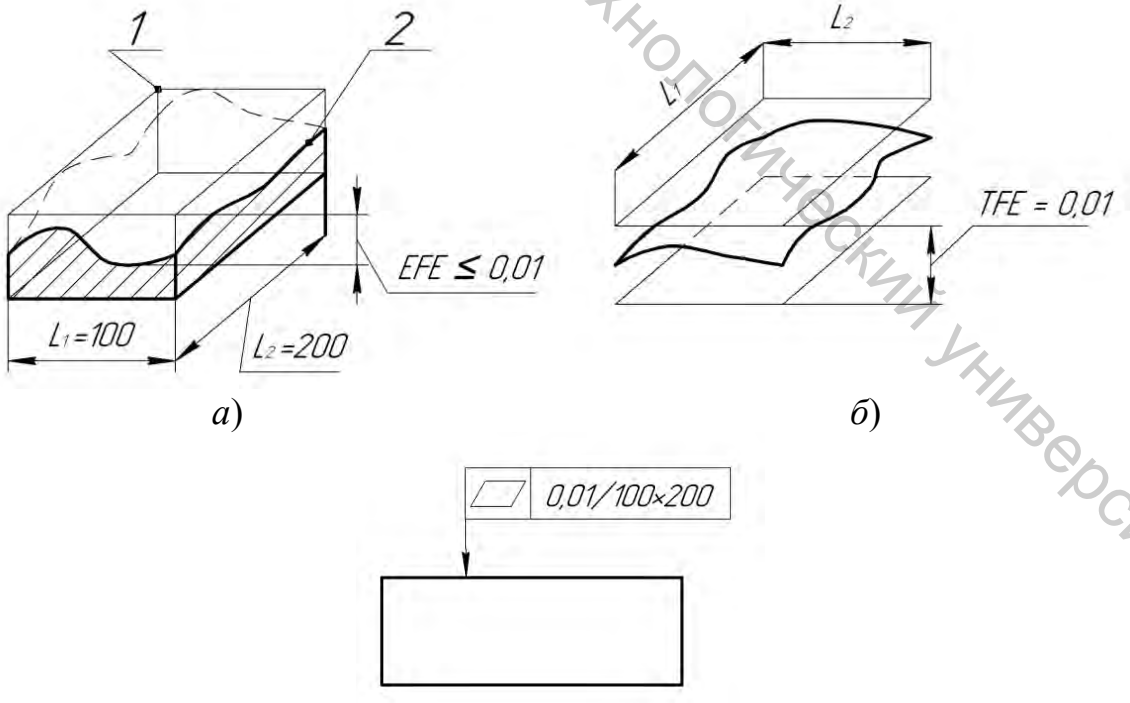


Рисунок 1.15 – Отклонение от плоскостности:
а – схема определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения не чертеже; 1 – прилегающая плоскость; 2 – реальная поверхность

Витебский государственный технологический университет

К частным видам отклонений от прямолинейности и плоскостности относят выпуклость и вогнутость.

Выпуклость – отклонение от прямолинейности (плоскостности), при котором удаление точек реального профиля (реальной поверхности) от прилегающей прямой (плоскости) уменьшается от краев к середине (рис. 1.16 а, б, д, е).

Вогнутость – отклонение от прямолинейности (плоскостности), при котором удаление точек реального профиля (реальной поверхности) от прилегающей прямой (плоскости) увеличивается от краев к середине (рис. 1.16 в, г, ж, з).

Отклонение от круглости – наибольшее расстояние EFK от точек реального профиля до прилегающей окружности (рис. 1.17 а, б).

Поле допуска круглости – область на поверхности, ограниченная двумя концентрическими окружностями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску круглости TFK (рис. 1.17 в).

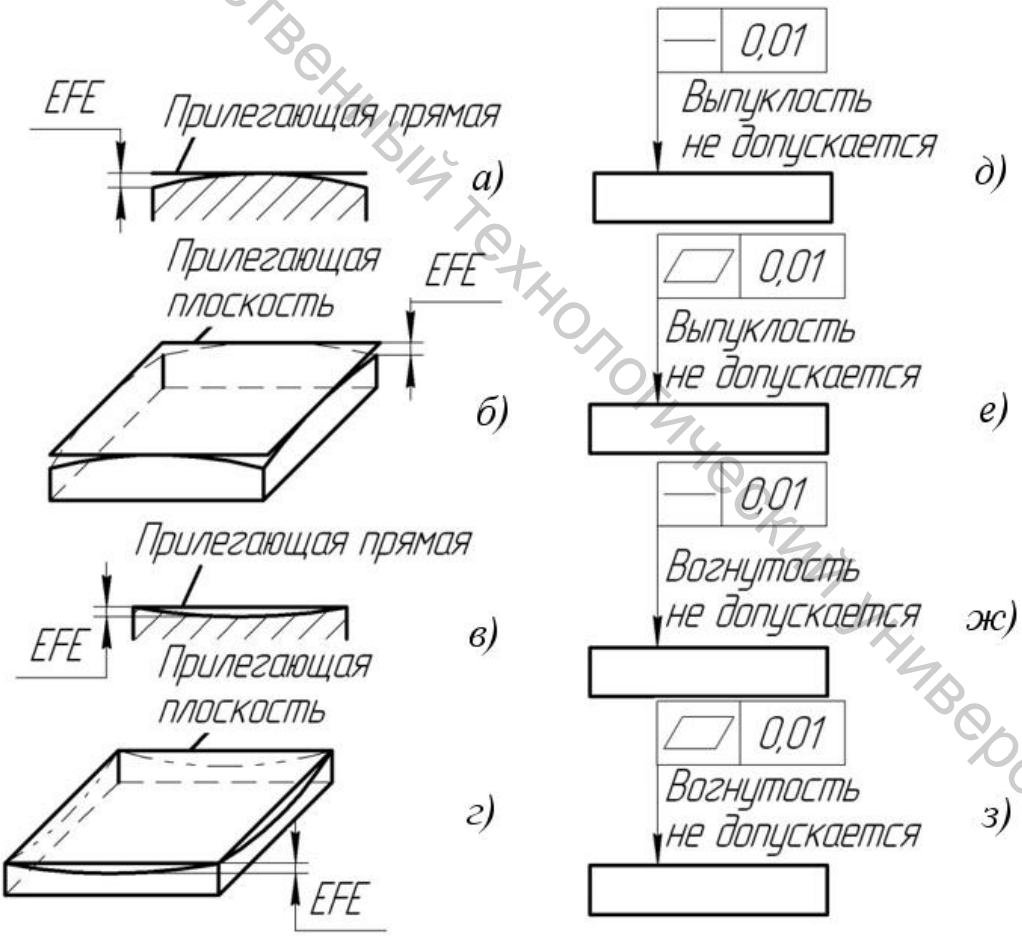


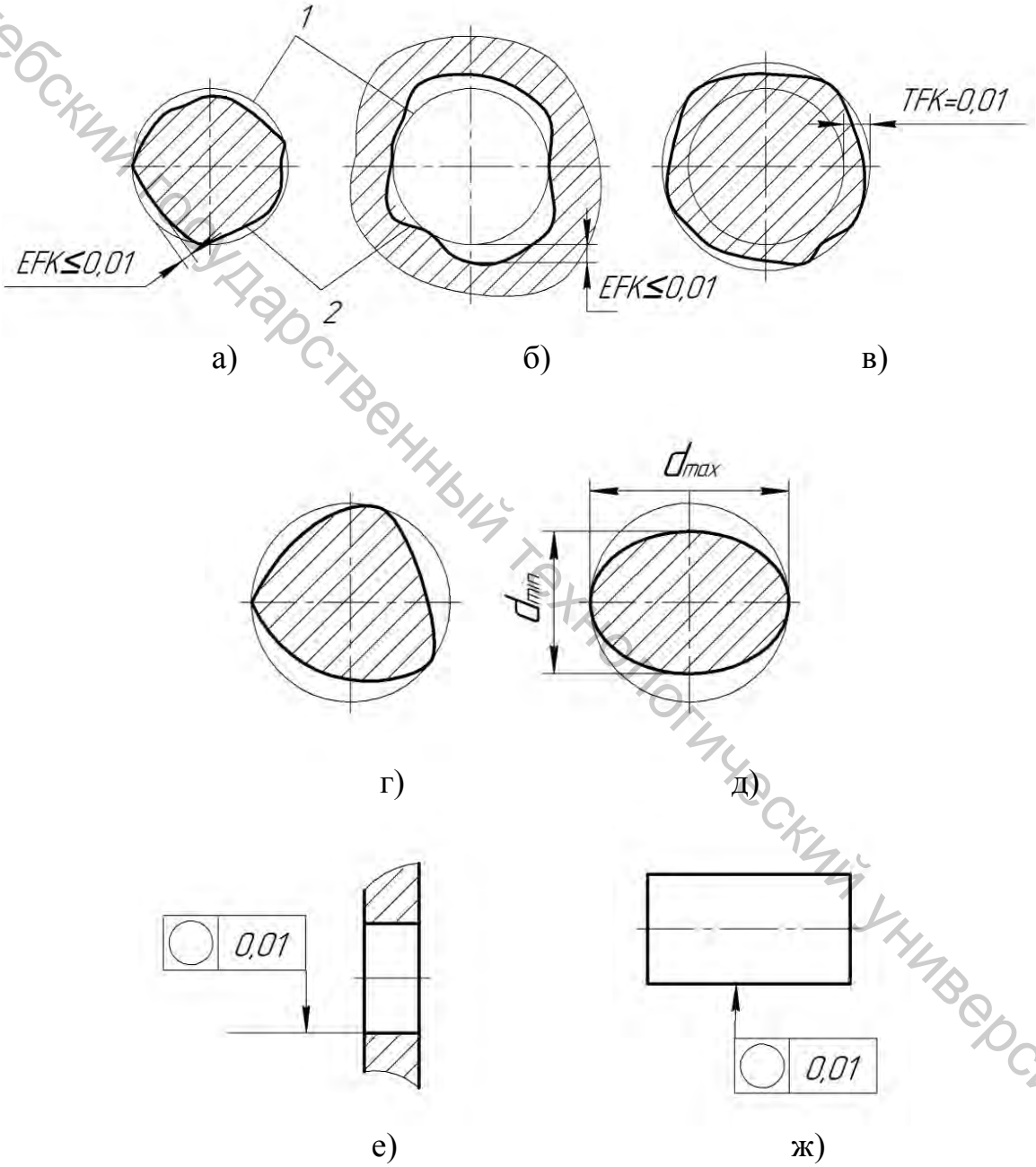
Рисунок 1.16 – Схемы для определения: *а, б* – выпуклости; *в, г* – вогнутости; *д-з* – обозначение на чертежах

Витебский государственный технологический университет

К частным случаям отклонений от круглости относят огранку и овальность.

Огранка – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру (рис. 1.17 г).

Овальность – отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимоперпендикулярных направлениях (рис. 1.17 д).



а) б) в)

г) д)

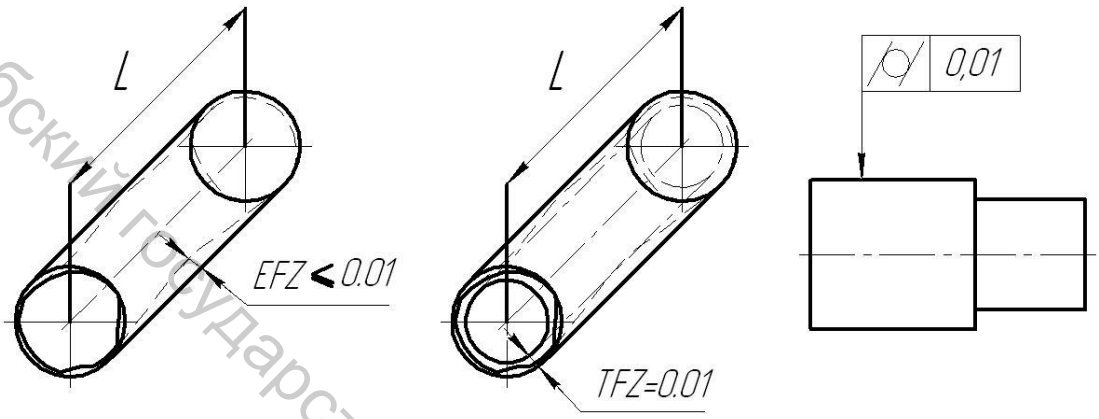
е) ж)

Рисунок 1.17 – Отклонение от круглости:
а – цилиндрической наружной поверхности; *б* – цилиндрической внутренней поверхности; *в* – поле допуска круглости; *г, д* – частные случаи; *е, ж* – примеры обозначения допусков на чертежах;
1 – прилегающая окружность; *2* – реальный профиль

Витебский государственный технологический университет

Отклонение от цилиндричности – наибольшее расстояние EFZ от точек реальной поверхности до прилегающего цилиндра в пределах нормируемого участка (рис. 1.18 а).

Поле допуска цилиндричности – область в пространстве, ограниченная двумя соосными цилиндрами, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску цилиндричности TFZ (рис. 1.18 б).



а) б) в)

Рисунок 1.18 – Отклонение от цилиндричности:
а – схема для определения; *б* – поле допуска цилиндричности;
в – пример обозначения допуска на чертеже;
1 – прилегающий цилиндр; 2 – реальная поверхность

Отклонение профиля продольного сечения – наибольшее расстояние EFP от точек реальной поверхности, лежащих в плоскости, проходящей через ее ось, до соответствующей стороны прилегающего профиля в пределах нормируемого участка (рис. 1.19 а).

Поле допуска профиля продольного сечения – области на плоскости, проходящей через ось цилиндрической поверхности, ограниченные двумя парами параллельных прямых, имеющих общую ось симметрии и отстоящих друг от друга на расстояние, равное допуску профиля продольного сечения TFP (рис. 1.19 б).

К частным случаям отклонений профиля продольного сечения относят конусообразность, бочкообразность и седлообразность.

Конусообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие прямолинейны, но не параллельны (рис. 1.19 в).

Бочкообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры увеличиваются от краев к середине сечения (рис. 1.19 г).

Седлообразность – отклонение профиля продольного сечения, при котором образующие не прямолинейны и диаметры уменьшаются от

Витебский государственный технологический университет

краёв к середине сечения (рис. 1.19 д).

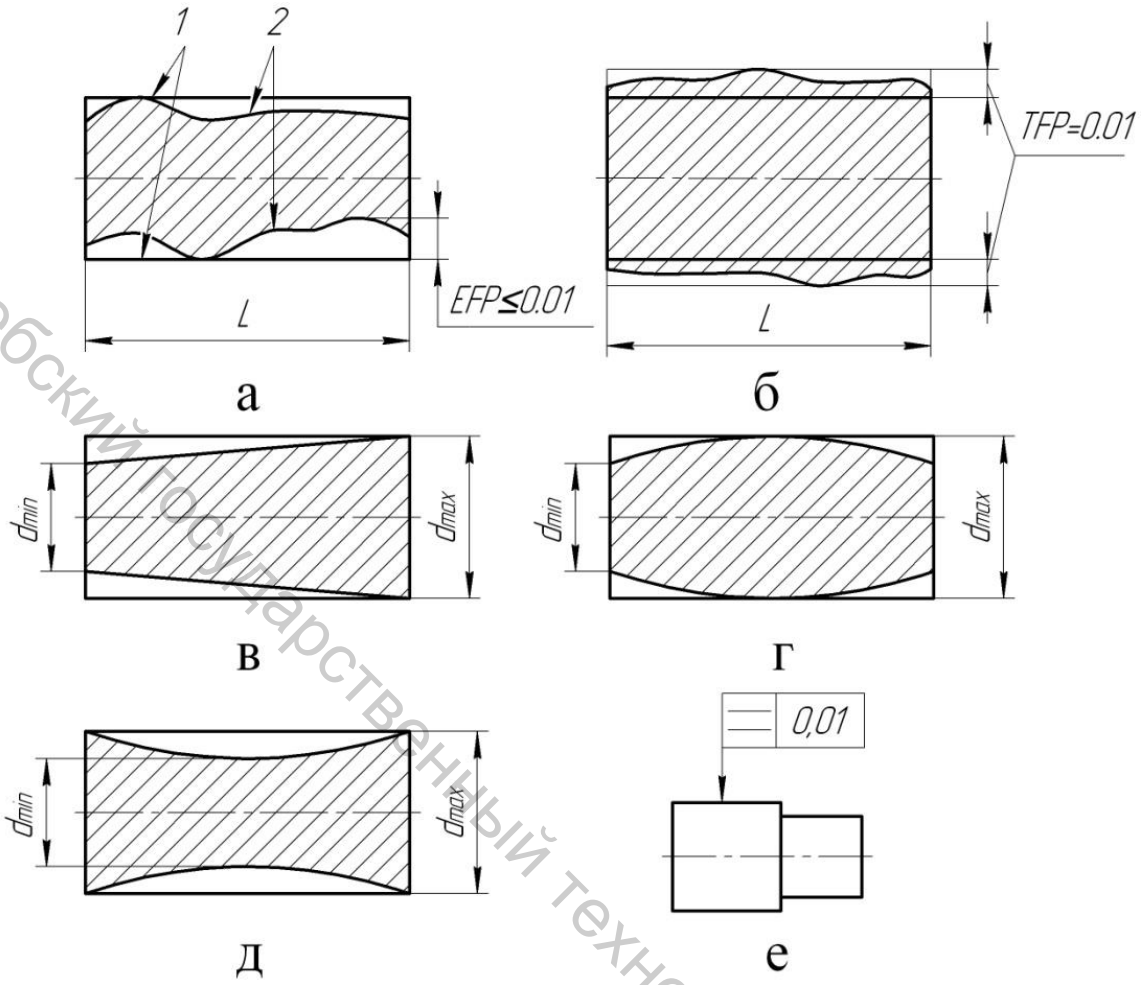


Рисунок 1.19 – Отклонение профиля продольного сечения:
а – схема для определения; *б* – поле допуска; *в, г, д* – частные случаи;
е – пример обозначения допуска на чертеже

1.3.3 Отклонения и допуски расположения поверхностей

Отклонение расположения – это отклонение реального расположения рассматриваемого элемента от его номинального расположения. Под номинальным понимается расположение, определяемое номинальными линейными и угловыми размерами.

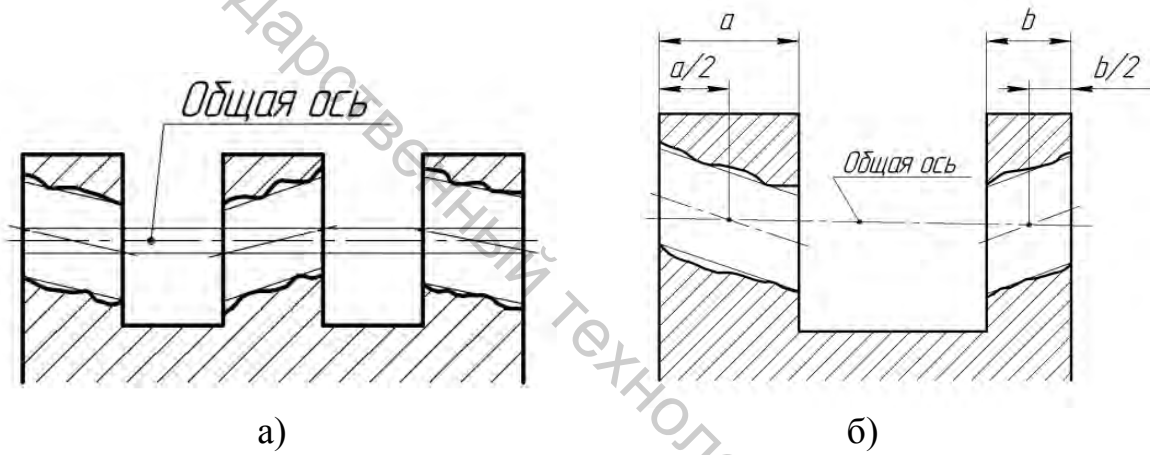
Когда оценивается отклонение расположения элемента, отклонения формы этого элемента и отклонения формы базовых элементов исключаются из рассмотрения. Это достигается за счет того, что реальные поверхности и профили заменяются прилегающими, а за оси, плоскости симметрии и центры реальных элементов принимаются соответственно оси, плоскости симметрии и центры прилегающих элементов.

Витебский государственный технологический университет

Поле допуска расположения – область в пространстве или на заданной плоскости, внутри которой должен находиться прилегающий элемент или ось, центр, плоскость симметрии в пределах нормируемого участка.

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

Общая ось – прямая, относительно которой наибольшее отклонение осей нескольких рассматриваемых поверхностей вращения в пределах длины этих поверхностей имеет минимальное значение (рис. 1.20 а). За общую ось двух поверхностей допускается принимать прямую, проходящую через оси рассматриваемых поверхностей вращения в их средних сечениях (рис. 1.20 б).



а) б)

Рисунок 1.20 – Общая ось:
а – схема для определения; *б* – общая ось двух поверхностей

Общая плоскость симметрии – плоскость, относительно которой наибольшее отклонение плоскостей симметрии нескольких рассматриваемых элементов в пределах длины этих элементов имеет минимальное значение (рис. 1.21).

Отклонение от параллельности плоскостей – разность EPA наибольшего и наименьшего расстояний между плоскостями в пределах нормируемого участка (рис. 1.22 а).

Поле допуска отклонения от параллельности плоскостей – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску параллельности TPA, и параллельными базовой плоскости (рис. 1.22 б).

Витебский государственный технологический университет

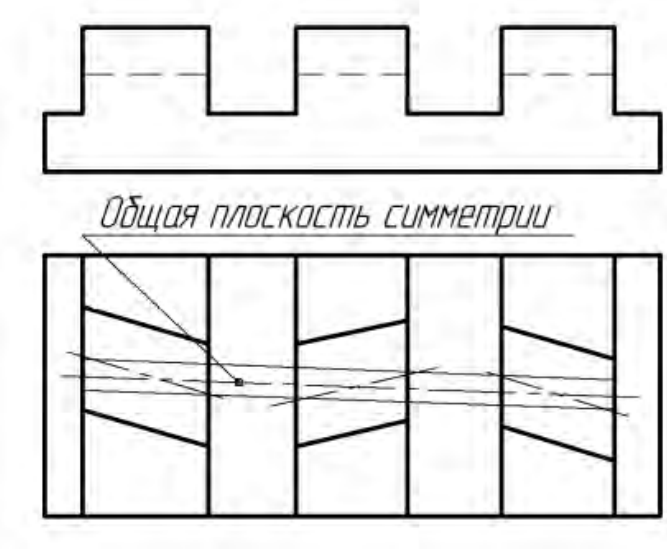


Рисунок 1.21 – Общая плоскость симметрии

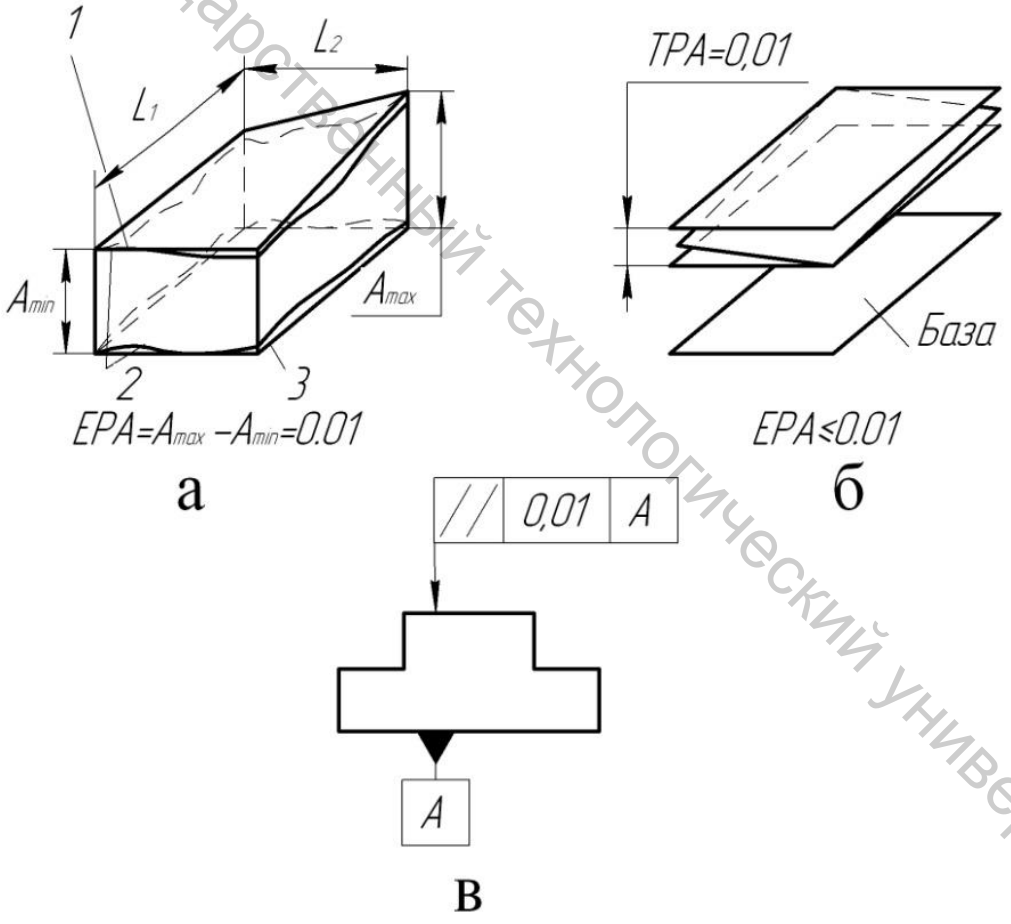


Рисунок 1.22 – Отклонение от параллельности плоскостей:
а – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения допуска на чертеже; *1* – прилегающие плоскости; *2* – реальные поверхности; *3* – база

Витебский государственный технологический университет

Отклонение от параллельности оси и плоскости – разность EPA наибольшего A_{max} и наименьшего A_{min} расстояний между осью и плоскостью на длине нормируемого участка L (рис. 1.23 а).

Общая плоскость – плоскость, проходящая через базовую ось и точку другой оси.

Отклонение от параллельности осей в общей плоскости – отклонение от параллельности EPA_x проекций осей на их общую плоскость (рис. 1.24 а).

Перекос осей – отклонение от параллельности EPA_y проекций осей на плоскость, перпендикулярную к общей плоскости и проходящую через базовую ось (рис. 1.24 б).

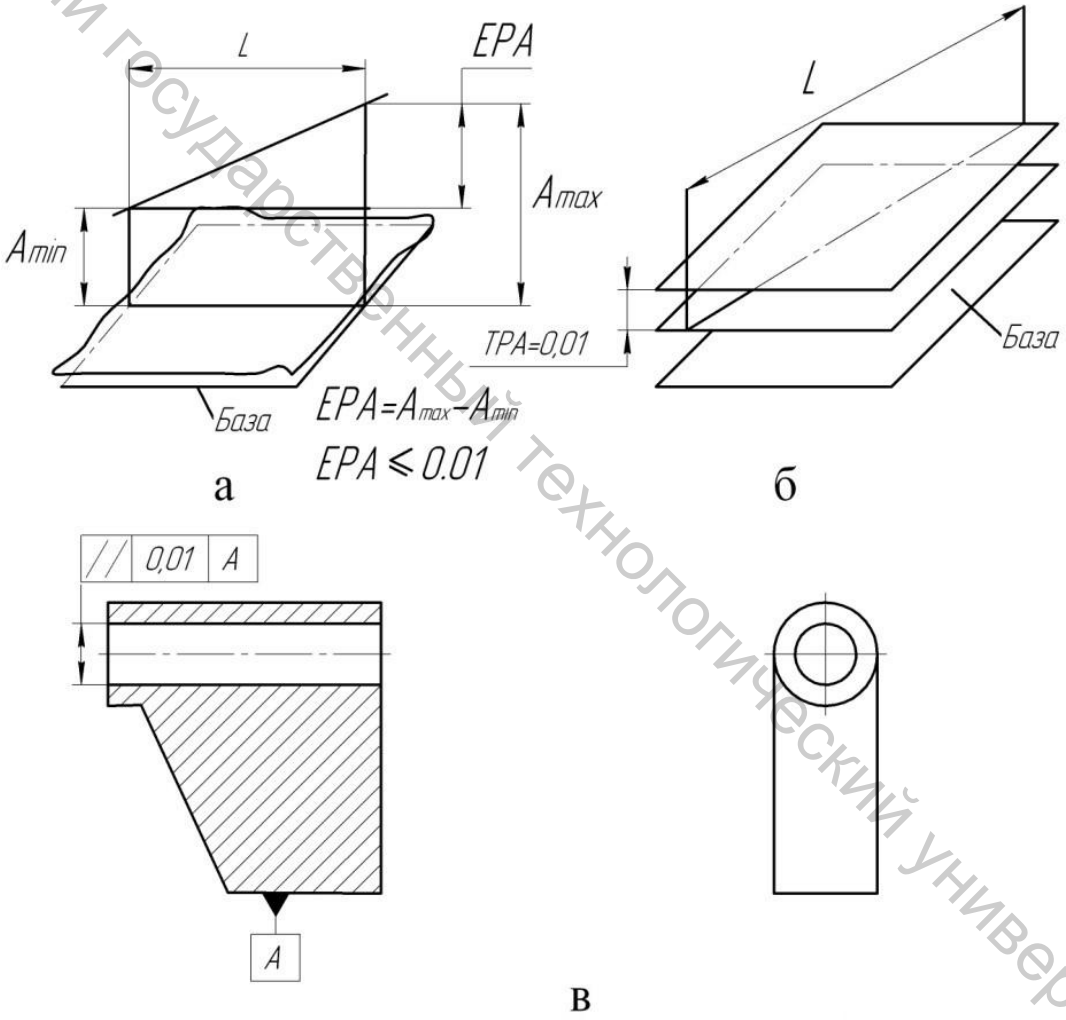
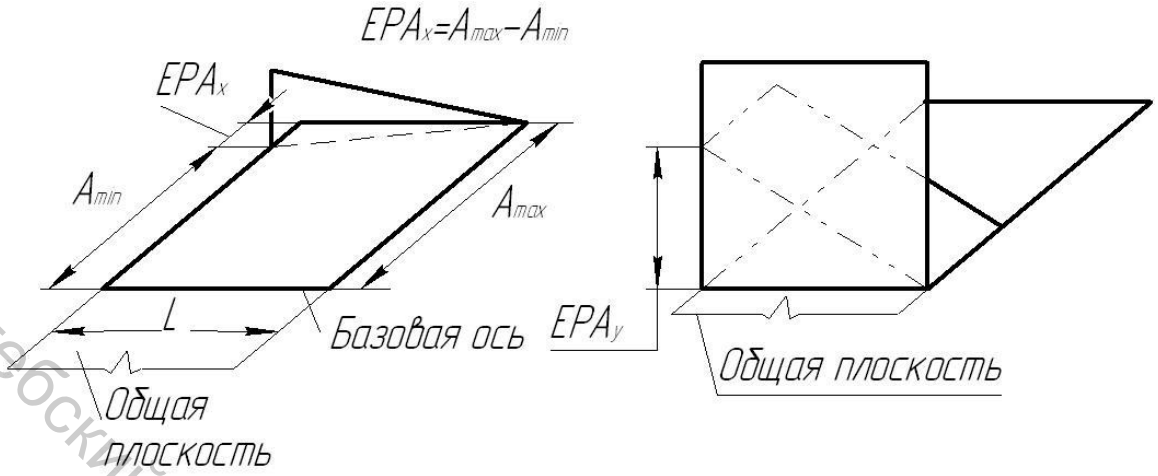


Рисунок 1.23 – Отклонение от параллельности оси относительно плоскости: *а* – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения допуска на чертеже

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 1.24 – Схемы для определения:
а – отклонения от параллельности осей; *б* – перекоса осей

Отклонение от параллельности осей в пространстве – это геометрическая сумма EPA отклонений от параллельности проекций осей EPA_x, EPA_y в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, одна из которых является общей плоскостью (рис. 1.25 а).

Поле допуска параллельности осей в пространстве – область в пространстве, ограниченная прямоугольным параллелепипедом, стороны которого равны допуску параллельности осей в общей плоскости TPA_x и допуску перекоса осей TPA_y (рис. 1.25 б).

Отклонение наклона плоскости относительно плоскости или оси – отклонение угла между плоскостью (прилегающей) и базой (базовой плоскостью или базовой осью) от номинального угла α, выраженное в линейных единицах EPN на длине нормируемого участка L (рис. 1.26 а).

Поле допуска наклона плоскости относительно плоскости или оси – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску наклона TPN, и расположенными под номинальным углом к базовой плоскости или базовой оси (рис. 1.26 б).

Витебский государственный технологический университет

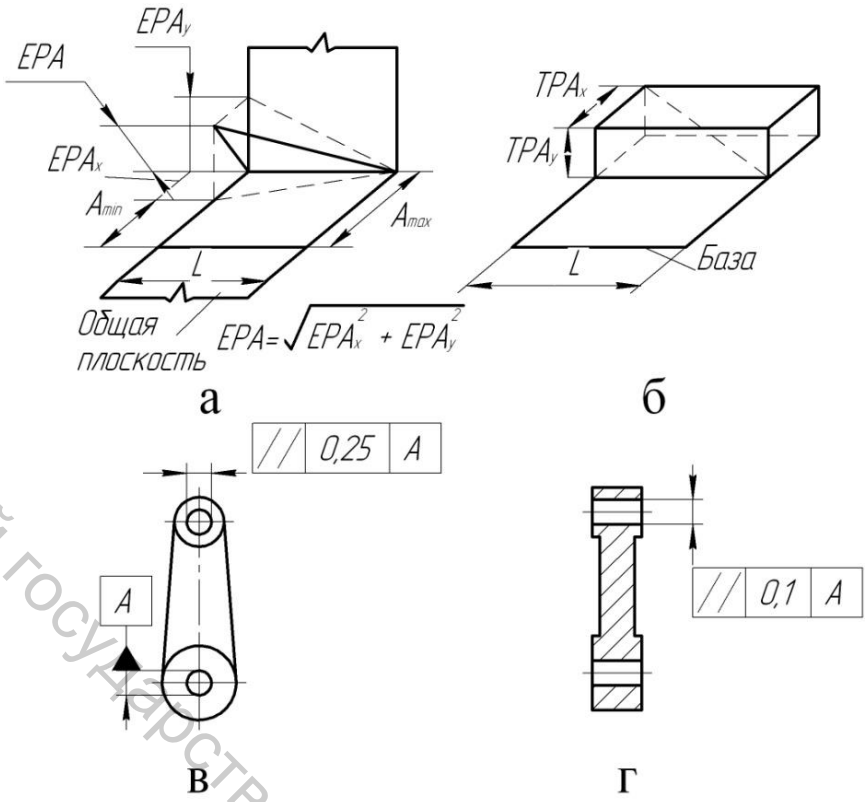


Рисунок 1.25 – Отклонение от параллельности осей в пространстве: *а* – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения допуска перекоса осей на чертеже; *г* – пример обозначения допуска параллельности осей на чертеже

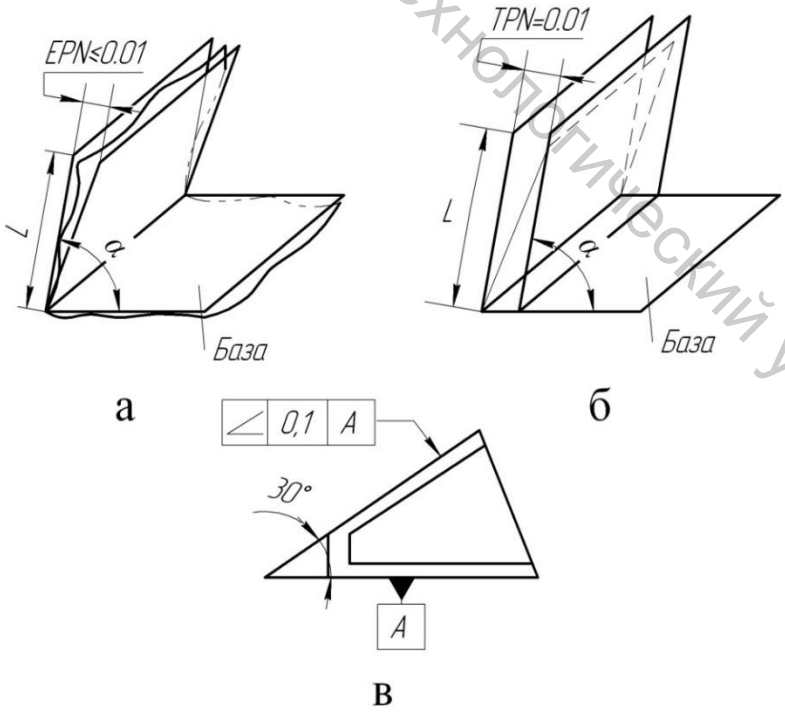


Рисунок 1.26 – Отклонение наклона плоскости: *а* – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения допуска на чертеже

Витебский государственный технологический университет

Отклонение от перпендикулярности плоскостей – отклонение угла между плоскостями от прямого угла (90º), выраженное в линейных единицах EPR на длине нормируемого участка (рис. 1.27 а).

Поле допуска перпендикулярности плоскостей – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску перпендикулярности TPR, и расположенными перпендикулярно к базовой плоскости (рис. 1.27 б).

Отклонение от перпендикулярности оси относительно плоскости – это отклонение между осью и базовой плоскостью от прямого угла (90º), выраженное в линейных единицах EPR на длине нормируемого участка (рис. 1.28 а, б).

Отклонение от перпендикулярности плоскости относительно оси – отклонение от прямого угла между плоскостью и базовой осью, выраженное в линейных единицах EPR на длине нормируемого участка (рис. 1.28 г, д).

Отклонение от соосности – наибольшее расстояние EPC между осью рассматриваемой поверхности вращения и осью базовой поверхности на длине нормируемого участка (рис. 1.29 а, б, в).

Отклонение от соосности относительно общей оси – наибольшее расстояние EPC (EPC_1, EPC_2) между осью рассматриваемой поверхности вращения и общей осью двух или нескольких поверхностей вращения на длине нормируемого участка (рис. 1.29 г, д).

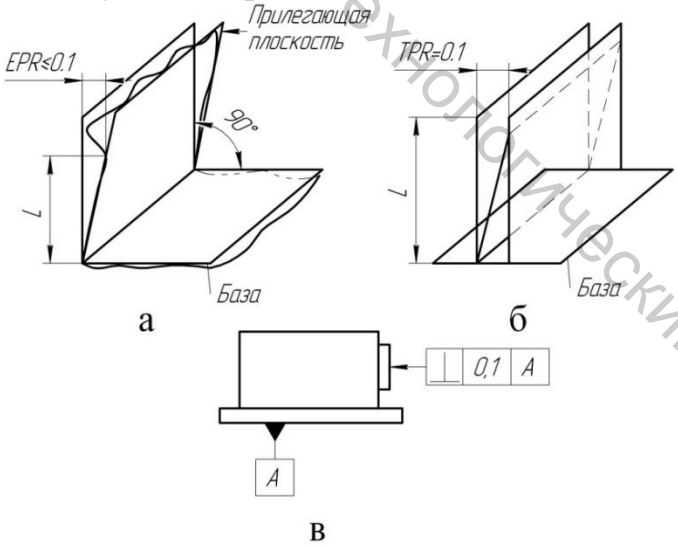


Рисунок 1.27 – Отклонение от перпендикулярности плоскостей:
а – схема для определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Витебский государственный технологический университет

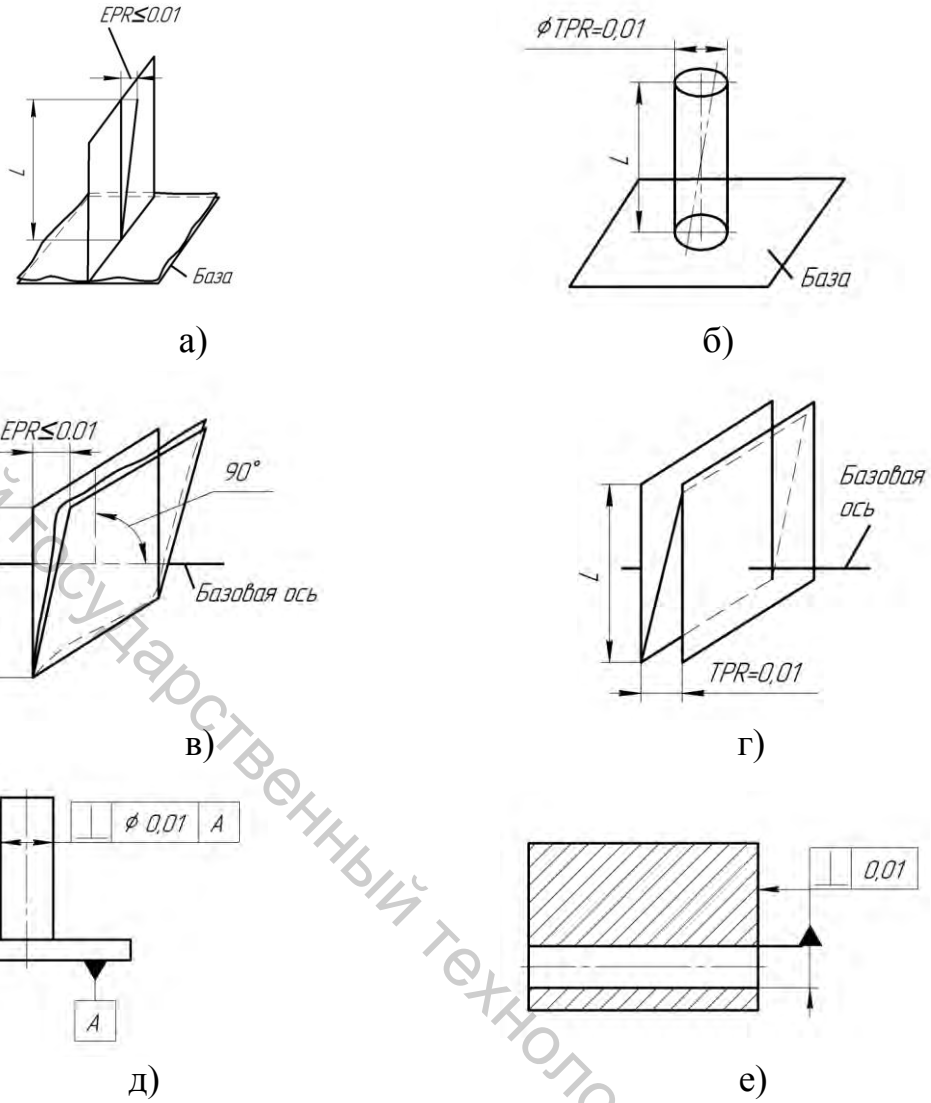


Рисунок 1.28 – Схемы для определения:
а, б – отклонения от перпендикулярности оси относительно базы,
в, г – отклонения от перпендикулярности плоскости относительно оси; *д, е* – примеры обозначения допусков на чертежах

Поле допуска соосности – область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен допуску соосности в диаметральном выражении TPC или удвоенному допуску соосности в радиусном выражении $TPC/2$, а ось совпадает с базовой осью (рис. 1.29 б).

Витебский государственный технологический университет

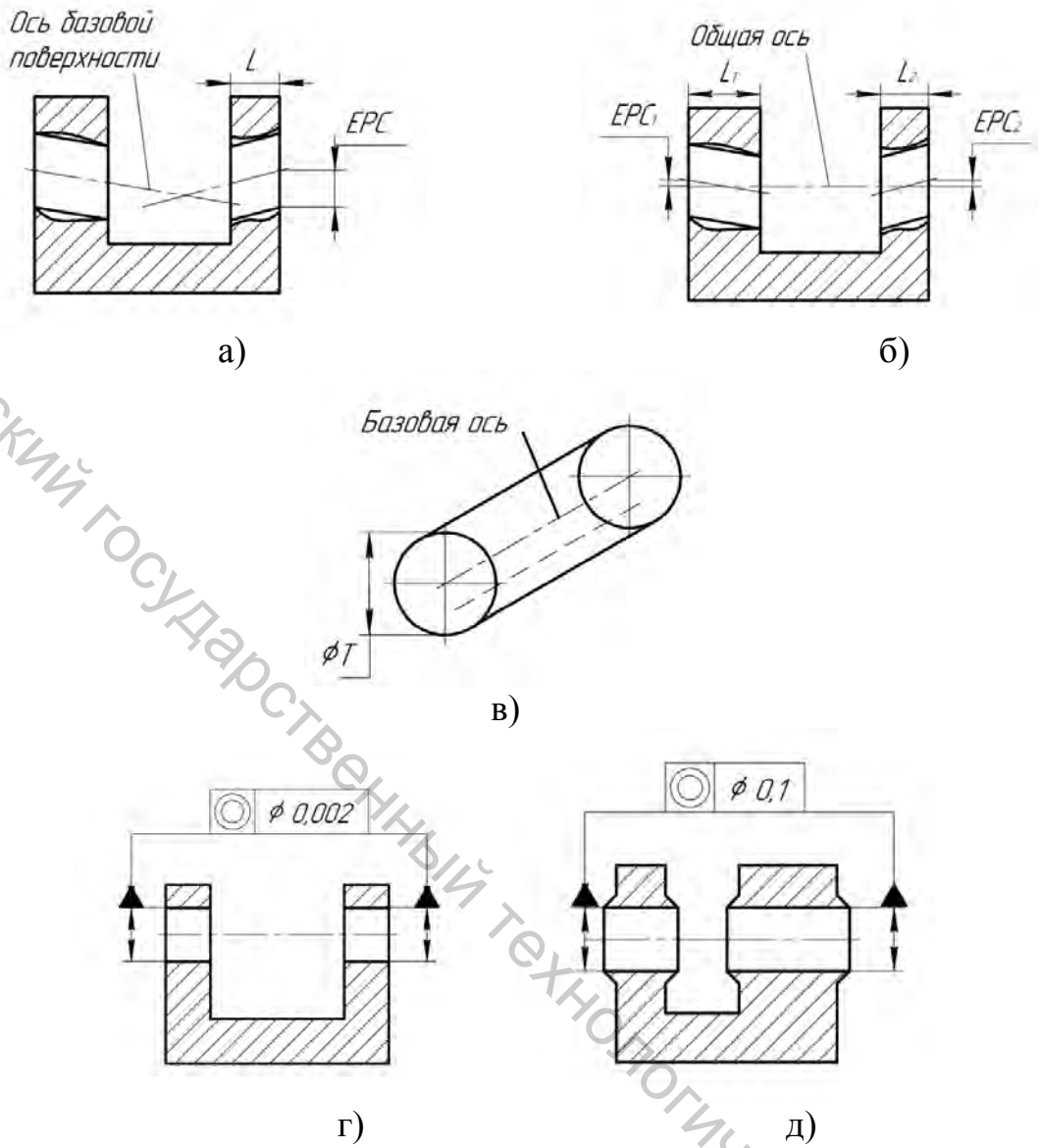


Рисунок 1.29 – Отклонение от соосности:
а – оси относительно базовой оси, *б* – оси относительно общей оси,
в – поле допуска; *г, д* – примеры обозначения допусков на чертежах

Отклонение от симметричности относительно плоскости симметрии базового элемента – наибольшее расстояние *EPS* между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента и плоскостью симметрии базового элемента (элементов) в пределах нормируемого участка (рис. 1.30 а).

Отклонение от симметричности относительно общей плоскости симметрии – наибольшее расстояние *EPS* между плоскостью симметрии (осью) рассматриваемого элемента и общей плоскостью симметрии двух или нескольких элементов в пределах нормируемого участка (рис. 1.30 г).

Поле допуска симметричности – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на

Витебский государственный технологический университет

расстояние, равное допуску симметричности в диаметральном выражении TPS или удвоенному допуску симметричности в радиусном выражении $TPS/2$, и симметричная относительно базовой плоскости симметрии или базовой оси (рис. 1.30 б).

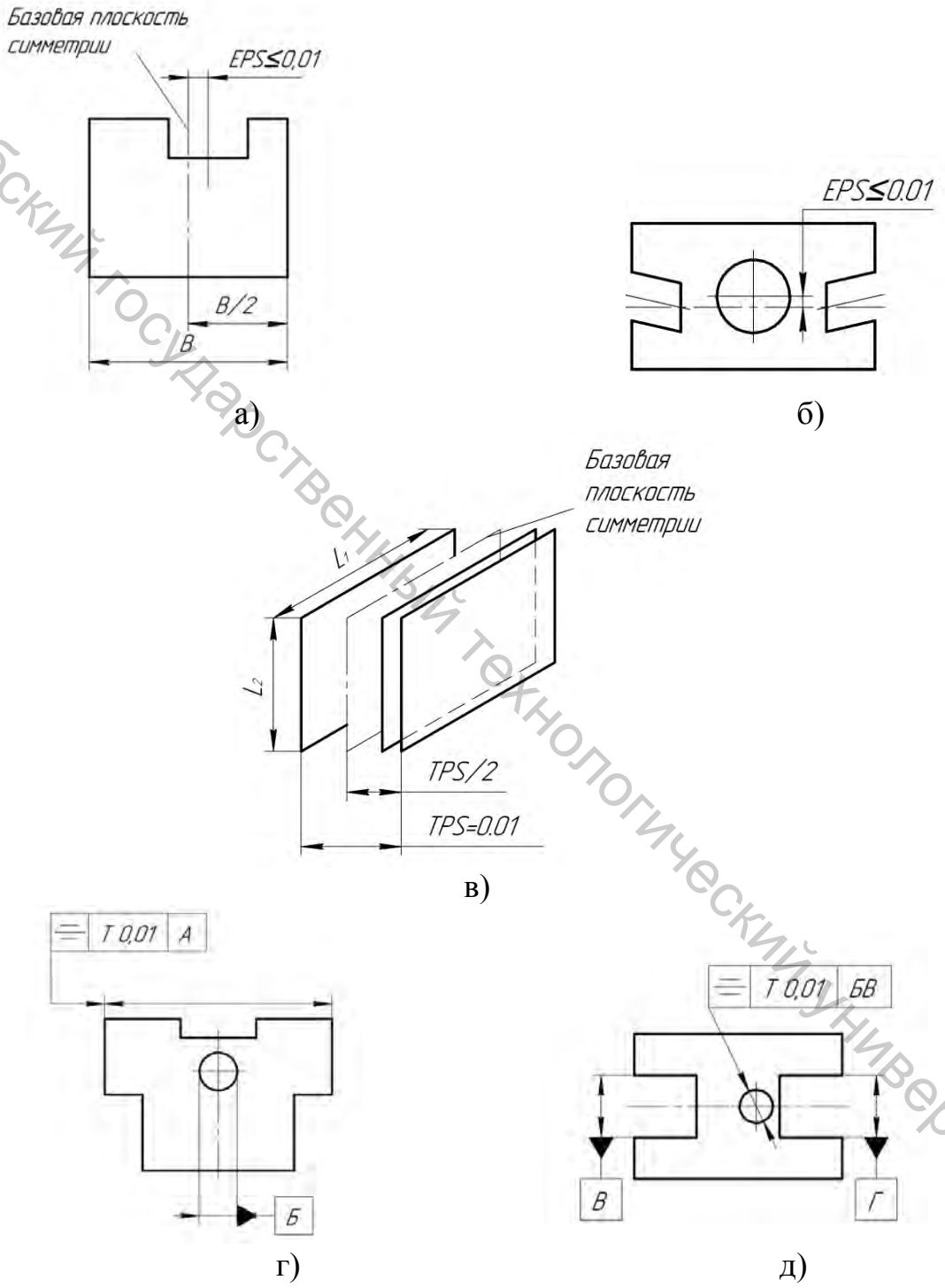


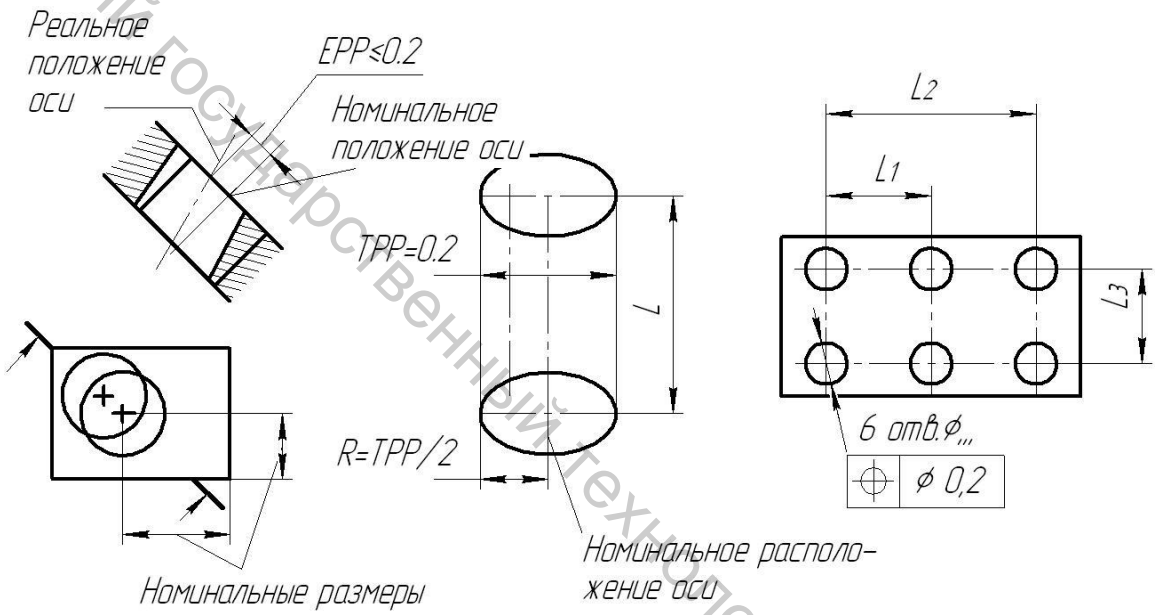
Рисунок 1.30 – Отклонение от симметричности:
а, б – схема для определения; *в* – поле допуска;
г, д – обозначения допусков на чертежах

Витебский государственный технологический университет

Позиционное отклонение – наибольшее расстояние EPP между реальным расположением элемента (его центра, оси или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка (рис. 1.31 а).

Поле позиционного допуска – область в пространстве, ограниченная цилиндром, диаметр которого равен позиционному допуску в диаметральном выражении TPP или удвоенному позиционному допуску в радиусном выражении $TPP/2$, а ось совпадает с номинальным расположением рассматриваемой оси (рис. 1.31 б).

Отклонение от пересечения осей – наименьшее расстояние EPX между номинально пересекающимися осями (рис. 1.32 а).



а) б) в)

Рисунок 1.31 – Позиционное отклонение:
а – схема для определения; *б* – поле позиционного допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Поле допуска пересечения осей – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску пересечения в диаметральном выражении TPX или удвоенному допуску пересечения в радиусном выражении $TPX/2$, и расположенными симметрично относительно базовой оси (рис. 1.32 б).

Витебский государственный технологический университет

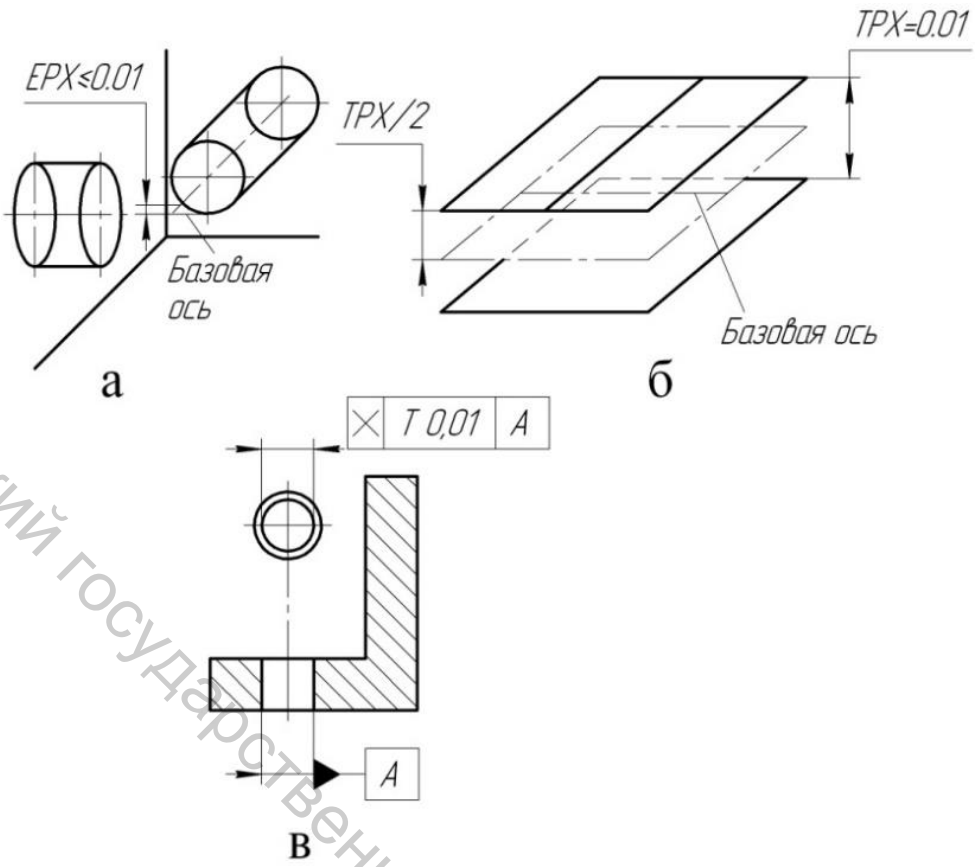


Рисунок 1.32 – Отклонение от пересечения осей:
а – схема для определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

1.3.4 Суммарные отклонения и допуски формы и расположения

Суммарным отклонением формы и расположения называется отклонение, являющееся совместным проявлением отклонения формы и отклонения расположения поверхности или профиля относительно заданных баз.

Поле суммарного допуска формы и расположения – это область в пространстве или на заданной поверхности, внутри которой должны находиться все точки реальной поверхности (профиля) в пределах нормируемого участка.

Радиальное биение – разность ECR наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения до базовой оси в сечении плоскостью, перпендикулярной базовой оси (рис. 1.33 а). Радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от круглости профиля рассматриваемого сечения и отклонения расположения центра профиля относительно базовой оси.

Витебский государственный технологический университет

Поле допуска радиального биения – область на плоскости, перпендикулярной к базовой оси, ограниченная двумя концентрическими окружностями с центром, лежащим на базовой оси, и отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску радиального биения TCR (рис. 1.33 б).

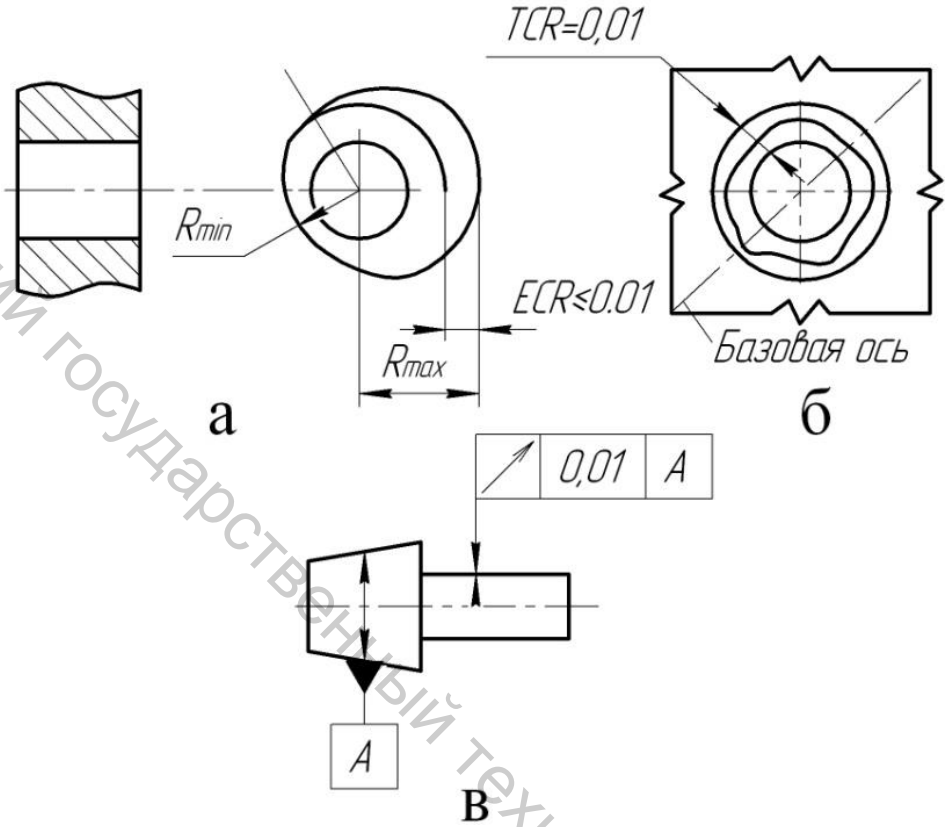


Рисунок 1.33 – Радиальное биение:
а – схема для определения; *б* – поля допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Полное радиальное биение – разность $ECTR$ наибольшего R_{max} и наименьшего R_{min} расстояний от всех точек реальной поверхности в пределах нормируемого участка до базовой оси (рис. 1.34 а). Полное радиальное биение является результатом совместного проявления отклонения от цилиндричности рассматриваемой поверхности и отклонения от соосности относительно базовой оси.

Поле допуска полного радиального биения – область в пространстве, ограниченная двумя цилиндрами, ось которых совпадает с базовой осью, а боковые поверхности отстоят друг от друга на расстояние, равное допуску полного радиального биения $TCTR$ (рис. 1.34 б).

Витебский государственный технологический университет

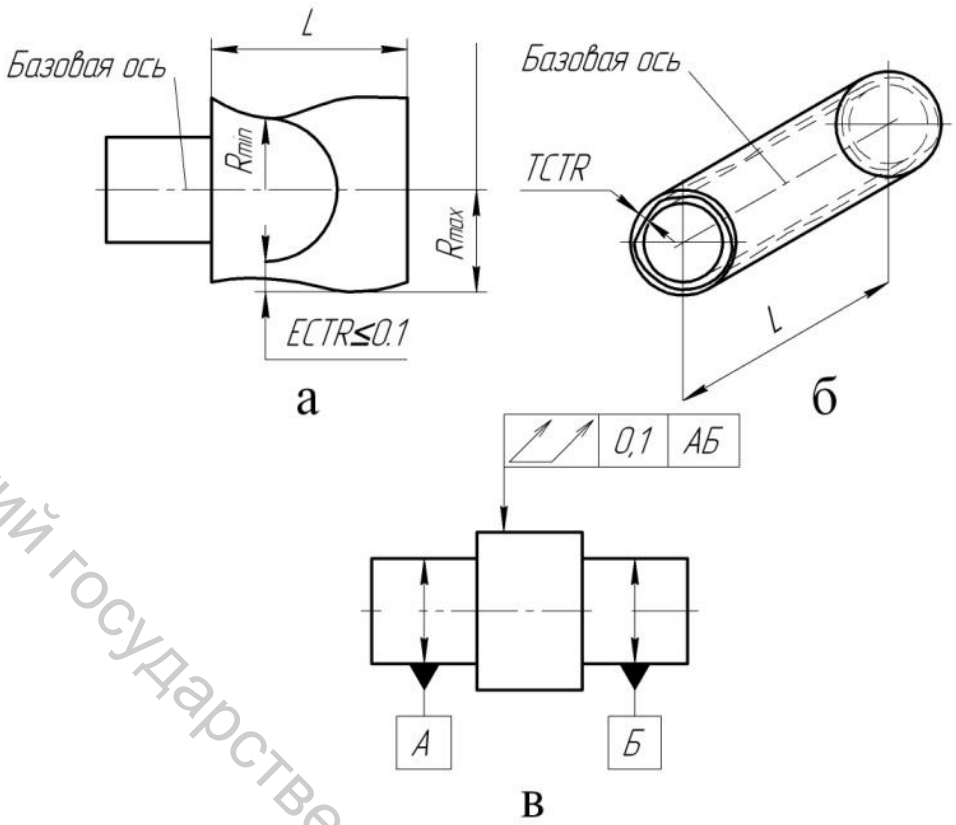


Рисунок 1.34 – Полное радиальное биение:
а – схема определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Биение в заданном направлении – разность ECD наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля поверхности вращения в сечении рассматриваемой поверхности конусом, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, до вершины этого конуса (рис. 1.35 а). Является результатом совместного проявления в заданном направлении отклонений формы профиля рассматриваемого сечения и отклонений расположения оси рассматриваемой поверхности относительно базовой оси.

Поле допуска биения в заданном направлении – область на боковой поверхности конуса, ось которого совпадает с базовой осью, а образующая имеет заданное направление, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние вдоль образующей конуса, равное допуску биения TCD, и перпендикулярными к базовой оси (рис. 1.35 б).

Торцовое биение – разность ECA наибольшего и наименьшего расстояний от точек реального профиля торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси (рис. 1.36 а). Торцовое биение определяется в сечении торцовой поверхности цилиндром заданного диа-

Витебский государственный технологический университет

метра, соосным с базовой осью. Является результатом совместного проявления отклонений от перпендикулярности и плоскостности торцовой поверхности.

Поле допуска торцового биения – область на боковой поверхности цилиндра, диаметр которого равен заданному диаметру торцовой поверхности, а ось совпадает с базовой осью, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску торцового биения TCA, и перпендикулярными к базовой оси (рис. 1.36 б).

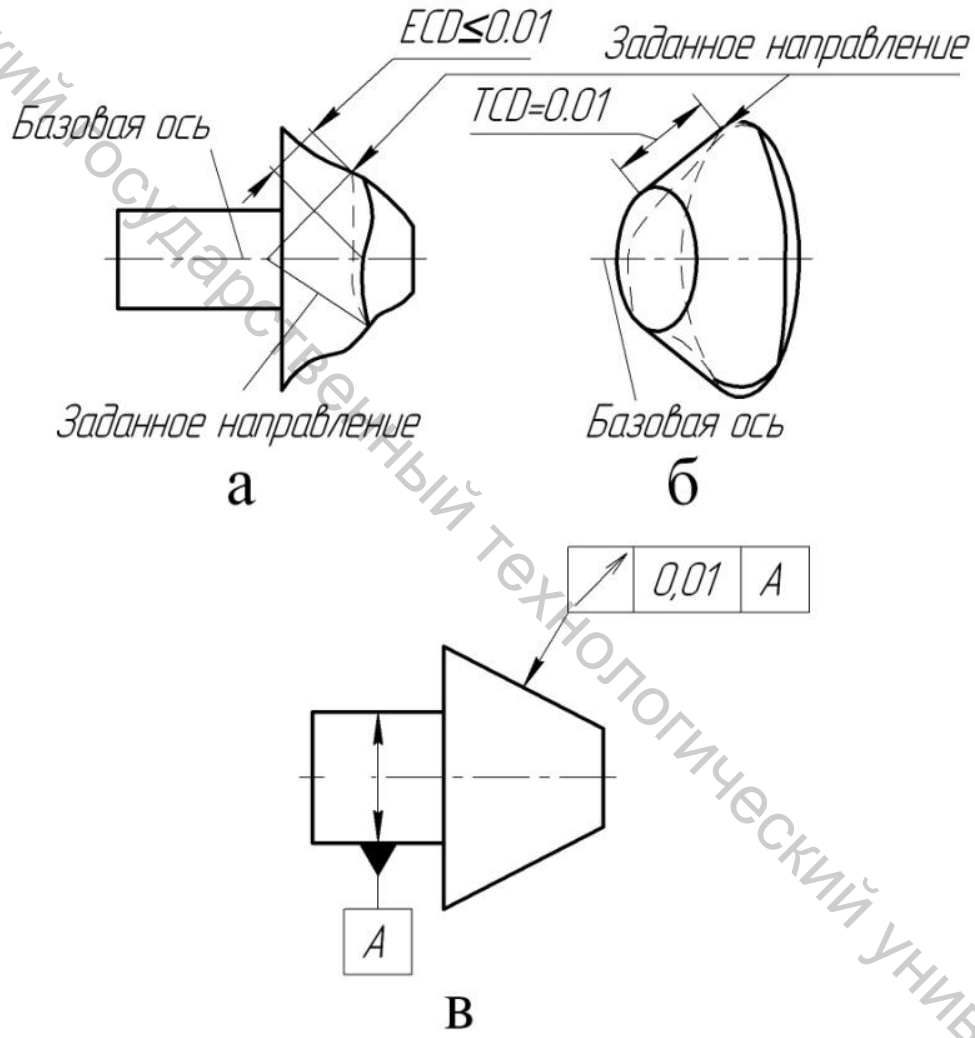


Рисунок 1.35 – Биение в заданном направлении:
а – схема определения, *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

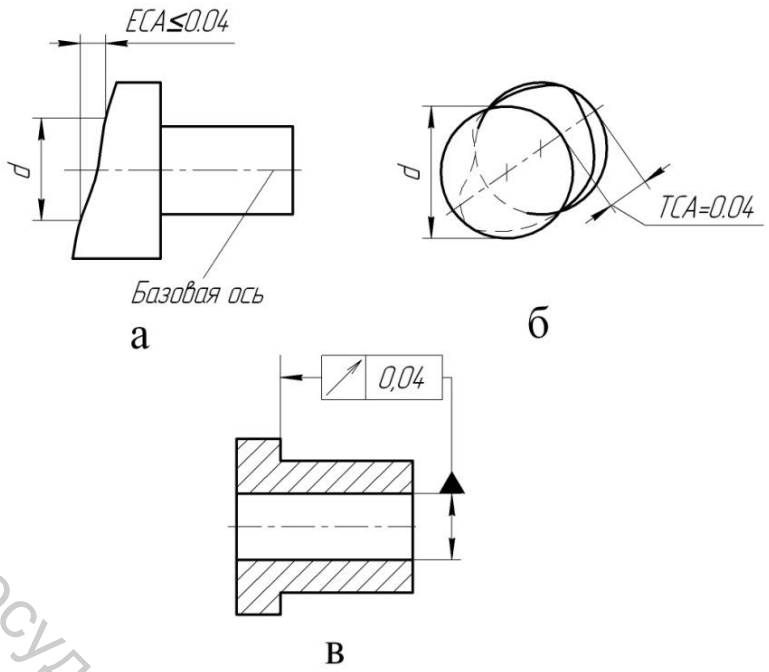


Рисунок 1.36 – Торцовое биение:
а – схема для определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Полное торцовое биение – разность $ECTA$ наибольшего и наименьшего расстояний от точек всей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной к базовой оси (рис. 1.37 а).

Поле допуска полного торцового биения – область в пространстве, ограниченная двумя параллельными плоскостями, отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску полного торцового биения $TCTA$, и перпендикулярными к базовой оси (рис. 1.37 б).

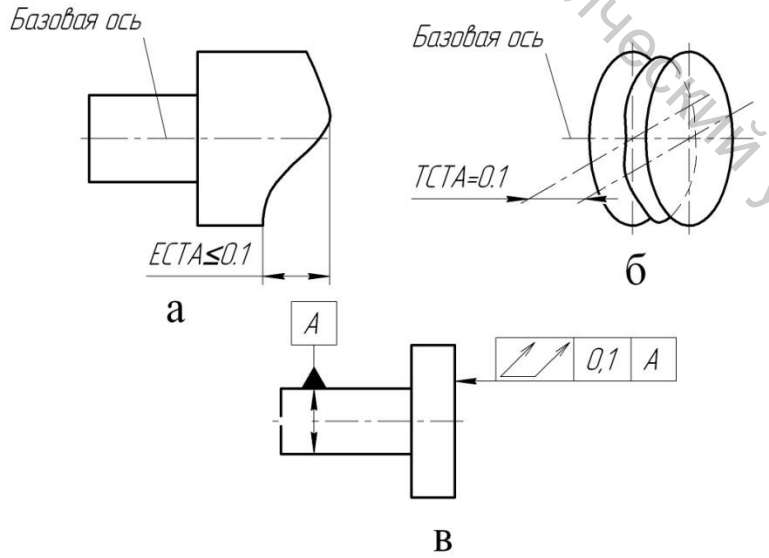
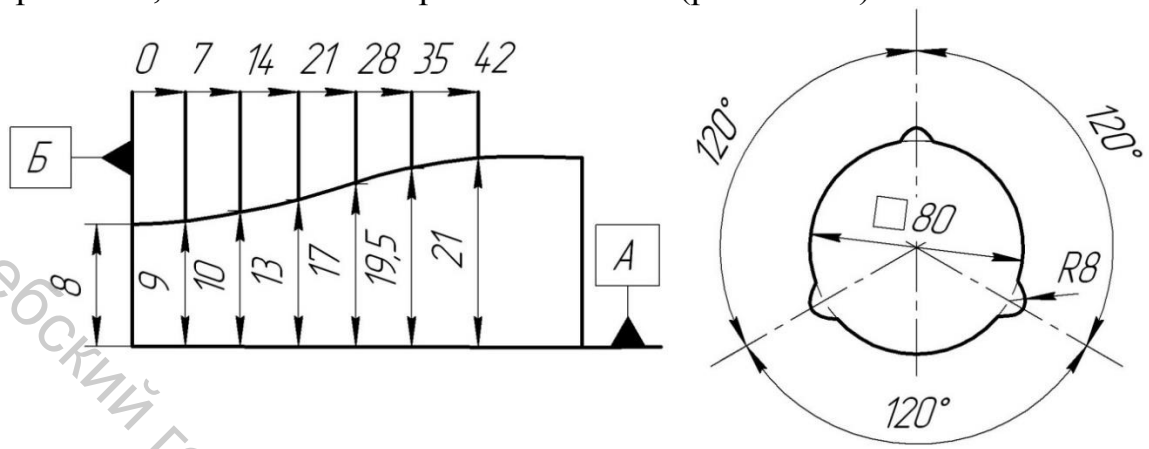


Рисунок 1.37 – Полное торцовое биение:
а – схема для определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Витебский государственный технологический университет

Профили и поверхности сложной формы задают либо координатами отдельных точек (рис. 1.38 а), либо размерами, например, радиусом кривизны, и взаимным их расположением (рис. 1.38 б).



а) б)

Рисунок 1.38 – Способы задания поверхностей сложной формы:
а – координатами отдельных точек;
б – размерами и взаимным их расположением

Отклонение формы заданного профиля – наибольшее отклонение ECL точек реального профиля от номинального профиля, определяемое по нормали к номинальному профилю в пределах нормируемого участка (рис. 1.39 а).

Поле допуска формы заданного профиля – область на заданной плоскости сечения поверхности, ограниченная двумя линиями, эквидистантными номинальному профилю, и отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску формы заданного профиля в диаметральном выражении TCL или удвоенному допуску формы заданного профиля в радиусном выражении $TCL/2$ (рис. 1.39 б).

Отклонение формы заданной поверхности – наибольшее отклонение ECE точек реальной поверхности от номинальной поверхности, определяемое по нормали к номинальной поверхности в пределах нормируемого участка (рис. 1.40 а).

Поле допуска формы заданной поверхности – область в пространстве, ограниченная двумя поверхностями, эквидистантными номинальной поверхности, и отстоящими друг от друга на расстояние, равное допуску формы заданной поверхности в диаметральном выражении TCE или удвоенному допуску формы заданной поверхности в радиусном выражении $TCE/2$ (рис. 1.40 б).

Витебский государственный технологический университет

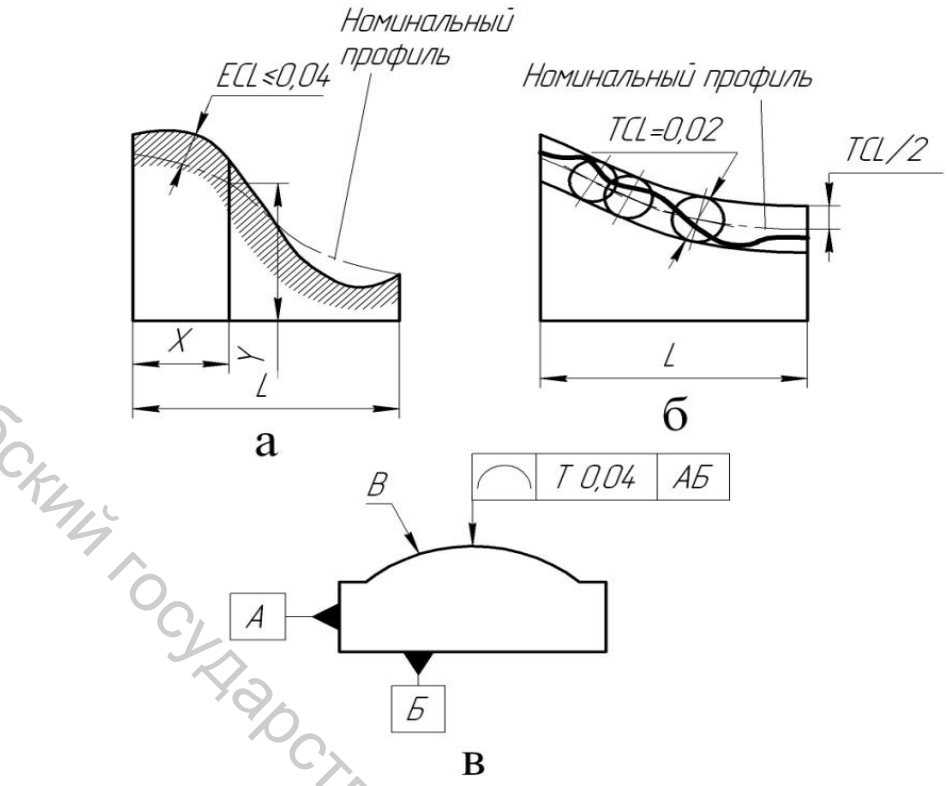


Рисунок 1.39 – Отклонение формы заданного профиля:
а – схема для определения; *б* – поле допуска; *в* – пример обозначения допуска на чертеже

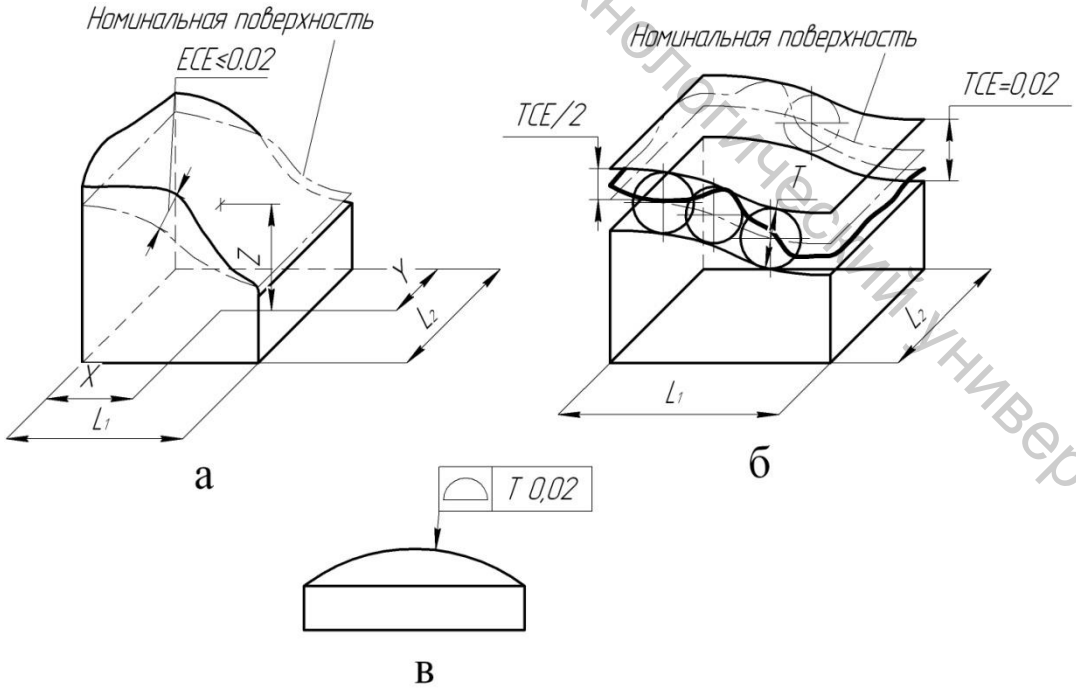


Рисунок 1.40 – Отклонение формы заданной поверхности:
а – схема для определения; *б* – поле допуска;
в – пример обозначения допуска на чертеже

Витебский государственный технологический университет

1.3.5 Независимые и зависимые допуски

Независимым называется допуск расположения или формы, числовое значение которого постоянно для всей совокупности деталей и не зависит от действительных размеров нормируемого или базового элемента.

Зависимым называется допуск расположения или формы, числовое значение которого переменно для различных деталей, изготовленных по данному чертежу, и зависит от действительных размеров нормируемого или базового элемента, или одновременно от обоих элементов.

Полное значение зависимого допуска расположения

$$T_{\text{зав}} = T_{min} + T_{\text{доп}} , \qquad (1.20)$$

где T_{min}– минимальное значение допуска, указываемое на чертеже, постоянное для всех деталей; $T_{\text{доп}}$ – дополнительные (переменные) значения допуска, зависимые от действительных размеров рассматриваемого или базового элемента.

Дополнительное значение равно разности действительного размера и верхнего предельного размера вала или нижнего предельного размера отверстия. Рассчитывается дополнительная часть допусков в соответствии с табл. 1.8.

Зависимые допуски указываются со знаком M в круге, помещаемым во втором и/или третьем поле рамки (рис. 1.41).

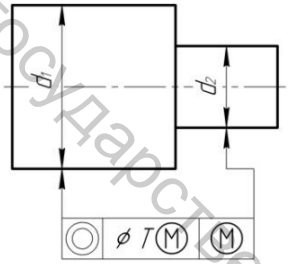
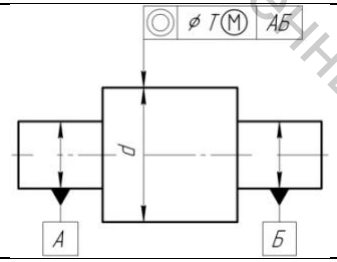
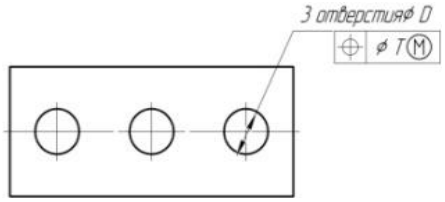
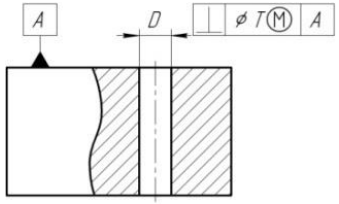
Как правило, зависимые допуски назначают на размеры деталей, к которым предъявляется требование обеспечить при сборке соединений гарантированный зазор. В этих случаях допуски расположения рассчитывают исходя из гарантированного минимального зазора. Если этот зазор фактически будет увеличен, то становится допустимым увеличение отклонения расположения. Поэтому зависимые допуски обеспечивают собираемость деталей по принципу полной взаимозаменяемости. Примеры назначения зависимых допусков: допуск расположения сквозных отверстий под крепежные детали, допуски соосности ступенчатых валов и втулок, собираемых с зазором, допуски перпендикулярности осей отверстий под заглушки, стаканы, крышки.

Зависимые допуски расположения назначают для таких характеристик, как позиционный допуск, соосность, симметричность, пересечение осей, перпендикулярность осей или оси и плоскости. В отдельных случаях зависимые допуски используют при назначении допусков прямолинейности оси вала или отверстия, если их длина превышает длину соединения, допусков размеров, координирующих оси поверхностей.

Витебский государственный технологический университет

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.8 – Формулы для определения дополнительной части зависимого допуска

Зависимый допуск расположения	Эскиз	$T_{доп}$		$T_{доп}(max)$
		для отверстий	для валов	
Допуск соосности (симметричности) одной поверхности относительно другой (условие зависимого допуска распространяется на обе поверхности)		$(D_{д1} - D_{min1}) + +(D_{д2} - D_{min2})$	$(d_{max1} - d_{д1}) + +(d_{max2} - d_{д2})$	$T_{d1(D1)} + T_{d2(D2)}$
Допуск соосности (симметричности) поверхности относительно общей оси или оси базовой поверхности, на которую не распространяется условие		$D_д - D_{min}$	$d_{max} - d_д$	$T_{d(D)}$
Позиционный допуск оси (плоскости симметрии)		$D_д - D_{min}$	$d_{max} - d_д$	$T_{d(D)}$
Допуск перпендикулярности оси отверстия или вала относительно плоскости		$D_д - D_{min}$	$d_{max} - d_д$	$T_{d(D)}$

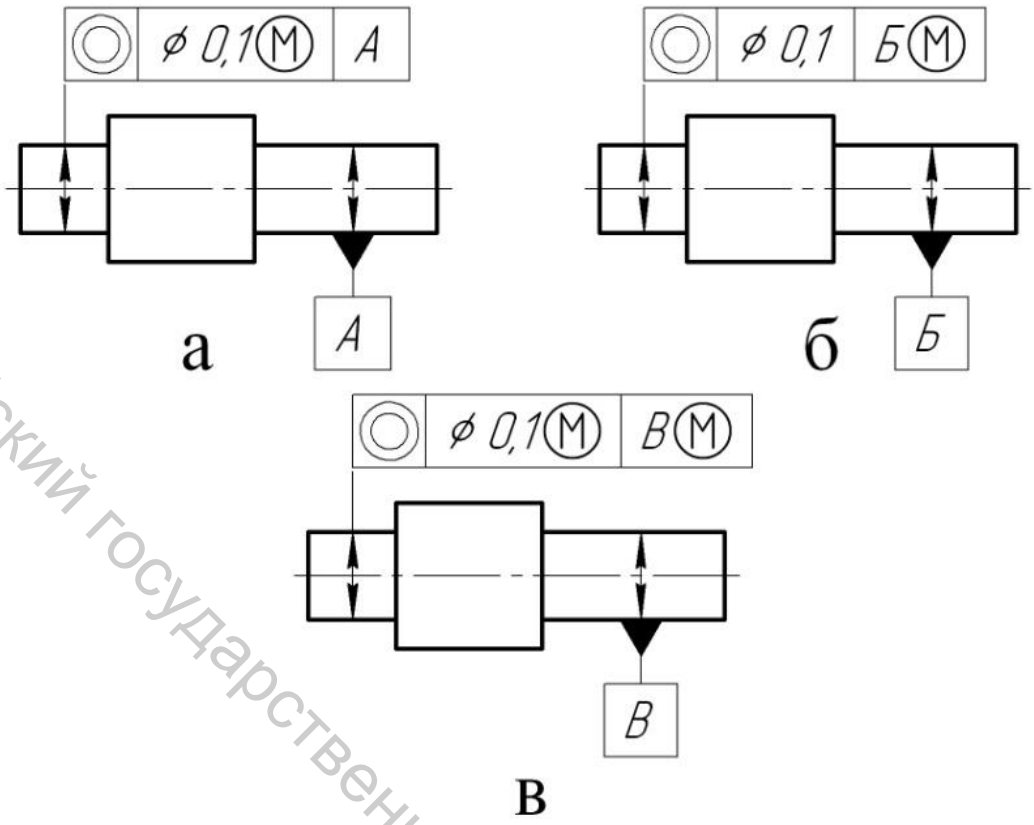


Рисунок 1.41 – Обозначение зависимых допусков на чертежах: *а* – числовое значение зависимого допуска связано только с действительным размером нормируемого элемента; *б* – числовое значение зависимого допуска связано с действительными размерами базового элемента; *в* – числовое значение зависимого допуска связано с действительными размерами нормируемого и базового элементов

Независимые допуски используют в тех случаях, когда при соединении деталей сопрягаемые поверхности центрируются посадками с натягом или переходными посадками, или, когда кроме собираемости нужно обеспечить правильное функционирование соединения: отсутствие биения, балансировку, равномерность радиального зазора, плотность, герметичность. Примеры назначения независимых допусков расположения: допуски посадочных мест под подшипники качения, допуски отверстий под валы зубчатых передач, допуски резьбовых отверстий под шпильки и гладких отверстий под штифты, допуски соосности направляющих и рабочих поверхностей в деталях гидравлических и пневматических устройств.

Витебский государственный технологический университет

1.3.6 Назначение степеней точности и допусков формы и расположения поверхностей

В качестве основного ряда числовых значений допусков формы и расположения (табл. 1.9) принят ряд предпочтительных чисел $R10$ с округлением некоторых значений до чисел, удобных для отсчета по шкалам измерительных приборов. Для каждого вида допусков формы и расположения установлено 16 степеней точности. Числовые значения допусков формы и расположения от одной степени к другой изменяются с коэффициентом возрастания 1,6, соответствующим ряду $R5$, а в пределах одной степени точности – от одного интервала размеров к другому по ряду $R10$.

Таблица 1.9 – Числовые значения допусков формы и расположения, мкм (ГОСТ 24643-81)

0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	-	-	-	-	-	-	-

Рекомендуются следующие уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соответствием между допуском формы или расположения на размер.

А – нормальная относительная геометрическая точность. Допуск формы и расположения составляет примерно 60% допуска размера. Примеры применения:

– поверхности в подвижных соединениях при небольших скоростях относительных перемещений и нагрузках, если не предъявляется особых требований к плавности хода или минимальному трению;

– поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при необходимости разборки и повторной сборки, повышенных требованиях к точности центрирования и стабильности натяга;

– измерительные поверхности калибров; технологические допуски формы при допусках размеров по квалитетам точности IT4 – IT12, если в конструкторской документации допуски формы не указаны.

В – повышенная относительная геометрическая точность. Допуск формы и расположения составляет 40% допуска размера. Примеры применения:

– поверхности в подвижных соединениях при средних скоростях относительных перемещений и нагрузках, при повышенных требованиях к плавности хода и герметичности уплотнений;

Витебский государственный технологический университет

– поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при повышенных требованиях к точности и прочности в условиях больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций;

– технологические допуски формы при допусках размеров грубее IT12, если в конструкторской документации допуски формы не указаны;

– технологические допуски формы для обеспечения точности контроля размеров при упрощенных методах этого контроля, в том числе при активном контроле размеров.

С – высокая относительная геометрическая точность. Допуск формы и расположения составляет примерно 25% допуска размера. Примеры применения:

– поверхности в подвижных соединениях при высоких скоростях и нагрузках, высоких требованиях к плавности хода, снижению трения, герметичности уплотнения;

– поверхности в соединениях с натягом или с переходными посадками при высоких требованиях к точности и прочности в условиях воздействия больших скоростей и нагрузок, ударов, вибраций.

Указанные уровни относительной геометрической точности не исключают возможности в обоснованных случаях назначать допуск формы или расположения, для которого используется менее 25% допуска размера. Примеры применения:

– поверхности, к которым предъявляются особо высокие требования по обеспечению кинематической точности, плотности и герметичности при больших давлениях, минимального трения, бесшумности, максимальной долговечности при тяжелых режимах работы;

– детали, сортируемые на размерные группы (при числе групп более пяти);

– детали, аттестуемые по размеру с высокой точностью.

Степени точности в зависимости от квалитета и относительной геометрической точности для цилиндрических поверхностей назначают в соответствии с ГОСТ 24643-81 (табл. 1.10).

Таблица 1.10 – Соотношение между квалитетами допуска размера и степенями точности допусков формы и расположения для цилиндрических поверхностей

Относительная геометрическая точность	Квалитет допуска диаметра									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Степень точности формы									
Нормальная (А)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Повышенная (В)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокая (С)		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Витебский государственный технологический университет

1.3.7 Примеры назначения степеней точности формы и расположения

Примеры назначения степеней точности цилиндрических поверхностей

1– 2 степень точности: шарики и ролики для подшипников; дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения особо высокой точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов; подшипниковые шейки шпинделей прецизионных станков.; детали особо точных плунжерных и золотниковых пар;

3 – 4 степень точности: дорожки качения и посадочные поверхности подшипников качения повышенной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов; цапфы осей гироприборов; подшипники жидкостного трения при больших нагрузках (прокатные станы); подшипниковые шейки коленчатых валов, поршневые пальцы и сопрягаемые с ними отверстия в деталях авиационных и автомобильных двигателей; плунжеры, золотники, поршни, втулки и другие детали гидравлической аппаратуры, работающие при высоких давлениях без уплотнений;

5 – 6 степень точности: посадочные поверхности колец подшипников качения нормальной точности и сопрягаемые с ними посадочные поверхности валов и корпусов; подшипниковые шейки и вкладыши коленчатых валов тракторных и судовых двигателей, валов редукторов, паровых турбин, крупных насосов; поршневые пальцы дизелей и газовых двигателей; поршни, золотники, гильзы, цилиндры и другие детали гидравлической и пневматической аппаратуры при средних и низких давлениях без уплотнений или при высоких и средних давлениях с уплотнениями; несопрягаемые поверхности вала паровой турбины и оправки для балансировки дисков турбин;

7 – 8 степень точности: подшипники скольжения крупных гидротурбин; тихоходных двигателей, редукторов; цилиндры, гильзы, поршни и поршневые кольца автомобильных и тракторных двигателей; отверстия под втулки в шатунах двигателей, в гидравлических устройствах средних давлений; бочка валков холодной прокатки;

9 – 10 степень точности: подшипники скольжения при малых скоростях и давлениях; поршни и цилиндры насосов низкого давления с мягким уплотнением; поршневые кольца дизелей и газовых двигателей.

Примеры назначения степеней точности формы плоских поверхностей

1-2 степень точности: измерительные приборы и рабочие поверхности особо точных средств измерения (концевых мер, длины, лекальных

Витебский государственный технологический университет

линеек и т.д.), направляющие прецизионных координатно-расточных станков;

3-4 степень точности: измерительные и рабочие поверхности средств измерения нормальной точности (поверочных линеек и плит, микрометров и др.); опорные поверхности уровней; направляющие станков повышенной точности; базовые и установочные поверхности;

5-6 степень точности: направляющие и столы станков нормальной точности; базовые и установочные поверхности технологических приспособлений повышенной точности; направляющие точных машин и приборов;

7-8 степень точности: разметочные плиты; направляющие кривошипных и гидравлических прессов; ползуны, упорные подшипники машин малой мощности;

9-10 степень точности: кронштейны и основания вспомогательных машин; опорные поверхности машин, устанавливаемых на клиньях и амортизирующих прокладках;

11-12 степень точности: неответственные рабочие поверхности механизмов пониженной точности; базовые поверхности столов, рамок, планок в литейных машинах.

Примеры назначения допусков параллельности

1-2 степень точности: направляющие и базовые поверхности прецизионных станков; направляющие станины оптической делительной головки; рабочие поверхности синусных линеек и угольников высокой точности;

3-4 степень точности: направляющие поверхности станков высокой и повышенной точности; особо точные направляющие приборов управления и регулирования; измерительные и рабочие поверхности поверочных линеек, призм;

5-6 степень точности: рабочие поверхности станков нормальной точности; измерительные поверхности микрометров и штангенциркулей; рабочие поверхности технологических приспособлений высокой точности; направляющие пазы и планки приборов и механизмов высокой точности; оси отверстий и торцы корпусов, рабочих шестерен; базовые поверхности блока, рамы и картера двигателей;

7-8 степень точности: плоскости плит штампов; торцы фрез, опорные торцы крышек и колец для подшипников качения нормальной точности; оси отверстий в корпусах зубчатых передач нормальной точности;

9-10 степень точности: торцы крышек подшипников в тяжелом машиностроении; шатунные шейки и ось коленчатого вала дизелей и газовых двигателей; оси передач в лебедках;

11-12 степень точности: плоскость разъёма и опорная плоскость в корпусах редукторов подъемно-транспортных машин.

Витебский государственный технологический университет

13-16 степень точности: поверхности низкой точности.

Примеры назначения допусков перпендикулярности и торцового биения

1-2 степень точности: основные направляющие и базовые поверхности прецизионных станков; шпиндели и оправки зубомерительных инструментов, оптической делительной головки; кольца прецизионных подшипников качения;

3-4 степень точности: основные направляющие и базовые поверхности станков высокой и повышенной точности; рабочие поверхности угольников; фланцы крупных турбин и генераторов;

5-6 степень точности: рабочие поверхности станков нормальной точности; опорные торцы долбяков и шеверов; торцы корпусов рабочих шестерен; торцы рам и корпусов гидроприборов;

7-8 степень точности: рабочие поверхности прессов; торцы станочных втулок; заплечики валов и корпусов под подшипники качения нормальной точности; ось отверстия под палец в автомобильных и тракторных поршнях;

9-10 степень точности: оси резьбовых шпилек относительно опорных поверхностей в двигателе; зубчатые венцы колес с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах;

11-12 степень точности: зубчатые венцы звездочек с обработанными зубьями в сельскохозяйственных машинах; оси и поверхности в вилках включения сельскохозяйственных машин;

13-16 степень точности: поверхности низкой точности; поверхности с неуказанными допусками.

Примеры назначения допусков соосности и радиального биения

1-2 степень точности: рабочие поверхности шпинделей, планшайб станков высокой точности; опорные и посадочный шейки шпинделей зубоизмерительных приспособлений; шейки вала и отверстия воздушных подшипников высокоскоростных шпинделей;

3-4 степень точности: рабочие поверхности шпинделей и столов станков повышенной и нормальной точности; кольца подшипников качения высокой точности; опорные и посадочные поверхности вкладышей насосов и гидротурбин; быстроходные валы и оси гидроприборов высокой точности;

5-6 степень точности: втулки станочные повышенной точности, отрезные алмазные круги, кольца подшипников качения нормальной точности; посадочные поверхности вала под зубчатые колеса повышенной точности; быстроходные валы повышенной точности;

7-8 степень точности: рабочие кромки зенкеров, конических разверток, метчиков; коренные шейки коленчатых валов дизельных и газовых двигателей; отверстия под крышки и вкладыши в насосах и средних

Витебский государственный технологический университет

гидротурбинах; быстроходные валы нормальной точности; трансмиссионные валы длиной до 1000 мм;

9-10 степень точности: режущие кромки плашек, метчиков, фрез; посадочные шейки валов под зубчатые колеса пониженной точности; трансмиссионные валы длиной 1000 – 4000 мм;

11-16 степень точности: поверхности низкой точности; поверхности с неуказанными допусками.

1.3.8 Общие допуски формы и расположения поверхностей

Общим допуском формы или расположения называется допуск, указываемый на чертеже или в других технических документах общей записью и применяемый в тех случаях, когда допуск формы или расположения не указан индивидуально для соответствующего элемента детали. Общие допуски формы и расположения поверхностей применяются, если в чертеже дана ссылка на ГОСТ 30893.2-2002.

Общие допуски цилиндричности, профиля продольного сечения, наклона, перекоса осей, позиционные, полного радиального и полного торцового биения, формы заданного профиля и заданной поверхности не устанавливаются. Отклонения этих видов косвенно ограничиваются допусками на линейные и угловые размеры или другими видами допусков формы или расположения, в том числе общими. Если такого ограничения недостаточно, то перечисленные виды допусков следует указывать на чертеже непосредственно для соответствующих элементов.

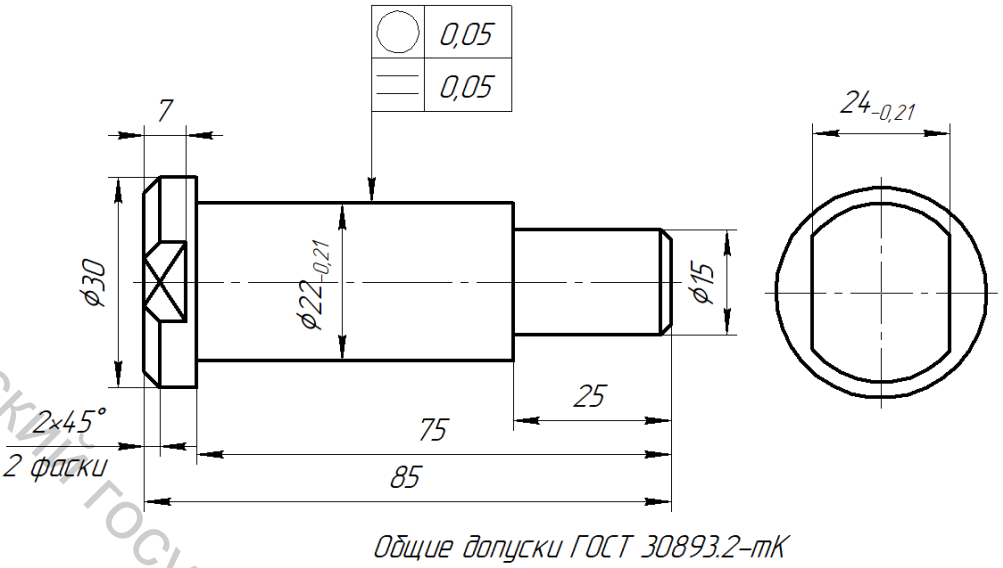
Общие допуски формы и расположения являются независимыми и установлены по трем классам точности, обозначаемым по мере уменьшения точности буквами H, K, L.

При выборе класса точности нужно учитывать функциональное назначение детали и обычную точность соответствующего производства.

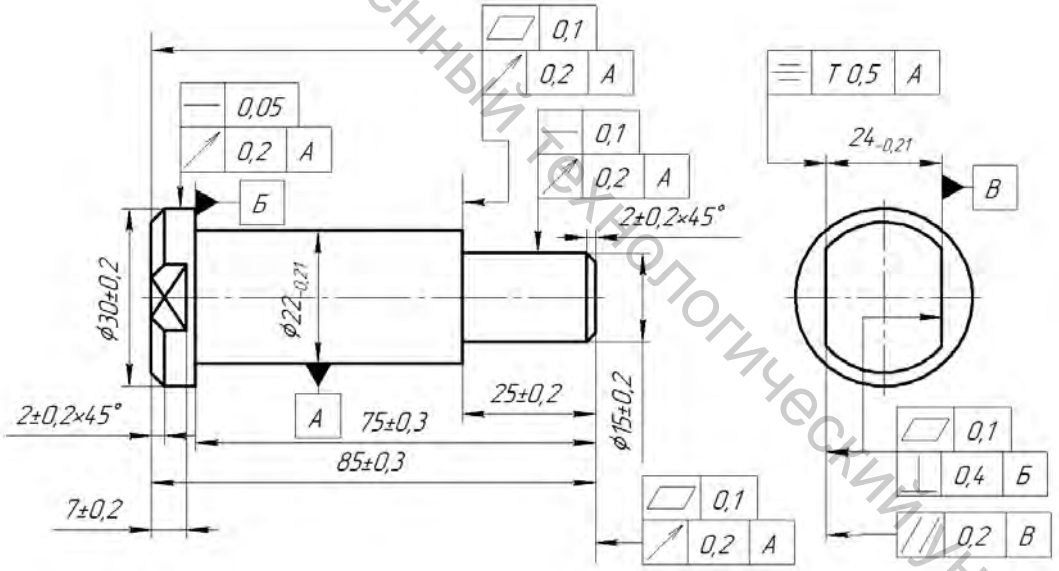
Обозначение общих допусков формы и расположения в чертежах должно содержать указание стандарта, класс точности общих допусков размеров по ГОСТ 30893.1-2002 и класс точности общих допусков формы и расположения по ГОСТ 30893.2-2002.

На рис. 1.42 а показан пример указания общих допусков формы и расположения на чертеже. Численные значения определенных по стандарту общих допусков формы и расположения, соответствующие данному примеру, приведены на рис. 1.42 б.

Витебский государственный технологический университет



а)



б)

Рисунок 1.42 – Общие допуски:
а – условное обозначение («*Общие допуски ГОСТ 30893.2 - mK*»);
б – числовые значения общих допусков, определенные по стандарту

Витебский государственный технологический университет

1.4 Шероховатость поверхности

1.4.1 Общие сведения, термины и определения

В процессе обработки деталей на их поверхности образуются неровности с относительно малыми шагами в виде выступов и впадин, которые называют шероховатостью. Влияние шероховатости на работу машин многообразно:

– шероховатость поверхности может нарушить характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов;

– значительно снижается жесткость стыков в стыковых соединениях;

– шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие уплотнения;

– неровности являются концентраторами напряжений, снижающими усталостную прочность деталей;

– шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;

– шероховатость влияет на точность измерений;

– на грубо обработанных поверхностях активно образуется и распространяется коррозия металла.

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная с помощью базовой длины (ГОСТ 25142-82).

Базовая линия – линия заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля и предназначенная для оценки геометрических параметров поверхности.

Шероховатость поверхности оценивается по профилю, полученному путем сечения реальной поверхности нормальной плоскостью (рис. 1.43).

Базовая длина l – длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и количественного определения параметров. Числовые значения базовой длины *l* выбираются из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

Средняя линия профиля m – базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, чтобы в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля до этой линии было минимальным (рис. 1.43 а).

Отклонение профиля y – расстояние между точкой профиля и базовой линией.

Местный выступ профиля – часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля.

Местная впадина – часть профиля, расположенная между двумя

Витебский государственный технологический университет

соседними максимумами.

Выступ профиля – часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела.

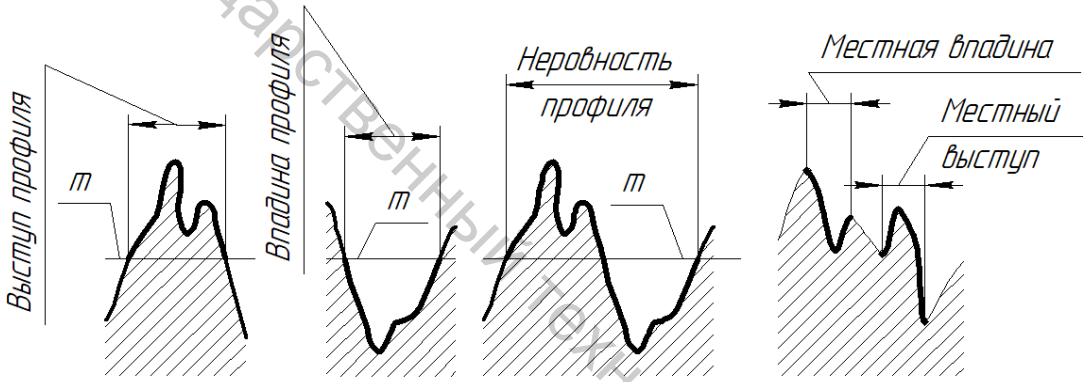
Впадина профиля – часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело.

Неровность профиля – выступ профиля и сопряженная с ним впадина профиля.

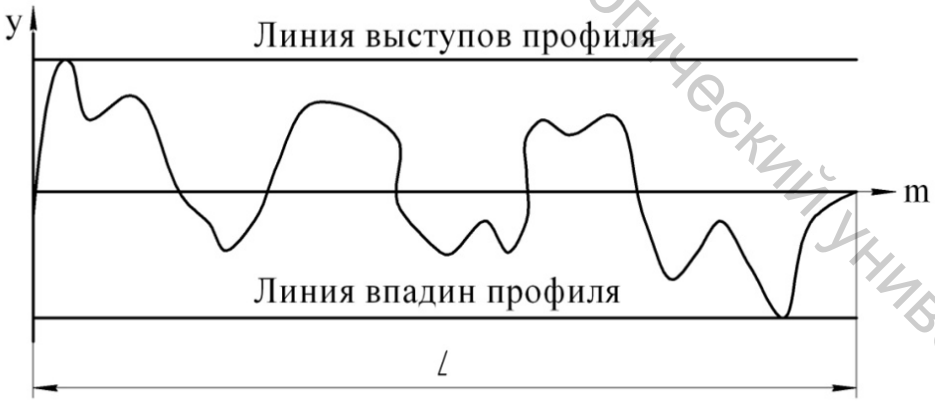
Линия выступов профиля – линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины (рис. 1.43 б).

Линия впадин профиля – линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

Уровень сечения профиля – расстояние между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.



а)



б)

Рисунок 1.43 – Схемы к определениям терминов, обозначающих элементы профиля поверхности: *а* – выступов и впадин профиля; *б* – линии выступов и линии впадин профиля

Витебский государственный технологический университет

1.4.2 Параметры шероховатости поверхности

В большинстве стран мира в качестве критериев для оценки шероховатости приняты шесть параметров, из которых три характеризуют высоту неровностей (высотные параметры), а три — шаговые размеры неровностей (шаговые параметры).

К *высотным параметрам* относят среднее арифметическое отклонение профиля Ra, наибольшую высоту профиля Rz и полную высоту профиля $Rmax$.

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra – это среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l}\int_0^l |y(x)|dx. \tag{1.21}$$

При дискретном способе обработки профилограммы Ra рассчитывается по формуле

$$Ra = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} |y_i|, \tag{1.22}$$

где y_i – измеренное отклонение профиля в дискретных точках; n – число дискретных отклонений, измеренных на базовой длине.

Наибольшая высота профиля Rz – сумма высоты наибольшего выступа профиля R_p и глубины наибольшей впадины профиля R_v в пределах базовой длины l.

Полная высота профиля R_{max} – сумма высоты наибольшего выступа профиля R_p и глубины наибольшей впадины профиля R_v в пределах длины оценки L (рис. 1.44).

К *шаговым параметрам* шероховатости относят средний шаг неровностей профиля S_m, средний шаг местных выступов S и относительную опорную длину профиля t_p.

Средний шаг неровностей профиля S_m – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины (рис. 1.44):

$$S_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_{mi}\,. \tag{1.23}$$

Витебский государственный технологический университет

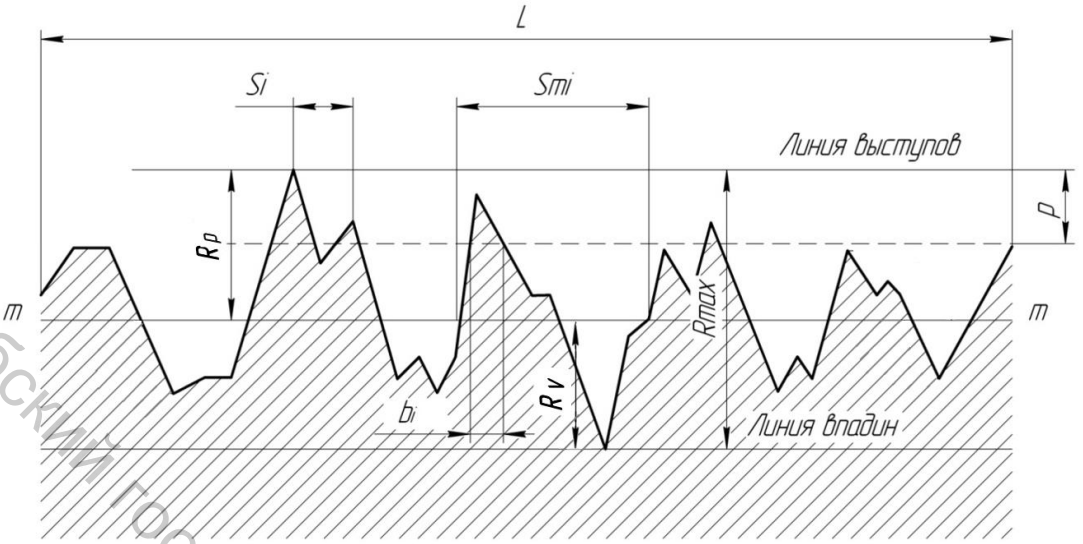


Рисунок 1.44 – Схема для определения параметров шероховатости

Средний шаг местных выступов профиля S – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i \,. \tag{1.24}$$

Опорная длина профиля η_p – сумма длин отрезков в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале линией, эквидистантной средней линии (рис. 1.44):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^{n} b_i. \tag{1.25}$$

Опорную длину профиля η_p определяют на уровне сечения профиля p, т.е. на заданном расстоянии между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль, эквидистантной линии выступов.

Относительная опорная длина профиля t_p – это отношение опорной длины к базовой длине, выраженное в процентах:

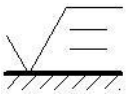
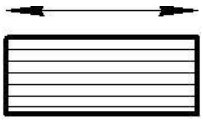
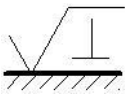
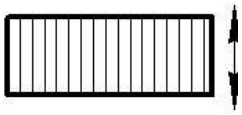
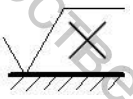
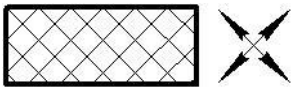
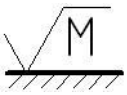
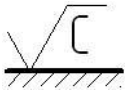
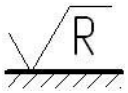
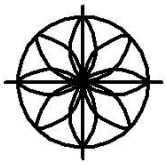
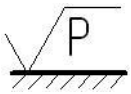
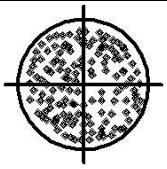
$$t_p = \frac{\eta_p \cdot 100\%}{l}. \tag{1.26}$$

В ответственных случаях, когда по условиям работы необходимо устанавливать дополнительные требования к направлению неровностей

Витебский государственный технологический университет

поверхности, стандартом предусмотрены типы направления неровностей, представленные в табл. 1.11.

Таблица 1.11 – Типы и обозначение неровностей поверхности (ГОСТ 2.309-73)

Тип направления неровностей	Обозначение	Схематичное изображение	Пояснение
Параллельное			Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перпендикулярное			Перпендикулярно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Перекрещивающееся			Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования
Произвольное			Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность к шероховатости которой устанавливаются требования
Кругообразное			Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
Радиальное			Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования
Точечное			На поверхности допускаются точечные углубления, возникающие например, при электроэрозионной обработке

Витебский государственный технологический университет

1.4.3 Назначение параметров шероховатости

Параметры шероховатости поверхностей назначают исходя из применения и конструктивных особенностей деталей машин. В большинстве случаев основными параметрами являются высотные, из которых наиболее информативным является параметр Ra. Этот параметр определен как предпочтительный. Параметр Rz применяется, когда прямой контроль параметра Ra по техническим причинам не представляется возможным.

Износостойкость, контактная жесткость, прочность посадок с натягом и другие эксплуатационные свойства сопрягаемых поверхностей связаны с фактической площадью контакта, выражаемой через параметр t_p. Эксплуатационные свойства поверхности и назначаемые параметры шероховатости приведены в табл. 1.12.

Таблица 1.12 – Эксплуатационные свойства поверхности и обеспечивающая их номенклатура параметров шероховатости

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости и характеристики, определяющие эксплуатационное свойство
Износоустойчивость при всех видах трения	Ra (Rz), t_p, направление неровностей
Виброустойчивость	Ra (Rz), S_m, S, направление неровностей
Контактная жесткость	Ra (Rz), t_p
Прочность соединения	Ra (Rz)
Прочность конструкции при циклических нагрузках	R_{max}, S_m, S, направление неровностей
Герметичность соединений	Ra (Rz), R_{max}, t_p
Сопротивление в волноводах	Ra, S_m, S

Числовые значения параметров шероховатости и базовых длин при нормировании выбираются по табл. 1.13.

Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допуска размера и формы приведены в табл. 1.14. Этой таблицей можно пользоваться при назначении норм шероховатости, если по условиям сборки или работы изделий шероховатость поверхности не требуется ограничить более жесткими требованиями.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.13 – Числовые значения параметров шероховатости и базовой длины (ГОСТ 2789-73)

Высотные параметры, мкм							
Ra							
1000	320	50*	8,0	2,5	0,40*	0,063	0,010
800	250	40	6,3*	1,00	0,32	0,050*	0,008
630	100*	32	5,0	0,80*	0,25	0,040	-
500	80	25*	4,0	0,63	0,100*	0,032	-
400*	63	10,0	3,2*	0,5	0,080	0,025*	-
Rz							
1600	320	63	0	3,2*	0,63	0,125	0,025
1250	250	50*	12,5	2,5	0,5	0,100*	-
1000	200*	40	10,0	2,0	0,40*	0,080	-
800	160	32	8,0	1,60	0,32	0,063	-
630	125	25.0*	6,3*	1,25	0,25	0,050	-
500	100*	20,0	5,0	1,00	0,20*	0,040	-
400*	80	16,	4,0	0,8	0,160	0,032	-

Шаговые параметры, мм							
Шаговые параметры S_m и S							
12,5	4,0	1,25	0,40	0,125	0,040	0,0125	0,004
10,0	3,2	1,00	0,32	0,100	0,032	0,010	0,0025
8,0	2,5	0,80	0,25	0,080	0,025	0,008	0,002
6,3	2,0	0,63	0,20	0,063	0,020	0,006	
5,0	1,6	0,50	0,16	0,050	0,016	0,005	

Относительная опорная длина профиля t_p
10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Уровень сечения p, % от R_{max}
5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Базовая длина l, мм
0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25
Примечание. Предпочтительные значения параметров обозначены звездочкой.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.14 – Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размеров и формы, *Ra*, мкм

Допуск размера по квалитетам	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм				Допуск размера по квалитетам	Допуск формы, % от допуска размера	Номинальные размеры, мм			
		До 18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св.120 до 500			До18	Св. 18 до 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
		Ra, мкм						*Ra*, мкм			
IT3	100 60 40	0,2 0,1 0,05	0,4 0,2 0,1	0,4 0,2 0,1	0,8 0,4 0,2	IT9	100 и 60 40 25	3,2 1,6 0,8	3,2 3,2 1,6	6,3 3,2 1,6	6,3 6,3 3,2
IT4	100 60 40	0,4 0,2 0,1	0,8 0,4 0,2	0,8 0,4 0,2	1,6 0,8 0,4	IT10	100 и 60 40 25	3,2 1,6 0,8	6,3 3,2 1,6	6,3 3,2 1,6	6,3 6,3 3,2
IT5	100 60 40	0,4 0,2 0,1	0,8 0,4 0,2	1,6 0,8 0,4	1,6 0,8 0,4	IT11	100 и 60 40 25	6,3 3,2 1,6	6,3 3,2 1,6	12,5 6,3 3,2	12,5 6,3 3,2
IT6	100 60 40	0,8 0,4 0,2	1,6 0,8 0,4	1,6 0,8 0,4	3,2 1,6 0,8	IT12 и IT13	100 и 60 40	12,5 6,3	12,5 6,3	25 12,5	25 12,5
IT7	100 60 40	1,6 0,8 0,4	3,2 1,6 0,8	3,2 1,6 0,8	3,2 1,6 0,8	IT14 и IT15	100 и 60 40	12,5 12,5	25 12,5	50 25	50 25
IT8	100 60 40	1,6 0,8 0,4	3,2 1,6 0,8	3,2 1,6 0,8	3,2 1,6 0,8	IT16 и IT17	100 и 60 40	25 25	50 25	100 50	100 50
Примечание: если основной допуск формы меньше значения указанного в таблице, то значение *Ra* следует назначить не более $0{,}15T_ф$, $T_ф$ – допуск формы.											

Если сопряжение и метод обработки не позволяют определить требования к шероховатости поверхности, нормирование шероховатости следует проводить по другим критериям, ориентируясь на данные передовых отраслей промышленности (табл. 1.15).

Параметр *Rz* нормируется в тех случаях, когда по функциональным или техническим требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля или шероховатость рыхлого поверхностного слоя (поковки, отливки). В табл. 1.16 приведены примеры назначения параметра *Rz*.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.15 – Примеры нормирования шероховатости поверхности деталей

Характеристика поверхности			Значение параметра *Ra*, мкм, не более		
Посадочные поверхности сменных деталей	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм		
			До 50	Св. 50 до 500	
	5	Вал Отверстие	0,2 0,4	0,4 0,8	
	6	Вал Отверстие	0,4 0,4-0,8	0,8 0,8-1,6	
	7	Вал Отверстие	0,4-0,8 0,8	0,8-1,6 1,6	
	8	Вал Отверстие	0,8 0,8-1,6	1,6 1,6-3,2	
Поверхности деталей в посадках с натягом: а) собираемые под прессом	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм		
			До 50	Св. 50 до 120	Св. 120 до 500
	5	Вал Отверстие	0,1-0,2 0,2-0,4	0,4 0,8	0,4 0,8
	6-7	Вал Отверстие	0,4 0,8	0,8 1,6	1,6 1,6
	8	Вал Отверстие	0,8 1,6	0,8-1,6 1,6-3,2	1,6-3,2 1,6-3,2
б) собираемые способом термических деформаций		Вал Отверстие	1,6 1,6-3,2		

Поверхности деталей при селективной сборке	Поверхность	Допуск сортировочной группы, мкм				
		<2,5	2,5	5	10	20
	Вал Отверстие	0,05 0,1	0,1 0,2	0,2 0,4	0,4 0,8	0,8 1,6

Поверхности деталей для посадок с точным центрированием	Поверхность	Допуск радиального биения, мкм					
		2,5	4	6	10	16	25
	Вал Отверстие	0,05 0,1	0,1 0,2	0,1 0,2	0,2 0,4	0,4 0,8	0,8 1,6

Посадочные поверхности подшипников скольжения	Поверхность	Квалитеты		Жидкостный режим трения
		6-9	10-12	
	Вал Отверстие	0,4-0,8 0,8-1,6	0,8-3,2 1,6-3,2	0,1-0,4 0,2-0,8

Поверхности валов под уплотнение	Уплотнение	Скорость м/с.		
		До 3	5	Св. 5
	Резиновое	0,8-1,6; полировать	0,4-0,8; полировать	0,2-0,4; полировать
	Войлочное	0,8-1,6 полировать		-
	Лабиринтное	3,2-6,3		-
	Жировые канавки	3,2-6,3		-

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.15

<table>
<tr><td colspan="3">Характеристика поверхности</td><td colspan="6">Значение параметра Ra, мкм, не более</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Поверхности направляющих</td><td rowspan="2">Скорость, м/с</td><td colspan="6">Допуск плоскостности, мкм (на 100мм)</td></tr>
<tr><td>До 6</td><td>10</td><td>25</td><td>60</td><td>Св. 60</td></tr>
<tr><td rowspan="2">скольжения</td><td>До 0,5
Св. 0,5</td><td>0,2
0,1</td><td>0,4
0,2</td><td>0,8
0,4</td><td>1,6
0,8</td><td>3,2
1,6</td></tr>
<tr><td>качения</td><td>До 0,5
Св. 0,5</td><td>0,1
0,05</td><td>0,2
0,1</td><td>0,4
0,2</td><td>0,8
0,4</td><td>1,6
0,8</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Поверхности торцовых опор (пят и подпятников)</td><td colspan="2" rowspan="2">Скорость, м/с</td><td colspan="5">Допуск торцового биения, мкм</td></tr>
<tr><td>До 6</td><td>16</td><td>25</td><td>Св. 25</td></tr>
<tr><td colspan="2">До 0,5
Св. 0,5</td><td>0,1
0,1</td><td>0,4
0,2</td><td>0,8-1,6
0,8</td><td>3,2
1,6</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Поверхности разъёма корпусов (редукторов, подшипников и т.п.)</td><td colspan="2">Соединение</td><td colspan="3">С прокладкой</td><td colspan="2">Без прокладки</td></tr>
<tr><td colspan="2">Герметичное
Негерметичное</td><td colspan="3">3,2-6,3
6,3-12,5</td><td colspan="2">0,8-1,6
6,3-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="3">Поверхности кронштейнов, втулок, поводков, колец, ступиц, крышек и аналогичных деталей прилегающих к другим поверхностям, но не являющимися посадочными</td><td colspan="6">3,2-6,3</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Рабочие поверхности кулачков и копиров</td><td colspan="2" rowspan="2">Сопряжение</td><td colspan="5">Допуск формы профиля, мкм</td></tr>
<tr><td>До 6</td><td>30</td><td>50</td><td>Св. 50</td></tr>
<tr><td colspan="2">С ножами или сухарями</td><td>0,4</td><td>0,8</td><td>1,6</td><td>3,2</td></tr>
<tr><td colspan="2">С роликами</td><td>0,8</td><td>1,6</td><td>32</td><td>6,3</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Рабочие поверхности шкивов плоско- и клиноременных передач</td><td colspan="6">Диаметр шкива, мм</td></tr>
<tr><td colspan="2">До 120</td><td colspan="2">Св. 120 до 315</td><td>Св. 315</td></tr>
<tr><td colspan="2">1,6</td><td colspan="2">3,2</td><td>6,3</td></tr>
<tr><td colspan="3">Рабочие поверхности катков фрикционных передач</td><td colspan="6">В зависимости от габарита и условий работы</td></tr>
<tr><td colspan="3">Рабочие поверхности фрикционов</td><td colspan="6">0,2-0,8</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="3">Рабочие поверхности фрикционов</td><td rowspan="2">Колодки, муфты, диски</td><td>Колодки</td><td colspan="2">Муфты</td><td colspan="2">Диски</td></tr>
<tr><td>1,6-3,2</td><td colspan="2">0,8-1,6</td><td colspan="2">0,1-0,8</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Тормозные барабаны</td><td colspan="5">Диаметр барабана, мм</td></tr>
<tr><td colspan="3">До 500</td><td colspan="2">Св. 500</td></tr>
<tr><td colspan="3">0,8-1,6</td><td colspan="2">1,6-3,2</td></tr>
<tr><td colspan="4" rowspan="2">Рабочие поверхности конических соединений</td><td colspan="4">Соединения</td></tr>
<tr><td>Герметичные</td><td>Центрирующие</td><td colspan="2">Прочие</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td><td>0,1-0,4</td><td>0,4-1,6</td><td colspan="2">1,6-3,2</td></tr>
</table>

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.15

<table>
<tr><td colspan="3">Характеристика поверхности</td><td colspan="6">Значение параметра Ra, мкм, не более</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Соединения с призматическими и сегментными шпонками</td><td>Соединения</td><td>Поверхность</td><td colspan="2">Шпонка</td><td colspan="2">Паз вала</td><td colspan="2">Паз втулки</td></tr>
<tr><td>Неподвижное</td><td>Рабочая
Нерабочая</td><td colspan="2">3,2
6,3-12,5</td><td colspan="2">1,6-3,2
6,3-12,5</td><td colspan="2">1,6-3,2
6,3-12,5</td></tr>
<tr><td>С направляющей шпонкой</td><td>Рабочая
Нерабочая</td><td colspan="2">1,6-3,2
6,3-12,5</td><td colspan="2">1,6-3,2
6,3-12,5</td><td colspan="2">1,6-3,2
6,3-12,5</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Зубчатые (шлицевые) соединения</td><td colspan="2" rowspan="2">Соединение</td><td rowspan="2">Впадина отверстия</td><td rowspan="2">Зуб вала</td><td colspan="2">Центрирующая поверхность</td><td colspan="2">Нецентрирующие поверхности</td></tr>
<tr><td>Отверстие</td><td>Вал</td><td>Отверстие</td><td>Вал</td></tr>
<tr><td colspan="2">Неподвижное</td><td>1,6-3,2</td><td>1,6-3,2</td><td>0,8-1,6</td><td rowspan="2">0,4-1,6</td><td>3,2-6,3</td><td>1,6-6,3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Подвижное</td><td>0,8-1,6</td><td>0,4-0,8</td><td>0,8-1,6</td><td>3,2</td><td>1,6-3,2</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Резьбовые соединения</td><td colspan="2" rowspan="2">Рабочие поверхности резьбы</td><td colspan="6">Степень точности резьбы</td></tr>
<tr><td colspan="2">4; 5</td><td colspan="2">6; 7</td><td colspan="2">7-9</td></tr>
<tr><td colspan="2">Крепежная резьба на болтах, винтах, гайках</td><td colspan="2">1,6</td><td colspan="2">3,2</td><td colspan="2">3,2-6,3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Резьба на валах, штоках, втулках и на конусах</td><td colspan="2">0,8-1,6</td><td colspan="2">1,6</td><td colspan="2">32</td></tr>
<tr><td colspan="2">Резьбы ходовых и грузовых винтов</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">0,4</td><td colspan="2">0,8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Резьбы гаек ходовых и грузовых винтов</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">0,8</td><td colspan="2">1,6</td></tr>
</table>

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.15

<table>
<tr><td colspan="2">Характеристика поверхности</td><td colspan="10">Значение параметра Ra, мкм, не более</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Зубчатые и червячные передачи</td><td rowspan="2">Поверхности</td><td colspan="10">Степень точности</td></tr>
<tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr>
<tr><td>Профили зубьев прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических и червячных колес</td><td>0,1-0,2</td><td colspan="3">0,2-0,4</td><td>0,4</td><td>0,4-0,8</td><td>1,6</td><td>3,2</td><td>6,3</td><td>6,3</td></tr>
<tr><td>Профили зубьев конических колес</td><td>-</td><td>-</td><td>0,2-0,4</td><td colspan="2">0,4-0,8</td><td>0,8-1,6</td><td>1,6-3,2</td><td>3,2-6,3</td><td>6,3</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td>Профили витков червяков</td><td>0,1</td><td>0,2</td><td>0,2</td><td>0,4</td><td>0,4-0,8</td><td>0,8-1,6</td><td>1,6-3,2</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>По поверхностям впадин</td><td colspan="10">То же, что и для рабочих поверхностей, или ближайшее более грубое предпочтительное значение</td></tr>
<tr><td>По диаметрам выступов</td><td colspan="10">3,2-12,5</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Звездочки для приводных цепей</td><td rowspan="2">Поверхности</td><td colspan="9">Точность исполнения</td></tr>
<tr><td colspan="6">Нормальная</td><td colspan="3">Повышенная</td></tr>
<tr><td>Рабочие</td><td colspan="6">3,2-6,3</td><td colspan="3">1,6-3,2</td></tr>
<tr><td>Впадин</td><td colspan="6">6,3</td><td colspan="3">3,2</td></tr>
<tr><td>Выступов</td><td colspan="9">3,2-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек</td><td>3,2-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Нерабочие поверхности осей и валов</td><td>6,3-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п.</td><td>3,2-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Проходные отверстия под болты, винты, заклёпки и т.п.</td><td>25</td></tr>
<tr><td colspan="10">Болты и гайки чистые (кругом)</td><td>3,2-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Болты и гайки получистые (в местах обработки)</td><td>25</td></tr>
<tr><td colspan="10">Поверхности головок винтов</td><td>3,2-12,5</td></tr>
<tr><td colspan="10">Опорные поверхности прижин сжатия</td><td>12,5-25</td></tr>
</table>

Таблица 1.16 – Параметр *Rz* шероховатости поверхностей элементов деталей

Элемент детали	*Rz*, мкм
Нерабочие контуры деталей. Поверхности деталей установленных на бетонных, кирпичных и деревянных основаниях	320…160
Отверстия на проход крепежных деталей. Выточки, проточки. Отверстия масляных каналов на силовых валах. Кромки детали под сварные швы. Опорные поверхности пружин сжатия. Подошвы станин, корпусов, лап.	80

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.16

Элемент детали	*Rz*, мкм
Внутренний диаметр шлицевых соединений (не шлифованных). Свободные несопрягаемые торцевые поверхности валов, муфт, втулок. Поверхности головок винтов	40
Торцевые поверхности под подшипники качения. Поверхности втулок, колец, ступиц, прилегающие к другим поверхностям, но не являющиеся посадочными. Нерабочие торцы валов, втулок, планок. Шейки валов 12-го квалитета диаметром 80-500мм. Поверхности отверстий 12-го квалитета диаметром 18-500 мм и 11-го квалитета.	20
Нерабочие торцовые поверхности зубчатых и червячных колес и звездочек. Канавки, фаски, выточки, зенковки, закругления и т.п. Болты и гайки нормальной и повышенной точности (кроме резьбы)	40…10

1.4.4 Обозначение параметров шероховатости на чертежах

Шероховатость поверхностей обозначается на чертежах, для всех выполненных по данному чертежу поверхностей изделия независимо от методов образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. Структура обозначения шероховатости приведена на рис. 1.45.

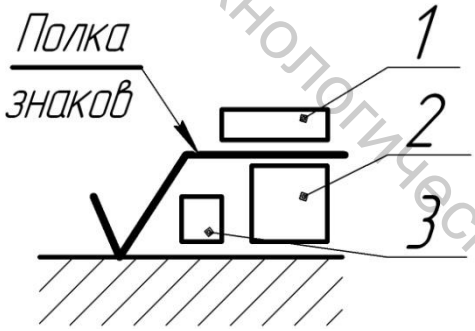


Рисунок 1.45 – Структура обозначения шероховатости (ГОСТ 2.309-73): *1* – способ обработки поверхности; *2* – базовая длина, параметры шероховатости; *3* – условное обозначение направления неровностей.

В обозначениях шероховатости поверхности применяют один из знаков, приведенных на рис. 1.46.

Значение параметров шероховатости указывают в обозначениях после соответствующего символа: Ra 0,4; $R_{\max}$ 6,3; S_m0,63; t_{50}70; S 0,032; Rz 50.

Витебский государственный технологический университет

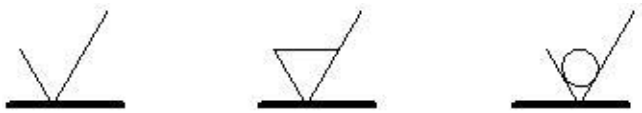


Рисунок 1.46 – Знаки, задающие способы образования поверхности: *а* – способ обработки конструктором не устанавливается; *б* – поверхность должна быть образована только удалением слоя материала; *в* – поверхность должна быть образована без удаления слоя материала

При указании наибольшего значения параметра шероховатости в обозначениях приводят параметр шероховатости без предельных отклонений, например: $\sqrt{Ra\ 0{,}4}$; $\sqrt{Rz\ 50}$. При указании наименьшего значения параметра шероховатости после значения следует указать «*min*», например: $\sqrt{Ra\ 3{,}2min}$; $\sqrt{Rz\ 50min}$.

Предельные значения параметров располагают одни под другими, сверху – наибольшее, снизу – наименьшее:

$$Ra\ \begin{matrix}0{,}8\\ 0{,}4\end{matrix}\qquad Ra\ \begin{matrix}0{,}10\\ 0{,}05\end{matrix}\qquad Ra\ \begin{matrix}0{,}80\\ 0{,}32\end{matrix}\qquad t_{50}\begin{matrix}70\\ 50\end{matrix}$$

При указании номинального значения параметра шероховатости поверхности в обозначении приводят это значение с предельными отклонениями по ГОСТ 2789-73, например: $Ra\ 1 \pm 20\%$; $Rz\ 100_{-10\%}$; $S_m 0{,}63^{+20\%}$.

При указании двух и более параметров шероховатости поверхности в обозначении шероховатости значения параметров записывают сверху вниз в следующем порядке: параметр высоты неровностей профиля, параметр шага неровностей, относительная опорная длина.

Обозначение шероховатости поверхности на изображении изделия располагают на линии контура или выносной линии. Допускается располагать обозначение шероховатости на размерной линии, её продолжении, рамке допуска формы, а также разрывать выносную линию.

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа вместе с условным обозначением (√). Это означает, что все поверхности, на которые не нанесены обозначения шероховатости или спецзнак, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением.

Витебский государственный технологический университет

1.5 Допуски и посадки типовых соединений

1.5.1 Нормирование требований к точности угловых размеров и конических поверхностей

1.5.1.1 Угловые размеры

Все *нормальные углы* (соответствующие рядам стандартных значений, приведенным в ГОСТ 8908-81) разделены на три группы:

– нормальные углы общего назначения (наиболее распространенные);

– нормальные углы специального назначения (ограниченное применение в стандартизированных специальных деталях);

– специальные углы (углы, которые определяются специфическими требованиями и размеры которых нельзя округлить до нормальных углов).

Нормальные углы общего назначения разделены на три ряда:

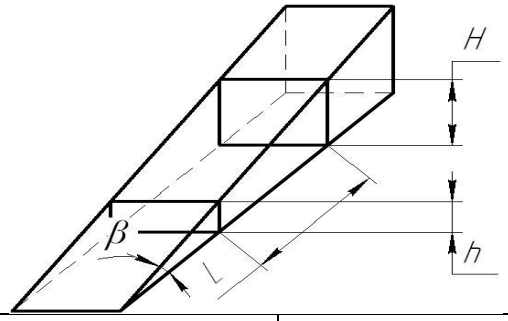
1) 0°, 5°, 15°, 45°, 60°, 90°, 120°;

2) 0, 0° 30’, 1°, 2°, 3°, 10°, 15°, 20°, 45°, 60°, 75°, 90°, 120°;

3) 0, 0° 15’, 0° 30’, 0° 45’, 1°30’, 2°, 2° 30’, 3°, 4°,9°, 10°, 12°, 15°, 18°, 20°, 22°, 25°, 45°, 55°, 60°, 65°,70°, 75°, 80°, 85°, 90°, 100°, 110°, 120°, 135°, 150°, 180°, 270°, 360°.

Для призматических деталей допускается применение нормальных уклонов (табл. 1.17).

Таблица 1.17 – Соотношение между нормальными уклонами и углами (ГОСТ 8908-81)



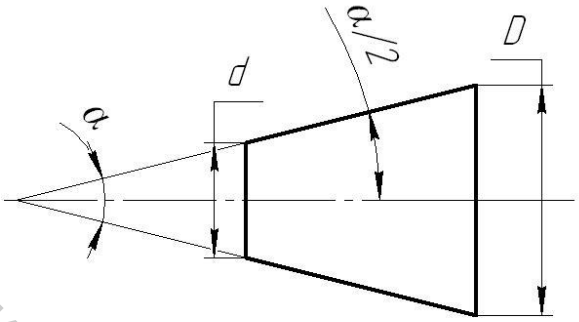
$$S = \frac{H - h}{L} = \text{tg}\,\beta$$

Уклон, S	Угол уклона, β	Уклон, S	Угол уклона, β
1:500	6′52,5′′	1:50	1°8′44,7′′
1:200	17′11,3′′	1:20	2°51′44,7′′
1:100	34′22,6′′	1:10	5°42′38,1′′

Углы конусов могут быть выражены не только через угловые параметры, но и через нормальную конусность (табл. 1.18).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.18 – Соотношения между нормальной конусностью, углами конуса и углами уклона (ГОСТ 8593-81)



$$C = \frac{D-d}{L} = 2tg\frac{\alpha}{2}$$

C – конусность
α – угол конуса
$\alpha/2$ – угол уклона

Конусность	Угол конуса α		Угол уклона $\alpha/2$	
	в градусах	в радианах	в градусах	в радианах
1:500	6′52,5′′	0,002	3′26,25′′	0,001
Направляющие прецизионных приборов, станков				
1:200	17′11,3′′	0,005	8′35,6′′	0,0025
Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающихся ударной переменной нагрузке. Конические призонные болты. Конические оправки. Неподвижные соединения для передачи крутящих моментов в машинах.				
1:100	34′22.6′′	0,01	17′11,3′′	0,005
Крепежные детали для неразборных соединений, подвергающиеся спокойной переменной нагрузке. Клиновые шпонки. Конические оправки.				
1:50	1°8′45,2′′	0,019999	34′22,6′′	0,09999
Неподвижные соединения в гидропередачах тепловозов и подъемно-транспортных устройств. Конические штифты, установочные шпильки, хвостовики калибров пробок, концы насадных рукояток. Сальниковые уплотнения втулок и конических осей счетчиков для жидкостей, конические зубчатые колеса, шпонки клиновые и тангенциальные.				
1:30	1°54′34,9′′	0,03333	57′17,5′′	0,016665
Конические шейки шпинделей станков. Конусы насадных разверток и зенкеров и оправки для пик.				
1:20	2°51′51,1′′	0,049998	1°25′25,5′′	0,024995
Болты конусные, задвижки клинкетные, балеры руля. Метрические конусы инструментов. Отверстия в шпинделях станков. Хвостовики инструментов. Оправки развертки под метрические конусы. Хвостовики трибок под посадку стрелок.				
1:15	3°49′5,9′′	0,066642	1°54′32,9′′	0,033321
Плотные силовые соединения сплошных и полых гребных валов для насадки гребного винта, валов с фланцевыми муфтами. Конические соединения деталей при усилиях вдоль оси. Соединения поршней со штоками. Соединения частей коленчатых валов. Баллеры руля. Посадочные места под зубчатые колеса шпинделей. Концевые скобы якорных цепей. Соединительные болты.				

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.18

Конусность	Угол конуса α		Угол уклона $\alpha/2$	
	в градусах	в радианах	в градусах	в радианах
1:12	4°46′18,8′′	0,083285	2°23′9,4′′	0,041643
Закрепительные втулки шарико- и ролико-подшипников, шейки шпинделей под регулируемый подшипник.				
1:10	5°43′29,3′′	0,099916	2°51′44,6′′	0,049958
Соединительные муфты валов соединения сплошных валов судовых валопроводов с фланцевыми муфтами. Конические соединения деталей при радиальных и осевых усилиях. Концы валов электрических и других машин. Регулируемые втулки подшипников шпинделей. Валы зубчатых передач. Насосы поршневые. Соединительные болты и пальцы. Конусы инструментов, упорные центры для тяжелых станков. Уплотнительные кольца.				
1:8	7°9′9,6′′	0,124838	3°34′34,8′′	0,062419
Конусы валиков сопряженных с кулачками. Пробки валов арматуры. Муфты на валах по американскому стандарту для автопромышленности.				
1:7	8°10′16,4′′	0,142615	4°5′8,2′′	0,071307
Краны пробковые проходные сальниковые, муфтовые и фланцевые чугунные. Концы шлифовальных шпинделей с наружными конусами.				
1:5	11°25′16,3′′	0,199337	5°42′38,1′′	0,099669
Легко разъединяющиеся при радиальных усилиях соединения деталей. Конические хвосты цапф. Конические фрикционные муфты. Соединительные муфты генераторов. Арматура. Крепление штока. Концы валов для крепления аппаратуры в автостроении. Замковые резьбы бурильных труб.				
1:3	18°55′28,7′′	0,330297	9°27′44,3′′	0,165149
Конусы муфт предельного момента. Концы шлифовальных шпинделей с наружным конусом и отверстия насадных торцевых фрез. Шток в поршне.				
1:1.866	30°	0,523599	15°	0,261799
Фрикционные муфты приводов, зажимные цанги головки шинных болтов, шток в поршне.				
1:1,207	45°	0,785398	22° 30′	0,392699
Потайные и полупотайные головки заклепок диаметром от 27 до 36 мм. Уплотняющие конусы для ниппельных винтовых соединений труб.				
1:0,866	60°	1,047198	30°	0,523599
Потайные и полупотайные головки заклепок диаметром от 16 до 24 мм. Центры станков и центровые отверстия. Клапаны пробные спускные и перепускные.				
1:0,652	75°	1,308997	37°30′	0,654498
Потайные головки болтов. Потайные и полупотайные головки заклепок диаметром от 10 до 14 мм. Наружные центры инструментов (метчиков, разверток).				
1:0,500	90°	1,570796	45°	0,785398
Потайные и полупотайные головки заклепок диаметром до 8 мм. Потайные головки винтов для металла, пластмасс и дерева. Фаски нарезанных частей стержней. Фаски обрабатываемых валов, осей, пальцев и других подобных деталей. Конусы вентилей и клапанов. Центровые отверстия тяжелых валов. Фаски ступиц.				
1:0,289	120°	2,094395	60°	1,047198
Внутренние фаски нарезанных отверстий. Конусы под набивку сальников. Дроссельные клапаны. Наружные фаски гаек и головок винтов. Полупотайные головки заклепок диаметром до 5 мм.				

Витебский государственный технологический университет

1.5.1.2 Допуски и углы конусов

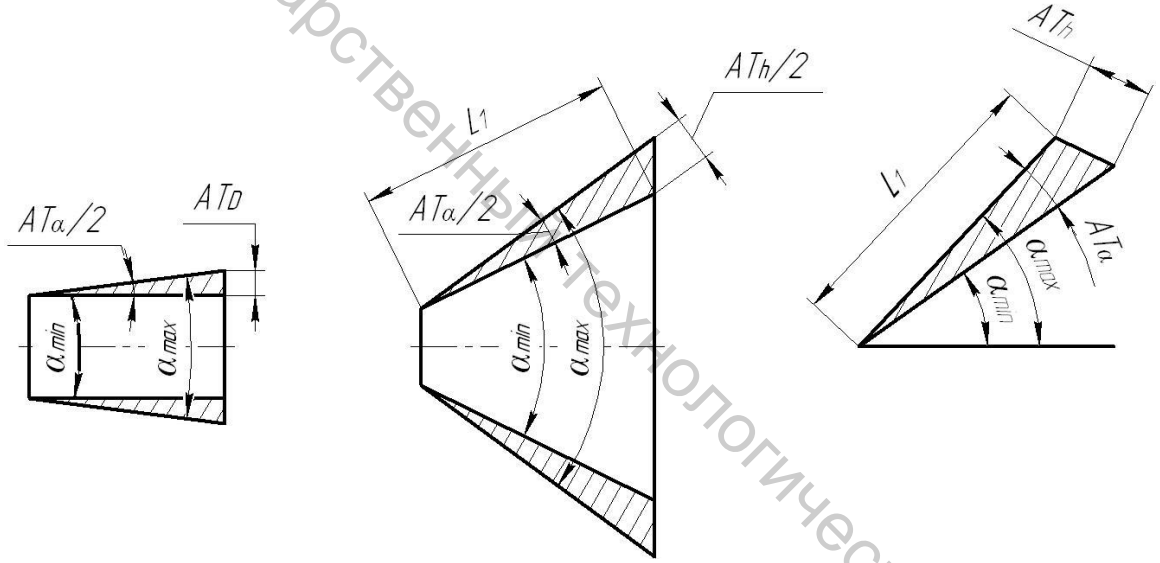
Допуск угла AT – разность между наибольшим и наименьшим предельными углами. Приняты следующие обозначения допусков:

AT_α – допуск угла выраженный в угловых единицах (рис. 1.47 а);

AT'_α– округленное значение допуска в градусах, минутах, секундах;

AT_D –допуск угла конуса, выраженный допуском на разности диаметров в двух нормальных к оси сечениях конуса на заданном расстоянии L между ними (определяется по перпендикуляру к оси конуса, рис. 1.47 а).

AT_h – допуск угла, выраженный отрезком на перпендикуляре (в микрометрах) к номинальному положению короткой стороны угла, на расстоянии L_1 от вершины этого угла (рис. 1.47 б).



а б

Рисунок 1.47 – Графическое изображение угловых параметров конических деталей: *а* – конусность ≤ 1:3; *б* – конусность >1:3.

Допуски угловых и линейных единиц связаны зависимостью:

$$AT_h = 10^{-3} AT_\alpha L_1, \qquad (1.27)$$

где AT_h выражен в микрометрах, AT_α — в микрорадианах, L_1 – длина стороны угла или длина образующей конуса, мм.

Для конусов, имеющих малые углы (при конусности $C < 1:3$ или угле конуса $\alpha \leq 19°$), $AT_D \approx AT_h$. При больших значениях C и α

Витебский государственный технологический университет

$$AT_D = \frac{AT_h}{cos\frac{\alpha}{2}}. \qquad (1.28)$$

Применяют три типа расположения интервалов допусков относительно номинального угла: плюсовое $(+AT)$, минусовое $(-AT)$ и симметричное $(\pm AT/2)$. В обоснованных случаях можно применять иное расположение допуска угла. При любом расположении интервала допуска отклонения угловых размеров отсчитываются от номинального размера угла. Типы расположения интервалов допусков показаны на рис. 1.48.

1.5.1.3 Степени точности

Критериями относительной точности углов являются степени точности. Для допусков углов установлено 17 степеней точности (1…17). Допуск угла при переходе от одной степени точности к другой изменяется по геометрической прогрессии со знаменателем 1,6.

При обозначении допуска угла заданной точности к обозначению добавляется степень точности, например, $AT8$.

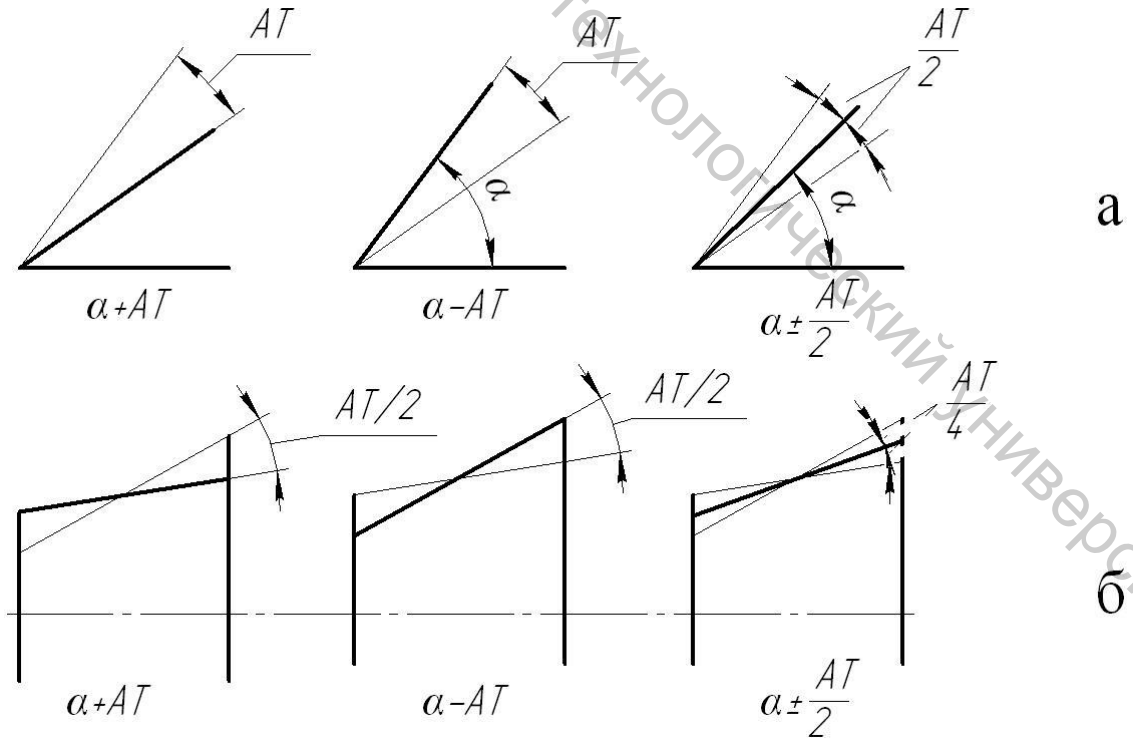


Рисунок 1.48 – Типы расположения интервалов допусков углов:
а – призматического элемента; *б* – конуса.

Витебский государственный технологический университет

Область применения каждой из 17 степеней определяется функциональными требованиями к точности угловых размеров. Так, степени точности применяются:

– выше 5-й – при изготовлении угловых мер;

– 5-я и 6-я – для конусов особо высокой точности, конических элементов герметичных соединений, сменных измерительных наконечников, точных опор скольжения;

– 7-я, 8-я – для деталей высокой точности, требующих хорошего центрирования, конических центрирующих поверхностей валов и осей, а также сопрягаемых с ними ступиц зубчатых колес и конусных муфт при высокой точности соединений;

– 9…12-я – в деталях нормальной точности – направляющих планках, фиксаторах, конических элементах валов, втулок и др.;

– 13…15-я – для деталей пониженной точности, в стопорных устройствах и т.п.;

16…17-я – для несопрягаемых угловых размеров.

1.5.1.4 Посадки конических соединений

Наличие зазора или натяга в коническом соединении определяется не только размерами наружного и внутреннего конусов, но и их относительным осевым положением. В зависимости от способа фиксации взаимного положения наружного и внутреннего конусов возможно образование следующих посадок:

– с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов конусов (базовых плоскостей). При этом способе фиксации возможно получение посадок с зазором, переходных и с натягом (рис. 1.49);

– с фиксацией по заданному осевому расстоянию Z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов. При этом способе возможно образование трех видов посадок (рис. 1.50);

– с фиксацией по заданному осевому смещению сопрягаемых конусов E_a от их начального положения (рис. 1.51 а, б). При этом способе фиксации возможно образование посадок с зазором и натягом;

– с фиксацией по заданной силе запрессовки F_s, прилагаемой в начальном положении сопрягаемых конусов (рис. 1.51 в). При этом способе фиксации возможно получение посадок только с натягом.

Витебский государственный технологический университет

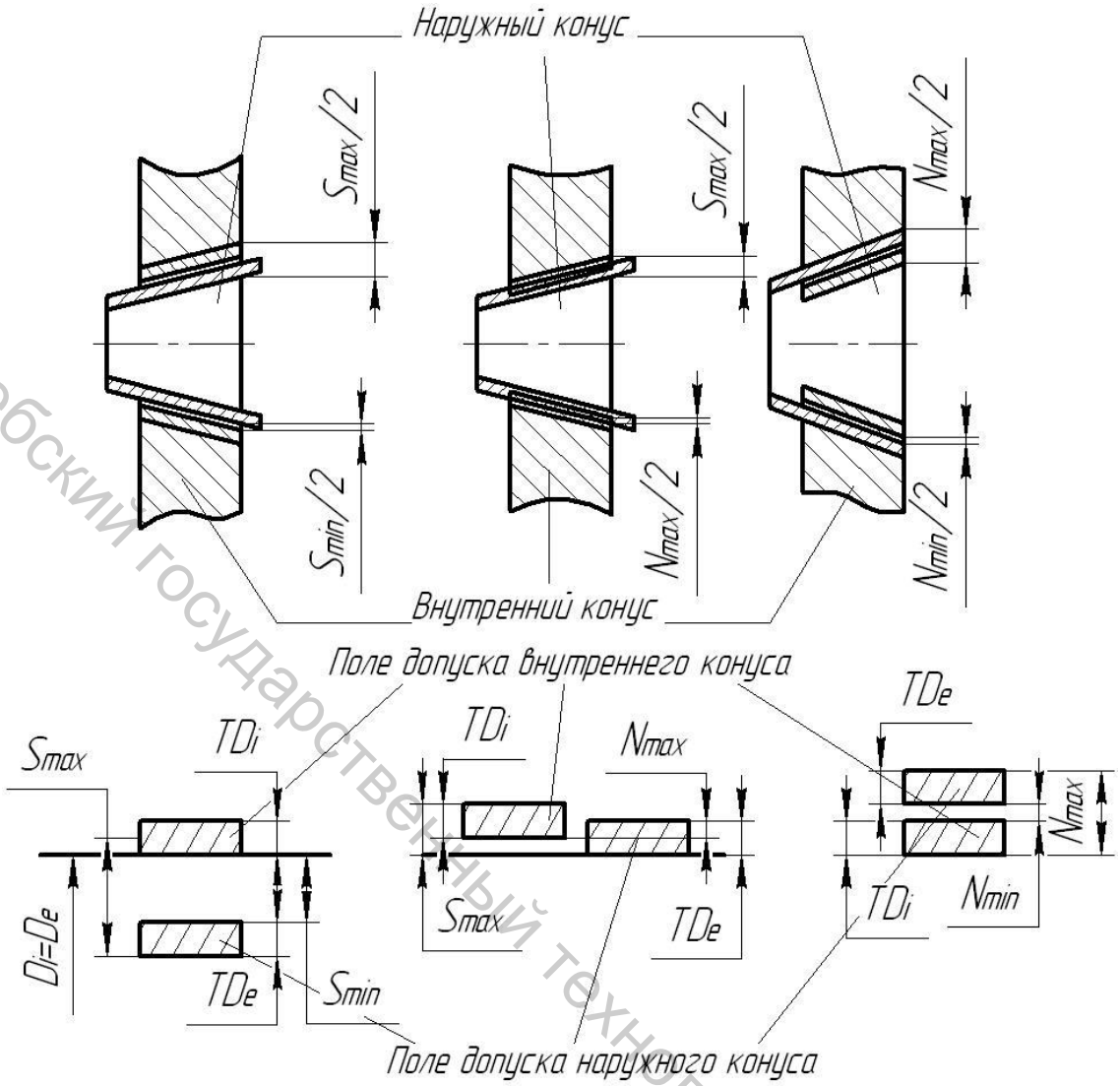


Рисунок 1.49 – Схемы образования посадок путем совмещения поверхностей наружного и внутреннего конусов: *а* – посадка с зазором; *б* – посадка переходная; *в* – посадка с натягом.

Витебский государственный технологический университет

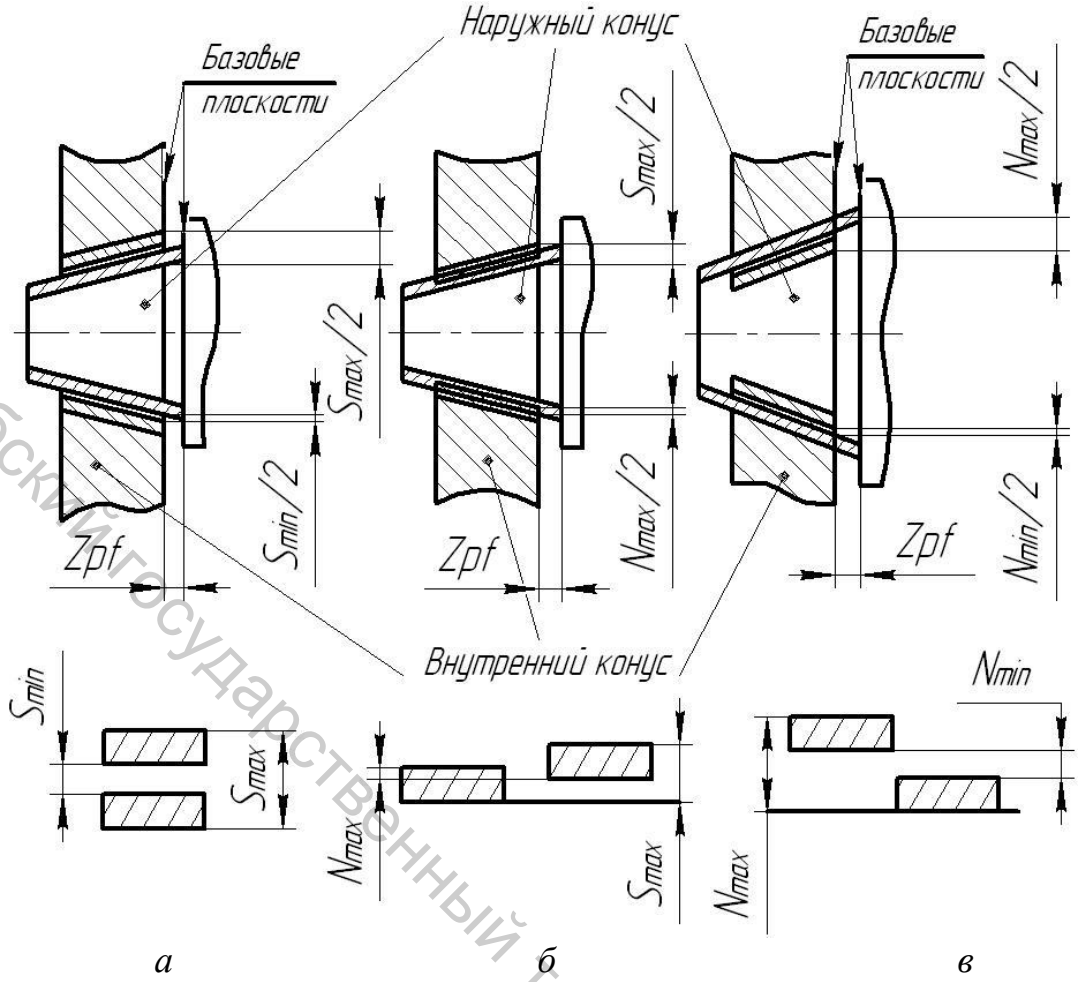


Рисунок 1.50 – Схемы образования посадок путем фиксации конусов по заданному осевому смещению: *а* – посадка с зазором; *б* – переходная посадка; *в* – посадка с натягом

1.5.1.5 Нормирование допусков

Установлены два способа нормирования допусков конусов.

1. Совместное нормирование всех видов допуском T_D диаметра конуса в любом сечении.

2. Раздельное нормирование каждого вида допуска: допуска диаметра конуса в заданном сечении T_{DS}, допуска угла конуса AT, допуска круглости T_{AK} и допуска прямолинейности образующих T_{RK}.

В посадках с фиксацией по конструктивным элементам и по заданному осевому расположению между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов допуски конусов предпочтительно нормировать первым способом. В посадках с фиксацией по заданному осевому смещению сопряга-

Витебский государственный технологический университет

емых конусов от начального положения или по заданному усилию запрессовки допуски конусов предпочтительно нормировать вторым способом.

Классы допусков диаметров наружных и внутренних конусов приведены в табл. 1.19 (дана в сокращении).

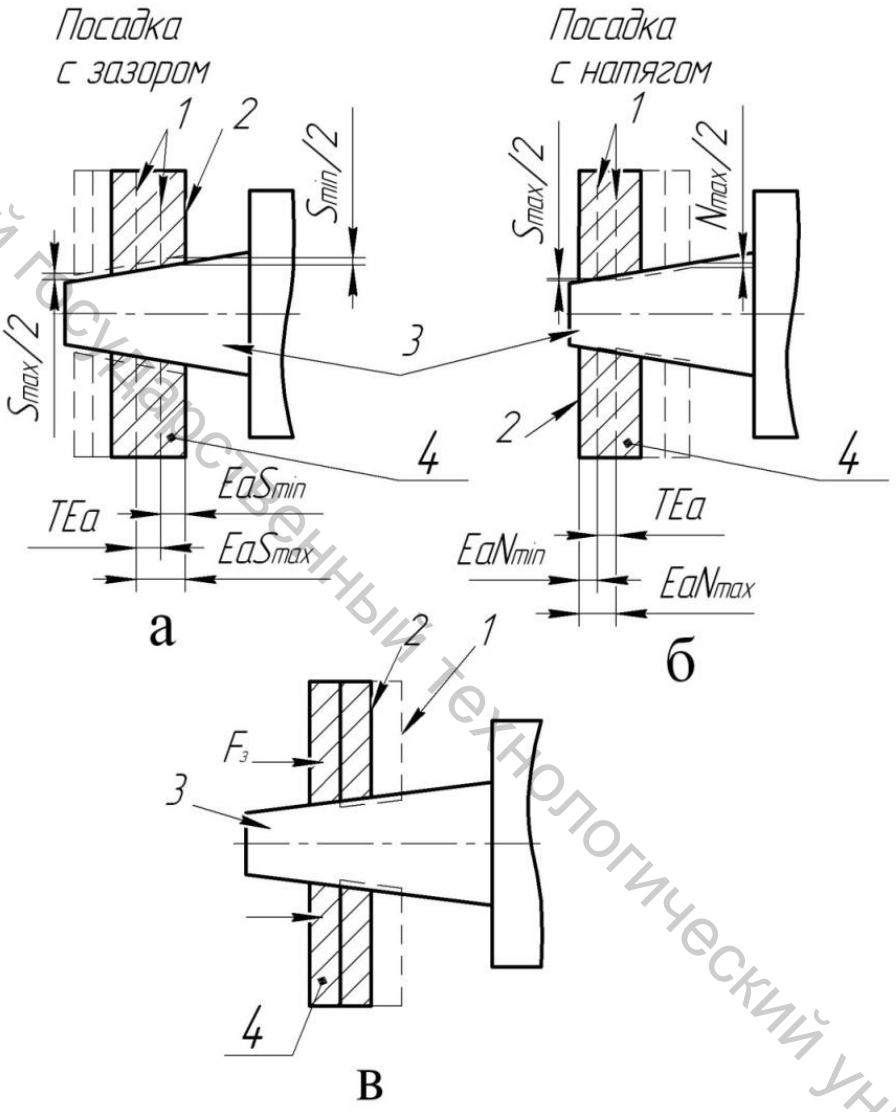


Рисунок 1.51 – Схемы образования посадок:
а, б – по заданному осевому смещению; *в* – по заданной силе запрессовки; Ea_{Smin}, Ea_{Smax}, Ea_{Nmin}, Ea_{Nmax} – наибольшие и наименьшие смещения внутреннего конуса, соответствующие образованию зазора или натяга; 1 – конечное положение; 2 – начальное положение; 3 – наружный конус; 4 – внутренний конус.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.19 – Классы допусков диаметров наружных и внутренних конусов (ГОСТ 25307-82)

Квалитет допуска T_D или T_{DS}	Наружные конусы															Внутренние конусы	
	Основные отклонения																
	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x	z	H	JS
	Класс допуска																
4			$g4$	$h4$	$js4$	$k4$	$m4$	$n4$								$H4$	$JS4$
5			$g5$	$h5$	$js5$	$k5$	$m5$	$n5$	$p5$	$r5$	$s5$					$H5$	$JS5$
6		$f6$	$g6$	$h6$	$js6$	$k6$	$m6$	$n6$	$p6$	$r6$	$s6$	$t6$				$H6$	$JS6$
7	$e7$	$f7$		$h7$	$js7$	$k7$	$m7$	$n7$			$s7$		$u7$			$H7$	$JS7$

Выбор классов допусков из табл. 1.19 проводят с учётом способа фиксации взаимного осевого положения конусов. В посадках с фиксацией по конструктивным элементам или по заданному осевому расстоянию между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов следует применять классы допусков не грубее 9-го квалитета точности с основным отклонением: для внутренних конусов – H, для наружных конусов – любым из числа заданных в табл. 1.19.

В посадках с фиксацией по заданному смещению сопрягаемых конусов от начального положения или по заданному усилию запрессовки следует применять классы допусков от 8-го до 12-го квалитетов точности с основными отклонениями: для внутренних конусов H или N; для наружных конусов h, p или k. В обоснованных случаях допускается применять классы допусков точнее 8-го квалитета.

1.5.1.6 Обозначения гладких конических соединений на чертежах

Обозначение выполняется в соответствии с ЕСКД.

1. При посадке с фиксацией путем совмещения конструктивных элементов сопрягаемых конусов размеры, определяющие характер соединения (рис. 1.52 а), на сборочном чертеже могут быть указаны только как справочные и отмечены звездочкой.

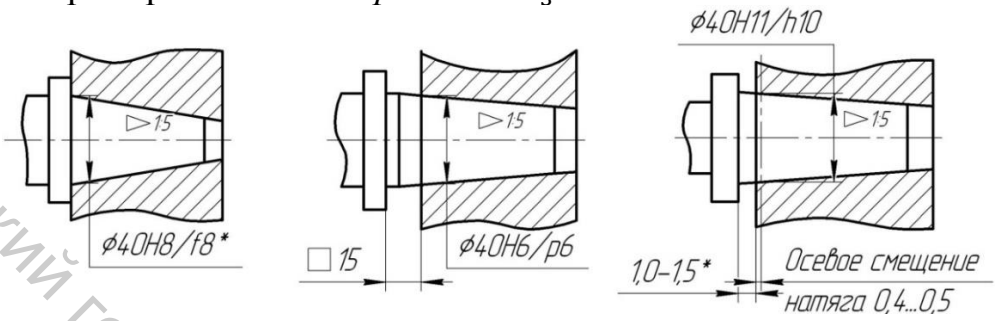
2. При посадке с фиксацией по заданному осевому расстоянию Z_{pf} между базовыми плоскостями сопрягаемых конусов в их конечном положении на сборочном чертеже должен быть указан размер, определяющий расстояние между базовыми плоскостями, заключенный в прямоугольную рамку (рис. 1.52 б).

3. При посадке с фиксацией по заданному взаимному осевому смещению сопрягаемых конусов от их начального положения на сборочном чертеже должен быть указан размер этого осевого смещения, а начальное

Витебский государственный технологический университет

положение конусов следует отмечать штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками (рис. 1.52 в).

4. При посадке с фиксацией по заданному усилию запрессовки, прилагаемому в начальном положении сопрягаемых конусов, заданное усилие запрессовки следует указывать в технических требованиях на чертеже, например: *«Усилие запрессовки $F_з$ = 100 Н»*.



а *б* *в*

Рисунок 1.52 – Обозначение на чертеже посадок конических соединений

1.5.2 Нормирование точности шпоночных соединений

Шпоночное соединение предназначено для передачи крутящего момента от вала к телам вращения (зубчатым колесам, шкивам, маховикам), или наоборот, от тел вращения к валу. Наиболее распространённым видом шпоночного соединения является призматическое. Основные размеры призматических шпоночных соединений представлены в табл. 1.20 (приведена в сокращении).

Различают три вида шпоночных сопряжений:

– *свободное* сопряжение применяется при затруднительных условиях сборки и действии нереверсивных равномерных нагрузок, а также для получения неподвижных соединений при легких режимах работы;

– *нормальное* сопряжение применяется для неподвижных соединений, не требующих частых разборок, не воспринимающих ударных реверсивных нагрузок, отличающихся благоприятными условиями сборки;

– *плотное* сопряжение характеризуется вероятностью получения примерно одинаковых небольших натягов в соединениях шпонок с пазом, сборка осуществляется запрессовкой.

Шпонки изготавливаются из цельнотянутого пруткового материала. Поэтому по ширине шпонки все виды сопряжений выполняются в системе вала. Классы допусков для трех видов сопряжений приведены в табл. 1.21.

Для ширины пазов вала и втулки допускаются любые сочетания

Витебский государственный технологический университет

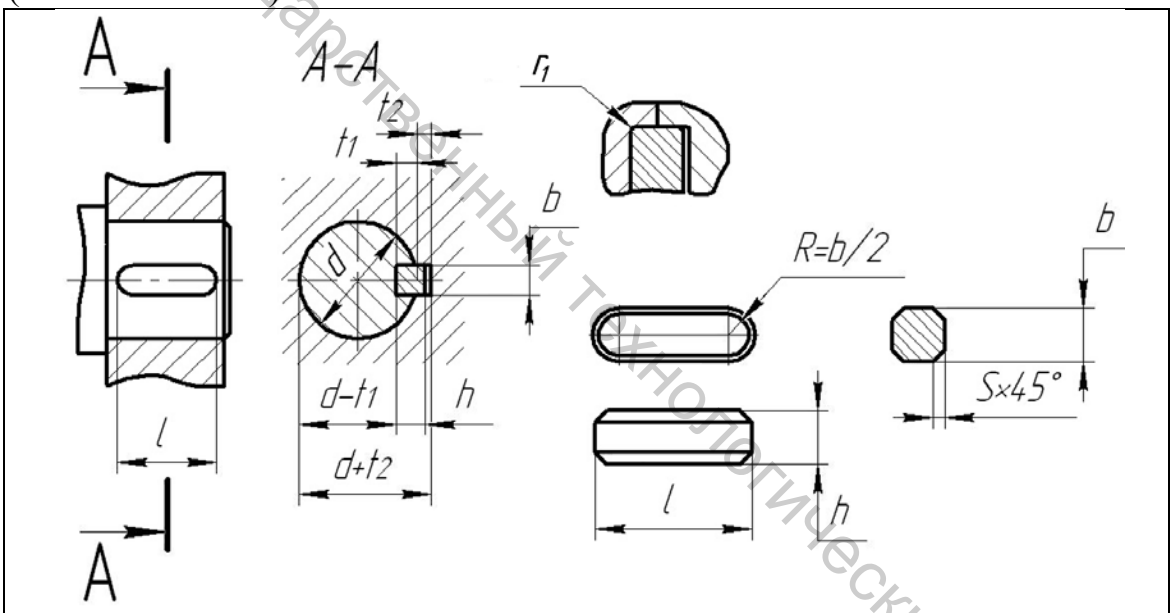
указанных классов допусков. Рекомендуемые классы допусков приведены на рис. 1.53. Классы допусков на остальные параметры приведены в табл. 1.22.

Дополнительно устанавливаются допуски на отклонение от параллельности и симметричности шпоночного паза относительно оси вала. Допуск параллельности составляет 60% от допуска на ширину шпоночного паза, а допуск симметричности – 40% от допуска на ширину паза.

Существенное влияние на работу шпоночного сопряжения оказывает сопряжение цилиндрических поверхностей вала и втулки. Рекомендуемые классы допусков соединения «вал – втулка» приведены в табл. 1.23.

Пример простановки посадок шпоночного сопряжения на сборочном чертеже показан на рис. 1.54.

Таблица 1.20 – Размеры шпоночных соединений (ГОСТ 23360-78)



Диаметр вала d, мм	Номинальный размер шпонки, мм			Номинальный размер паза, мм			
	$b \times h$	Фаска S		Глубина		Радиус r_1	
		max	min	На валу t_1	На втулке t_2	max	min
От 6 до8	2×2	0,25	0,16	1,2	1,0	0,16	0,08
Св. 8 до 10	3×3			1,8	1,4		
Св. 10 до 12	4×4			2,5	1,8		
Св. 12 до 17	5×5	0,40	0,25	3,0	2,3	0,25	0,16
Св. 17 до 22	6×6			3,5	2,8		
Св. 22 до 30	7×7			4,0	3,3		
Св. 22 до 30	8×7			4,0	3,3		

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.21 – Классы допусков по ширине шпонки

Элемент соединения	Сопряжение		
	свободное	нормальное	плотное
Ширина шпонки, b	$h9$	$h9$	$h9$
Ширина паза на валу, b_1	$H9$	$N9$	$P9$
Ширина паза на втулке, b_2	$D10$	$JS9$	$P9$

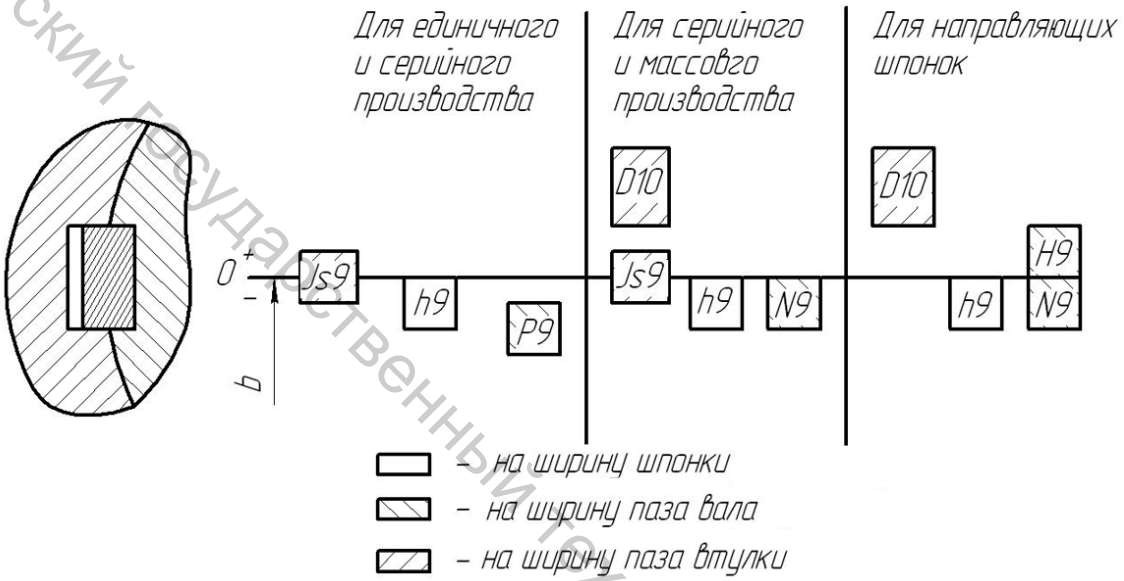


Рисунок 1.53 – Рекомендуемые классы допусков

Таблица 1.22 – Классы допусков элементов шпонок и пазов

Элемент детали шпоночного соединения	Условное обозначение	Класс допуска
Высота шпонки: до 6 мм свыше 6мм	h	$h9$ $h11$
Длина шпонки	l	$h14$
Длина паза на валу	l_1	$H15$
Глубина паза: на валу во втулке	 t_1 t_2	Стандартом установлены предельные отклонения

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.23 – Рекомендуемые классы допусков для соединения «вал-втулка»

Условия работы пары вал-втулка	Характер сопряжения	Рекомендуемые классы допусков	
		Отверстия	Вала
Возможность осевого Перемещения втулки по валу	С зазором	$H6$	$h6$
		$H7$	$h7, g6, f6$
Обеспечение высокой точности центрирования, минимальное радиальное биение	Переходные	$H6$	$js6, k6, m6, n6$
Наличие больших динамических нагрузок, возможность реверсивного движения	С натягом	$H6$	$s7$
		$H7$	$s8$

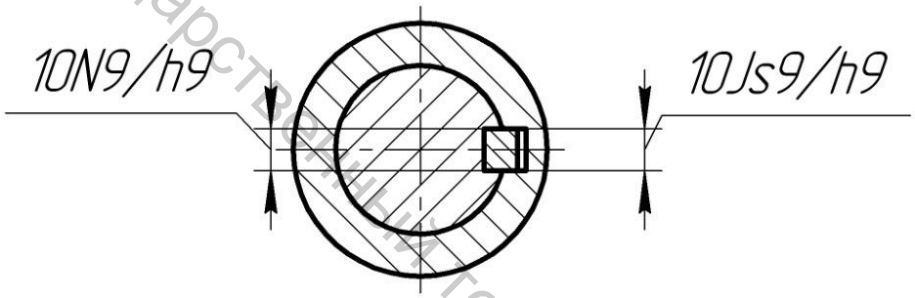


Рисунок 1.54 – Обозначение посадок шпонки на вал и во втулку на сборочных чертежах

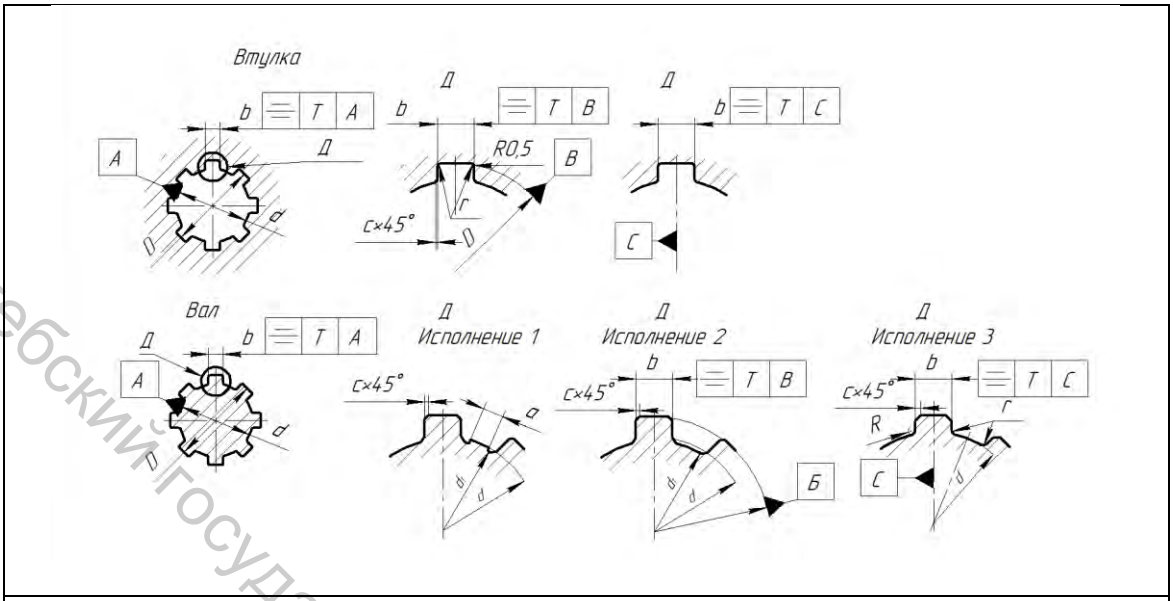
1.5.3 Нормирование точности шлицевых соединений

1.5.3.1 Основные размеры

Шлицевые соединения обычно используются при передаче больших крутящих моментов и высоких требованиях к соосности соединяемых деталей. Наиболее распространены прямобочные шлицевые соединения с четным числом шлиц. В зависимости от передаваемого крутящего момента установлены три серии соединения: легкая, средняя и тяжелая. Основными параметрами шлицевых соединений являются наружный диаметр D, внутренний диаметр d и ширина шлица b (табл. 1.24).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.24 – Номинальные размеры элементов шлицевого соединения



$b \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1, не менее	a, не менее	c		r, не более
							Ном.	Пред. откл.	
Размеры легкой серии									
6×23×26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6×26×30	6	26	30	6	24,6	3,85	0,3	+0,2	0,2
6×28×32	6	28	32	7	26,7	4,03	0,3	+0,2	0,2
8×32×36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
8×36×40	8	36	40	7	34,5	3,46	0,4	+0,2	0,3
8×42×46	8	42	46	8	40,4	5,03	0,4	+0,2	0,3
8×46×50	8	46	50	9	44,6	5,75	0,4	+0,2	0,3
Размеры средней серии									
6×11×14	6	11	14	3,0	9,9	-	0,3	+0,2	0,2
6×13×16	6	13	16	3,5	12,0	-	0,3	+0,2	0,2
6×16×20	6	16	20	4,0	14,5	-	0,3	+0,2	0,2
6×18×22	6	18	22	5,0	16,7	-	0,3	+0,2	0,2
6×21×25	6	21	25	5,0	19,5	1,95	0,3	+0,2	0,2
6×23×28	6	23	28	6,0	21,3	1,34	0,3	+0,2	0,2
6×26×32	6	26	32	6,0	23,4	1,63	0,4	+0,2	0,3
6×28×34	6	28	34	7,0	25,9	1,7	0,4	+0,2	0,3
8×32×38	8	32	38	6,0	29,4	-	0,4	+0,2	0,3
8×36×42	8	36	42	7,0	33,5	1,02	0,4	+0,2	0,3
8×42×48	8	42	48	8,0	39,5	2,57	0,4	+0,2	0,3
Размеры тяжелой серии									
10×16×20	10	16	20	2,5	14,1		0,3	+0,2	0,2
10×18×23	10	18	23	3,0	15,6		0,3	+0,2	0,2
10×21×26	10	21	26	3,0	18,5		0,3	+0,2	0,2
10×23×29	10	23	29	4,0	20,3		0,3	+0,2	0,2
10×26×32	10	26	32	4,0	23,0		0,4	+0,2	0,3
10×28×35	10	28	35	4,0	24,4		0,4	+0,2	0,3
10×32×40	10	32	40	5,0	28,08		0,4	+0,2	0,3
10×36×45	10	36	45	5,0	31,3		0,4	+0,2	0,3
10×42×52	10	42	52	6,0	36,9		0,4	+0,2	0,3

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.24

Примечания. 1. Исполнение 1 дано для изготовления валов соединений легкой и средней серии методом обкатывания. Валы соединений тяжелой серии методом обкатывания не изготовляются. 2. Шлицевые валы исполнений 1 и 3 изготавливаются при центрировании по внутреннему диаметру, исполнения 2 – при центрировании по наружному диаметру и боковым сторонам зубьев.

Витебский государственный технологический университет

1.5.3.2 Допуски и посадки

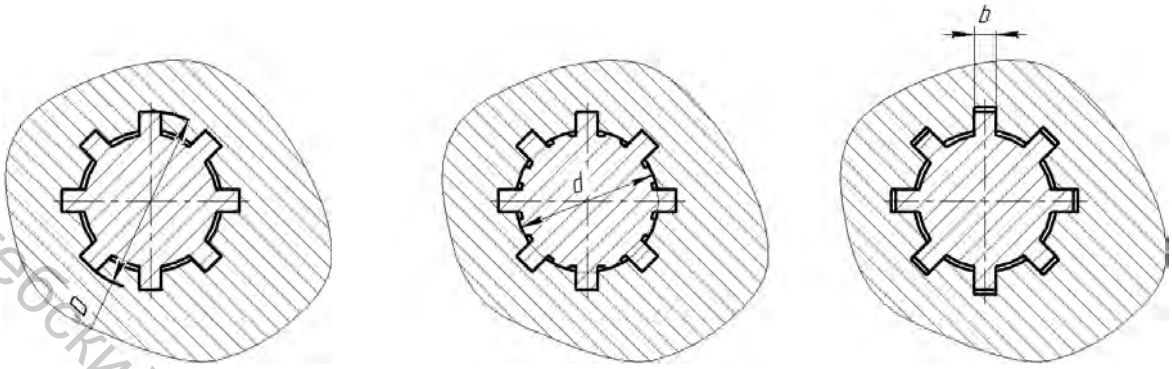
Существует три способа центрирования элементов шлицевого соединения: по наружному диаметру, внутреннему диаметру и боковым сторонам (рис. 1.55).

Центрирование по наружному диаметру D рекомендуется, для случаев, когда втулку термически не обрабатывают или когда твердость материала втулки после термической обработки допускает калибровку протяжкой, а вал обрабатывается фрезерованием до получения окончательных размеров зубьев. Такой способ прост и экономичен, его применяют для неподвижных соединений, а также для подвижных, воспринимающих небольшие нагрузки.

Центрирование по внутреннему диаметру d целесообразно применять, когда втулка имеет высокую твердость и её нельзя обрабатывать чистовой протяжкой (отверстие шлифуют на внутришлифовальном станке) или когда могут возникнуть значительные искривления длинных валов после термической обработки. Способ обеспечивает точное центрирование и применяется обычно для подвижных соединений.

Центрирование по боковым сторонам b целесообразно при передаче знакопеременных нагрузок, больших крутящих моментов, например, в соединениях карданного вала автомобиля. Этот метод способствует более равномерному распределению нагрузки между зубьями, но не обеспечивает высокой точности центрирования и поэтому редко применяется.

Классы допусков и посадки при различных способах центрирования должны соответствовать указанным в табл. 1.25 – 1.27 (таблицы даны в сокращении).



а б в

Рисунок 1.55 – Схемы способов центрирования:
а – по наружному диаметру, *б* – по внутреннему диаметру,
в – по ширине шлицев

Таблица 1.25 – Рекомендуемые классы допусков и посадки для размеров D и b при центрировании по D (ГОСТ 1139-80)

Класс допуска		Посадка
втулки	вала	
Для размера D		
$H7$	$f7;\ g6;\ h7;\ js6;\ n6$	$\frac{H7}{f7};\ \frac{H7}{g6};\ \frac{H7}{h7};\ \frac{H7}{js6};\ \frac{H7}{n6}$
$H8$	$d8,\ e8,\ h7$	$\frac{H8}{d8},\ \frac{H8}{e8},\ \frac{H8}{h7}$
Для размера b		
$D9$	$d9;\ e8;\ f7;\ h8;\ h9;\ js7$	$\frac{D9}{d9};\ \frac{D9}{e8};\ \frac{D9}{f7};\ \frac{D9}{h8};\ \frac{D9}{h9};\ \frac{D9}{js7}$
$F8$	$e8;\ f7;\ f8;h8;\ js7$	$\frac{F8}{e8};\ \frac{F8}{f7};\ \frac{F8}{f8};\ \frac{F8}{h8};\ \frac{F8}{js7}$

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.26 – Рекомендуемые классы допусков и посадки для размеров d и b при центрировании по d (ГОСТ 1139-80)

Класс допуска		Посадка
втулки	вала	
Для размера d		
$H7$	$f7;\ g6;\ g7;\ h7;\ js6; js6;\ js7;\ n6$	$\frac{H7}{f7};\ \frac{H7}{g6};\ \frac{H7}{g7};\ \frac{H7}{h7};\ \frac{H7}{js6};\ \frac{H7}{js7};\ \frac{H7}{n6}$
$H8$	$e8$	$\frac{H8}{e8}$
Для размера b		
$F8$	$f7;\ f8;\ h7;\ h9; js7;\ k7$	$\frac{F8}{f7};\ \frac{F8}{f8};\ \frac{F8}{h7};\ \frac{F8}{h9};\ \frac{F8}{js7};\ \frac{F8}{k7}$
$H8$	$h7;\ h8;\ js7$	$\frac{H8}{h7};\ \frac{H8}{h8};\ \frac{H8}{js7}$
$D9$	$d9; e8;\ f7;\ f8; f9;\ e9; h8;\ h9; js7;\ k7$	$\frac{D9}{d9};\frac{D9}{e8};\ \frac{D9}{f7};\frac{D9}{f8};\ \frac{D9}{f9};\ \frac{D9}{e9};\frac{D9}{h8};\ \frac{D9}{h9};\ \frac{D9}{js7};\frac{D9}{k7}$
$F10$	$d9; e8;\ f7; f8;\ f9; h7; h8; h9; e9;\ h9;\ js7; k7$	$\frac{F10}{d9};\frac{F10}{e8};\ \frac{F10}{f7};\frac{F10}{f8};\ \frac{F10}{f9};\ \frac{F10}{h7};\frac{F10}{h8};\ \frac{F10}{h9};$ $\frac{F10}{e9};\ \frac{F10}{h9};\ \frac{F10}{js7};\ \frac{F10}{k7}$

Таблица 1.27 – Рекомендуемые классы допусков и посадки для размера b при центрировании по b (ГОСТ 1139-80)

Класс допуска		Посадка
втулки	вала	
$F8$	$e8;\ f8; js7$	$\frac{F8}{e8};\ \frac{F8}{f8};\frac{F8}{js7}$
$D9$	$d9; e8;\ f8;\ f9; h8;\ h9;\ js7;\ k7$	$\frac{D9}{d9};\frac{D9}{e8};\ \frac{D9}{f8};\frac{D9}{f9};\ \frac{D9}{h8};\ \frac{D9}{h9};\ \frac{D9}{js7};\ \frac{D9}{k7}$
$F10$	$d9;\ e8;\ f8; f9; h8; h9; js7;\ k7$	$\frac{F10}{d9};\frac{F10}{e8};\ \frac{F10}{f8};\ \frac{F10}{f9};\frac{F10}{h8};\ \frac{F10}{h9};\ \frac{F10}{js7};\ \frac{F10}{k7}$

1.5.3.3 Условные обозначения шлицевых соединений

Пример условного обозначения соединения с числом зубьев $z = 8$, внутренним диаметром $d = 36$ мм, наружным диаметром $D = 40$ мм, шириной зуба $b = 7$ мм, центрированием по внутреннему диаметру, посадкой по диаметру центрирования $\mathrm{H7}/f7$, по нецентрирующему диаметру $H12/a11$ и по размеру b $\mathrm{H9}/f9$:

$$d - 8 \times 36H7/f7 \times 40H12/a11 \times 7H9/f9.$$

Витебский государственный технологический университет

То же, при центрировании по наружному диаметру с посадкой по диаметру центрирования $H7/h7$ и по размеру b $F10/h9$:

$$D - 8 \times 36 \times 40H7/h7 \times 7F10/h9.$$

То же, при центрировании по боковым сторонам:

$$b - 8 \times 36 \times 40H12/a11 \times 7D9/f8.$$

Пример условного обозначения втулки того же соединения при центрировании по внутреннему диаметру:

$$d - 8 \times 36H7 \times 40H12 \times 7H9.$$

То же, для вала:

$$d - 8 \times 36f7 \times 40a11 \times 7f9.$$

Пример обозначения шлицевого соединения на сборочном чертеже приведен на рис. 1.56.

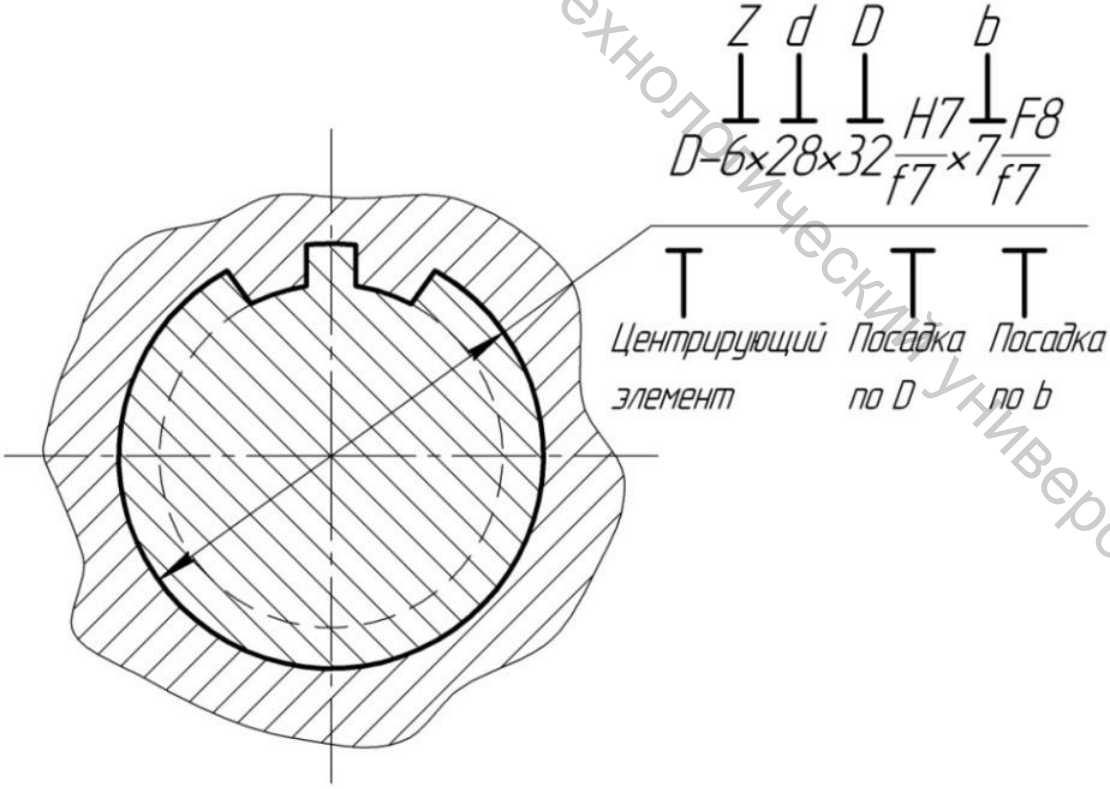


Рисунок 1.56 – Обозначение шлицевого соединения на сборочном чертеже

Витебский государственный технологический университет

1.5.4 Нормирование точности резьбовых соединений

1.5.4.1 Общие сведения, основные элементы и параметры резьбы

Резьбы применяются в качестве соединительных элементов для обеспечения разъёмных соединений. В неподвижных соединениях применяются крепежные резьбы, которые должны быть прочными, а в некоторых случаях герметичными. В подвижных соединениях применяются кинематические резьбы, предназначенные для сообщения движения одной детали относительно другой (винтовая пара).

Резьбы подразделяют:

– по профилю осевого сечения винтовой поверхности – на *треугольные*, *трапецеидальные*, *упорные* и *круглые*;

– по форме поверхностей, на которых нарезана резьба, – на *цилиндрические* и *конические*;

– по расположению – на *наружные* и *внутренние*;

– по числу заходов винтовой канавки – на *однозаходные* и *многозаходные* (двухзаходные, трехзаходные и т.д.);

– по направлению винтовой поверхности — на *правую* и *левую*;

– по принятой единице измерения размеров – на *метрические* и *дюймовые*.

Наиболее широко распространена метрическая цилиндрическая резьба.

Ось резьбы – ось, относительно которой образована винтовая поверхность резьбы.

Профиль резьбы – профиль выступа и канавки резьбы в плоскости осевого сечения (рис. 1.57).

Боковая сторона – часть винтовой поверхности, расположенная между вершиной и впадиной резьбы и имеющая смежные боковые стороны резьбы по верху её выступа.

Наружный диаметр резьбы d (D) – диаметр воображаемого цилиндра, расположенного касательно к вершинам наружной резьбы или впадинам внутренней резьбы.

Внутренний диаметр резьбы $d_1(D_1)$ – диаметр воображаемого цилиндра, расположенного касательно к вершинам внутренней резьбы или впадинам наружной резьбы.

Средний диаметр резьбы $d_2(D_2)$ – диаметр воображаемого соосного с резьбой цилиндра, образующая которого пересекает профиль витков в точках, где ширина канавки равна ширине выступа.

Витебский государственный технологический университет

Номинальный диаметр резьбы $d(D)$ – диаметр, условно характеризующий размеры резьбы и используемый при её обозначении.

Шаг резьбы P – расстояние между соседними одноименными боковыми сторонами профиля, измеренное в направлении, параллельном оси резьбы. Для многозаходных резьб различают понятия «ход» и «шаг». Ход резьбы определяет величину относительного осевого перемещения гайки (болта) за один полный оборот и равен произведению шага на число заходов (при отсутствии погрешностей шага и других параметров). У однозаходной резьбы ход равен шагу.

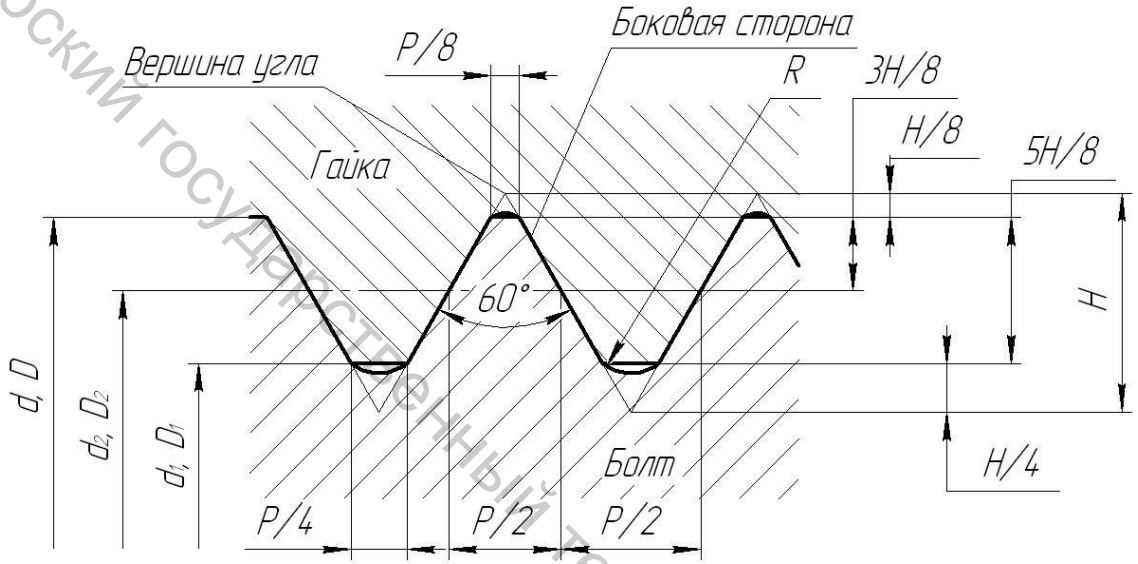


Рисунок 1.57 – Профиль метрической цилиндрической резьбы

Метрическая резьба разделяется на резьбу с крупным шагом и резьбу с мелким шагом. Метрическая резьба с крупным шагом рекомендуется для соединения деталей, не подвергающихся переменным нагрузкам и вибрациям. Метрическая резьба с мелким шагом рекомендуется для соединения тонкостенных деталей в регулировочных устройствах и приборах.

Угол профиля α – угол между боковыми сторонами профиля в осевой плоскости. Для метрической резьбы $\alpha = 60°$. При измерении резьб с симметричным профилем контролируют половины углов профиля $\alpha/2$, что позволяет определить величину α и перекос резьбы из-за неточной установки инструмента или детали.

Угол подъёма ψ – угол между касательной к винтовой поверхности в точке, расположенной на среднем диаметре резьбы, и плоскостью, перпендикулярной к оси резьбы.

Высота теоретического профиля H – высота между вершинами профиля, образованными продолжением боковых сторон профиля.

Рабочая высота профиля H_1 – длина проекции участка взаимного

Витебскийгосударственныйтехнологическийуниверситет

перекрытия профилей сопрягаемых наружной и внутренней резьб на перпендикуляр к оси резьбы.

Форма впадин резьбы болта и гайки не регламентируется и может быть закругленной или плоскосрезанной. Закругленная форма впадин предпочтительнее, так как из-за этого снижается концентрация напряжений в детали и повышается стойкость обрабатывающего инструмента.

Параметры рабочей высоты и длины среза выражаются в долях теоретической высоты и шага резьбы (рис. 1.57).

Длиной свинчивания называют длину соприкосновения винтовых поверхностей наружной и внутренней резьбы в осевом направлении. Установлены три группы длин свинчивания: S – короткие; N – нормальные и L – длинные. Длины свинчивания свыше $2{,}24Pd^{0,2}$ до $6{,}7Pd^{0,2}$ относятся к группе N; меньше нормальных – к группе S, а больше – к группе L.

Значения длин свинчивания приведены в табл. 1.28 (дана в сокращении).

Таблица 1.28 – Значения длин свинчивания

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы P, мм	Обозначение длин свинчивания		
		S (малые), мм	N (нормальные), мм	L (большие),мм
От 1 до 1,4	0,2 0,25 0,3	до 0,5 ≥0,6 ≥0,7	Св. 0,5 до 1,4 ≥0,6 ≤0,7 ≥0,7 ≤2	Св. 1,4 ≥1,7 ≥2
Св. 1,4 до 2,8	0,2 0,25 0,35 0,4 0,45	до 0,5 ≥0,6 ≥0,8 ≥1 ≥1,3	Св. 0,5 до 1,5 ≥0,6 ≤1,9 ≥0,8 ≤2,6 ≥1 ≤3 ≥1,3 ≤3,8	Св. 1,5 ≥1,9 ≥2,6 ≥3 ≥3,8

1.5.4.2 Допуски резьбы

Для метрической резьбы стандартами предусмотрены допуски по следующим параметрам: по наружному диаметру болта T_d, внутреннему диаметру гайки T_{D_1}, среднему диаметру болта T_{d_2} и гайки T_{D_2}. Располагаются поля допусков перпендикулярно к оси резьбы и направлены вверх относительно номинального профиля для резьбы гайки и вниз – для резьбы болта (рис. 1.58).

Допуски на наружный диаметр гайки и внутренний диаметр болта не нормируются и определяются размерами резьбообразующего инструмента. Также не назначаются допуски на шаг резьбы и угол профиля.

Процесс свинчивания вследствие погрешностей шагов винта и

Витебский государственный технологический университет

гайки сопровождается деформацией боковых сторон. При этом погрешность шагов возрастает пропорционально количеству витков (шагов). С целью компенсации погрешностей шагов винта и гайки необходимо уменьшить средний диаметр болта d_2 или увеличить средний диаметр гайки D_2.

Значение требуемого изменения d_2 или D_2, необходимое для компенсации погрешностей шага ΔP, называется *диаметральной компенсацией погрешности шага резьбы* f_p (рис. 1.59 а):

$$f_p = 1{,}732\Delta P. \tag{1.29}$$

Значение требуемого изменения среднего диаметра (уменьшение d_2 у болта или увеличение D_2 у гайки), необходимое для компенсации погрешностей половины угла профиля $\Delta\alpha/2$, называется *диаметральной компенсацией погрешности половины угла профиля резьбы* f_α (рис. 1.59 б):

$$f_\alpha = 0{,}36\ P\ \Delta\alpha/2. \tag{1.30}$$

Значение действительного среднего диаметра резьбы, увеличенное для наружной резьбы (или уменьшенное – для внутренней) на суммарную диаметральную компенсацию отклонений шага и половины угла профиля, называют *приведенным средним диаметром*.

Приведенный средний диаметр для наружной резьбы

$$d_{\text{пр}} = d_{2\text{д}} + f_p + f_\alpha; \tag{1.31}$$

для внутренней резьбы

$$D_{\text{пр}} = D_{2\text{д}} - f_p - f_\alpha, \tag{1.32}$$

где $d_{2\text{д}}$ и $D_{2\text{д}}$ –действительные значения средних диаметров наружной и внутренней резьбы соответственно.

Витебский государственный технологический университет

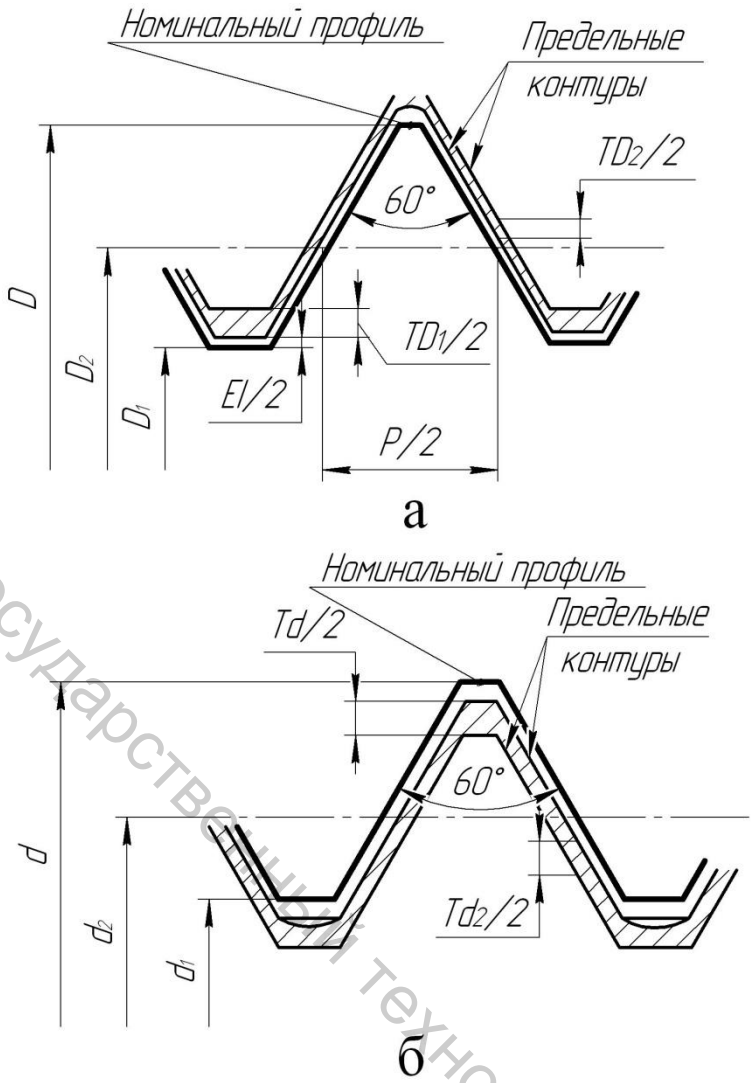


Рисунок 1.58 – Положение полей допусков для резьбы с зазором:
а – внутренней; *б* – наружной

Задаваемый в стандартах допуск на средний диаметр болта T_{d_2} и гайки T_{D_2} включает допуск на собственно средний диаметр T'_{d_2} и T'_{D_2}, а также значения компенсаций f_p и f_a:

$$T_{d_2}\left(T_{D_2}\right) = T'_{d_2}\left(T'_{D_2}\right) + f_p + f_a. \quad (1.33)$$

Витебский государственный технологический университет

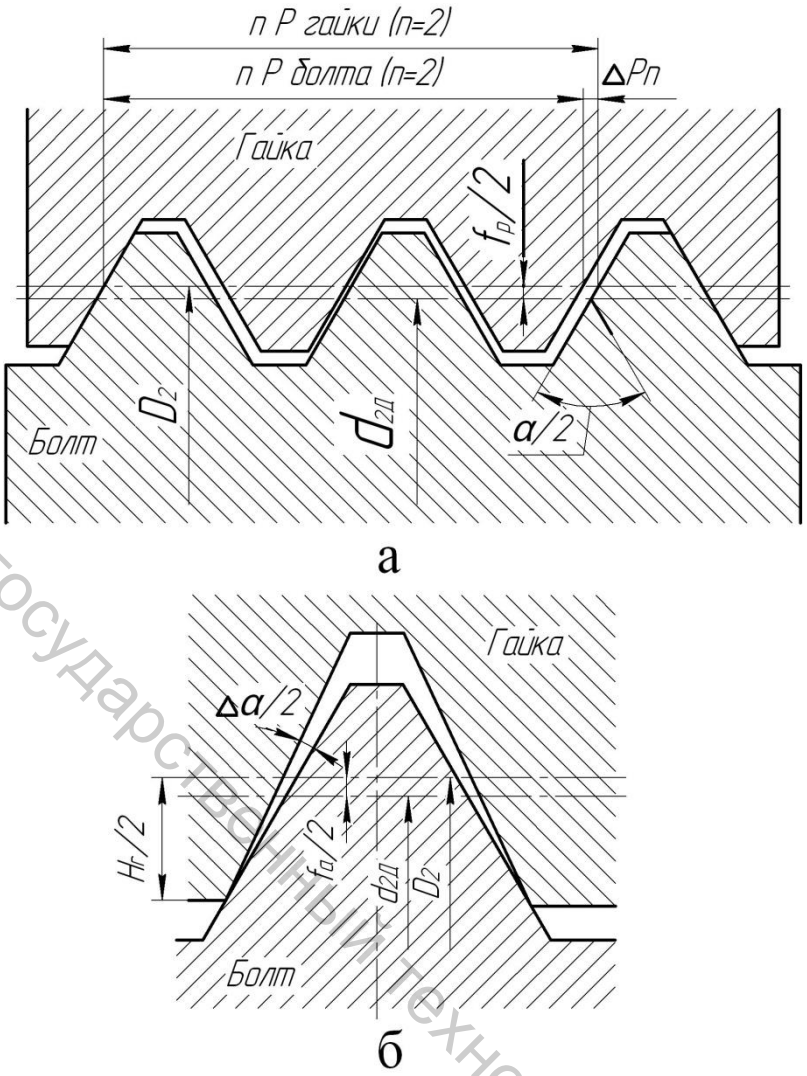


Рисунок 1.59 – Схемы диаметральных компенсаций погрешностей:
а – шага; *б* – угла наклона

Приведенный средний диаметр внутренней резьбы(гайки) не должен быть меньше, чем размер, соответствующий пределу максимума материала (проходной предел), а наибольший средний диаметр не должен быть больше предела минимума материала (непроходной предел). Приведенный средний диаметр наружной резьбы (болта) не должен быть больше предела максимума материала по среднему диаметру, а наименьший средний диаметр не должен быть меньше, чем предел минимума материала.

Установлены следующие степени точности, определяющие допуски диаметров резьбы болтов и гаек:

– диаметр болта:

наружный – 4, 6, 8;

средний – 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10[1];

[1] Степень точности резьб деталей из пластмасс

Витебский государственный технологический университет

– диаметр гайки:

внутренний – 4, 5, 6, 7, 8;

средний – 4, 5, 6, 7, 8, 9*.

Основным рядом допусков для всех диаметров принят ряд степени точности 6. Допуски остальных степеней точности определяются умножением допуска степени точности 6 на коэффициенты, приведенные в табл. 1.29.

Таблица 1.29 – Коэффициенты для определения допусков

Степень точности	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент	0,5	0,63	0,8	1	1,25	1,6	2	2,5

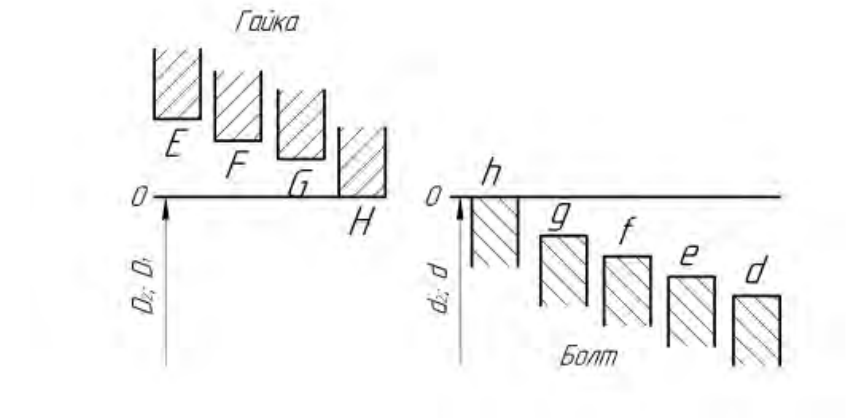
1.5.4.3 Резьбовые посадки с зазором

Для получения посадок резьбовых деталей с зазором предусмотрено пять основных отклонений (d, e, f, g и h) для наружной и четыре (E, F, G и H) для внутренней резьбы. Эти отклонения одинаковы для диаметров d, d_2 и D_1, D_2 (рис. 1.60 а). Основные отклонения E и F установлены только для специального применения при значительных толщинах слоя защитного покрытия. Схемы расположения основных отклонений и полей допусков диаметров наружной и внутренней резьбы в посадках с зазором приведены на рис. 1.60 б. Отклонения отсчитывают от номинального профиля резьбы в направлении, перпендикулярном оси резьбы.

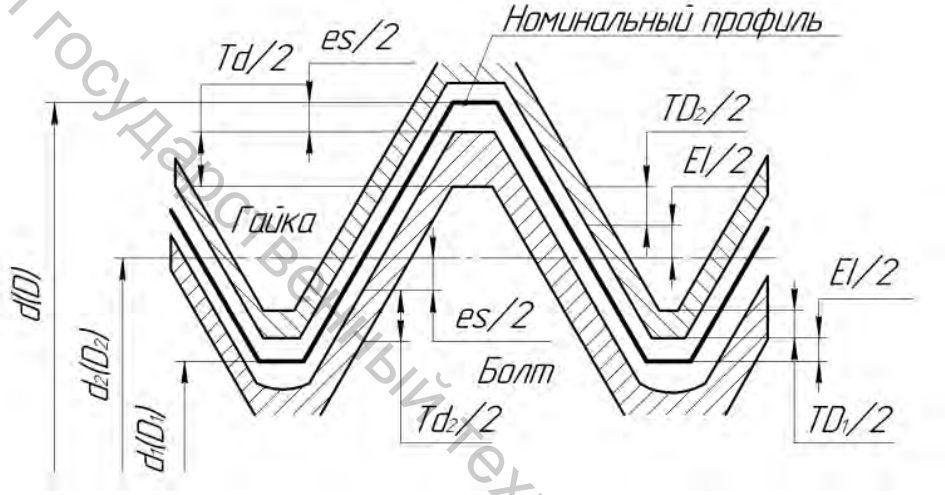
При сочетании основных отклонений H/h образуется посадка с наименьшим зазором, равным нулю; при сочетаниях H/g, f, e, d, а также G, E, F/h, g, f, e, d образуются посадки с гарантированным зазором. Указанные основные отклонения для наружной резьбы определяют верхние отклонения, а для внутренней – нижние отклонения диаметров резьбы. Второе предельное отклонение определяют по принятой *степени точности резьбы.* Сочетание основного отклонения, обозначаемое буквой с допуском по принятой степени точности, образуют *поле допуска диаметра резьбы*.

Обозначение поля допуска на резьбовой элемент детали состоит из обозначения поля допуска для среднего диаметра (на первом месте) и обозначения поля допуска диаметра – наружного для болта или внутреннего диаметра для гайки.

Витебский государственный технологический университет



а)



б)

Рисунок 1.60 – Схема расположения: *а* – основных отклонений; *б* – допусков резьбовых посадок с зазором

В обозначении поля допуска сначала указывается цифра, соответствующая степени точности, а потом буквенное обозначение основного отклонения. Например, $6g5g$: $6g$ – поле допуска на средний диаметр болта (d_2), $5g$ – поле допуска на наружный диаметр болта (d); $7H6H$: $7H$ – поле допуска на средний диаметр гайки (D_2), $6H$ – поле допуска на внутренний диаметр гайки (D_1).

1.5.4.4 Выбор полей допусков посадок с зазором

В соответствии со сложившейся практикой поля допусков болтов и гаек установлены в трех классах точности: точном, среднем и грубом.

Витебский государственный технологический университет

Понятие класса точности используется для сравнительной оценки точности резьбовых деталей с различными полями допусков (табл. 1.30).

Поля допусков, относящиеся к точному классу, рекомендуется использовать для соединений, которым свойственны малые колебания зазоров, а также в ответственных статически нагруженных резьбовых соединениях. Наибольшее распространение в машиностроении получили поля допусков среднего класса, при котором обеспечивается достаточная статическая и динамическая прочность резьбовых деталей. Для соединений, к которым не предъявляются особые требования, применяются поля допусков грубого класса.

Таблица 1.30 – Поля допусков метрической резьбы с зазорами (ГОСТ 16093-2004)

Наружная резьба (болт)			
Классы точности	Длины свинчивания		
	S (короткие)	*N* (нормальные)	*L* (длинные)
	Поля допусков		
Точный	$(3h4h)$	$4h, 4g$	$(5h4h)$
Средний	$5h6h, 5g6g$	$6h, 6g*, 6f, 6e, 6d$	$(7h6h), 7g6g, (7e6e)$
Грубый	—	$(8h), 8g$	$(9g8g)$
Внутренняя резьба (гайка)			
Классы точности	Длины свинчивания		
	S (короткие)	*N* (нормальные)	*L* (длинные)
	Поля допусков		
Точный	4Н	$4H5H, 5H$	$6H$
Средний	$5Н, (5G)$	$6H, 6G$	$7H, (7G)$
Грубый	—	$7H, 7G$	$8H, (8G)$

Примечания: 1. Поля допусков, обозначенные звездочкой (*), рекомендуются для предпочтительного применения.

2. Поля допусков, указанные в скобках, применять не рекомендуется.

3. Поле допуска $8h$ установлено для резьб с шагом $P \geq 0{,}8$ мм; для резьб с шагом $P < 0{,}8$ мм используется поле $8h6h$.

4. В обоснованных случаях разрешается применять поля допусков резьбы, образованные иными сочетаниями указанных в таблице полей допусков среднего и других (наружного – у наружной резьбы, внутреннего – у внутренней резьбы) диаметров; например, 4h6h, 8h6h,5H6H.

5. Поля допусков, приведенные в таблице, являются ограниченным отбором из всей совокупности полей допусков, которые могут быть получены различными сочетаниями степеней точности и основных отклонений. Поля допусков, не предусмотренные в данной таблице, являются специальными.

6. При длинах свинчивания *S* и *L* допускается применять поля допусков, установленные для длин свинчивания *N*.

Витебский государственный технологический университет

Допускаются любые сочетания полей допусков в соответствии с табл. 1.30. Предпочтительно использовать в посадках поля допусков одного класса.

Сочетания полей допусков с основными отклонениями H и h (H/h) образует посадку с гарантированным зазором, равным нулю. Использование полей допусков с основными отклонениями g, G, f, e, d обеспечивает в соединениях гарантированные зазоры (наименьшие для полей допусков с основными отклонениями g, G, наибольшие – с основным отклонением d). Зазоры в соединениях необходимы для достижения легкой свинчиваемости, компенсации температурных деформаций деталей при эксплуатации, при нанесении защитных покрытий и др. Следует учитывать, что зазоры по диаметрам резьбы способствуют более равномерному распределению нагрузки между витками и повышению циклической прочности соединения. Наиболее часто используется посадка $6H/6g$.

Посадки с большими гарантированными зазорами применяют, если резьбовые детали эксплуатируются при высокой температуре (для компенсации температурных деформаций), если необходима легкая свинчиваемость даже при небольшом загрязнении или повреждении резьбы, если на детали наносят антикоррозийные покрытия значительной толщины. В последнем случае можно также использовать поля допусков со специальными основными отклонениями F, E.

1.5.4.5 Резьбы с натягами и переходными посадками

Такие резьбы применяются для обеспечения неподвижности резьбовых соединений, работающих в условиях вибрации и ударных нагрузок, переменного температурного режима.

Метрические резьбы с натягом и переходными посадками предназначены для резьбовых соединений при следующих длинах свинчивания:

сталь – $(1 \dots 1{,}25)d$;
чугун – $(1{,}25 \dots 1{,}5)d$;
алюминиевые и магниевые сплавы – $(1{,}5 \dots 2)d$.

Переходные посадки более технологичны, так как в случае их применения при сборке не требуется производить сортировку резьбовых деталей на группы, что обязательно для основных посадок с натягом. Однако в резьбовых соединениях с переходными посадками необходимо использовать дополнительные конструктивные элементы для заклинивания, например, конический сбег резьбы, плоский бурт, цилиндрическую цапфу.

Витебский государственный технологический университет

В резьбовом сопряжении натяг образуется по боковым поверхностям. По наружному и внутреннему диаметрам в резьбовом сопряжении имеется зазор (рис. 1.61). Форма впадин наружной резьбы выполняется закругленной. Для резьб с шагом $P \leq 1$ мм возможна плоскосрезанная форма впадин.

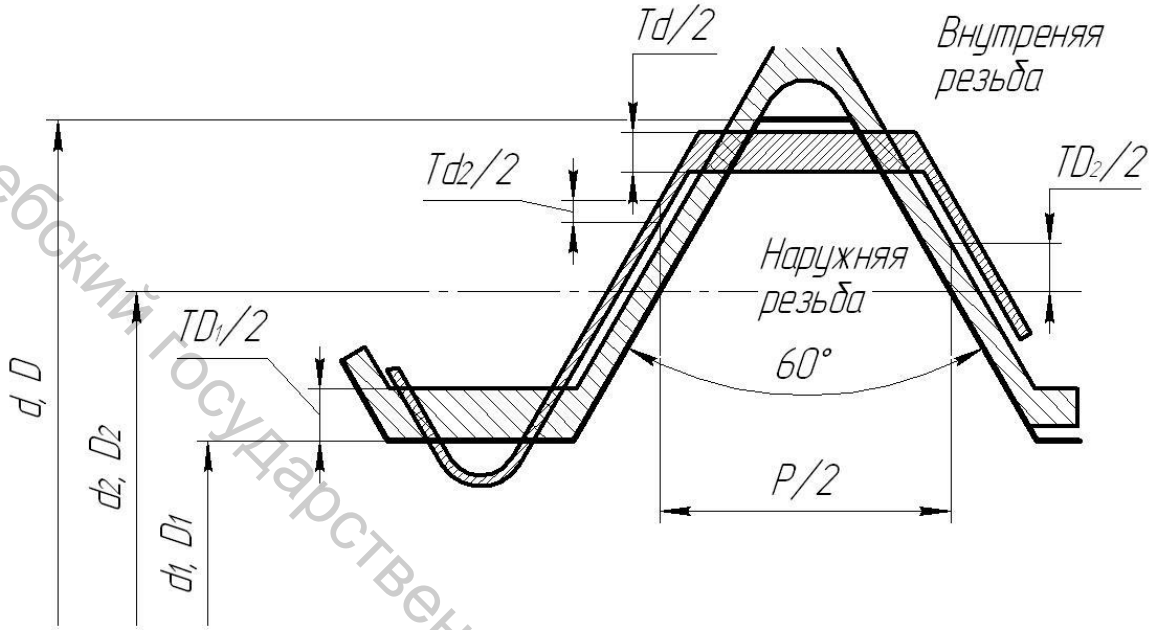


Рисунок 1.61 – Схема расположения предельных контуров резьбы с натягом

Поля допусков посадок с натягом и переходных приведены в табл. 1.31–1.32. Отклонения формы наружной и внутренней резьб определяются разностью между наибольшим и наименьшим действительными значениями среднего диаметра на длине свинчивания и не должны превышать 25% от допуска среднего диаметра. Обратная конусность не допускается.

Таблица 1.31 – Поля допусков и посадки с натягом метрической резьбы (ГОСТ 4608-81)

Материал детали с внутренней резьбой	Шаг резьбы Р,мм	Поля допусков		Посадка	Дополнительные условия обработки
		Внутренней резьбы	Наружной резьбы		
Чугун и алюминиевые сплавы	До 1,25	$2H5D$	$2r$	$\frac{2H5D}{2r}$	—
	Св. 1,25	$2H5C$		$\frac{2H5C}{2r}$	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 1.31

Материал детали с внутренней резьбой	Шаг резьбы Р,мм	Поля допусков		Посадка	Дополнительные условия обработки
		Внутренней резьбы	Наружной резьбы		
Чугун, алюминиевые и магниевые сплавы	До 1,25 Св. 1,25	$2H5D(2)$ $2H5D(2)$	$3p(2)$	$\frac{2H5D(2)}{3p(2)}$ $\frac{2H5C(2)}{3p(2)}$	Сортировка на две группы
Сталь, высокопрочные и титановые сплавы	До 1,25 Св. 1,25	$2H4D(3)$ $2H4C(3)$	$3n(3)$	$\frac{2H4D(3)}{3n(3)}$ $\frac{2H4C(3)}{3n(3)}$	Сортировка на три группы

Допуски среднего диаметра деталей, не сортируемых на группы, являются суммарными. Допуски среднего диаметра деталей, сортируемых на группы, не включают диаметральной компенсации отклонений шага и угла профиля резьбы. Сборка должна осуществляться из резьбовых деталей одноименных сортировочных групп.

Таблица 1.32 – Поля допусков и переходные посадки метрической резьбы (ГОСТ 24834-81)

Материал детали с внутренней резьбой	Номинальный диаметр резьбы, d, мм	Поля допусков		Посадки
		Внутренней резьбы	Наружной резьбы	
Сталь	5-10	$4H6H$; $3H6H$	$4jk$; $2m$	$\frac{4H6H}{4jk}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	18-30	$4H6H$; $3H6H$	$4j$; $2m$	$\frac{4H6H}{4j}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	33-45	$5H6H$	$4jh$	$\frac{5H6H}{4jh}$
Чугун, алюминиевые и магниевые сплавы	5-16	$5H6H$; $3H6H$	$4jk$; $2m$	$\frac{4H6H}{4jk}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	18-30	$5H6H$; $3H6H$	$4j$; $2m$	$\frac{4H6H}{4j}$; $\frac{3H6H}{2m}$
	33-45	$5H6H$	$4jh$	$\frac{5H6H}{4jh}$

Витебский государственный технологический университет

1.5.4.6 Обозначение резьбовых сопряжений на чертежах

Резьбовые сопряжения на чертежах в развернутом виде обозначают в следующей последовательности: тип резьбы, номинальное значение наружного диаметра, шаг, направление витков, поле допуска, длина свинчивания.

В случае применения полей допусков с сортировкой на группы рядом с основным отклонением в круглых скобках указывается количество групп.

Обозначение полей допусков резьбы состоит из обозначения поля допуска среднего диаметра (всегда на первом месте) и обозначения поля допуска наружного диаметра (для болта) или внутреннего диаметра (для гайки).

На сборочных чертежах резьбовые сопряжения обозначаются дробью, в числителе которой указывают обозначение полей допусков гайки, а в знаменателе – полей допусков болта (табл. 1.33).

Таблица 1.33 – Примеры обозначения резьб на чертеже

Резьба	Обозначение резьбы на чертеже	
	болт	гайка
Метрическая резьба для диаметров от 1 до 600 мм с крупным шагом	M12 – 6g	M12 – 6H
Метрическая резьба для диаметров от 1 до 600 мм с мелким шагом	M24x2 – 6h	M24x2 – 6H
Метрическая резьба для диаметров от 1 до 600 мм левая с крупным шагом	M12LH – 6h	M12LH – 6H
Метрическая резьба для диаметров 0,25 – 0,9 мм	M0,5 - 5h5	M0,5 – 5H5
Метрическая резьба с натягами	M16 – 3p	M16 – 2H5C
Метрические резьбы с натягами и сортировкой полей допусков на две группы	M-16-3p(2)	M16-2H5C(2)
Метрическая резьба с переходной посадкой	M-16-4j	M16-4H6H

Витебский государственный технологический университет

1.5.5 Нормирование точности размеров и посадки подшипников качения

1.5.5.1 Точность подшипников качения

Соединения с подшипниками качения являются частным случаем гладких цилиндрических сопряжений, но имеют свои особенности, связанные с конструкцией подшипников. В подавляющем большинстве случаев подшипники качения изготавливаются в виде отдельного узла, состоящего из наружного и внутреннего колец и расположенных между ними тел качения.

По направлению воспринимаемой нагрузки подшипники разделяются на *радиальные*, *радиально-упорные* и *упорные*.

По форме тел качения и рабочих поверхностей колец подшипники разделяют на *шариковые*, *роликовые*, *роликовые конические*, *роликовые сферические* и др.

По числу рядов тел качения подшипники разделяются на *однорядные*, *двухрядные* и *многорядные*.

Критерием точности подшипников качения являются классы точности, которые характеризуются значениями предельных отклонений размеров, формы и взаимного положения поверхностей подшипников. Установлены следующие классы в порядке повышения точности (ГОСТ 520-2011): для шариковых, роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников – 8, 7, нормальный, 6, 5, 4, Т, 2; для роликовых конических подшипников – 8, 7, 0, нормальный, 6Х, 6, 5, 4, 2.

Допуски подшипников 8-го и 7-го классов точности устанавливаются в нормативных документах. Такие подшипники изготавливают по заказам потребителей.

Между классами точности подшипников качения и квалитетами точности присоединительных поверхностей существуют ориентировочные соотношения (табл. 1.34).

Таблица 1.34 – Соотношения между классами точности подшипников качения и квалитетами сопрягаемых поверхностей

Класс точности	2	2, 4, 5	4, 5	6, 0
Посадочная поверхность	Вал			
Квалитет	3	4	5	6
Посадочная поверхность	Отверстие			
Квалитет	4	5	6	7-9

Витебский государственный технологический университет

В таблицах за номинальные диаметры подшипников качения D и d принимают диаметры его посадочных поверхностей – наружный и внутренний соответственно. Средний диаметр наружной D_m и внутренней d_m цилиндрических поверхностей подшипника определяется как среднее арифметическое наибольшего и наименьшего значения диаметра, определенных двухточечным измерением в одной радиальной плоскости (перпендикулярной оси):

$$d_m = \frac{d_{max} + d_{min}}{2};$$
$$D_m = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}. \qquad (1.34)$$

Основные отклонения диаметров посадочных мест подшипников обозначаются буквой L для отверстия и l – для наружного диаметра. Класс допуска образуется основным отклонением и классом точности подшипника. Для среднего диаметра отверстия установлены классы допусков $L0$, $L6$, $L5$, $L4$, $L2$; для среднего диаметра вала (наружного кольца подшипника) установлены классы допусков $l0$, $l6$, $l5$, $l4$, $l2$ (рис. 1.62).

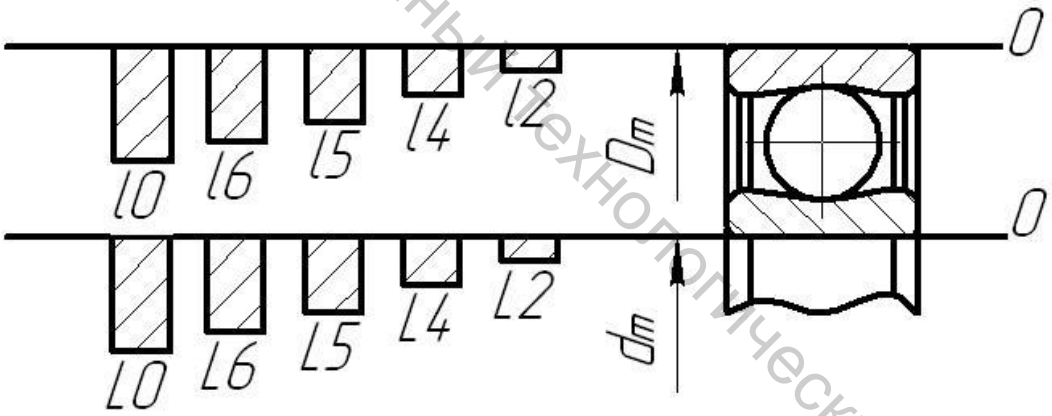


Рисунок 1.62 – Схемы расположения интервалов допусков колец подшипников качения

Расположение интервалов допусков по внутреннему кольцу отличается от расположения интервалов допусков основного отверстия. В силу тонкостенности колец подшипника стандартные посадки с натягом по внутреннему кольцу применять не представляется возможным. Поэтому интервалы допусков подшипников качения расположены не выше нулевой линии, как у основного отверстия, а ниже. При таком перевернутом расположении интервалов допусков не нужно прибегать к стандартным посадкам для создания небольших натягов. Небольшие натяги можно получать, используя классы допуска вала по 4, 5, 6 квалитетам с

Витебский государственный технологический университет

основными отклонениями n, m, k, j.

Кроме классов точности для подшипников качения установлены три категории для нормирования других показателей, являющихся дополнительными требованиями точности:

A – подшипники классов точности 5, 4, 2, Т, к которым предъявляются дополнительные повышенные требования по уровню вибрации, отклонениям формы или другим параметрам;

B – подшипники классов 0, 6Х, 6, 5, для которых дополнительно нормируется одно требование, например, радиальное биение или уровень вибраций;

C – подшипники классов точности 8, 7, 0, 6 к которым не предъявляются требования по ограничению уровня вибрация, моменту трения и другим параметрам.

1.5.5.2 Назначение посадок в сопряжениях с подшипниками качения

Классы допусков, предусмотренные на посадочные размеры внутренних и наружных колец подшипников, отличаются от стандартных классов допусков основного отверстия и основного вала значением и расположением (рис. 1.63).

Классы допусков для посадочного размера внутреннего кольца подшипника расположены ниже нулевой линии (для стандартного основного отверстия интервалы допусков расположены выше нулевой линии). Это изменяет характер посадки по сравнению с посадками в обычной системе отверстия. Классы допусков вала $r6$, $p6$, $n6$, $m6$, $k6$, $n5$, $m5$, $k5$, $n4$, $m4$, $k4$ обеспечивают посадку с натягом.

В табл. 1.35 и 1.36 приведены наиболее употребляемые классы допусков для вала и отверстия.

Из приведенных данных в табл. 1.35 и 1.36 следует, что допуски присоединительных поверхностей отверстий на один квалитет больше, чем для валов.

Выбор посадок колец подшипников определяется характером их нагружения. Различают три вида нагружения: циркуляционное, местное и колебательное.

Циркуляционный тип нагружения создается на кольце при постоянно направленной радиальной нагрузке, когда место нагружения последовательно перемещается по окружности кольца со скоростью его вращения. Посадка вращающегося циркуляционно нагруженного кольца должна обеспечивать гарантированный натяг, исключающий возмож-

Витебский государственный технологический университет

ность относительных смещений и проскальзываний этого кольца и детали, так как это приведет к развальцовке поверхностей сопряжения, потере точности, перегреву и быстрому выходу узла из строя.

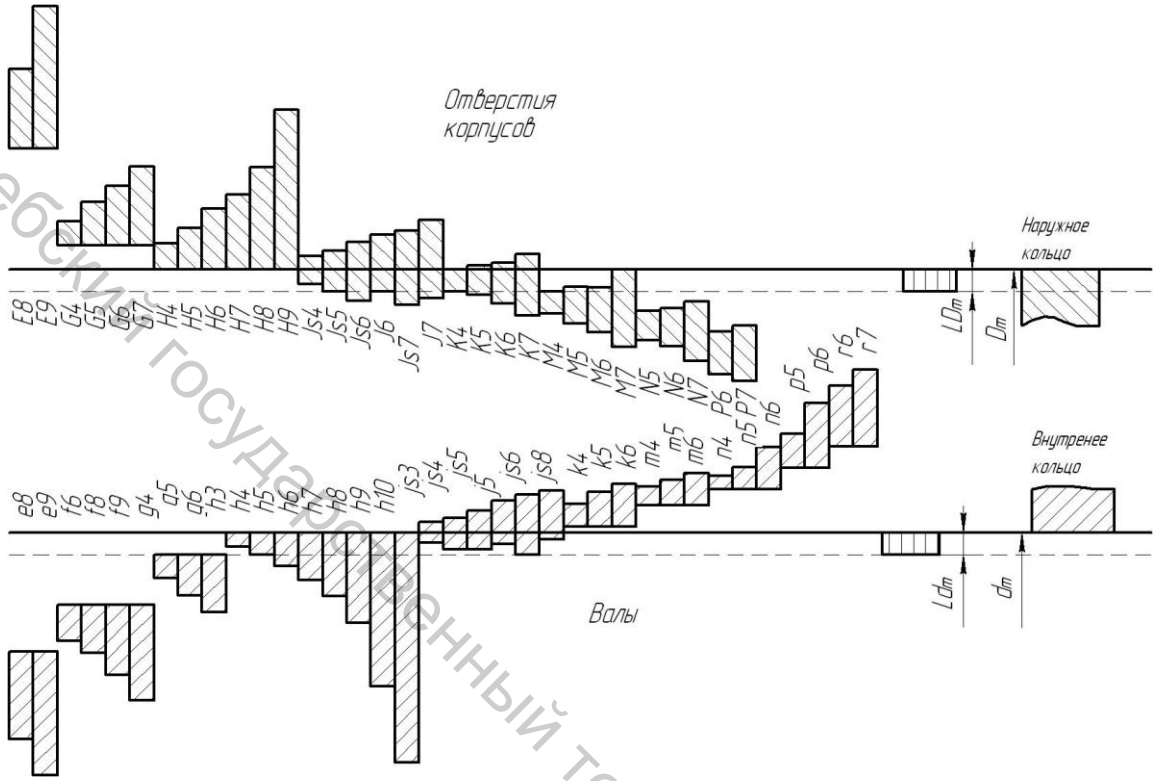


Рисунок 1.63 – Схема расположения интервалов допусков при посадках подшипников на валы и отверстия корпусов

Таблица 1.35 – Классы допусков валов для сопряжений по внутреннему кольцу подшипника

Класс точности подшипника	Классы допусков вала
0 и 6	$f6, g6, h6, k6, m6, js6, f7$
5 и 4	$g5, h5, js5, k5, m5, n5$
2	$g4, h4, js4, k4, m4, n4$

Таблица 1.36 – Классы допусков отверстия для сопряжений по наружному кольцу подшипника

Класс точности подшипника	Классы допусков отверстия
0 и 6	$G7, H7, JS7, K7, M7, N7, P7$
5 и 4	$G6, H6, JS6, K6, M6, N6$
2	$G5, H5, JS5, K5, M5, N5$

Витебский государственный технологический университет

При местном нагружении постоянная по величине радиальная нагрузка воздействует на один и тот же ограниченный участок дорожки качения (преимущественно наблюдается на неподвижном кольце подшипника) и вызывает местный износ. Поэтому смысл присоединения таких колец к соответствующей детали в изделии заключается в получении посадки с небольшим средневероятным зазором, вследствие чего в процессе работы кольцо под воздействием отдельных толчков, сотрясений и других факторов периодически проворачивается, износ дорожек становится более равномерным и долговечность кольца значительно возрастает.

Колебательное нагружение возникает при одновременном действии на кольцо двух радиальных нагрузок: постоянной по направлению и вращающейся вокруг оси. В результате на одном участке дорожки качения они усиливают друг друга, а на другом ослабляют. Если одна из нагрузок значительно превышает другую, то действием меньшей можно пренебречь и считать схему нагружения местной или циркуляционной.

В зависимости от характера нагружения колец подшипников для вала и отверстия могут быть рекомендованы классы допусков, представленные в табл. 1.37.

Таблица 1.37 – Рекомендуемые посадки и классы допусков для установки подшипников качения на вал и в корпус (ГОСТ 3325-85)

Вид нагружения кольца	Режим работы	Разновидности и размеры радиальных и радиально-упорных подшипников	Классы допусков	Рекомендуемые посадки	Примеры применения подшипниковых узлов
Циркуляционное	Легкий или нормальный: $0{,}07<P\leq 0{,}15C$	Шариковые и роликовые d≤50мм.	$h3;\ js3$	L2/h3; L2/js3	Гидромоторы и малогабаритные электромашины, внутришлифовальные шпиндели, турбохолодильники
			$h4;\ js4$	L2/h4; L2/js4	
			$h5;\ js5$	L2/h5; L2/js5	

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.37

Вид нагружения кольца	Режим работы	Разновидности и размеры радиальных и радиально-упорных подшипников	Классы допусков	Рекомендуемые посадки	Примеры применения подшипниковых узлов
Циркуляционное		Радиальные d≤40мм, радиально-упорные шариковые d≤100мм, роликовые d≤40мм	$js4;\ js5;\ js6;\ k36$	L2/js4; L4/js5; L5/js5; L6/js6; L6/k6; L0/js6; L0/k6	Сельскохозяйственные машины, центрифуги, турбокомпрессоры, газотурбинные насосы, вентиляторы, электромоторы, коробки скоростей станков, коробки скоростей машин и тракторов
		Шариковые и роликовые d≤100 мм	$k4;\ k5$	L2/k4; L4/k5	
			$js6;\ k6$	L5/k5; L6/js6; L6/k6; L0/js6; L0/k6	
		d≤250 мм	$m6$	L6/m6; L0/m6	
	Нормальный или тяжелый: 0,07<P≤0,15 C	Радиально-упорные и шариковые радиальные d≤100мм	$k4$	L2/k4	Электродвигатели мощностью до 100кВт, турбины, кривошипно-шатунные механизмы, шпиндели металлорежущих станков, крупные редукторы.
			$k5$	L4/k5; L5/k5	
		Роликовые радиальные d≤40мм.	$js6;\ k6$	L6/js6; L6/k6; L0/js6; L0/k6	
	Тяжелый с ударной нагрузкой	Роликовые радиальные 50мм>d≤140	$m6;\ n6$	L6/m6; L6/n6; L0/m6; L0/n6	Железнодожные и трамвайные буксы, коленчатые валы двигателей, электродвигатели мощностью свыше 100кВт, ходовые колеса мостовых кранов, Экскаваторы, манипуляторы прокатных станов, шаровые дробилки, вибраторы, грохоты.
		Роликовые радиальные 140мм<d≤200	$p6$	L6/p6; L0/p6	
		Роликовые радиальные 200мм<d≤250	$r6;\ r7$	L6/r6; L0/r6; L6/r7; L0/r7	
		Подшипники на закрепительно-стяжных втулках всех диаметров	$h8;\ h9$	-	

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 1.37

Вид нагружения кольца	Режим работы	Разновидности и размеры радиальных и радиально-упорных подшипников	Классы допусков	Рекомендуемые посадки	Примеры применения подшипниковых узлов
Местное	Легкий или нормальный $P \leq 0{,}07C$	Подшипники всех диаметров	$g6$	L6/g6; L0/g6	Ролики ленточных транспортеров, конвейеров, барабаны самописцев.
	Нормальный или тяжелый $0{,}07C < P \leq 0{,}15C$		$g6;\ h6;\ f7$	L6/g6; L6/h6; L6/f7; L0/g6; L0/h6; L0/f7	Передние и задние колеса автомобилей, валки малых прокатных станов
			$h6$	L6/h6; L0/h6	Блоки грузоподъемных машин, валки станов для прокатки труб
Колебательное	Нормальный или тяжелый $0{,}07C < P \leq 0{,}15C$		$JS5;\ K5;\ JS6;\ K6$	JS5/l2; K5/l2; JS6/l4; K6/l4; JS6/l5; K6/l5	Шпиндели шлифовальных станков, коленвалы двигателей
Посадки подшипников в корпусе (под наружное кольцо)					
Циркуляционное	Нормальный: $0{,}07 < P \leq 0{,}15C$	Для всех разновидностей	$JS7;\ K7$	JS7/l6; K7/l6; JS7/l0; K7/l0	Ролики ленточных транспортеров, барабанов комбайнов
	Нормальный или тяжелый: $0{,}07 < P \leq 0{,}15C$		$M7;\ n7$	M7/l6; N7/l6; M7/l0; N7/l0	Передние колеса машин и тягачей, ходовые колеса козловых и мостовых кранов
	Тяжелый при тонкостенных корпусах: $P > 0{,}15C$		$P6;\ P7$	P6/l5; P7/l6; P7/l0	Колеса автомобилей, тракторов, ведущие барабаны гусеничных машин

Витебский государственный технологический университет

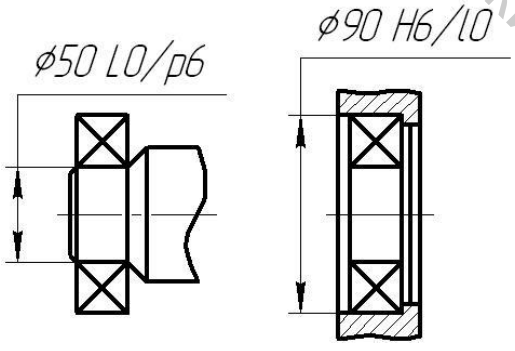
Окончание таблицы 1.37

Вид нагружения кольца	Режим работы	Разновидности и размеры радиальных и радиально-упорных подшипников	Классы допусков	Рекомендуемые посадки	Примеры применения подшипниковых узлов
Местное	Легкий или нормальный $0{,}07C<P\leq 0{,}15C$		$H7;\ JS7$	K7/l6; JS7/l6; H7/l0; JS7/l0	Трансмиссионные валы, молотилки, машины бумажной промышленности
Колебательное	Нормальный или тяжелый: $0{,}07<P\leq 0{,}15C$		$JS5;\ K5;$ $JS6;\ K6$	JS5/l2; K5/l2; JS6/l4; K6/l4' JS6/l5; K6/l5	Шпиндели шлифовальных станков, коленвалы двигателей
Примечание. Режим работы определяется в зависимости от интенсивности нагружения, основным критерием которой является динамическая эквивалентная нагрузка P, выраженная в долях динамической грузоподъемности C или P/C.					

1.5.5.3 Условное обозначение посадок на чертежах

Обозначение посадок подшипников качения выполняется по аналогии с обычными посадками гладких цилиндрических сопряжений, т.е. в виде дроби. В соединении внутреннего кольца подшипника с валом в числителе указывают точность подшипника $L0\ldots L2$, а в знаменателе класс допуска вала. Например, $L0/p6$, $L5/k5$, $L2/n4$ (рис. 1.64 а).

В соединении наружного кольца подшипника с отверстием в числителе указывают класс допуска отверстия, а в знаменателе – точность подшипника. Например: $H6/l0$, $H4/l2$ (рис. 1.64 б).



а) б)

Рисунок 1.64 – Обозначения посадок с кольцами подшипников качения: *а* – посадка внутреннего кольца на вал; *б* – посадка наружного кольца в корпус

Витебский государственный технологический университет

1.5.6 Нормирование точности зубчатых колес и передач
1.5.6.1 Общие сведения, термины, определения и обозначения

Большинство зубчатых передач машин и механизмов в зависимости от назначения можно разделить на следующие группы: отсчётные, скоростные, силовые и передачи общего назначения.

Отсчетные передачи входят в состав точных кинематических цепей измерительных приборов (часы, индикаторы часового типа, рычажно-зубчатые измерительные головки), счетно-решающих механизмов, следящих систем, делительных механизмов приспособлений, станков и т. п. Обычно эти передачи работают при малых нагрузках и низких скоростях. Основное эксплуатационное требование – высокая точность и согласованность углов поворота ведомого и ведущего колес, т. е. высокая кинематическая точность. Чаще всего это небольшие зубчатые колеса малого модуля с небольшой длиной зуба.

Скоростные передачи входят в состав кинематических цепей различных коробок передач, редукторов турбин, двигателей и т. п. Работают при высоких скоростях (свыше 150 м/с) и довольно больших мощностях. В этих условиях главное требование к зубчатой передаче — плавность работы, т. е. бесшумность и отсутствие вибраций. Безусловно, важна также полнота контакта зубьев. В основном это передачи с зубчатыми колесами средних размеров.

Силовые передачи работают в передаточных механизмах грузоподъемных, землеройных, строительных и дорожных машин, конвейеров, эскалаторов, механических вальцов и т. п. Они передают большие усилия при небольших скоростях. Основное требование — полнота контакта зубьев, особенно по длине зуба. Обычно это колеса большого модуля, часто с большой длиной зуба.

Отдельную группу образуют *передачи общего назначения,* к которым не предъявляют повышенные эксплуатационные требования ни по одному из трех рассмотренных направлений.

В стандарте ГОСТ 1643-81 требования к точности цилиндрических зубчатых колес и передач разделены на четыре группы и названы нормами точности. Нормы точности на зубчатые колеса и передачи представляют собой комплекс требований к геометрическим и функциональным характеристикам зубчатого колеса и передачи для оценки их точности в отношении определенного эксплуатационного признака. Нормами точности являются: нормы кинематической точности; нормы плавности работы; нормы контакта зубьев; нормы бокового зазора.

Витебский государственный технологический университет

Нормы кинематической точности устанавливают требования к таким параметрам колеса и передачи, которые вызывают неточности передачи за полный оборот колеса, т. е. характеризуют погрешности угла поворота колеса по сравнению с расчетным.

Нормы плавности относятся к таким параметрам колес и передач, которые также влияют на кинематическую точность, но проявляются многократно за один оборот колеса, т. е. один или несколько раз на каждом зубе. Эти требования имеют наибольшее значение для передач, работающих на больших скоростях, поскольку такие погрешности являются источником ударов, приводящих к появлению шума и вибрации.

Нормы контакта устанавливают требования к таким параметрам колес и передач, которые определяют величину поверхности касания зубьев сопрягаемых колес. Требования к контакту имеют особо важное значение для передач, передающих большие нагрузки.

Нормы бокового зазора устанавливают требования к таким параметрам колес и передач, которые влияют на зазор по нерабочим профилям зубьев при соприкосновении по рабочим профилям зубьев. Эти нормы важны для передач, работающих в тяжелых температурных условиях, при большой загрязненности и для реверсивных передач.

Все геометрические показатели подразделяются на исходные, т.е. которые назначаются и основные параметры, которые рассчитываются на основе исходных параметров. К исходным параметрам относятся: модуль, число зубьев, угол наклона зубьев, коэффициент смещения, исходный контур.

К основным параметрам относятся межосевое расстояние, угол профиля, угол зацепления, делительный диаметр, передаточное число, диаметр вершин зубьев, диаметр впадин.

1.5.6.2 Показатели кинематической точности колес и передач

Кинематическая погрешность передачи $F_{к.п.п}$ – это разность между действительным φ_2 и номинальным (расчетным) φ_3 углами поворота ведомого зубчатого колеса передачи. Выражается длиной дуги его делительной окружности (рис. 1.65).

Витебский государственный технологический университет

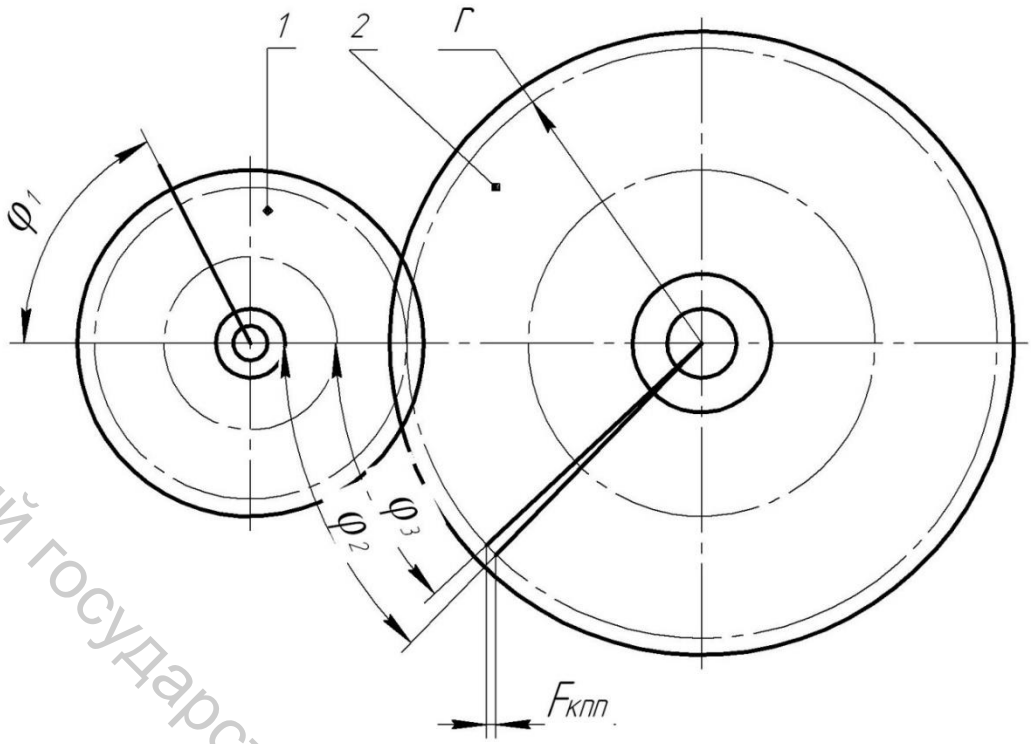


Рисунок 1.65 – Определение кинематической погрешности передачи: *1*, *2* – ведущее и ведомое зубчатые колеса соответственно; φ_1, φ_2 – действительный угол поворота ведущего и ведомого зубчатых колес; φ_3 – номинальный угол поворота ведомого колеса

Кинематическая погрешность передачи определяется по формуле:

$$F_{\text{к.п.п}} = (\varphi_2 - \varphi_3)r, \tag{1.35}$$

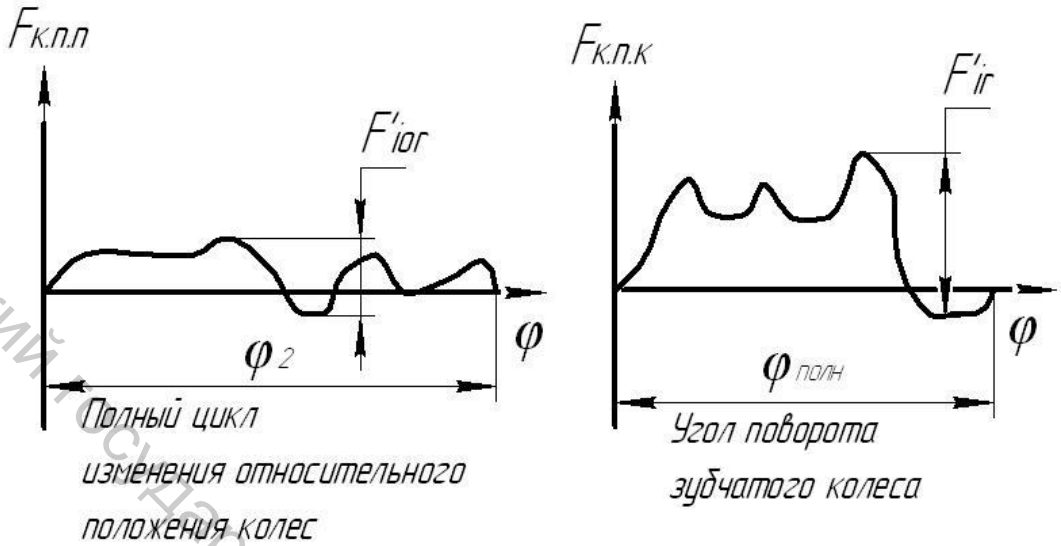
где r – радиус делительной окружности.

Кинематическая погрешность колеса $F_{\text{к.п.к}}$ – разность между действительным и номинальным (расчётным) углами поворота зубчатого колеса, ведомого измерительным зубчатым колесом при номинальном взаимном положении осей вращения этих колес. Под измерительным зубчатым колесом понимается зубчатое колесо повышенной точности, применяемое в качестве измерительного элемента для однопрофильного и двупрофильного методов контроля зубчатых колес.

Наибольшая кинематическая погрешность передачи F'_{ior} – это наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности передачи за полный цикл изменения относительного положения зубчатых колес (рис. 1.66 а). Полный цикл совершается в пределах числа оборотов большего зубчатого колеса, равного частному от деления числа зубьев меньшего зубчатого колеса на общий наибольший делитель числа зубьев обоих зубчатых колес передачи, т.е. на угол

Витебский государственный технологический университет

$$\varphi_2 = 2\pi\frac{z}{x}. \tag{1.36}$$



а) б)

Рисунок 1.66 – Графические зависимости изменения кинематических погрешностей в зависимости от угла поворота: *а* – кинематической погрешности передачи, *б* – кинематической погрешности колеса

Наибольшая кинематическая погрешность колеса F'_{ir} – это наибольшая алгебраическая разность значений кинематической погрешности зубчатого колеса в пределах его полного оборота (рис. 1.66 б).

Накопленная погрешность шага зубчатого колеса F_{pr} – наибольшая алгебраическая разность значений накопленных погрешностей в пределах зубчатого колеса (рис. 1.67).

Накопленная погрешность k шагов F_{pk} – наибольшая разность дискретных значений кинематической погрешности зубчатого колеса при номинальном повороте на k целых угловых шагов (рис. 1.67):

$$F_{pkr} = \left(\varphi - \frac{2\pi}{z}k\right)r, \tag{1.37}$$

где φ – действительный угол поворота зубчатого колеса; $2\pi k/z$ – номинальный угол поворота ($k \geq 2$ – число целых шагов); r – радиус делительной окружности.

Витебский государственный технологический университет

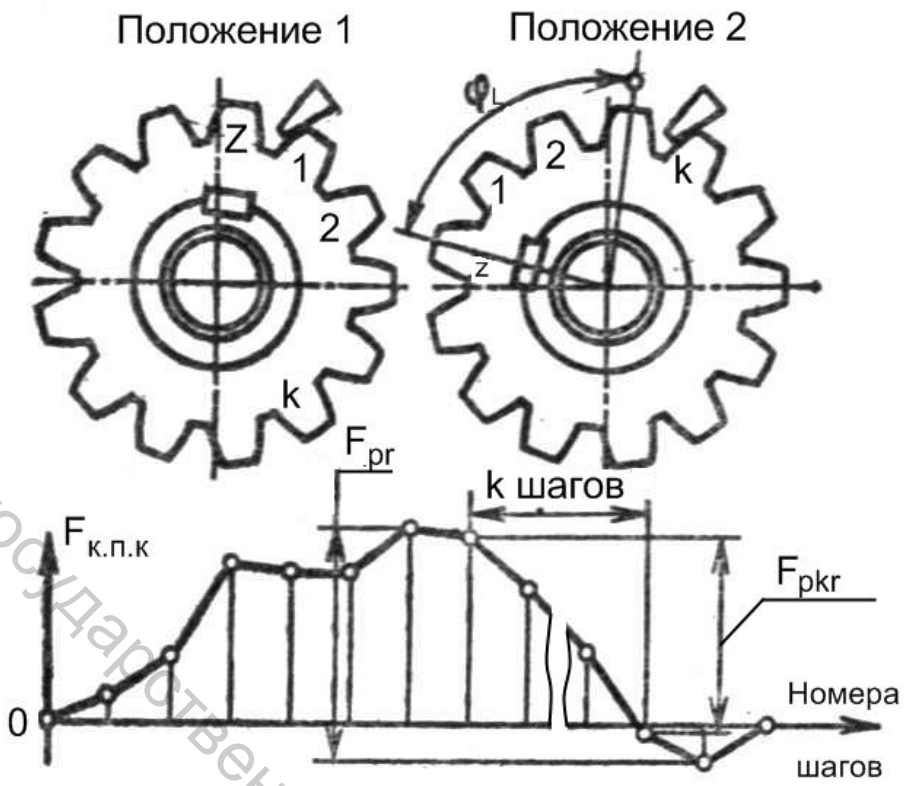


Рисунок 1.67 – Схемы для определения накопленной погрешности шага F_{pr} и накопленной погрешности k шагов F_{pkr}

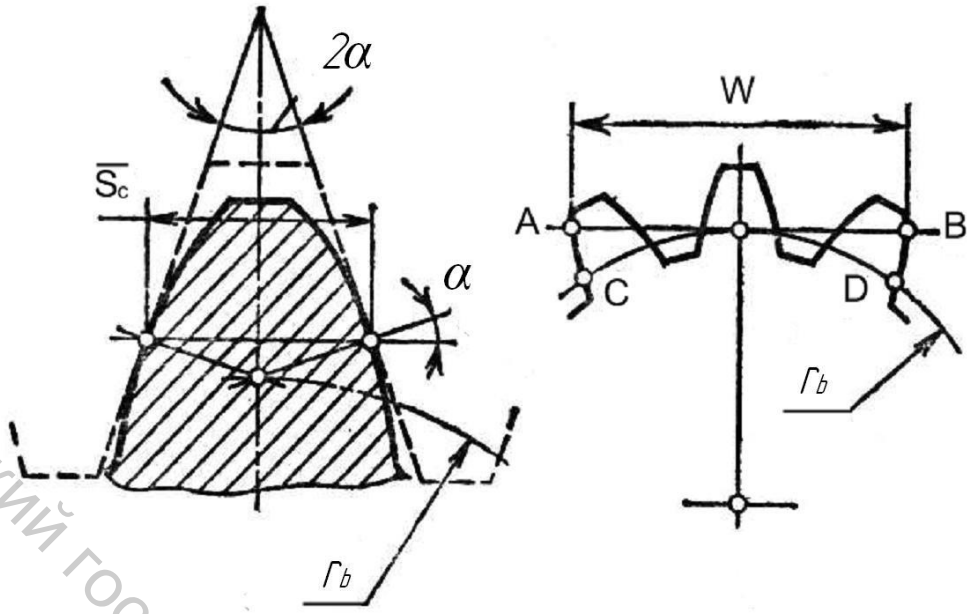
Радиальное биение зубчатого венца F_{rr} – разность действительных предельных положений исходного контура в пределах зубчатого колеса (от его рабочей оси). Практически F_{rr} определяется разностью расстояний от рабочей оси колеса до постоянных хорд S_c зубьев (рис. 1.68 а).

Длина общей нормали зубчатого колеса W – расстояние между двумя параллельными плоскостями, касательными к двум разноименным активным боковым поверхностям A и B зубьев колеса (рис. 1.68 б).

$$W = AB = CD \qquad (1.38)$$

Колебания длины общей нормали F_{vwr} – это разность между наибольшим и наименьшим действительными значениями общей нормали, измеренными по всему колесу.

Витебский государственный технологический университет



а б

Рисунок 1.68 – Схемы для определения:
а – постоянной хорды S_c; *б* – длины общей нормали W

1.5.6.3 Показатели плавности работы колес и передач

Циклическая погрешность передачи f_{zkor} (*колеса* f_{zkr}) – это удвоенные амплитуды гармонических составляющих соответствующей погрешности передачи (рис. 1.69 а), колеса (рис. 1.69 б).

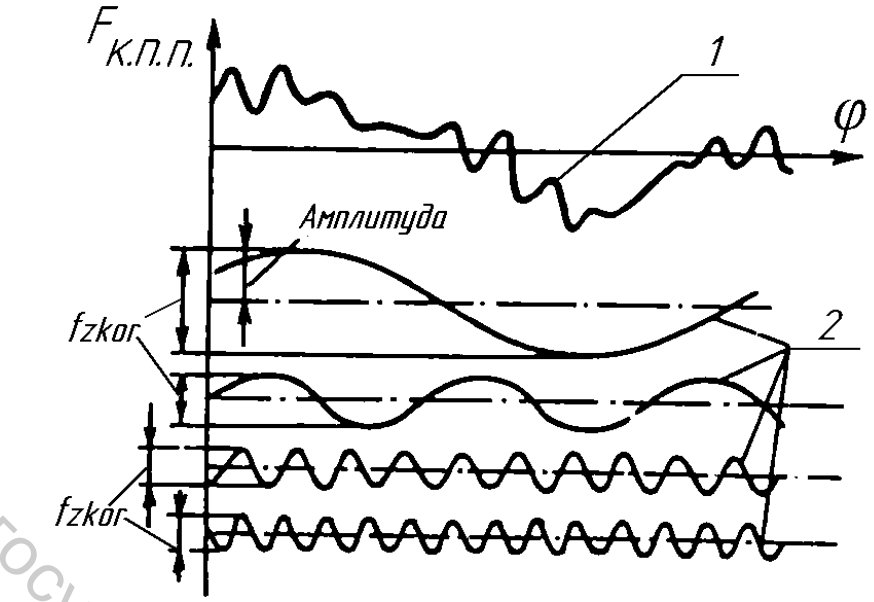
Местная кинематическая погрешность зубчатого колеса f'_{ir} – наибольшая разность между местными соседними экстремальными (минимальными и максимальными) значениями кинематической погрешности зубчатого колеса в пределах его оборота (рис. 1.70).

Отклонение шага f_{ptr} – дискретные значения кинематической погрешности зубчатого колеса при его повороте на один номинальный угловой шаг:

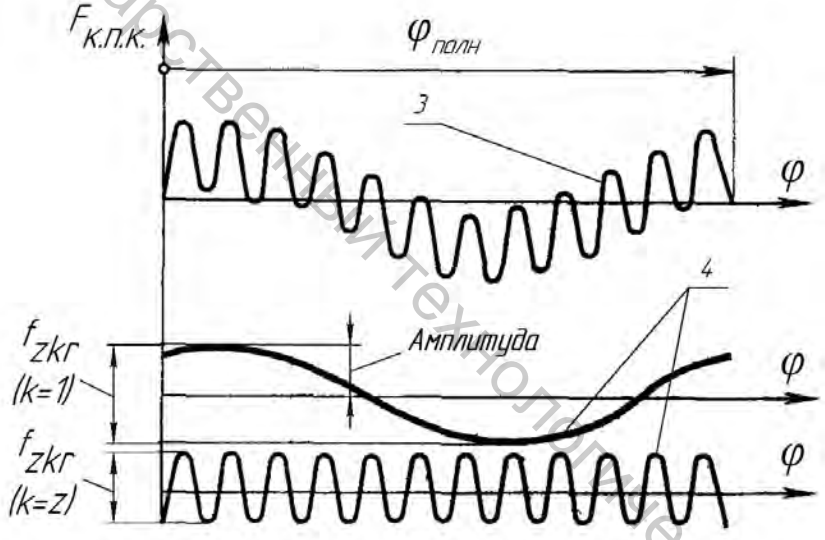
$$f_{ptr} = \left(\varphi - \frac{2\pi}{z}\right) r. \qquad (1.39)$$

Отклонение шага зацепления f_{pbr} – разность между действительным и номинальным шагами зацепления (рис. 1.71).

Витебский государственный технологический университет



а)



б)

Рисунок 1.69 – Схемы для определения циклической погрешности: *а* – передачи; *б* – зубчатого колеса; *1* – кривая кинематической погрешности передачи; *2* – гармонические составляющие кинематической погрешности передачи при разных значениях частоты k; *3* – кривая кинематической погрешности зубчатого колеса; *4* – гармонические составляющие кинематической погрешности зубчатого колеса при разных значениях частоты k.

Витебский государственный технологический университет

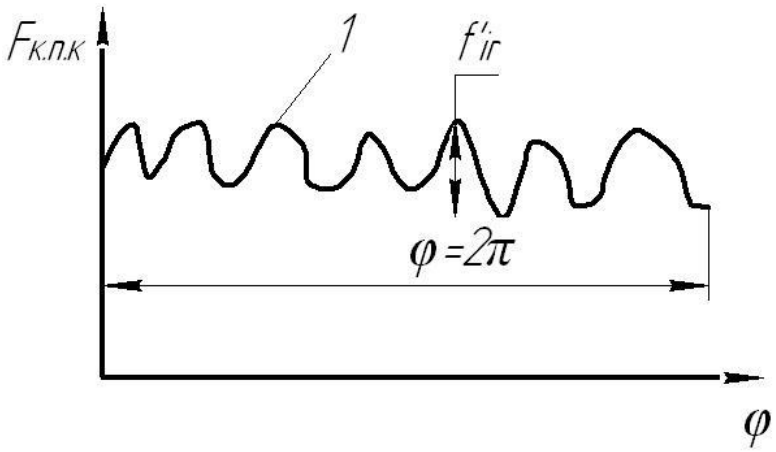


Рисунок 1.70 – Схема для определения местной кинематической погрешности колеса

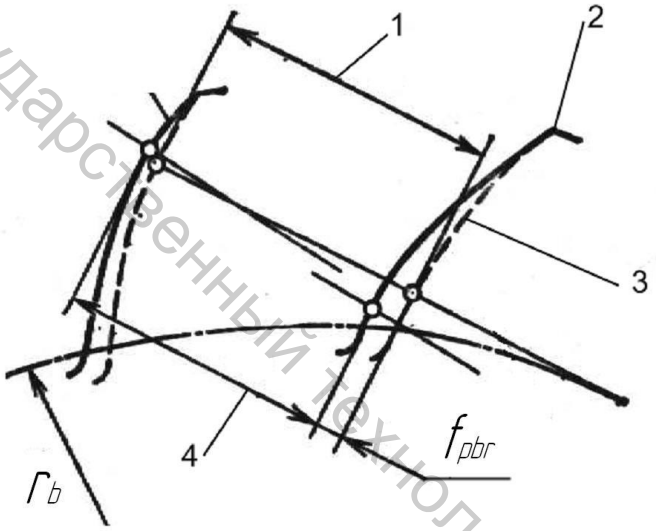


Рисунок 1.71 – Схемы для определения шага зацепления:
1 – номинальный шаг зацепления; *2* – действительный профиль зуба; *3* – номинальный профиль зуба; *4* – действительный шаг зацепления

Погрешность профиля зуба f_{fr} – расстояние по нормали между двумя ближайшими друг к другу номинальными торцовыми профилями зуба, между которыми размещается действительный торцовый активный профиль зуба зубчатого колеса (рис. 1.72).

Витебский государственный технологический университет

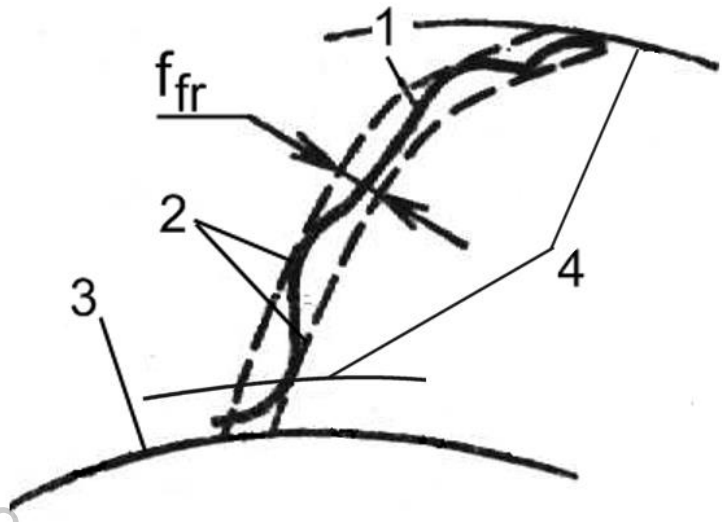


Рисунок 1.72 – Схема для определения погрешности профиля зуба
1 – действительный торцовый профиль; *2* – номинальные торцовые профили; *3* – основная окружность; *4* – границы активного профиля зуба

1.5.6.4 Показатели контакта зубьев

Суммарное пятно контакта – это часть боковой поверхности зуба, на которой располагаются следы прилегания зубьев парного зубчатого колеса в собранной передаче после вращения под нагрузкой, устанавливаемой конструктором (рис. 1.73). Относительные размеры пятна контакта определяются в процентах по длине и высоте зуба:

по длине зуба

$$\frac{a-c}{b} \times 100\%; \tag{1.40}$$

по высоте зуба

$$\frac{h_m}{h_p} \times 100\%. \tag{1.41}$$

Витебский государственный технологический университет

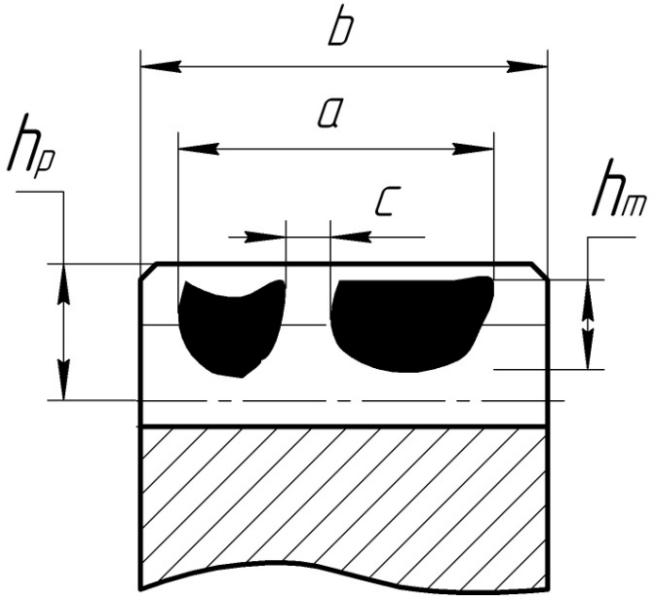


Рисунок 1.73 – Схема для определения относительных размеров пятна контакта: a – расстояние между крайними точками следов прилегания; c – суммарная величина разрывов; h_m – средняя по всей высоте зуба высота прилегания; h_p- высота зуба.

Погрешность направления зуба $F_{\beta r}$ – расстояние между двумя ближайшими друг к другу делительными линиями зуба в торцевом сечении, между которыми размещается действительная делительная линия зуба, соответствующая рабочей ширине зубчатого венца (рис. 1.74).

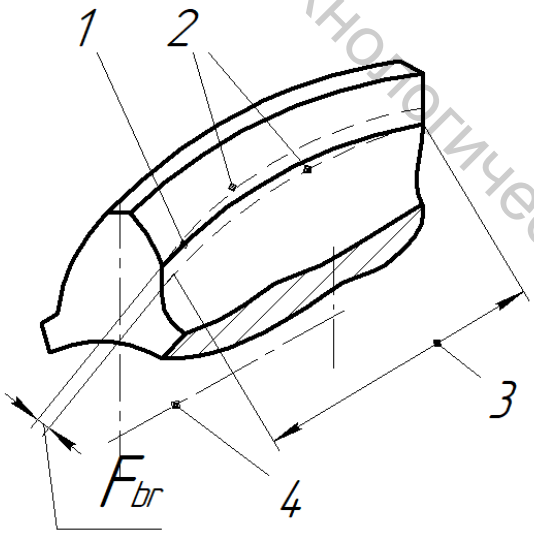


Рисунок 1.74 – Схема для определения погрешности направления зуба*: 1* – действительная делительная линия (линия пересечения действительной боковой поверхности зуба с делительным цилиндром, ось которого совпадает с рабочей осью); *2* – номинальные делительные линии зуба, *3* – ширина рабочего венца; *4* – рабочая ось зубчатого колеса

Витебский государственный технологический университет

1.5.6.5 Степени точности

Установлено 12 степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания точности числами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 (ГОСТ 1643-81). Для степеней точности 1 и 2 допуски и предельные отклонения не даны. Эти степени точности зарезервированы для будущего.

Для каждой степени точности зубчатых колес и передач установлены нормы кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев (допускается комбинирование норм разных степеней точности). Поскольку между элементами зубчатых колес существуют зависимости, то при комбинировании нормы плавности работы зубчатых колес и передач могут быть не более чем на две степени точнее или на одну степень грубее норм кинематической точности, нормы контакта зубьев могут назначаться на любую степень более точными, чем нормы плавности работы зубчатых колес и передач, а также на одну степень грубее норм плавности.

В стандартах предусмотрено значительное число степеней точности, которые могут обеспечить точностные требования к разнообразным зубчатым колесам от самых точных до грубых. Так, степени точности 3, 4 и 5, содержащие малые по значению допуски, уже нашли применение при изготовлении измерительных колес. При этом измерительные колеса 3-й степени служат для контроля колес 5-й и 6-й степеней точности, измерительные колеса 4-й степени точности – для контроля колес 7-й степени точности, измерительные колеса 5-й степени точности – для контроля колес 8-й и 9-й степеней точности.

Выбор степени точности зубчатого колеса зависит от окружной скорости, передаваемой мощности, требований к кинематической точности, плавности, бесшумности, долговечности и т. п.

Выбор степени точности изготовления параметров колеса можно выполнить следующими способами.

1. Расчетом:

а) степень точности кинематических параметров колеса можно определить кинематическим расчетом погрешностей всей передачи;

б) степень точности параметров плавности можно определить расчетом динамики передачи, вибраций и шумовых явлений;

в) степень точности параметров, характеризующих полноту контакта зубьев, можно найти расчетом на прочность и долговечность.

Соответствие полученных расчетом степеней точности условиям эксплуатации необходимо проверить на опытной партии зубчатых колес.

Витебский государственный технологический университет

2. На зубчатые колеса можно перенести степень точности, установленную ранее для аналогичных зубчатых колес, работающих в каких-либо других действующих приборных устройствах и удовлетворяющих предъявляемым к ним эксплуатационным требованиям, аналогичным требованиям, предъявляемым к рассматриваемым зубчатым колесам. В этом случае проверка зубчатых колес не требуется (табл. 1.38).

Таблица 1.38 – Рекомендации по применению степеней точности

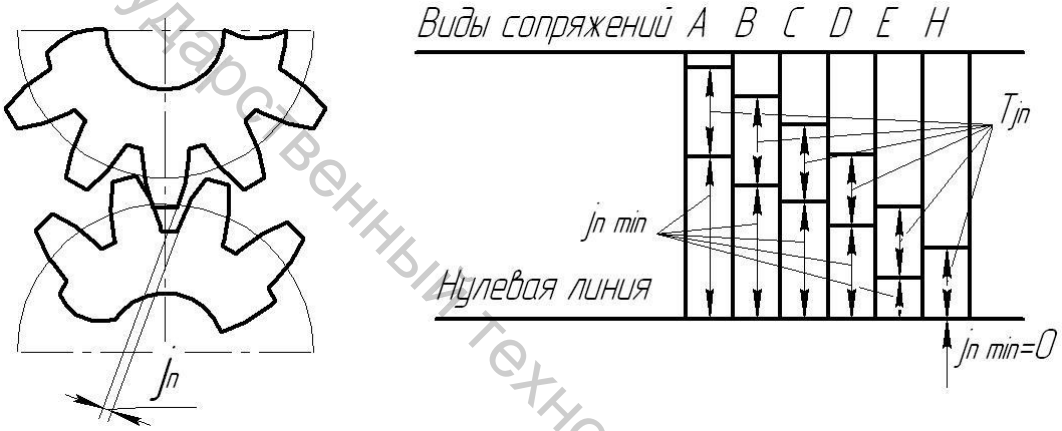
Степень точности	Окружная скорость, м/с	
	Прямозубые колеса	Непрямозубые колеса
3-я (особо прецизионные)	Св. 40	Св. 75
Зубчатые колеса для передач с особо прецизионной согласованностью вращения или работающих при особо высокой скорости и наибольшей плавностью: зубчатые колеса особо прецизионных механизмов, особо высокоскоростных турбинных передач, измерительные колеса для контроля колес 5-, 6-й степеней точности.		
4-я (особо прецизионные)	Св. 35	Св.70
Зубчатые колеса для особо прецизионных делительных механизмов или передач работающих при весьма высоких скоростях и требующие наибольшей плавности и бесшумности, зубчатые колеса особо прецизионных делительных механизмов, высокоскоростные передачи, измерительные колеса для контроля колес 7-й степени точности.		
5-я (прецизионные)	Св. 20	Св. 40
Зубчатые колеса для прецизионных делительных механизмов, работающих при высоких скоростях, требующие высокой плавности и бесшумности: зубчатые колеса прецизионных механизмов, турбинных передач, измерительные колеса для контроля колес 8-9-й степеней точности		
6-я (высокоточные)	До15	До 30
Зубчатые колеса для плавной работы на высоких скоростях, требующие наибольшего КПД и бесшумности, зубчатые колеса делительных механизмов, особо ответственные зубчатые колеса авиа- и машиностроения.		
7-я (точные)	До10	До 15
Зубчатые колеса при повышенных скоростях и умеренной мощности или наоборот: зубчатые колеса подач где требуется согласованность движений, колеса скоростных редукторов авиа- и автостроения, передачи на устройства с отсчетом.		
8-я (средней точности)	До 6	До 10
Зубчатые колеса общего машиностроения, не требующие особой точности, колеса передач станков, не входящие в делительные цепи, колеса грузоподъемных механизмов, зубчатые колеса сельскохозяйственных машин, зубчатые колеса нормальных редукторов.		
9-я (пониженной точности)	До 2	До 4
Зубчатые колеса для плавной работы на высоких скоростях, требующие наиболее высокого КПД и бесшумности, зубчатые колеса, зубчатые колеса авиа- и автостроения		

Витебский государственный технологический университет

1.5.6.6 Виды сопряжений зубьев в передаче

Для устранения возможного заклинивания при нагреве передачи, обеспечения условий протекания смазочного материала и ограничения мертвого хода при реверсировании отсчетных и делительных передач они должны иметь боковой зазор j_n (между нерабочими профилями зубьев сопряженных колес). Этот зазор необходим также для компенсации погрешностей изготовления и монтажа передачи и для устранения удара по нерабочим профилям, который может быть вызван разрывом контакта рабочих профилей вследствие динамических явлений.

Боковой зазор определяют в сечении, перпендикулярном к направлению зубьев, в плоскости, касательной к основным цилиндрам (рис. 1.75 а).



а б

Рисунок 1.75 – Боковой зазор:
а – схема для определения; *б* – виды расположения интервалов допусков T_{jn}

На боковой зазор установлен допуск T_{jn}, определяемый разностью между наибольшим и наименьшим зазором. По мере увеличения бокового зазора увеличивается допуск T_{jn}. Допуски на боковой зазор обозначаются буквами h, d, c, b, a, z, y, x в порядке возрастания допуска. Стандартом ГОСТ 1643-81 предусмотрены виды сопряжений и соответствующие им виды допусков бокового зазора (табл. 1.39).

Установлены шесть классов отклонений межосевого расстояния, обозначаемые в порядке убывания точности I, II, III, IV, V, VI.

Гарантированный боковой зазор в каждом сопряжении обеспечивается при соблюдении предусмотренных классов отклонений межосевого расстояния: для сопряжений H и E – II класс; для сопряжений D, C, B и A – классы III, IV, V и VI соответственно.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 1.39 – Допуски бокового зазора

Модуль m, мм	Виды сопряжения	Вид допуска бокового зазора	Диапазон степеней точности по нормам плавности
m < 1	D E F G H	e e f g h	3-10 при m ≤ 0,5 мм 3-12 при m > 0,5 мм 3-10 3-8 3-7
m ≥ 1	A B C D E, H	a b c d h	3-12 3-11 3-9 3-8 3-7

1.5.6.7 Обозначение параметров зубчатых колес на чертежах

На поле чертежа в правом верхнем углу располагается таблица, содержащая необходимые данные для изготовления зубчатого колеса. В таблице указывается модуль, число зубьев, исходный контур, коэффициент смещения, условное обозначение норм точности, длина общей нормали, делительный диаметр. Примеры условного обозначения норм точности:

$7-C$ ГОСТ 1643-81– цилиндрическая передача со степенью точности 7 по всем трем нормам с видом сопряжения зубчатых колес C и видом допуска на боковой зазор c;

$8-7-6-Ba$ ГОСТ 1643-81– цилиндрическая передача со степенью точности 8 по нормам кинематической точности, степенью 7 по нормам плавности, степенью 6 по нормам контакта зубьев, видом сопряжения B и видом допуска на боковой зазор a.

Допускается не назначать, а значит, и не контролировать степень точности на норму, не имеющую эксплуатационного значения. Если на одну из норм не задана степень точности, то на соответствующем месте обозначения точности вместо цифры ставится буква N, например $7-N-6-\mathrm{Ba}$;

$7-\mathrm{Ca}/V$ ГОСТ 1643-81 – цилиндрическая передача со степенью точности 7 по всем трем нормам с видом сопряжения C и видом допуска на боковой зазор a и классом отклонения межосевого расстояния V.

Витебский государственный технологический университет

1.6 Размерные цепи

1.6.1 Общие сведения, термины и определения

При конструировании механизмов, машин, приборов и других изделий, проектировании технологических процессов, выборе средств и методов измерений возникает необходимость в проведении размерного анализа, с помощью которого достигается правильное соотношение взаимосвязанных размеров и определяются их допуски. Подобные геометрические расчеты выполняются с использованием теории размерных цепей.

Размерной цепью называется совокупность взаимосвязанных размеров, образующих замкнутый контур и определяющих взаимное положение поверхностей (или осей) одной или нескольких деталей. Замкнутость размерной цепи приводит к тому, что размеры, входящие в размерную цепь, не могут назначаться независимо, т.е. значение и точность, по крайней мере, одного из размеров определяются остальными. Размерная цепь состоит из отдельных звеньев.

Звеном называется каждый из размеров, образующих размерную цепь. Звеньями размерной цепи могут быть любые линейные или угловые параметры: диаметральные размеры, расстояния между поверхностями или осями, зазоры, натяги, перекрытия, мертвые ходы, отклонения формы и расположения поверхностей (осей) и т.д.

Любая размерная цепь имеет одно исходное (замыкающее) звено и два или более составляющих звеньев.

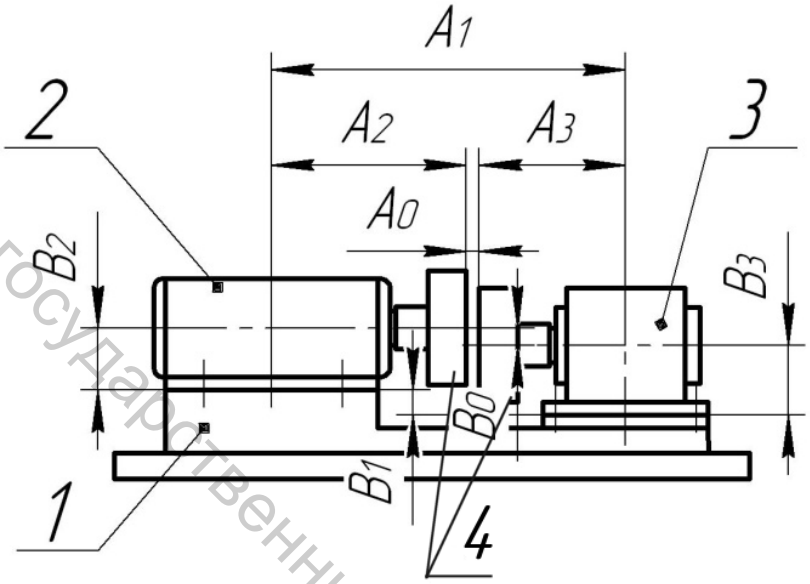
Исходным называется звено, к которому предъявляется основное требование точности, определяющее качество изделия в соответствии с техническими условиями. Понятие исходного звена используется при проектном расчете размерной цепи.

В процессе обработки или при сборке изделия исходное звено получается обычно последним, замыкая размерную цепь. В этом случае такое звено именуется *замыкающим*. Понятие замыкающего звена используется при проверочном расчете размерной цепи. Таким образом, замыкающее звено непосредственно не выполняется, а представляет собой результат выполнения (изготовления) всех остальных звеньев цепи.

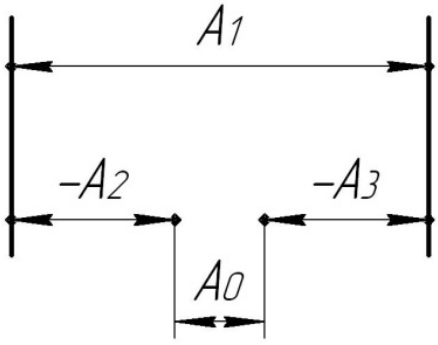
Составляющими называются все остальные звенья, с изменением которых изменяется и замыкающее звено. Составляющие звенья размерной цепи разделяются на две группы. К первой группе относятся звенья, с увеличением которых (при прочих постоянных) увеличивается и замыкающее звено. Такие звенья называются *увеличивающими*. Ко второй группе относятся звенья, с увеличением которых замыкающее звено уменьшается. Такие звенья называются *уменьшающими*.

Витебский государственный технологический университет

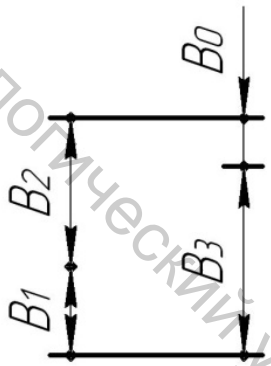
Размерные цепи классифицируются по ряду признаков (табл. 1.40). Один и тот же механизм и даже одна деталь могут иметь несколько размерных цепей, например, размерные цепи, определяющие зазор между полумуфтами или соосность валов привода (рис. 1.76). Звенья размерных цепей обозначают прописными буквами латинского алфавита A, B, C и т.д., с порядковыми цифровыми индексами.



а)



б)



в)

Рисунок 1.76 – Схемы размерных цепей:
а – сборочный узел; *б, в* – схемы; *1* – плита;
2 – электродвигатель; *3* – редуктор; *4* – полумуфты

При проектировании и сборке данного привода возникают две основные конструкторские и технологические задачи.

Витебский государственный технологический университет

1. Определение зазора A_0 (рис. 1.76 а, б) между полумуфтами электродвигателя *2* и редуктора *3*, необходимого для компенсации осевых погрешностей расположения и тепловых деформаций валов этих механизмов.

2. Определение отклонения от соосности валов B_0 (рис. 1.76 в).

Горизонтальный зазор между полумуфтами A_0, получающийся после установки на плите *1* механизмов *2* и *3*, зависит от монтажных размеров A_1, A_2 и A_3; с увеличением размера A_1 зазор увеличивается; с увеличением размеров A_2 и A_3 зазор уменьшается. Перечисленные размеры образуют замкнутый контур и величины их взаимосвязаны. Размеры A_1, A_2, A_3 и A_0 образуют размерную цепь; зазор A_0 в этой цепи является замыкающим, а остальные размеры составляющими (размер A_1 – увеличивающий, размеры A_2 и A_3 – уменьшающие).

Отклонение валов от соосности определяется замыкающим размером B_0, последним в размерной цепи и зависящим от соотношения увеличивающих размеров B_1 и B_2 и уменьшающего размера B_3.

Таблица 1.40 – Классификация размерных цепей

Классификационный признак	Название размерной цепи	Назначение, характеристика
Область применения	Конструкторская	Решается задача обеспечения точности при конструировании изделий
	Технологическая	Решается задача обеспечения точности при изготовлении изделий
	Измерительная	Решается задача измерения величин, характеризующих точность изделий
Место в изделии	Детальная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей одной детали
	Сборочная	Определяет точность относительного положения поверхностей или осей деталей, входящих в сборочную единицу
Расположение звеньев	Линейная	Звенья цепи являются линейными размерами
	Угловая	Звенья цепи представляют собой угловые размеры, отклонения которых могут быть заданы в линейных величинах, отнесенных к условной длине, или в градусах
	Плоская	Звеньями цепи являются линейные и угловые размеры, расположенные в одной или нескольких параллельных плоскостях.
	Пространственная	Звенья цепи расположены в непараллельных плоскостях

Витебский государственный технологический университет

1.6.2 Цели расчета размерных цепей

Расчет размерных цепей является необходимым этапом конструирования, анализа точности производства и надежности эксплуатации широкого класса изделий (машин, механизмов, приборов, аппаратов и т.п.). С помощью теории размерных цепей могут быть решены следующие конструкторские, технологические и метрологические задачи.

1. Установление геометрических и кинематических связей между размерами деталей, расчет номинальных значений, отклонений и допусков размеров звеньев.

2. Расчет норм точности и разработка технических условий на машины и их составные части.

3. Анализ правильности простановки размеров и отклонений на рабочих чертежах деталей.

4. Расчет межоперационных размеров, припусков и допусков, пересчет конструктивных размеров в технологические (при несовпадении конструкторских и технологических баз).

5. Обоснование последовательности технологических операций при изготовлении и сборке изделий.

6. Обоснование и расчет необходимой точности приспособлений.

7. Выбор средств и методов измерений, расчет достижимой точности измерений.

Полный расчет размерных цепей выполняется в процессе разработки рабочего проекта машины, предварительные расчеты следует производить еще при конструктивной проработке технического проекта.

1.6.3 Методы расчета размерных цепей при обеспечении полной взаимозаменяемости (расчет на «максимум-минимум»)

При *полной взаимозаменяемости* требуемая точность замыкающего звена размерной цепи достигается во всех случаях ее реализации без выбора, подбора или изменения значений замыкающих звеньев.

При расчете размерных цепей решаются две основные задачи.

1. По установленным размерам и допускам составляющих звеньев определяют номинальный и предельные размеры исходного звена, его допуск и предельные отклонения.

2. По установленным размерам, отклонениям и допуску исходного размера определяют предельные размеры, отклонения и допуски составляющих размеров.

Витебский государственный технологический университет

Размерную цепь в общем виде можно представить в виде контура (рис. 1.77). Номинальный размер замыкающего звена по условию замкнутости контура равен:

$$A_0 = \sum_{j=1}^{n} A_j^{\text{ув}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_j^{\text{ум}}, \tag{1.42}$$

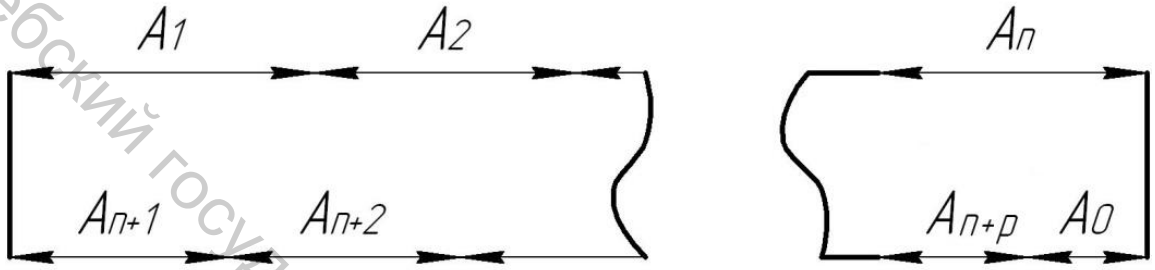


Рисунок 1.77 – Схема размерной цепи

где n – число увеличивающих звеньев; p – число уменьшающих звеньев, $A_1 \ldots A_n$ – увеличивающие звенья, $A_{n+1} \ldots A_{n+p}$ – уменьшающие звенья.

Рассмотрим решение *первой задачи*. Предельные размеры замыкающего звена $A_{0\,max}$, $A_{0\,min}$ соответственно равны:

$$A_{0\,max} = \sum_{j=1}^{n} A_{j\,max}^{\text{ув}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,min}^{\text{ум}}, \tag{1.43}$$

$$A_{0\,min} = \sum_{j=1}^{n} A_{j\,min}^{\text{ув}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,max}^{\text{ум}}, \tag{1.44}$$

где $A_{j\,max}^{\text{ув}}$, $A_{j\,min}^{\text{ув}}$, $A_{j\,max}^{\text{ум}}$, $A_{j\,min}^{\text{ум}}$ – предельные размеры соответственно увеличивающих и уменьшающих звеньев.

Почленно вычитая из равенства (1.43) выражение (1.44), получим

$$A_{0\,max} - A_{0\,min} = \left(\sum_{j=1}^{n} A_{j\,max}^{\text{ув}} - \sum_{j=1}^{n} A_{j\,min}^{\text{ув}} \right) + \left(\sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,max}^{\text{ум}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,min}^{\text{ум}} \right),$$

при этом

$$A_{0\,max} - A_{0\,min} = TA_0;$$

Витебский государственный технологический университет

$$\sum_{j=1}^{n} A_{j\,max}^{\text{ув}} - \sum_{j=1}^{n} A_{j\,min}^{\text{ув}} = \sum_{j=1}^{n} TA_j^{\text{ув}};$$

$$\sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,max}^{\text{ум}} - \sum_{j=n+1}^{n+p} A_{j\,min}^{\text{ум}} = \sum_{j=n+1}^{n+p} TA_j^{\text{ум}}.$$

Тогда

$$TA_0 = \sum_{j=1}^{n} TA_j^{\text{ув}} + \sum_{j=n+1}^{n+p} TA_j^{\text{ум}}. \quad (1.45)$$

Пусть m – общее число всех звеньев, включая и исходное. Тогда

$$m - 1 = n + p. \quad (1.46)$$

С учетом (1.46) выражение (1.45) примет вид:

$$TA_0 = \sum_{j=1}^{m-1} TA_j, \quad (1.47)$$

где TA_j – допуск j-го составляющего звена размерной цепи.

Таким образом, допуск исходного звена в линейных размерных цепях равен сумме допусков всех (увеличивающих и уменьшающих) звеньев.

Анализируя формулу (1.47), можно наметить основные пути повышения точности замыкающего звена:

– уменьшение допусков каждого из составляющих звеньев;

– сокращение числа звеньев размерной цепи.

Теперь рассмотрим *вторую задачу*. При решении второй задачи допуски составляющих размеров определяют по заданному допуску исходного размера TA_0 одним из следующих способов.

Способ равных допусков предполагает, что на составляющие размеры назначают примерно равные допуски, руководствуясь средним допуском:

$$TA_j = \frac{TA_0}{m-1}. \quad (1.48)$$

Витебский государственный технологический университет

По найденному значению TA_j устанавливают допуски на составляющие размеры, учитывая величину и ответственность каждого размера. При этом должны быть выполнены следующие условия:

– принятые допуски должны выбираться из таблицы стандартных допусков;

– сумма допусков составляющих размеров не должна превышать допуск исходного размера.

Способ равных допусков прост и дает хорошие результаты, если номинальные размеры составляющих звеньев размерной цепи находятся в одном интервале.

При *способе одного квалитета* на размеры всех составляющих звеньев назначают допуски по одному квалитету с учетом номинальных размеров звеньев. Квалитет определяют по числу единиц допуска:

$$a = TA_0 / \sum_{j=1}^{m-1} i_j, \qquad (1.49)$$

где i_j – единица допуска каждого составляющего звена.

По найденному числу единиц допуска a подбирают ближайший квалитет (табл. 1.1), по которому назначают допуски составляющих звеньев. При этом сумма допусков составляющих звеньев по выбранному квалитету не должна превышать допуск исходного звена.

1.6.4 Методы обеспечения точности замыкающих звеньев размерных цепей

Точность замыкающих звеньев размерных цепей может быть обеспечена следующими методами:

– методом полной взаимозаменяемости (рассмотрен в п. 1.6.3);

– методом неполной взаимозаменяемости (вероятностным методом расчета);

– методом групповой взаимозаменяемости (селективной сборкой);

– методом пригонки и совместной обработки (технологическим);

– методом регулирования (конструкторским).

Вероятностный метод расчета (метод неполной взаимозаменяемости) позволяет решать те же задачи, что и расчет на максимум-минимум. При вероятностном методе расчета размерных цепей используются данные о законах распределения отклонений размеров в размерной цепи (закон нормального распределения, закон равной вероятности, закон треугольника), что позволяет расширить допуски составляющих звеньев при

Витебский государственный технологический университет

небольшом риске нарушения размера замыкающего звена.

Основная трудность использования вероятностного метода заключается в невысокой достоверности сведений о законах распределения размеров цепи, которые не остаются постоянными в процессе работы.

Метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка) применяется для получения посадок с малыми допусками из числа деталей, сопрягаемые элементы которых изготовлены по относительно большим допускам.

Принцип групповой взаимозаменяемости заключается:

– в разделении изготовленных деталей на размерные группы по более узким допускам, чем допуск на изготовление;

– в использовании при сборке сочетания только определенной группы сопрягаемых деталей.

К достоинствам групповой взаимозаменяемости следует отнести возможность использовать увеличенные допуски на изготовление соединяемых деталей и получать сопряжения высокой точности (подшипники качения).

Основными недостатками групповой взаимозаменяемости являются необходимость контроля всех деталей, а также ограниченная заменяемость деталей.

Метод пригонки и совместной обработки (технологический). При единичном и мелкосерийном производстве крупных машин и механизмов осуществляется метод пригонки. Так, в станкостроении установка узлов на станину станка сопровождается дополнительной обработкой (шабрением) поверхности и проверкой степени прилегания сопрягаемых поверхностей «по краске». После изготовления перестановка узлов с одного станка на другой невозможна.

Совместная обработка предполагает обработку валов под размер заранее обработанного отверстия. После такой обработки на сборку поступает пара: вал и деталь с отверстием для образования определенного вида сопряжения (плунжерные пары).

Метод регулирования (конструкторский) предполагает достижение требуемой точности изменением (регулировкой) одного из звеньев, которое называется *компенсационным*. Оно предварительно изготавливается в соответствии с требуемыми размерами и легко подбирается после сборки остальных звеньев. Недостаток метода – необходимость дополнительных работ по подбору, установке и регулировке посредством компенсационных звеньев.

Витебский государственный технологический университет

2 Содержание курсовой работы

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Нормирование точности изделий» способствует развитию у студентов практических навыков самостоятельной работы с нормативно-технической документацией, стандартами, справочной технической литературой.

Курсовая работа состоит из ряда независимых друг от друга заданий, каждое из которых посвящено вопросам нормирования точности определенного вида соединений, из числа тех, что находят наиболее широкое применение в современном машиностроении и приборостроении.

В данном разделе учебного пособия подробно рассмотрены примеры выполнения всех заданий курсовой работы с необходимыми пояснениями. Индивидуальные задания к каждой из частей курсовой работы приведены в конце соответствующего подраздела.

Выполнение курсовой работы невозможно без использования справочных данных. В 4 разделе учебного пособия приведены необходимые таблицы из нормативных документов.

Оформление курсовой работы должно соответствовать ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

Работа должна быть выполнена любым печатным способом на *одной стороне* листа белой бумаги формата А4 с межстрочным *полуторным интервалом*. Цвет шрифта должен быть черным, высота букв, цифр и других знаков — не менее 1,8 мм (*кегль не менее 12 пунктов*). Необходимо соблюдать следующие размеры полей: правое — 10 мм, верхнее — 20 мм, левое и нижнее — 20 мм. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на определенных терминах, формулах, применяя различные шрифты.

Первым листом работы является *титульный лист*. После титульного листа следует *содержание,* которое включает наименование всех разделов с указанием номеров страниц, с которых начинаются разделы.

Текст курсовой работы следует делить на разделы, подразделы и пункты. Разделы соответствуют отдельным заданиям курсовой работы и нумеруются арабскими цифрами. Нумерация подразделов включает номер раздела и следующий за ним через точку номер подраздела, например, 1.1, 1.2 и т.д. После номера раздела или подраздела через пробел следует название с большой буквы; точка в конце названия не ставится.

Страницы курсовой работы нумеруются сквозной нумерацией арабскими цифрами *внизу страницы по центру без точки в конце*.

Рисунки и таблицы следует располагать непосредственно в тексте курсовой работы сразу после их первого упоминания. Рисунки и таблицы

Витебский государственный технологический университет

нумеруются по отдельности; допускается сквозная нумерация (1, 2, 3…) или нумерация в пределах раздела (2.1, 2.2, 2.3 …).

В конце работы, начиная с новой страницы, размещают *список использованных источников*. Список составляется по алфавиту или в порядке появления ссылок на источники в тексте курсовой работы, источники нумеруются арабскими цифрами без точки и печатаются с абзацного отступа. Ссылки на номера источников в тексте оформляются в квадратных скобках.

Витебский государственный технологический университет

2.1 Расчет допусков и посадок гладких цилиндрических соединений

2.1.1 Содержание задания

Исходные данные: номинальный диаметр соединения $D_н = d_н = 50$ мм, предельные отклонения отверстия $ES = +25$ мкм; $EI = 0$, предельные отклонения вала $es = +42$ мкм; $ei = +26$ мкм.

1. Рассчитать предельные размеры и допуски отверстия и вала.
2. Определить квалитеты отверстия и вала.
3. Подобрать буквенные обозначения основных отклонений и записать обозначение посадки.
4. Рассчитать предельные зазоры и (или) натяги в посадке и диапазон посадки, определить вид соединения в посадке (с зазором, с натягом, переходная).
5. Изобразить схему расположения интервалов допусков, указать на ней размеры, допуски, предельные отклонения.
6. Назначить значение параметра шероховатости поверхностей и подобрать конечную операцию механической обработки отверстия и вала.
7. Вычертить эскиз сопрягаемых деталей в сборе и подетально, указать на эскизе обозначение посадки, классов допусков, предельных отклонений, шероховатостей.

2.1.2 Ход выполнения задания

1. Рассчитаем предельные размеры отверстия и вала:

$$D_{max} = D_н + ES = 50 + 0,025 = 50,025 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D_н + EI = 50 + 0 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d_н + es = 50 + 0,042 = 50,042 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d_н + ei = 50 + 0,026 = 50,026 \text{ мм}.$$

Допуски на размеры отверстия и вала равны:

$$TD = D_{max} - D_{min} = 50,025 - 50 = 0,025 \text{ мм};$$

$$Td = d_{max} - d_{min} = 50,042 - 50,026 = 0,016 \text{ мм}.$$

2. Определяем граничные значения интервала, к которому принадлежит номинальный размер, воспользовавшись таблицей допусков (табл. 4.1). Для $D_н = d_н = 50$

$D_{u\,min} = 30$; $D_{u\,max} = 50$.

Находим среднее геометрическое значение для данного интервала:

$$D_u = \sqrt{D_{u\min} \cdot D_{u\max}} = \sqrt{30 \cdot 50} = 38,73 \text{ мм}.$$

Единицу допуска *i* для размеров в диапазоне от 0 до 500 мм найдем по формуле

$$i = 0,45\sqrt[3]{D_u} + 0,001D_u = 0,45\sqrt[3]{38,73} + 0,001 \cdot 38,73 = 1,56 \text{ мкм}.$$

Квалитет изготовления деталей можно найти, определив число единиц допуска *a* в формуле допуска $T = a \cdot i$. В нашем случае известны допуски отверстия *TD* и вала *Td*, а также величина единицы допуска *i*. Тогда числа единиц допуска для отверстия и вала соответственно равны

$$a_D = \frac{TD}{i} = \frac{25}{1,56} \approx 16; \; a_d = \frac{Td}{i} = \frac{16}{1,56} \approx 10.$$

По таблице допусков (табл. 4.1) находим, что *отверстие выполнено по 7 квалитету (IT7)*, для которого число единиц допуска равно 16, а *вал выполнен по 6 квалитету (IT6)*, для которого число единиц допуска равно 10.

3. Определим, какое из двух отклонений (верхнее или нижнее) является основным для отверстия и вала. Поскольку основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии, то определить его можно следующим образом: основным будет то из двух отклонений, которое меньше по модулю. Для нашего случая получаем:

- для отверстия основным отклонением является нижнее отклонение $EI = 0$;

- для вала основным отклонением также является нижнее отклонение $ei = +26$ мкм.

По таблицам основных отклонений отверстий (табл. 4.7) и валов (табл. 4.3) находим их буквенные обозначения: *для отверстия – H*, *для вала – p*. Объединяя ранее найденные квалитеты с буквенными обозначениями основных отклонений, записываем обозначения классов допусков:

Витебский государственный технологический университет

– класс допуска отверстия – *H7*;

– класс допуска вала – *p6*.

Отмечаем, что отверстие в данной посадке является основным, поскольку его нижнее отклонение равно нулю. Вал является неосновным, поскольку его верхнее отклонение отлично от нуля.

Полное обозначение искомой посадки имеет вид:

$$\varnothing 50\frac{H7}{p6}.$$

Поскольку в обозначении посадки присутствует основное отверстие (*H7*), данная посадка является *посадкой в системе отверстия*.

4. Определяем предельные зазоры в посадке:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 50,025 - 50,026 = -0,001 \text{ мм};$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 50 - 50,042 = -0,042 \text{ мм}.$$

Поскольку оба значения зазоров оказались отрицательными, имеем посадку с натягом. Наибольший и наименьший натяги равны соответственно наименьшему и наибольшему зазорам, взятым с противоположным знаком, т.е.

$$N_{max} = -S_{min} = 0,042 \text{ мм}; \; N_{min} = -S_{max} = 0,001 \text{ мм}.$$

Средний натяг равен

$$N_c = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} = \frac{0,042 + 0,001}{2} = 0,0215 \text{ мм}.$$

Диапазон посадки с натягом равен

$$TN = N_{\max} - N_{\min} = 0,042 - 0,001 = 0,041 \text{ мм}.$$

Для проверки полученного значения рассчитаем также диапазон посадки как сумму допусков отверстия и вала:

$$TN = TD + Td = 0,025 + 0,016 = 0,041 \text{ мм}.$$

5. Вычерчиваем схему расположения интервалов допусков для посадки $\varnothing 50\frac{H7}{p6}$, отметив ее следующие характерные особенности:

– предельные отклонения отверстия и вала неотрицательны, поэтому оба интервала допуска лежат выше нулевой линии;

– нижнее отклонение отверстия равно нулю, поэтому линия, ему соответствующая, совпадает с нулевой линией;

– данная посадка с натягом, поэтому интервал допуска вала расположен выше интервала допуска отверстия.

На схеме показываем номинальный размер, предельные размеры отверстия и вала, допуски, наибольший и наименьший натяги (рис. 2.1).

Витебский государственный технологический университет

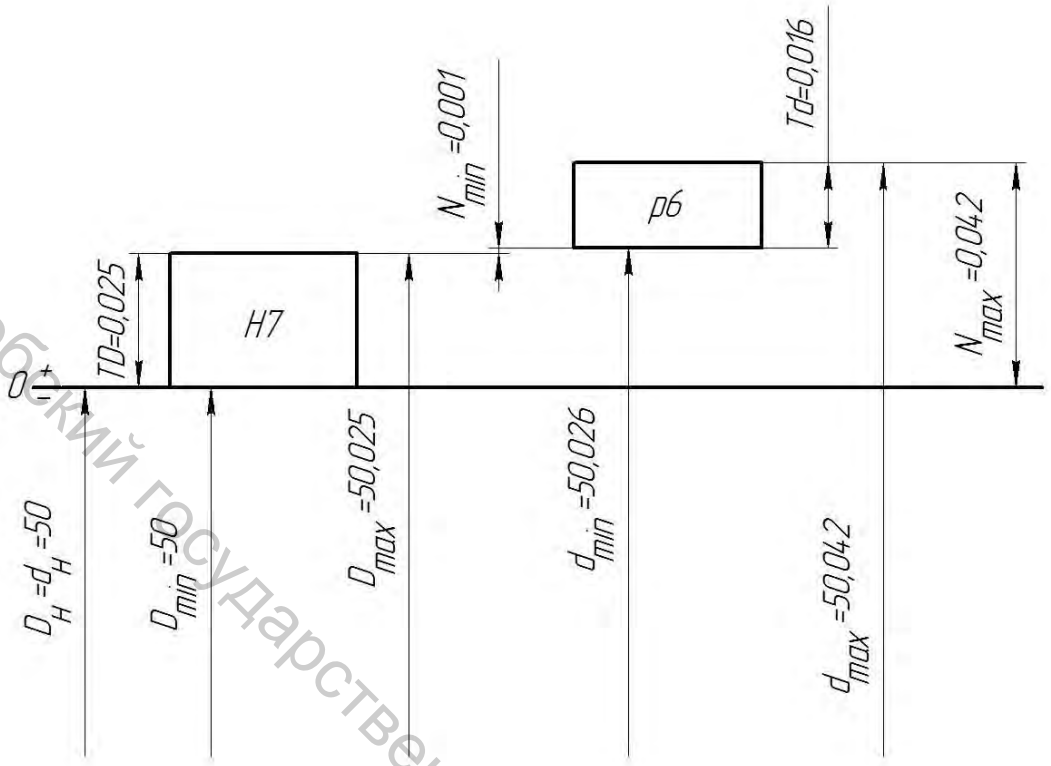


Рисунок 2.1 – Схема расположения интервалов допусков

6. Назначаем шероховатость поверхности деталей (табл. 4.10). В диапазоне номинальных размеров от 18 до 50 мм для допуска формы, равного 60% от допуска размера, находим:

для отверстия (IT7) среднее арифметическое отклонение профиля Ra 1,6 мкм;

для вала (IT6) среднее арифметическое отклонение профиля Ra 0,8 мкм.

Подбираем конечную операцию механической обработки отверстия и вала, ориентируясь на экономические квалитеты и показатели шероховатости поверхности (табл. 4.11):

- для отверстия (квалитет IT7, шероховатость Ra1,6) назначаем *чистовое внутреннее шлифование*, обеспечивающее получение квалитетов IT6…IT8 и шероховатости Ra 0,8…1,6;

- для вала (квалитет IT6, шероховатость Ra0,8) назначаем *чистовое наружное шлифование*, обеспечивающее получение квалитетов IT6…IT8 и шероховатости Ra 0,8…1,6.

7. Изображаем эскиз соединения в сборе и подетально (рис. 2.2). На эскизе в соответствии с требованиями ЕСКД указываем номинальный размер, обозначения классов допусков вала и отверстия, значения предельных отклонений и показателей шероховатости поверхностей.

Витебский государственный технологический университет

2.1.3 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1 – Задание 1. Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений

№ вар	Dн, мм	ES; EI, мкм	es, ei, мкм	№ вар	Dн, мм	ES; EI, мкм	es, ei, мкм	№ вар	Dн, мм	ES; EI, мкм	es, ei, мкм
1	30	+49; +40	-20; -26	***36***	380	+1250; +680	0; -570	***70***	220	-130; -202	-15; -61
2	40	+20; +9	-25; -36	***37***	390	+87; +62	0; -18	***71***	230	-340; -412	+186; +140
3	50	+61; +50	-80; -96	***38***	400	+150; +125	-18; -43	***72***	240	-84; -156	+212; +140
4	60	+170; +140	-60; -90	***39***	410	+270; +230	-135; -175	***73***	250	-640; -712	+356; +284
5	70	+146; +100	-60; -106	***40***	420	+293; +230	-230; -293	***74***	260	+800; +480	+368; +158
6	80	+274; +200	-150; -224	***41***	430	+327; +230	-135; -232	***75***	270	-580; -661	+270; +218
7	90	+260; +120	-120; -260	***42***	440	+595; +440	-760; -915	***76***	280	+137; +56	+396; +315
8	100	+440; +220	-380; -600	***43***	450	+480; +230	-230; -480	***77***	290	-350; -431	-56; -137
9	110	+590; +240	-240; -590	***44***	460	+880; +480	-840; -1240	***78***	300	-56; -137	+72; +20
10	120	+27; +12	-36; -46	***45***	470	+630; 0	0; -630	***79***	310	+240; +110	+871; +790
11	130	+61; +43	-14; -32	***46***	480	+47; +20	-20; -40	***80***	320	+140; 0	+679; 590
12	140	+110; +85	-85; -110	***47***	490	+162; +135	-68; -95	***81***	330	+299; +210	+94; +37
13	150	+125; + 85	-145; -185	***48***	500	+175; +135	-135; -175	***82***	340	-108; -197	0; -57
14	160	+208; +145	-210; -273	***49***	100	+87; +72	-36; -58	***83***	350	-62; -151	-360; -449
15	170	+330; +230	-310; -410	***50***	20	+98; +65	-20; -53	***84***	360	-294; -383	-62; -151
16	180	+245; +85	-145; -305	***51***	30	+333; +300	+23; +2	***85***	370	-208; -297	-18; -75
17	190	+530; +240	-660; -950	***52***	40	+209; +170	+99; +60	***86***	380	+360; 0	+665; +435
18	200	+460; 0	-340; -800	***53***	50	+50; +25	+68; +43	***87***	390	-1300; -1389	-210; -350
19	210	+20; 0	-50; -64	***54***	60	+19; 0	+66; +53	***88***	400	-294; -434	-1350; -1439
20	220	+35; +15	-15; -35	***55***	70	-32; -78	+62; +32	***89***	410	-490; -587	0; -63
21	230	+199; +170	-100; -129	***56***	80	-59; -105	0; -74	***90***	420	+480; +440	+108; +68
22	240	+146; +100	-170; -216	***57***	90	+90; +36	+232; +178	***91***	430	+385; +230	+587; +490

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.1

23	250	+172; +100	-170; -242	***58***	100	+87; 0	+312; +258	***92***	440	+1900; +1500	+1730; +1100
24	260	+430; +300	-920; -1050	***59***	110	+207; +120	+198; +144	***93***	450	+480; +230	+645; +490
25	270	+210; 0	-190; -400	***60***	120	-104; -158	+48; +13	***94***	460	+650; +20	+1220; +820
26	280	+620; +300	-300; -620	***61***	130	+39; +14	+68; +43	***95***	470	+1470; +840	-20; -650
27	290	+1060; +540	0; -520	***62***	140	-241; -266	+52; +27	***96***	480	+162; +135	+67; +40
28	300	+40; +17	-17; -33	***63***	150	+310; +210	+478; +415	***97***	490	+47; +20	+50; +23
29	310	+79; +56	-17; -40	***64***	160	-190; -253	+253; +190	***98***	500	-245; -272	+45; +5
30	320	+98; +62	-62; -98	***65***	170	-43; -106	+148; +108	***99***	100	+250; +220	+25; +3
31	330	+182; +125	-210; -267	***66***	180	-146; -209	+186; +146	***100***	20	-35; -68	+36; +15
32	340	+299; +210	-125; -214	***67***	190	+35; +15	+151; +122				
33	350	+740; +600	-1200; -1340	***68***	200	+172; +100	+308; +236				
34	360	+440; +210	-210; -440	***69***	210	-50; -122	0; -46				
35	370	+1710; +1350	-680; -1040								

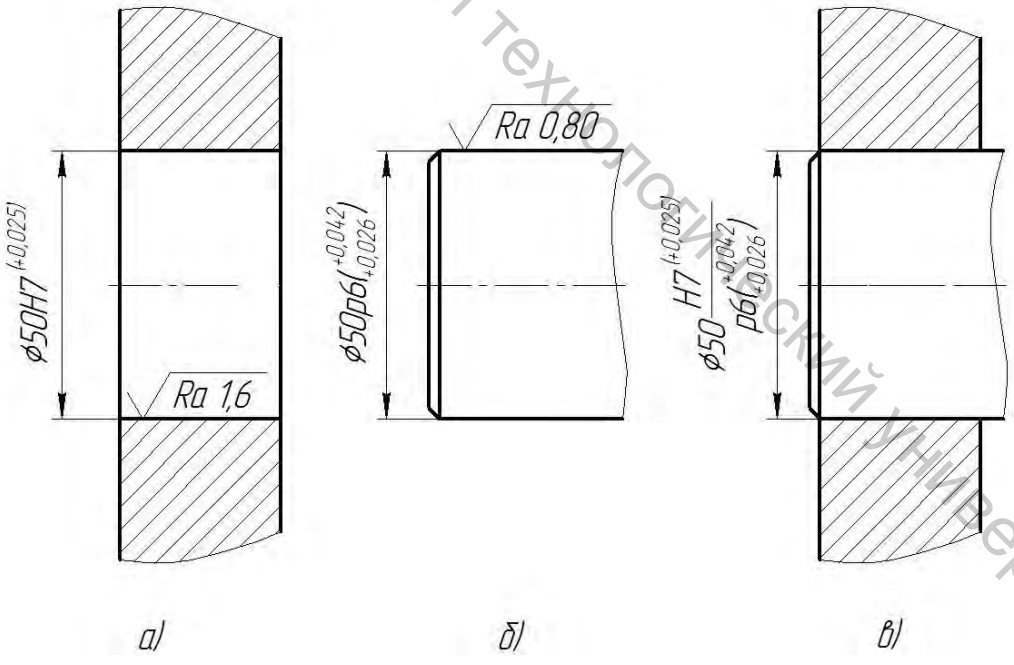


Рисунок 2.2 – Эскиз соединения подетально и в сборе: *а* – отверстие, *б* – вал, *в* – соединение в сборе

Витебский государственный технологический университет

2.2 Расчет исполнительных размеров гладких калибров

2.2.1 Основные термины и определения

Допуски гладких калибров для размеров до 500 мм и методика расчета их исполнительных размеров изложены в ГОСТ 24853-81.

1. *Предельные калибры* – это бесшкальные приборы, применяемые для такого способа контроля изготовленных деталей, когда действительные размеры детали непосредственно не определяются, а лишь устанавливается, находятся ли они в заданных пределах или выходят за них. Чаще всего предельные калибры для отверстий изготавливаются в виде *пробок*, а для контроля валов – в виде *скоб*.

Гладкие предельные калибры используют для проверки размеров гладких цилиндрических деталей, если на проверяемые размеры установлены допуски не точнее IT6. К достоинствам предельных калибров относятся долговечность, а также простота и достаточно высокая производительность контроля. Несмотря на ряд недостатков (сложность изготовления, невозможность контроля размеров точнее IT6 и пр.) предельные калибры широко применяются в массовом и крупносерийном производстве. Калибры, которыми пользуются при изготовлении деталей, называют *рабочими калибрами* (в свою очередь, рабочие калибры контролируются и регулируются с помощью *контрольных* калибров).

Примеры внешнего вида гладких рабочих нерегулируемых калибров приведены на рис. 2.3.



а) б)

Рисунок 2.3 – Нерегулируемые гладкие предельные калибры
а – двусторонняя пробка; *б* – односторонняя скоба

Витебский государственный технологический университет

Для контроля каждого размера необходимо два предельных калибра – проходной и непроходной. Обычно они конструктивно объединены, и тогда различают проходную (ПР) и непроходную (НЕ) сторону калибра, соответствующие проходному и непроходному пределам.

2. *Проходным пределом* (ПР) называют один из двух предельных размеров, который соответствует *максимальному* количеству материала: $D_{\min}$ для отверстия и $d_{\max}$ для вала.

3. *Непроходным пределом* (НЕ) называют один из двух предельных размеров, который соответствует *минимальному* количеству материала: $D_{\max}$ для отверстия и $d_{\min}$ для вала.

Например, для отверстия $\varnothing 60H7^{(+0,03)}$ проходной предел (ПР) соответствует размеру $D_{\min} = 60$ мм, непроходной предел (НЕ) соответствует размеру $D_{\max} = 60,03$ мм. При контроле годными считают только те отверстия, в которые проходит вставка $ПР = D_{\min}$ и не проходит вставка $НЕ = D_{\max}$.

Аналогично, для вала $\varnothing 60f7\left(^{-0,03}_{-0,06}\right)$ проходным пределом (ПР) будет $d_{\max} = 59,97$ мм, а непроходным пределом (НЕ) является $d_{\min} = 59,94$ мм. При контроле годными считаются только те валы, которые проходят в раствор губок скобы $ПР = d_{\max}$ и не проходят в раствор губок $НЕ = d_{\min}$.

4. *Интервалы допусков рабочих калибров* для размеров до 180 мм располагаются относительно их номинальных размеров, как показано на рис. 2.4 и 2.5. При этом номинальными размерами калибров считаются предельные размеры проверяемых поверхностей.

На схемах и в расчетах используются следующие обозначения:

H – допуск на рабочие калибры-пробки, H_1 – допуск на рабочие калибры-скобы;

Z – отклонение середины интервала допуска пробки, Z_1 – отклонение середины интервала допуска скобы;

Y – допустимый выход размера изношенной пробки; Y_1 – допустимый выход размера изношенной скобы (для квалитетов с 9 по 17 равны нулю).

Значения H, Z, Y и H_1, Z_1, Y_1 устанавливаются стандартом в зависимости от квалитета (с 6 по 17) и номинального размера.

5. *Предельные размеры рабочих калибров* обозначаются и рассчитываются по формулам из табл. 2.2 (см. рис. 2.4 и 2.5).

Витебский государственный технологический университет

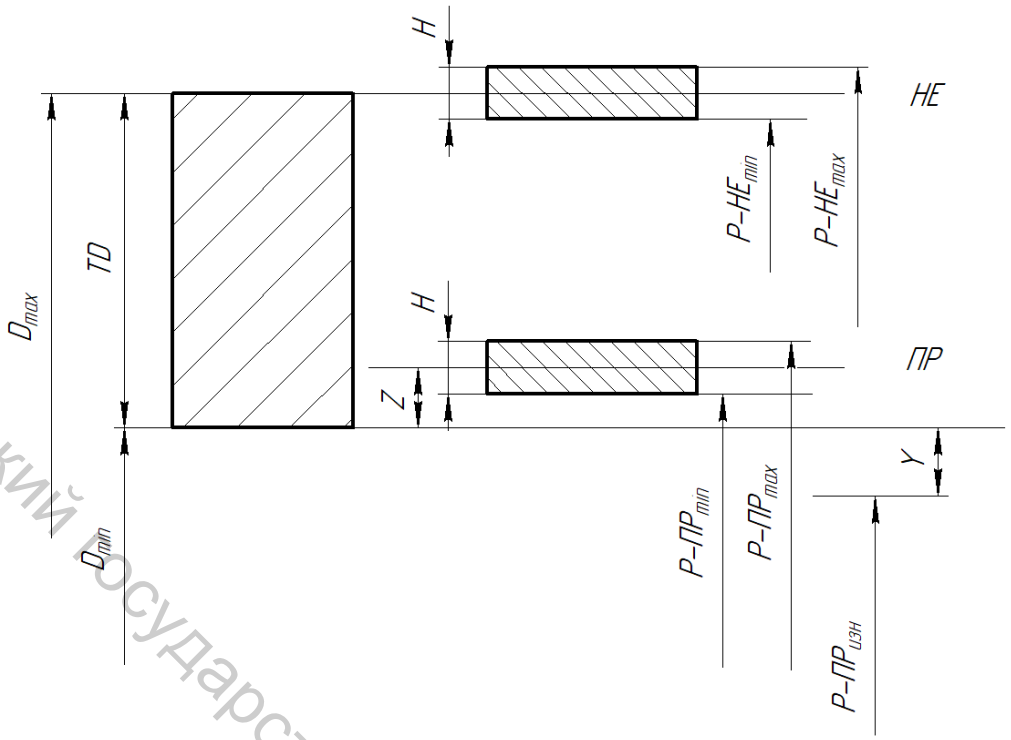


Рисунок 2.4 – Схема расположения интервалов допусков рабочих калибров-пробок для размеров до 180 мм

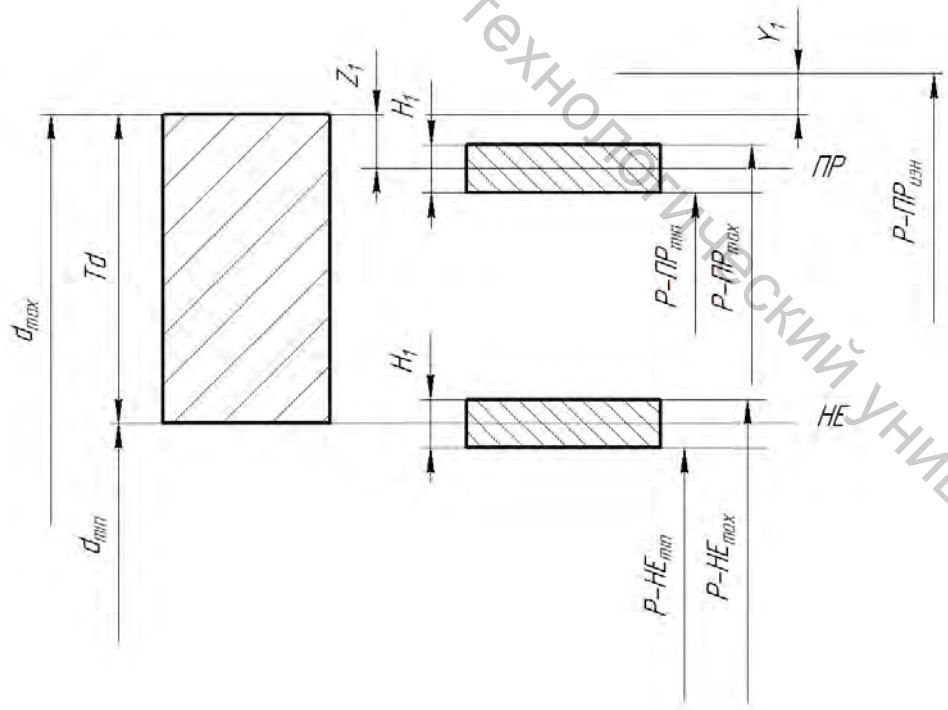


Рисунок 2.5 – Схема расположения интервалов допусков рабочих калибров-скоб для размеров до 180 мм

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.2 – Формулы для расчета исполнительных размеров рабочих калибров

	Размер	Обозначение	Формулы	
			Пробка	Скоба
Проходная часть	Наибольший предельный	$P-ПР_{\max}$	$D_{\min}+Z+\frac{H}{2}$	$d_{\max}-Z_1+\frac{H_1}{2}$
	Наименьший предельный	$P-ПР_{\min}$	$D_{\min}+Z-\frac{H}{2}$	$d_{\max}-Z_1-\frac{H_1}{2}$
	Предельный размер по границе износа	$P-ПР_{изн}$	$D_{\min}-Y$	$d_{\max}+Y_1$
Непроходная часть	Наибольший предельный	$P-НЕ_{\max}$	$D_{\max}+\frac{H}{2}$	$d_{\min}+\frac{H_1}{2}$
	Наименьший предельный	$P-НЕ_{\min}$	$D_{\max}-\frac{H}{2}$	$d_{\min}-\frac{H_1}{2}$

Таким образом, при расчете размеров калибров вначале находят предельные размеры отверстия и вала, затем из стандарта или в справочной литературе (табл. 4.35) находят значения H, Z, Y и H_1, Z_1, Y_1, после чего рассчитывают размеры по формулам из табл. 2.2.

6. *Исполнительным размером* называют размер калибра, проставленный на чертеже таким образом, чтобы допуск на его изготовление был направлен *в тело* калибра. Это означает, что в качестве исполнительного размера пробки принимают ее наибольший предельный размер с отрицательным отклонением:

$$P-ПР=P-ПР_{\max}{}^{-H};$$
$$P-НЕ=P-НЕ_{\max}{}^{-H}.$$

Соответственно в качестве исполнительного размера скобы принимают ее наименьший предельный размер с положительным отклонением:

$$P-ПР=P-ПР_{\min}{}^{+H_1};$$
$$P-НЕ=P-НЕ_{\min}{}^{+H_1}.$$

7. *Маркировка* на нерегулируемых рабочих пробках и скобах включает в себя следующее:

указание номинального диаметра и класса допуска отверстия (вала), для контроля которого изготовлена пробка (скоба);

маркировку букв *ПР* со стороны проходной части и *НЕ* со стороны непроходной части калибра;

Витебский государственный технологический университет

рядом с буквами *ПР* и *НЕ* маркируется значение предельного отклонения отверстия или вала (в мм), соответствующего данной стороне калибра.

2.2.2 Содержание задания

Задана посадка $\varnothing 30\frac{H9}{f8}$.

1. Для заданной посадки определить предельные размеры вала и отверстия.

2. Определить значения допусков и отклонений рабочих калибров в соответствии со стандартом.

3. Рассчитать исполнительные размеры нерегулируемых рабочих калибров (пробки и скобы) для контроля отверстия и вала.

4. Вычертить схему расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров, указать на схеме предельные размеры вала и отверстия и исполнительные размеры рабочих калибров.

5. Определить квалитеты точности и шероховатость поверхностей рабочих частей калибров.

6. Выполнить эскизы калибров, нанести на эскизы элементы маркировки.

2.2.3 Ход выполнения задания

1. Находим предельные отклонения отверстия и вала:

- для класса допуска отверстия $30H9$: $ES = +52$ мкм, $EI = 0$ (табл. 4.2);

- для класса допуска вала $30f8$: $es = -20$ мкм, $ei = -53$ мкм (табл. 4.4).

Предельные размеры отверстия и вала:

$$D_{max} = D_н + ES = 30 + 0,052 = 30,052 \text{ мм};$$

$$D_{min} = D_н + EI = 30 + 0 = 30 \text{ мм};$$

$$d_{max} = d_н + es = 30 + (-0,020) = 29,980 \text{ мм};$$

$$d_{min} = d_н + ei = 30 + (-0,053) = 29,947 \text{ мм}.$$

Витебский государственный технологический университет

2. Определим значения допусков и отклонений калибров. Для пробки для квалитета контролируемого отверстия IT9 находим (табл. 4.35):

- допуск на изготовление пробки $H = 4$ мкм;
- отклонение середины интервала допуска пробки $Z = 9$ мкм;
- допустимый выход размера изношенной пробки $Y = 0$.

Для скобы для квалитета контролируемого вала IT8 находим:

- допуск на изготовление скобы $H_1 = 6$ мкм;
- отклонение середины интервала допуска скобы $Z_1 = 5$ мкм;
- допустимый выход размера изношенной скобы $Y_1 = 4$ мкм.

3. Находим предельные размеры проходной и непроходной части пробки (номинальный диаметр до 180 мм, квалитет контролируемого отверстия IT9):

$$P-ПР_{\min} = D_{\min} + Z - \frac{H}{2} = 30 + 0,009 - \frac{0,004}{2} = 30,007 \text{ мм};$$

$$P-ПР_{\max} = D_{\min} + Z + \frac{H}{2} = 30 + 0,009 + \frac{0,004}{2} = 30,011 \text{ мм};$$

$$P-НЕ_{\min} = D_{\max} - \frac{H}{2} = 30,052 - \frac{0,004}{2} = 30,050 \text{ мм};$$

$$P-НЕ_{\max} = D_{\max} + \frac{H}{2} = 30,052 + \frac{0,004}{2} = 30,054 \text{ мм};$$

$$P-ПР_{изн} = D_{\min} - Y = 30 - 0 = 30 \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры пробки следует записать с допуском «в тело» калибра (т.е. в «минус») следующим образом:

$$P-ПР = 30,011_{-0,004} \text{ мм};$$

$$P-НЕ = 30,054_{-0,004} \text{ мм}.$$

Находим предельные размеры проходной и непроходной части скобы (номинальный размер до 180 мм, квалитет вала IT8):

$$P-ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 29,980 - 0,005 - \frac{0,006}{2} = 29,972 \text{ мм};$$

$$P-ПР_{\max} = d_{\max} - Z_1 + \frac{H_1}{2} = 29,980 - 0,005 + \frac{0,006}{2} = 29,978 \text{ мм};$$

$$P-НЕ_{\min} = d_{\min} - \frac{H_1}{2} = 29,947 - \frac{0,006}{2} = 29,944 \text{ мм};$$

$$P-НЕ_{\max} = d_{\min} + \frac{H_1}{2} = 29,947 + \frac{0,006}{2} = 29,950 \text{ мм};$$

Витебский государственный технологический университет

$$P-ПР_{изн} = d_{\max} + Y_1 = 29,980 + 0,004 = 29,984 \text{ мм}.$$

Исполнительные размеры скобы следует записать с допуском «в тело» калибра (т.е. в «плюс») следующим образом:

$$P-ПР = 29,972^{+0,006} \text{ мм};$$

$$P-НЕ = 29,944^{+0,006} \text{ мм}.$$

4. Схема расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров приведена на рис. 2.6.

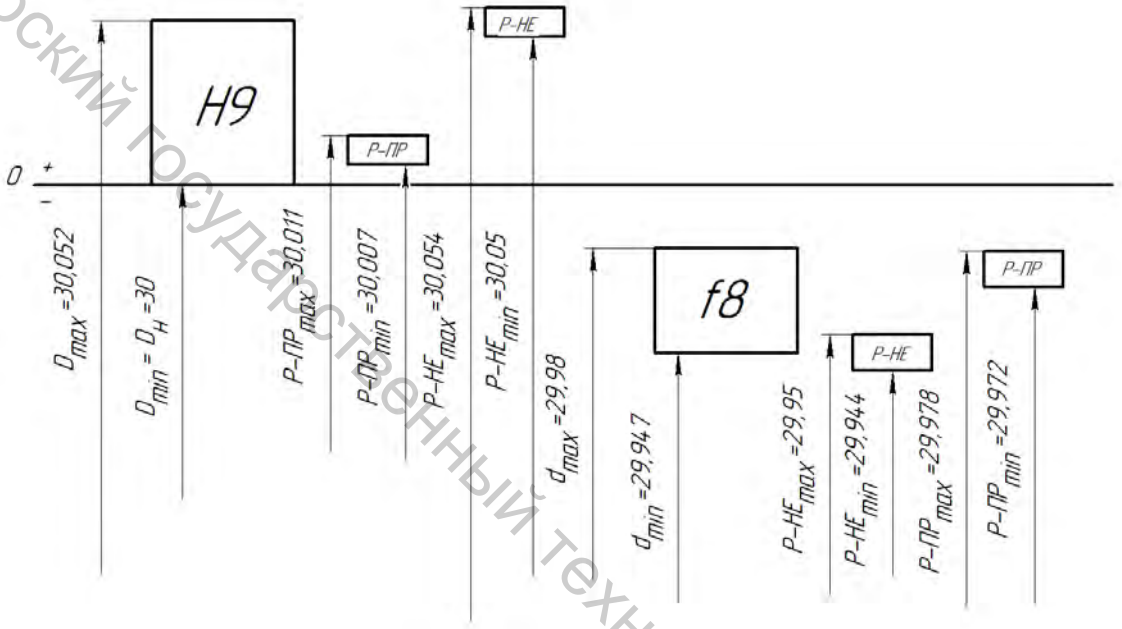


Рисунок 2.6 – Схема расположения интервалов допусков отверстия, вала и рабочих калибров для посадки $\varnothing 30\frac{H9}{f8}$.

5. По таблице допусков (табл. 4.1) определяем квалитеты точности рабочих частей калибров.

Для пробки: номинальный размер 30 мм, допуск H=4 мкм, это соответствует третьему квалитету (IT3).

Для скобы: номинальный размер 30 мм, допуск H_1=6 мкм, это соответствует четвертому квалитету (IT4).

В соответствии с подобранными квалитетами по табл. 4.10 назначаем шероховатость рабочих поверхностей калибров: для пробки показатель Ra равен 0,2 мкм; для скобы показатель Ra равен 0,4 мкм.

6. Выполняем эскизы калибров с элементами маркировки (рис. 2.7, 2.8).

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

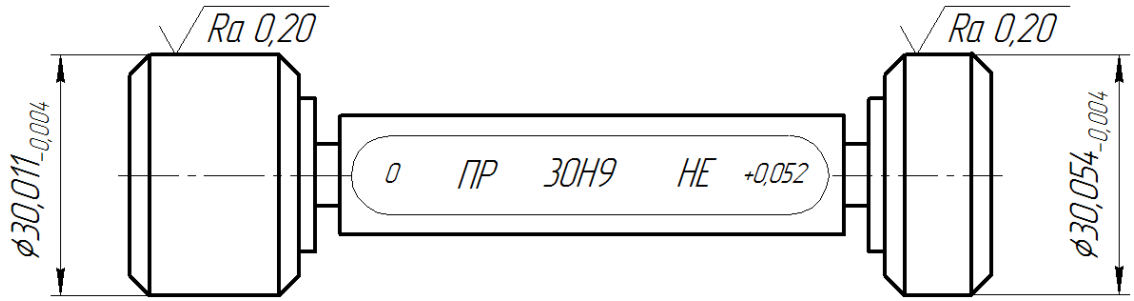


Рисунок 2.7 – Эскиз пробки с элементами маркировки

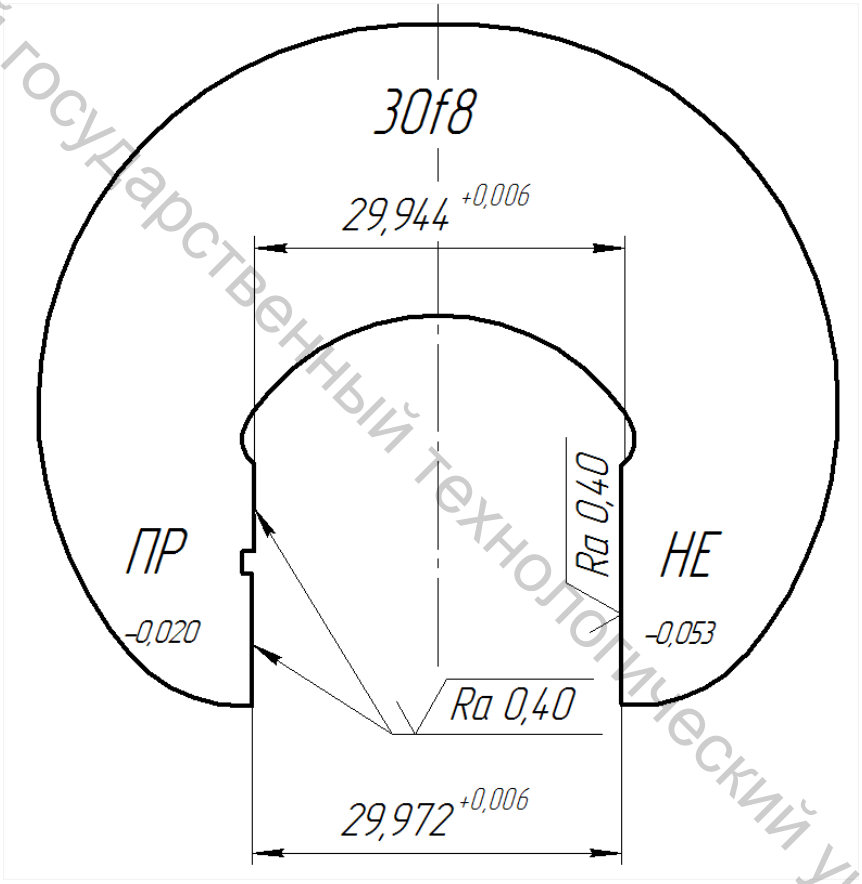


Рисунок 2.8 – Эскиз скобы с элементами маркировки

2.2.4 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.3.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.3 – Задание 2. Расчет исполнительных размеров калибров

№ варианта	Номинальный диаметр	Посадка сопряжения	*№ варианта*	Номинальный диаметр	Посадка сопряжения
1	12	H6/h6	*51*	12	H8/k7
2	15	H7/d8	*52*	15	H7/js6
3	20	G6/h7	*53*	20	H10/f9
4	25	H8/k7	*54*	25	JS8/h6
5	30	F9/h10	*55*	30	K7/h6
6	35	H6/h7	*56*	35	D9/h9
7	40	H9/f8	*57*	40	D8/h7
8	45	H7/h6	*58*	45	U8/h8
9	50	H7/g6	*59*	50	H9/d9
10	55	G7/h8	*60*	55	H8/f7
11	60	E8/h7	*61*	60	F7/h6
12	65	F8/h7	*62*	65	F9/h8
13	70	H6/g6	*63*	70	H8/f9
14	75	G6/h6	*64*	75	H9/h9
15	80	H8/h7	*65*	80	N6/h6
16	85	H8/h8	*66*	85	H6/h6
17	90	H8/h9	*67*	90	H6/s6
18	95	H9/h7	*68*	95	K6/h7
19	100	H8/h6	*69*	100	H8/k7
20	105	H9/h8	*70*	105	F9/h10
21	110	H9/h9	*71*	110	H7/f8
22	115	D11/h10	*72*	115	H6/h7
23	120	F9/h8	*73*	120	H7/g6
24	125	H8/f9	*74*	125	G7/h8
25	130	H8/f7	*75*	130	E8/h7
26	135	F7/h6	*76*	135	H7/js6
27	140	H8/u8	*77*	140	F8/h7
28	145	U8/h8	*78*	145	H10/h9
29	150	H9/d9	*79*	150	F9/h8
30	155	D9/h9	*80*	155	H7/p6
31	160	D8/h7	*81*	160	P6/h7
32	165	JS7/h8	*82*	165	E8/h8
33	170	JS8/h7	*83*	170	H7/u7
34	175	H7/js6	*84*	175	D10/h9
35	180	H8/k7	*85*	180	H10/b11
36	12	H7/h6	*86*	12	M8/h9
37	18	H6/m7	*87*	18	H6/d7
38	23	E8/h9	*88*	23	F8/h7
39	26	H8/z8	*89*	26	H6/g6
40	34	N8/h8	*90*	34	K7/h8
41	39	H6/p6	*91*	39	S7/h7
42	51	H9/d10	*92*	51	H7/h6
43	57	H7/h6	*93*	57	JS7/h6
44	63	JS7/h6	*94*	63	N9/h8
45	66	K7/h8	*95*	66	H6/p7
46	74	JS6/h7	*96*	74	H7/h6
47	78	F8/h7	*97*	78	H8/d8
48	83	H6/g6	*98*	83	E8/h9
49	87	M8/h7	*99*	87	JS10/h9
50	92	H6/m6	*100*	92	H8/js10

Витебский государственный технологический университет

2.3 Нормирование точности шпоночных и шлицевых соединений

2.3.1 Шпоночные соединения

2.3.1.1 Содержание задания

Номинальный диаметр вала (втулки) 35 мм, длина втулки 60 мм, вид шпоночного соединения – нормальное, исполнение №3.

1. Определить номинальные размеры шпоночного соединения.
2. Нормировать точность размеров шпонки и пазов на валу и во втулке.
3. Определить допуски и предельные отклонения размеров шпоночного соединения.
4. Определить предельные значения зазоров и натягов в посадках по ширине шпонки.
5. Выполнить схему расположения интервалов допусков.
6. Выполнить эскиз шпоночного соединения с обозначением посадок.
7. Записать условное обозначение шпонки.

2.3.1.2 Ход выполнения задания

1. Для соединения вала и втулки с номинальным диаметром 35 мм и длиной втулки 60 мм из ГОСТ 23360-78 выписываем стандартные номинальные значения всех размеров шпоночного соединения (табл. 4.15).

Для шпонки находим:

- ширина шпонки $b = 10$ мм;
- высота шпонки $h = 8$ мм;
- длину шпонки из интервала 22…110 мм выбираем равной $l = 56$ мм;
- фаска $s = 0{,}4$ мм.

Для паза на валу и во втулке:

- ширина паза на валу $b_1 = b = 10$ мм;
- глубина паза на валу $t_1 = 5$ мм;
- длина паза на валу $l_1 = l = 56$ мм;
- ширина паза во втулке $b_2 = b = 10$ мм;
- глубина паза во втулке $t_2 = 3{,}3$ мм;
- длина паза во втулке – не нормируется;
- радиус закругления или фаска $s_1 = 0{,}4$ мм.

2. Назначаем точность изготовления размеров шпонки и пазов.

Витебский государственный технологический университет

Для ширины шпонки (размер *b*) назначаем класс допуска *h9*.

Для *нормального* соединения для ширины паза на валу (размер b_1) назначаем класс допуска *N9*, для ширины паза во втулке (размер b_2) – класс допуска *JS9*.

Для высоты шпонки (размер *h*) назначаем класс допуска *h11*, поскольку $h > 6$ мм.

Для глубины паза на валу и во втулке стандартом нормируются не классы допусков, а предельные отклонения: $t_1 = 5^{+0,2}$; $t_2 = 3,3^{+0,2}$.

Для посадки «шпонка-вал» по длине назначаем классы допусков: для длины шпонки $l - h14$, для длины паза на валу $l_1 - H15$.

Найденные данные сводим в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Номинальные размеры и классы допусков шпоночного соединения

	Шпонка	Паз на валу	Паз во втулке
Ширина	$b = 10h9$	$b_1 = 10N9$	$b_2 = 10JS9$
Высота (глубина)	$h = 8h11$	$t_1 = 5^{+0,2}$	$t_2 = 3,3^{+0,2}$
Длина	$l = 56h14$	$l_1 = 56H15$	не нормируется

3. Для найденных классов допусков определяем предельные отклонения по ГОСТ 25347-2013 и рассчитываем допуски и предельные размеры (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Допуски и предельные размеры параметров соединения

Параметр	Обозначение	Номинальный размер, мм	Класс допуска	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск, мм
				верхнее	нижнее	max	min	
Ширина шпонки	*b*	10	*h9*	0	-0,036	10	9,964	0,036
Ширина паза на валу	b_1	10	*N9*	0	-0,036	10	9,964	0,036
Ширина паза во втулке	b_2	10	*JS9*	+0,018	-0,018	10,018	9,982	0,036
Высота шпонки	*h*	8	*h11*	0	-0,09	8	7,91	0,09
Глубина паза на валу	t_1	5	–	+0,2	0	5,2	5	0,2
Глубина паза во втулке	t_2	3,3	–	+0,2	0	3,5	3,3	0,2
Длина шпонки	*l*	56	*h14*	0	-0,74	56	55,26	0,74
Длина паза на валу	l_1	56	*H15*	+1,2	0	57,2	56	1,2

Витебский государственный технологический университет

4. Определим предельные зазоры и натяги в посадках по ширине шпонки.

Для посадки «паз на валу – шпонка» $10\frac{N9}{h9}$:

$S_{max} = b_{1max} - b_{min} = 10 - 9{,}964 = 0{,}036$ мм;

$S_{min} = b_{1min} - b_{max} = 9{,}964 - 10 = -0{,}036$ мм $= -N_{max}$.

Так как $S_{max} > 0$, а $S_{min} < 0$, посадка переходная.

Для посадки «паз во втулке – шпонка» $10\frac{JS9}{h9}$

$S_{max} = b_{2max} - b_{min} = 10{,}018 - 9{,}964 = 0{,}054$ мм;

$S_{min} = b_{2min} - b_{max} = 9{,}982 - 10 = -0{,}018$ мм $= -N_{max}$.

Так как $S_{max} > 0$, а $S_{min} < 0$, посадка переходная.

5. Схема расположения интервалов допусков шпоночного соединения по ширине шпонки показана на рис. 2.9.

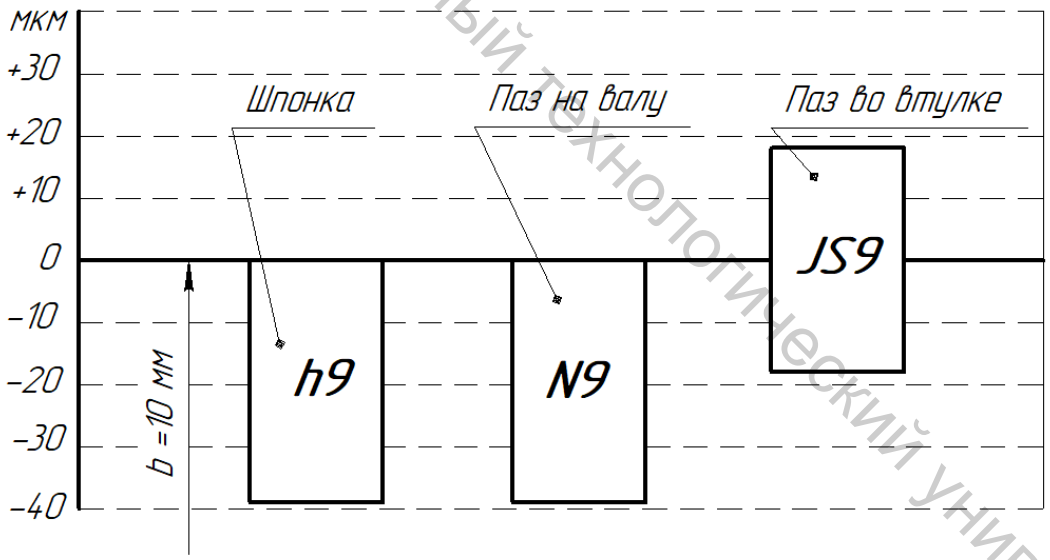


Рисунок 2.9 – Схема расположения интервалов допусков шпоночного соединения

6. Выполняем эскиз шпоночного соединения с обозначением посадок (рис. 2.10).

Витебский государственный технологический университет

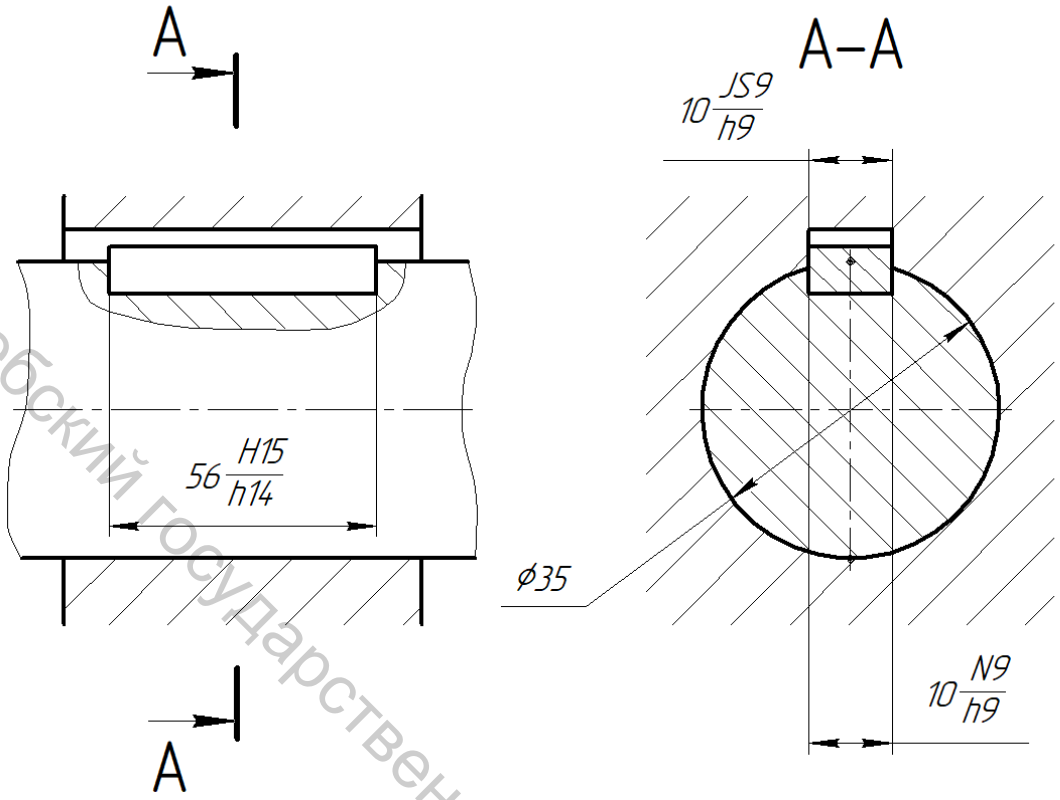


Рисунок 2.10 – Эскиз шпоночного соединения

7. Записываем условное обозначение шпонки:

Шпонка 3 – $10 \times 8 \times 56$ ГОСТ 23360-78.

2.3.1.3 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6 – Задание 3.1. Допуски шпоночных соединений

№ варианта	Диаметр вала, мм	Длина втулки, мм	Характер соединения	№ исполнения	*№ варианта*	Диаметр вала, мм	Длина втулки, мм	Характер соединения	№ исполнения
1	8	10	Свободное	1	*51*	135	110	Плотное	2
2	8	20	Нормальное	1	*52*	140	150	Свободное	3
3	10	15	Плотное	1	*53*	145	250	Нормальное	3
4	12	40	Свободное	2	*54*	150	300	Плотное	3
5	15	35	Нормальное	2	*55*	155	220	Свободное	1

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.6

№ варианта	Диаметр вала, мм	Длина втулки, мм	Характер соединения	№ исполнения	*№ варианта*	Диаметр вала, мм	Длина втулки, мм	Характер соединения	№ исполнения
6	17	45	Плотное	2	*56*	160	280	Нормальное	1
7	20	25	Свободное	3	*57*	165	310	Плотное	1
8	22	60	Нормальное	3	*58*	170	320	Свободное	2
9	24	55	Плотное	3	*59*	175	255	Нормальное	2
10	26	85	Свободное	1	*60*	180	285	Плотное	2
11	28	70	Нормальное	1	*61*	185	300	Свободное	3
12	30	65	Плотное	1	*62*	190	250	Нормальное	3
13	32	100	Свободное	2	*63*	195	270	Плотное	3
14	34	105	Нормальное	2	*64*	200	290	Свободное	1
15	36	110	Плотное	2	*65*	205	235	Нормальное	1
16	38	90	Свободное	3	*66*	210	300	Плотное	1
17	40	50	Нормальное	3	*67*	220	315	Свободное	2
18	42	55	Плотное	3	*68*	225	280	Нормальное	2
19	44	125	Свободное	1	*69*	230	300	Плотное	2
20	46	115	Нормальное	1	*70*	235	305	Свободное	3
21	48	120	Плотное	1	*71*	240	310	Нормальное	3
22	50	150	Свободное	2	*72*	245	215	Плотное	3
23	52	65	Нормальное	2	*73*	250	225	Свободное	1
24	55	75	Плотное	2	*74*	255	300	Нормальное	1
25	58	175	Свободное	3	*75*	260	310	Плотное	1
26	60	190	Нормальное	3	*76*	265	165	Свободное	2
27	62	195	Плотное	3	*77*	270	220	Нормальное	2
28	65	145	Свободное	1	*78*	275	310	Плотное	2
29	68	85	Нормальное	1	*79*	280	335	Свободное	3
30	70	90	Плотное	1	*80*	285	345	Нормальное	3
31	72	200	Свободное	2	*81*	290	300	Плотное	3
32	75	220	Нормальное	2	*82*	295	310	Свободное	1
33	78	235	Плотное	2	*83*	300	320	Нормальное	1
34	80	200	Свободное	3	*84*	310	330	Плотное	1
35	82	100	Нормальное	3	*85*	320	340	Свободное	2
36	85	110	Плотное	3	*86*	330	350	Нормальное	2
37	88	95	Свободное	1	*87*	340	260	Плотное	2
38	90	250	Нормальное	1	*88*	350	350	Свободное	3
39	92	200	Плотное	1	*89*	360	280	Нормальное	3
40	95	185	Свободное	2	*90*	370	290	Плотное	3
41	98	150	Нормальное	2	*91*	380	300	Свободное	1
42	100	120	Плотное	2	*92*	390	200	Нормальное	1
43	105	125	Свободное	3	*93*	400	220	Плотное	1
44	110	140	Нормальное	3	*94*	410	220	Свободное	2
45	112	280	Плотное	3	*95*	420	280	Нормальное	2
46	115	200	Свободное	1	*96*	430	260	Плотное	2
47	118	240	Нормальное	1	*97*	440	270	Свободное	3
48	120	155	Плотное	1	*98*	450	250	Нормальное	1
49	125	195	Свободное	2	*99*	460	300	Плотное	2
50	130	200	Нормальное	2	*100*	470	350	Нормальное	3

Витебский государственный технологический университет

2.3.2 Шлицевые соединения

2.3.2.1 Содержание задания

Заданы следующие параметры шлицевого соединения: число зубьев $z = 6$, внутренний диаметр $d = 11$ мм, наружный диаметр $D = 14$ мм, способ центрирования – по наружному диаметру.

1. Определить серию шлицевого соединения.
2. Назначить классы допусков размеров шлицевой втулки и шлицевого вала.
3. Записать условное обозначение шлицевого соединения.
4. Найти предельные отклонения размеров шлицевой втулки и шлицевого вала.
5. Изобразить эскиз с условным обозначением шлицевого соединения.

2.3.2.2 Ход выполнения задания

1. В соответствии со стандартом ГОСТ 1139-80 определяем, что шлицевое соединение $6 \times 11 \times 14$ относится к *средней* серии и выписываем для него стандартное значение ширины зуба (шлица): $b = 3$ мм.

2. Согласно рекомендациям стандарта подбираем для центрирующего диаметра D посадку $\frac{H7}{f7}$, для ширины зуба b – посадку $\frac{F8}{js7}$.

Для нецентрирующего диаметра d для втулки выписываем рекомендуемый класс допуска *H11*.

Класс допуска для вала по внутреннему нецентрирующему диаметру d не нормируется. Стандартом ограничено лишь его минимальное значение $d_{\min} = d_1 = 9{,}9$ мм.

3. Условное обозначение заданного шлицевого соединения имеет вид:

$$D - 6 \times 11 \times 14 \frac{H7}{f7} \times 3 \frac{F8}{js7}.$$

4. По ГОСТ 25347-82 определяем предельные отклонения размеров щлицевого вала и втулки. Результаты представлены в табл. 2.7.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.7 – Предельные отклонения параметров шлицевого соединения

	d	D	b
Втулка	$11H11^{(+0,11)}$	$14H7^{(+0,018)}$	$3F8\left(^{+0,020}_{+0,006}\right)$
Вал	$d_{\min}=9,9$	$14f7\left(^{-0,016}_{-0,034}\right)$	$3js7\left(\pm0,005\right)$

5. Вычерчиваем эскиз шлицевого соединения для центрирования по D, показываем его условное обозначение (рис. 2.11).

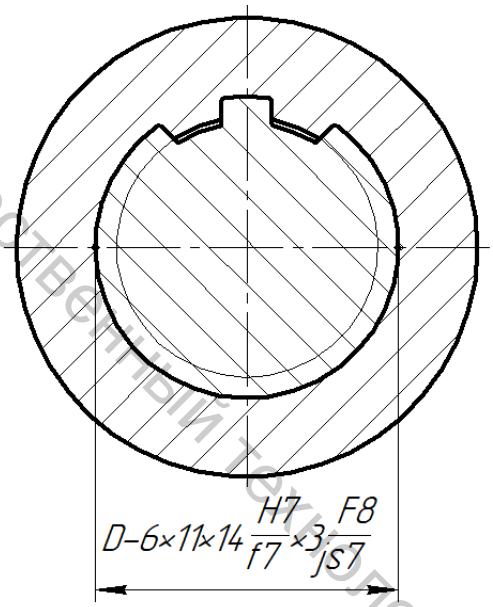


Рисунок 2.11 – Эскиз шлицевого соединения

2.3.2.3 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.8 – Задание 3.2. Допуски шлицевых соединений

№ варианта	Центрирующий параметр	*z* x *d* x *D*	*№ варианта*	Центрирующий параметр	*z* x *d* x *D*
1	*d*	6 x 23 x 26	*51*	*b*	6 x 23 x 26
2	*D*	6 x 26 x 30	*52*	*d*	6 x 26 x 30
3	*b*	6 x 28 x 32	*53*	*D*	6 x 28 x 32
4	*d*	8 x 32 x 36	*54*	*b*	8 x 32 x 36
5	*D*	8 x 36 x 40	*55*	*d*	8 x 36 x 40

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.8

№ варианта	Центри-рующий параметр	z x d x D	*№ варианта*	Центри-рующий параметр	z x d x D
6	*b*	8 x 42 x 46	*56*	*D*	8 x 42 x 46
7	*d*	8 x 46 x 50	*57*	*b*	8 x 46 x 50
8	*D*	8 x 52 x 58	*58*	*d*	8 x 52 x 58
9	*b*	8 x 56 x 62	*59*	*D*	8 x 56 x 62
10	*d*	8 x 62 x 68	*60*	*b*	8 x 62 x 68
11	*D*	10 x 72 x 78	*61*	*d*	10 x 72 x 78
12	*b*	10 x 82 x 88	*62*	*D*	10 x 82 x 88
13	*d*	10 x 92 x 98	*63*	*b*	10 x 92 x 98
14	*D*	10 x 102 x 108	*64*	*d*	10 x 102 x 108
15	*b*	10 x 112 x 120	*65*	*D*	10 x 112 x 120
16	*d*	6 x 11 x 14	*66*	*b*	6 x 11 x 14
17	*D*	6 x 13 x 16	*67*	*d*	6 x 13 x 16
18	*b*	6 x 16 x 20	*68*	*D*	6 x 16 x 20
19	*d*	6 x 18 x 22	*69*	*b*	6 x 18 x 22
20	*D*	6 x 21 x 25	*70*	*d*	6 x 21 x 25
21	*b*	6 x 23 x 28	*71*	*D*	6 x 23 x 28
22	*d*	6 x 26 x 32	*72*	*b*	6 x 26 x 32
23	*D*	6 x 28 x 34	*73*	*d*	6 x 28 x 34
24	*b*	8 x 32 x 38	*74*	*D*	8 x 32 x 38
25	*d*	8 x 36 x 42	*75*	*b*	8 x 36 x 42
26	*D*	8 x 42 x 48	*76*	*d*	8 x 42 x 48
27	*b*	8 x 46 x 54	*77*	*D*	8 x 46 x 54
28	*d*	8 x 52 x 60	*78*	*b*	8 x 52 x 60
29	*D*	8 x 56 x 65	*79*	*d*	8 x 56 x 65
30	*b*	8 x 62 x 72	*80*	*D*	8 x 62 x 72
31	*d*	10 x 72 x 82	*81*	*b*	10 x 72 x 82
32	*D*	10 x 82 x 92	*82*	*d*	10 x 82 x 92
33	*b*	10 x 92 x 102	*83*	*D*	10 x 92 x 102
34	*d*	10 x 102 x 112	*84*	*b*	10 x 102 x 112
35	*D*	10 x 112 x 125	*85*	*d*	10 x 112 x 125
36	*b*	10 x 16 x 20	*86*	*D*	10 x 16 x 20
37	*d*	10 x 18 x 23	*87*	*b*	10 x 18 x 23
38	*D*	10 x 21 x 26	*88*	*d*	10 x 21 x 26
39	*b*	10 x 23 x 29	*89*	*D*	10 x 23 x 29
40	*d*	10 x 26 x 32	*90*	*b*	10 x 26 x 32
41	*D*	10 x 28 x 35	*91*	*d*	10 x 28 x 35
42	*b*	10 x 32 x 40	*92*	*D*	10 x 32 x 40
43	*d*	10 x 36 x 45	*93*	*b*	10 x 36 x 45
44	*D*	10 x 42 x 52	*94*	*d*	10 x 42 x 52
45	*b*	10 x 46 x 56	*95*	*D*	10 x 46 x 56
46	*d*	16 x 52 x 60	*96*	*b*	16 x 52 x 60
47	*D*	16 x 56 x 65	*97*	*d*	16 x 56 x 65
48	*b*	16 x 62 x 72	*98*	*D*	16 x 62 x 72
49	*d*	16 x 72 x 82	*99*	*b*	16 x 72 x 82
50	*D*	20 x 82 x 92	*100*	*d*	20 x 82 x 92

Витебский государственный технологический университет

2.4 Нормирование точности метрической резьбы

2.4.1 Содержание задания

Задана резьбовая посадка $\text{М10}-\dfrac{6H}{5g6g}$.

Заданы результаты измерений болта:

измеренный средний диаметр $d_{2изм}=8,864$ мм;

измеренный наружный диаметр $d_{изм}=9,822$ мм;

погрешность шага $\delta_P=+30$ мкм;

погрешность половины угла профиля резьбы: $\delta_{\alpha/2}{}^{лев}=-25'$; $\delta_{\alpha/2}{}^{прав}=+15'$.

Заданы результаты измерений гайки:

измеренный средний диаметр $D_{2изм}=9,144$ мм;

измеренный внутренний диаметр $D_{1изм}=8,219$ мм;

погрешность шага $\delta_P=50$ мкм;

погрешность половины угла профиля резьбы: $\delta_{\alpha/2}{}^{лев}=-70'$; $\delta_{\alpha/2}{}^{прав}=+30'$.

1. Определить номинальные параметры резьбовой посадки.

2. Найти основные отклонения и допуски диаметров болта и гайки.

3. Определить предельные размеры диаметров болта и гайки.

4. Рассчитать приведенный средний диаметр для болта и гайки и определить действительный зазор в резьбовом соединении.

5. Определить годность деталей в соответствии с заданными результатами измерений.

6. Вычертить схему расположения предельных контуров резьбы, указать на схеме номинальные размеры, допуски и предельные отклонения номинальных параметров резьбы.

2.4.2 Ход выполнения задания

1. Согласно заданному обозначению резьбовой посадки, номинальный (наружный) диаметр резьбы $d=D=10$ мм. Поскольку в обозначении не указан шаг, задана резьба с крупным шагом. В соответствии с ГОСТ 8724-2004 для резьбы М10 крупный шаг равен $P=1,5$ мм (табл. 4.12).

Определим номинальные значения среднего и внутреннего диаметров резьбы:

$$d_1=D_1=d-1,0825P=10-1,0825\cdot 1,5=8,376\text{ мм};$$

Витебский государственный технологический университет

$d_2 = D_2 = d - 0,6495P = 10 - 0,6495 \cdot 1,5 = 9,026$ мм.

2. Определим допуски для диаметров болта и гайки в соответствии с ГОСТ 16093-2004 (табл. 4.13):

для болта – допуск на средний диаметр (5 степень точности) $Td_2 = 106$ мкм; допуск на наружный диаметр (6 степень точности) $Td = 236$ мкм;

для гайки – допуск на средний диаметр (6 степень точности) $TD_2 = 180$ мкм; допуск на внутренний диаметр (6 степень точности) $TD_1 = 300$ мкм.

Основные отклонения диаметров резьбы (табл. 4.14):

для болта (отклонение *g*) – верхнее отклонение *es* = -32 мкм;

для гайки (отклонение *H*) – нижнее отклонение *EI* = 0.

3. Найдем предельные размеры диаметров болта и гайки.

Определяем предельные размеры гайки.

$D_{\min} = D + EI = 10 + 0 = 10$ мм.

$D_{\max}$ – не нормируется, т.к. не нормируется допуск на наружный диаметр гайки. Реальный профиль впадины гайки не должен выходить за линию плоского среза, расположенного на расстоянии *H/8* от вершины исходного треугольника профиля резьбы.

$D_{1\min} = D_1 + EI = 8,376 + 0 = 8,376$ мм.

$D_{1\max} = D_{1\min} + TD_1 = 8,376 + 0,3 = 8,676$ мм.

$D_{2\min} = D_2 + EI = 9,026 + 0 = 9,026$ мм.

$D_{2\max} = D_{2\min} + TD_2 = 9,026 + 0,18 = 9,206$ мм.

Находим предельные размеры болта.

$d_{\max} = d + es = 10 + (-0,032) = 9,968$ мм.

$d_{\min} = d_{\max} - Td = 9,968 - 0,236 = 9,732$ мм.

$d_{1\max} = d_1 + es = 8,376 + (-0,032) = 8,344$ мм.

$d_{1\min}$ – не нормируется, т.к. не нормируется допуск на внутренний диаметр болта. Реальный профиль впадины болта не должен выходить за линию плоского среза, расположенного на расстоянии *H/4* от вершины исходного треугольника профиля резьбы.

$d_{2\max} = d_2 + es = 9,026 + (-0,032) = 8,994$ мм.

$d_{2\min} = d_{2\max} - Td_2 = 8,994 - 0,106 = 8,888$ мм.

4. Для расчета приведенного среднего диаметра определим значения диаметральной компенсации погрешностей шага и угла профиля резьбы для каждой из деталей.

Витебский государственный технологический университет

Находим диаметральные компенсации и приведенный средний диаметр болта.

Диаметральная компенсация погрешности шага

$$f_P = 1,732 \cdot |\delta_P| = 1,732 \cdot 0,03 = 0,052 \text{ мм}.$$

Отклонение половины угла профиля резьбы

$$\delta_{\alpha/2} = \frac{|\delta_{\alpha/2}{}^{лев}| + |\delta_{\alpha/2}{}^{прав}|}{2} = \frac{|-25'| + |15'|}{2} = 20'.$$

Диаметральная компенсация погрешности угла

$$f_\alpha = \frac{0,36 P \delta_{\alpha/2}}{1000} = \frac{0,36 \cdot 1,5 \cdot 20}{1000} = 0,011 \text{ мм}.$$

Приведенный средний диаметр болта

$$d_{2пр} = d_{2изм} + f_P + f_\alpha = 8,864 + 0,052 + 0,009 = 8,927 \text{ мм}.$$

Находим диаметральные компенсации и приведенный средний диаметр гайки.

Диаметральная компенсация погрешности шага

$$f_P = 1,732 \cdot |\delta_P| = 1,732 \cdot 0,05 = 0,087 \text{ мм}.$$

Отклонение половины угла профиля резьбы

$$\delta_{\alpha/2} = \frac{|\delta_{\alpha/2}{}^{лев}| + |\delta_{\alpha/2}{}^{прав}|}{2} = \frac{|-70'| + |30'|}{2} = 50'.$$

Диаметральная компенсация погрешности угла

$$f_\alpha = \frac{0,36 P \delta_{\alpha/2}}{1000} = \frac{0,29 \cdot 1,5 \cdot 50}{1000} = 0,027 \text{ мм}.$$

Приведенный средний диаметр гайки

$$D_{2пр} = D_{2изм} - (f_P + f_\alpha) = 9,144 - (0,087 + 0,022) = 9,030 \text{ мм}.$$

Действительный зазор в резьбовом соединении равен

$$S = D_{2пр} - d_{2пр} = 9,030 - 8,927 = 0,103 \text{ мм}.$$

5. Результаты измерений и расчетов сводим в табл. 2.9. Анализируя полученные данные, делаем выводы о годности деталей.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.9 – Определение годности резьбовых деталей

Обозначение	Номинальный размер, мм	Предельные размеры, мм		Результаты измерений, мм	Вывод о годности детали
		max	min		
Болт					
d	10	9,968	9,732	$d_{изм} = 9,822$	По наружному и по среднему диаметру деталь выполнена в пределах интервала допуска. Деталь годна.
d_2	9,026	8,994	8,888	$d_{2пр} = 8,927$	
Обозначение	Номинальный размер, мм	Предельные размеры, мм		Результаты измерений, мм	Вывод о годности детали
Гайка					
D_1	8,376	8,676	8,376	$D_{1изм} = 8,219$	По внутреннему диаметру действительный размер выходит за пределы интервала допуска. Деталь не годна.
D_2	9,026	9,206	9,026	$D_{2пр} = 9,030$	

6. Схема расположения предельных контуров резьбы показана на рис. 2.12.

Витебский государственный технологический университет

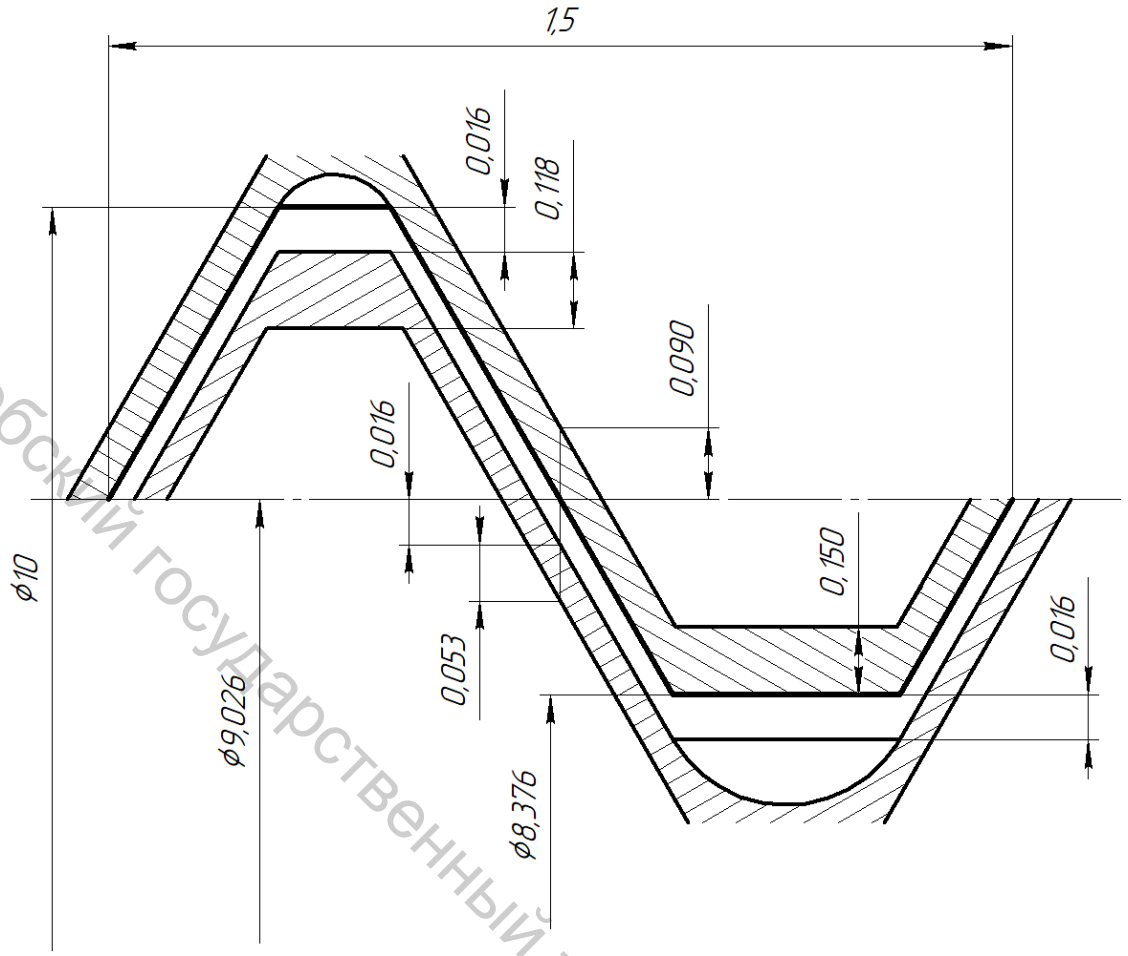


Рисунок 2.12 – Схема расположения предельных контуров резьбы для посадки $\mathrm{M10}-\frac{6H}{5g6g}$

2.4.3 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.10.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.10 – Задание 4. Нормирование точности метрической резьбы

№ вар	Обозначение резьбы	Данные измерений гайки					Данные измерений болта				
		$D_{1изм}$, мм	$D_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$	$d_{изм}$, мм	$d_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$
1	M6 – 4H/4h	5,033	5,388	26	35	30	5,923	5,222	-52	-30	40
2	M6 x 0,5 – 5G/4h	5,568	5,789	-43	30	18	5,942	5,528	71	15	22
3	M8 – 6H/5g6g	6,725	7,289	50	18	25	7,955	7,082	27	-20	-8
4	M8 x 0,75 -4H5H/6g	7,334	7,621	-45	40	25	7,922	7,188	30	25	35
5	M8 x 1 – 7G/7g6g	6,995	7,547	40	22	-30	7,933	7,159	35	-30	30
6	M10 – 8H/8g	8,425	9,211	-56	-8	15	9,721	8,821	40	-15	18
7	M10 x 1- 7G/7h6h	9,125	9,562	40	35	-20	9,922	9,173	26	-25	25
8	M12 – 4H/3h4h	10,225	10,958	42	30	25	11,929	10,822	-15	10	25
9	M12 x 1,25 – 5H/6g	10,995	11,325	55	18	-30	11,941	11,018	65	10	-30
10	M12 x 1,5 – 7H/7e6e	10,625	11,327	-59	25	-15	11,923	10,819	60	25	15
11	M14 – 6G/6d	11,921	12,845	23	25	-25	13,829	12,401	-70	-15	-20
12	M14 x 1 – 7H/7h6h	12,980	13,423	11	-30	10	13,852	13,249	14	-10	25
13	M14 x 1,25 – 5G/6e	12,847	13,300	42	-30	10	13,788	13,001	21	22	-30
14	M14 x 1,5 – 8H/7e6e	12,445	13,254	-40	15	-18	13,854	12,906	-27	-8	-15
15	M16 – 5H/5g6g	14,057	14,839	40	-20	-15	15,535	14,530	-50	35	-25
16	M16 x 0,75 – 6H/6e	15,088	15,708	42	25	-25	15,811	15,348	35	30	-18
17	M16 x 1 – 6G/5g6g	15,120	15,545	55	-30	10	15,933	15,174	49	18	15
18	M16 x 1,5 – 4H/5h4h	14,439	15,144	-59	-30	10	15,883	14,933	-18	35	40
19	M18 – 4H5H/3h4h	15,593	16,504	23	-15	25	17,730	16,308	27	20	-30
20	M18 x 1 – 5H/4h	16,903	17,411	11	-25	-15	17,931	17,230	33	-18	15
21	M18 x 1,5 – 6H/5h4h	16,575	17,108	42	10	-10	17,925	16,908	50	-36	30
22	M18 x 2 – 7H/6h	15,910	16,887	-40	10	22	17,814	16,517	-22	14	18
23	M20 – 8H/7h6h	17,362	18,515	52	25	18	19,817	18,269	18	26	22
24	M20 x 0,75 – 5G/4g	19,297	19,599	23	-15	35	19,975	19,371	46	-18	-8
25	M20 x 1 – 6G/5h4h	19,030	19,549	11	-8	25	19,919	19,188	-35	15	35
26	M20 x 1,5 – 7G/5g6g	18,635	19,228	42	35	25	19,961	18,833	-25	40	30
27	M20 x 2 – 8G/9g8g	18,522	18,924	-40	30	-30	19,977	18,422	-15	-30	18
28	M22 – 7G/6d	19,748	20,605	52	18	15	21,854	20,017	55	15	35
29	M22 x 0,75 – 7G/7e6e	21,299	21,745	46	35	-20	21,898	21,351	50	-20	30
30	M22 x 1 – 5G/6f	21,103	21,568	48	25	25	21,828	21,132	-45	25	-20
31	M22 x 1,5 – 6G/6e	20,605	21,182	46	25	-30	21,765	20,827	40	-30	25
32	M22 x 2 – 7H/8g	20,212	20,780	-42	-30	-8	21,403	20,322	-56	-15	-30
33	M24 – 8H/7g6g	21,401	22,302	40	15	35	23,847	21,819	40	-25	-15
34	M24 x 0,75 – 5H/6f	23,314	23,617	-36	-20	30	23,886	23,378	42	10	-25
35	M24 x 1 – 6H/6e	23,149	23,604	70	25	18	23,847	23,102	55	10	10
36	M24 x 1,5 – 4H/4g	22,534	23,138	14	-30	35	23,904	22,839	-59	25	10

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 2.10

№ вар	Обозначение резьбы	Данные измерений гайки					Данные измерений болта				
		$D_{1изм}$, мм	$D_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$	$d_{изм}$, мм	$d_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$
37	M24 x 2 – 4H5H/4g	21,885	22,811	21	10	20	23,680	22,560	23	-15	25
38	M27 – 4H5H/5g6g	24,082	25,239	-27	25	-18	26,916	24,967	11	-8	-30
39	M27 x 1 – 8G/7h6h	26,300	26,688	-50	-15	-36	26,899	26,234	42	35	-15
40	M27 x 1,5 – 4H5H/4h	25,543	26,152	35	-8	18	26,904	26,003	-40	30	-25
41	M27 x 2 – 7G/6h	24,981	25,863	49	35	35	26,948	25,502	52	18	10
42	M30 – 5H/4h	26,248	27,789	-18	30	20	29,774	27,506	46	35	-26
43	M30 x 1 – 6G/6f	29,174	29,550	-56	18	-18	29,975	29,155	48	20	22
44	M30 x 1,5 – 6H/7e6e	28,465	29,290	40	35	-36	29,817	28,712	46	-18	-8
45	M30 x 2 – 5G/6d	28,195	28,884	42	20	35	29,601	28,461	-42	-36	35
46	M30 x 3 – 7H/6f	27,214	28,229	55	-18	30	29,670	27,847	40	35	30
47	M36 - 8H/8g	32,188	33,914	-59	-36	18	35,741	32,994	-36	30	18
48	M36 x 1,5 - 4H/3h4h	34,462	35,168	23	35	15	35,920	34,825	70	18	-20
49	M36 x 2 - 5G/6f	34,192	34,840	11	30	40	35,821	34,534	-22	26	40
50	M36 x 3 - 6G/6e	33,126	34,251	42	-30	-30	35,764	33,658	54	-18	22
51	M6 - 6G/7e6e	5,025	5,503	-40	-15	15	5,938	5,117	59	15	-8
52	M6 x 0,5 – 4H/4g	5,523	5,778	52	-25	25	5,918	5,584	36	40	35
53	M8 - 8H/8g	6,702	7,358	45	10	-30	7,864	6,926	-28	-30	30
54	M8 x 0,75 – 6H/7g6g	7,324	7,598	38	-26	-15	7,878	7,313	29	15	18
55	M8 x 1 – 5H/5h6h	6,960	7,519	-29	22	-25	7,839	7,234	39	-20	25
56	M10 – 5G/5g6g	8,510	9,475	19	-8	10	9,935	8,985	46	25	25
57	M10 x 1- 6G/6g	8,952	9,563	26	35	-26	9,884	9,213	-54	-30	-30
58	M12 – 6G/6d	10,373	11,061	-36	30	22	11,659	10,508	62	-15	15
59	M12 x 1,25 – 4H/4h	10,671	11,299	45	-8	-8	11,870	10,985	75	18	-20
60	M12 x 1,5 – 4H5H/6h	10,528	11,135	49	35	35	11,755	10,884	72	35	25
61	M14 – 5G/5h6h	11,983	12,931	32	30	30	13,927	12,456	68	20	-30
62	M14 x 1 - 8H/8g	12,954	13,615	28	40	-8	13,899	13,145	-53	-18	25
63	M14 x 1,25 - 7H/7e6e	12,791	13,313	-22	10	-8	13,912	12,910	-52	-36	-30
64	M14 x 1,5 - 6G/6d	12,722	13,199	54	-26	35	13,652	12,811	50	35	-15
65	M16 - 4H5H/3h4h	14,081	14,841	59	22	30	15,995	14,528	46	30	-25
66	M16 x 0,75 - 6G/6f	15,387	15,636	36	-8	18	15,890	15,311	45	18	10
67	M16 x 1 - 7H/6h	14,945	15,557	-28	35	25	15,942	15,263	38	15	-26
68	M16 x 1,5 - 7H/6f	14,491	15,013	29	30	25	15,939	14,602	-29	40	22
69	M18 - 5H/5g6g	15,394	16,495	39	18	-30	17,850	16,255	19	-30	-8
70	M18 x 1 - 6H/6d	17,227	17,443	46	-30	15	17,935	17,132	26	15	35
71	M18 x 1,5 - 5H/6h	16,459	17,169	-54	15	-20	17,872	16,867	-36	-20	30
72	M18 x 2 - 8H/7e6e	16,070	16,975	62	-20	25	17,712	16,459	45	25	-8
73	M20 - 6H/5h4h	17,654	18,421	10	25	-30	19,873	18,255	49	-30	35
74	M20 x 0,75 - 7H/7g6g	19,389	19,740	38	-30	25	19,933	19,394	32	-15	30

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 2.10

№ вар	Обозначение резьбы	Данные измерений гайки					Данные измерений болта				
		$D_{1изм}$, мм	$D_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$	$d_{изм}$, мм	$d_{2изм}$, мм	δP, мкм	$\delta_{\alpha/2}^{лев}$	$\delta_{\alpha/2}^{прав}$
75	M20 x 1 - 7H/6h	19,116	19,422	29	-18	-16	19,884	19,178	28	18	40
76	M20 x 1,5 - 5G/6e	18,557	19,139	-27	-36	-25	19,752	18,772	-35	35	22
77	M20 x 2 - 7H/8g	17,978	18,970	38	18	10	19,728	18,448	40	20	-8
78	M22 - 5G/4g	19,417	20,508	33	35	-26	21,952	20,196	48	-18	35
79	M22 x 0,5 - 7G/5g6g	21,618	21,899	-35	20	22	21,906	21,498	52	-36	30
80	M22 x 1 - 6G/6e	21,141	21,567	36	-18	-8	21,915	21,115	-53	10	18
81	M22 x 1,5 - 8G/9g8g	20,899	21,447	45	-36	35	21,611	20,822	-60	-26	25
82	M22 x 2 -7H/6h	20,165	21,002	43	35	30	21,930	20,505	29	22	25
83	M24 - 8G/7h6h	21,622	22,483	-39	30	-8	23,885	21,659	38	-8	25
84	M24 x 0,75 - 4H/4g	23,288	23,921	64	18	35	23,959	23,044	29	35	-30
85	M24 x 1 - 4H5H/5g6g	23,075	23,433	-26	15	30	23,842	23,201	-27	30	-15
86	M24 x 1,5 - 6G/6d	22,357	23,159	-33	-36	40	23,883	22,806	38	18	-25
87	M24 x 2 - 4H5H/4h	22,067	22,926	58	10	35	23,991	22,605	33	-30	10
88	M27 - 6G/6f	23,797	25,081	-65	-26	30	26,966	24,822	-35	15	-26
89	M27 x 1 - 6G/6g	26,126	26,550	70	22	-8	26,901	26,192	36	-20	22
90	M27 x 1,5 - 6H/6e	25,658	26,181	-29	-8	-8	26,849	25,857	45	25	-8
91	M27 x 2 - 6H/6e	24,741	25,907	42	35	35	26,931	25,451	43	-30	35
92	M30 - 4H5H/5g6g	26,323	27,917	55	30	30	29,556	27,416	-39	-15	30
93	M30 x 1 - 5G/6f	29,026	29,537	-59	18	35	29,836	29,084	64	18	-8
94	M30 x 1,5 - 4H/4g	28,513	29,124	23	-30	30	29,992	28,872	-62	35	22
95	M30 x 2 - 4H5H/3h4h	27,864	28,849	11	15	18	29,811	28,629	-26	20	25
96	M30 x 3 - 7H/8g	29,979	28,380	42	-25	-30	26,622	27,724	-33	-18	40
97	M36 - 5G/5g6g	32,001	33,737	-40	-25	15	35,632	33,089	58	-36	19
98	M36 x 1,5 - 7H/6h	34,393	35,175	52	15	-30	35,795	34,877	-65	24	35
99	M36 x 2 - 6H/6f	34,132	34,953	46	15	25	35,739	34,437	70	40	35
100	M36 x 3 - 7G/6h	33,247	34,276	48	15	-25	35,762	33,826	-29	-16	40

Витебский государственный технологический университет

172

2.5 Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач

2.5.1 Содержание задания

Степени точности и вид сопряжения зубчатой пары 8-7-6-*B*, модуль m = 5 мм, число зубьев шестерни z_1 = 20, число зубьев колеса z_2 = 40, ширина зубчатого венца $b_w = 50$ мм.

Определить по стандарту или справочной литературе и выписать значения показателей точности.

2.5.2 Ход выполнения задания

1. Найдем некоторые геометрические параметры шестерни, колеса и передачи в целом, необходимые для определения ряда допусков.

Делительный диаметр шестерни $d_1 = mz_1 = 5 \cdot 20 = 100$ мм, колеса $d_2 = mz_2 = 5 \cdot 40 = 200$ мм.

Длина делительной окружности шестерни $L_1 = \pi d_1 = 3{,}14 \cdot 100 = 314$ мм; колеса $L_2 = \pi d_2 = 3{,}14 \cdot 200 = 628$ мм.

Межосевое расстояние зубчатой передачи $a_w = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{100 + 200}{2} = 150$ мм.

2. Определяем показатели кинематической точности (8 степень точности).

Допуск радиального биения зубчатого венца F_r: для шестерни 50 мкм, для колеса 71 мкм (табл. 4.23).

Допуск на накопленную погрешность шага F_p: для шестерни 63 мкм, для колеса 90 мкм (табл. 4.24).

Допуск на накопленную погрешность k шагов F_{pk} берется по длине дуги делительной окружности L, соответствующей 1/6 части зубьев (с округлением до целого зуба в большую сторону). Следовательно, для шестерни необходимо учитывать $z_1' = \frac{20}{6} = 3{,}3 \approx 4$ зуба, для колеса $z_2' = \frac{40}{6} = 6{,}6 \approx 7$ зубьев.

Искомая длина дуги для шестерни $L_1 = \pi m z_1' = 3{,}14 \cdot 5 \cdot 4 = 62{,}8$ мм; для колеса $L_2 = \pi m z_2' = 3{,}14 \cdot 5 \cdot 7 = 109{,}9$ мм.

Тогда допуск на накопленную погрешность k шагов F_{pk} равен: для шестерни 50 мкм, для колеса 63 мкм (табл. 4.24).

Витебский государственный технологический университет

3. Определяем показатели норм точности по плавности (7 степень точности).

Допуск на местную кинематическую погрешность шага f_i': для шестерни 32 мкм, для колеса 36 мкм (табл. 4.25).

Предельные отклонения шага $\pm f_{pt}$: для шестерни 18 мкм, для колеса 20 мкм (табл. 4.25).

Допуск на погрешность профиля f_f: для шестерни 14 мкм, для колеса 16 мкм (табл. 4.25).

4. Определяем показатели норм точности по контакту зубьев (6 степень точности).

Суммарное пятно контакта по высоте зуба не менее 50%, по длине зуба не менее 70% (табл. 4.27).

Допуск на непараллельность осей $f_x =$ 12 мкм (табл. 4.26).

Допуск на перекос осей $f_y = 6,3$ мкм (табл. 4.26).

Допуск на направление зуба $F_\beta = 12$ мкм (табл. 4.26).

5. Определяем показатели норм точности по боковому зазору (вид сопряжения *B*).

Гарантированный боковой зазор $j_{n\min} = 160$ мкм (табл. 4.28).

Предельные отклонение межосевого расстояния $\pm f_a = 80$ мкм (табл. 4.28).

Наименьшее дополнительное смещение исходного контура $-E_{Hs}$,$+E_{Hi}$: для шестерни 160 мкм, для колеса 200 мкм (табл. 4.29).

Допуск на смещение исходного контура шестерни T_H: для шестерни 140 мкм, для колеса 200 мкм (табл. 4.30).

Допуск на среднюю длину общей нормали T_{Wm}: для шестерни 70 мкм, для колеса 100 мкм (табл. 4.31).

Допуск на длину общей нормали T_W: для шестерни 100 мкм, для колеса 140 мкм (табл. 4.32).

Наименьшее отклонение толщины зуба $-E_{cs}$: для шестерни 120 мкм, для колеса 140 мкм (табл. 4.33).

Допуск на толщину зуба T_C: для шестерни 100 мкм, для колеса 140 мкм (табл. 4.34).

2.5.3 Индивидуальные задания

Варианты индивидуальных заданий приведены в табл. 2.11.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.11 – Задание 5. Нормирование точности цилиндрических зубчатых колес и передач

№ вар.	Модуль	Число зубьев		Ширина венца, мм	Степень точности и вид сопряжения	№ вар.	Модуль	Число зубьев		Ширина венца, мм	Степень точности и вид сопряжения
		z_1	z_2					z_1	z_2		
1	1,0	45	82	20	5-H	*51*	1,0	19	95	10	7 -7-6-D
2	1,125	43	76	20	8-7-8-A	*52*	1,125	44	100	10	8-8-7-H
3	1,25	50	70	30	6-E	*53*	1,25	49	63	10	7-C
4	1,375	44	100	30	7 -7-6-D	*54*	1,375	28	112	20	5-6-7-C
5	1,5	50	62	30	7-C	*55*	1,5	45	85	35	5-H
6	1,6	40	47	30	8-B	*56*	1,6	50	62	40	10-9-9-A
7	1,75	28	56	30	5-6-7-C	*57*	1,75	43	76	50	8-7-8-A
8	2	30	75	40	7-A	*58*	2	28	112	45	6-E
9	2,25	20	61	40	10-9-9-A	*59*	2,25	32	41	40	7-8-9-B
10	2,5	15	35	40	8-7-7-H	*60*	2,5	30	49	35	9-A
11	2,75	22	36	40	8-C	*61*	2,75	46	87	30	6-5-6-B
12	3	32	41	30	8-7-7-B	*62*	3	27	45	25	7-H
13	3,15	41	48	30	9-8-7-D	*63*	3,15	32	41	30	6-5-6-H
14	3,5	59	83	30	9-A	*64*	3,5	15	45	45	5-H
15	4,0	18	51	50	8-6-7-E	*65*	4,0	32	57	50	10-9-10-B
16	4,5	27	45	50	7-8-9-B	*66*	4,5	50	62	65	8-9-10-A
17	5,0	22	44	50	8-9-10-A	*67*	5,0	18	23	70	7-8-9-B
18	5,5	49	53	50	6-5-6-H	*68*	5,5	25	46	80	7-D
19	6,0	20	35	50	5-6-6-E	*69*	6,0	51	60	90	8-7-7-H
20	6,3	17	26	70	7-C	*70*	6,3	22	33	100	9-A
21	7,0	36	48	70	6-5-6-B	*71*	7,0	50	80	110	8-C
22	8,0	15	25	80	9-9-8-C	*72*	8,0	42	56	120	6-7-7-E
23	9,0	19	21	90	10-9-10-B	*73*	9,0	28	40	200	8-D
24	10,0	23	47	100	5-H	*74*	10,0	39	49	250	6-7-7-E
25	5,5	25	33	75	7-5-6-E	*75*	5,5	26	32	85	8-6-6-C
26	1,0	28	112	10	8-D	*76*	1,0	18	106	10	9-B
27	1,125	19	95	10	6-7-7-E	*77*	1,125	58	66	10	10-9-10-A
28	1,25	32	101	10	8-7-8-H	*78*	1,25	40	125	10	6-6-8-D
29	1,375	40	47	15	10-9-10-A	*79*	1,375	36	110	20	5-5-8-H
30	1,5	19	95	15	6-H	*80*	1,5	32	101	35	8-6-7-E
31	1,6	43	76	15	8-7-6-B	*81*	1,6	41	48	40	8-D
32	1,75	41	48	15	7-C	*82*	1,75	17	125	50	5-5-6-H
33	2	59	83	15	6-7-8-H	*83*	2	42	47	45	8-6-6-C
34	2,25	58	66	20	5-H	*84*	2,25	40	47	40	6-5-6-B
35	2,5	31	44	20	10-B	*85*	2,5	21	84	35	6-H
36	2,75	43	48	20	6-7-7-E	*86*	2,75	59	83	30	9-9-8-C
37	3	22	33	20	7-E	*87*	3	20	61	25	9-B
38	3,15	20	61	20	6-6-8-D	*88*	3,15	31	44	30	5-5-6-H
39	3,5	41	63	35	5-5-8-H	*89*	3,5	18	36	45	6-H
40	4,0	42	47	35	6-H	*90*	4,0	23	55	50	9-9-10-A
41	4,5	18	36	35	8-6-6-C	*91*	4,5	37	57	65	7-5-6-E
42	5,0	19	60	35	8-7-6-E	*92*	5,0	25	65	70	9-9-8-C
43	5,5	22	44	35	10-8-10-A	*93*	5,5	17	49	80	5-H
44	6,0	22	44	55	9-9-8-C	*94*	6,0	19	60	90	6-D
45	6,3	20	35	55	5-H	*95*	6,3	16	26	100	10-9-10-B
46	7,0	17	21	55	6-D	*96*	7,0	21	63	110	9-A
47	8,0	16	26	55	6-7-6-E	*97*	8,0	22	44	120	8-7-7-H
48	9,0	15	25	55	8-C	*98*	9,0	24	38	200	8-D
49	10,0	24	38	85	9-9-10-A	*99*	10,0	18	32	250	7-C
50	5,5	22	27	70	5-5-6-H	*100*	5,5	31	72	85	6-7-8-E

Витебский государственный технологический университет

2.6 Расчет размерных цепей

2.6.1 Содержание задания

Задан сборочный чертеж узла (рис. 2.13).

Исходные данные для решения первой задачи: детали узла по увеличивающим размерам изготовлены по *H8*, по уменьшающим – по *h7*, номинальное значение размера замыкающего звена $A_0 = 0,5$.

Исходные данные для решения второй задачи: размер исходного звена $A_0 = 0,5_{-0,1}$.

1. Изобразить эскиз заданного сборочного узла, составить схему сборочной размерной цепи.

2. Выявить на схеме замыкающее звено, увеличивающие и уменьшающие звенья, задать номинальные размеры составляющих звеньев, определить номинальный размер замыкающего звена.

3. Найти предельные отклонения замыкающих звеньев; определить допуск и предельные отклонения замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости (первая задача).

4. По заданному допуску и предельным отклонениям исходного звена определить предельные отклонения замыкающих звеньев методом одного квалитета (вторая задача).

2.6.2 Ход выполнения задания

1. Вычерчиваем эскиз сборочного узла (рис. 2.13). На эскиз наносим схему сборочной размерной цепи, выбрав в качестве замыкающего звена зазор между крышкой и подшипником A_0, поскольку данный размер получается последним в процессе сборки узла. Составляющими звеньями размерной цепи являются линейные размеры деталей сборочного узла, при изменении которых изменяется значение размера замыкающего звена.

2. Выявляем на схеме размерной цепи увеличивающие и уменьшающие размеры (рис. 2.14):

увеличивающие размеры – A_5, A_6, A_7;

уменьшающие размеры – A_1, A_2, A_3, A_4, A_8.

Назначаем номинальные размеры составляющих звеньев (мм):

$$A_1 = 27; A_2 = 110; A_3 = 27; A_4 = 16; A_5 = 0,5; A_6 = 195; A_7 = 0,5; A_8 = 15,5.$$

Витебский государственный технологический университет

Значения размеров предварительно определяются по чертежу задания, после чего должны быть скорректированы для получения требуемого значения A_0.

Номинальный размер замыкающего звена

$$A_0 = \sum A_{ув} - \sum A_{ум} = (A_5 + A_6 + A_7) - (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_8) =$$

= (0,5+195+0,5)-(27+110+27+16+15,5) = 0,5 мм.

3. Решаем первую задачу.

Определим предельные отклонения, предельные размеры и допуски составляющих звеньев[1]. Результаты сводим в табл. 2.12.

Допуск замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости равен:

$$TA_0 = \sum TA_i = 0{,}021 + 0{,}035 + 0{,}021 + 0{,}018 + 0{,}014 + 0{,}072 + 0{,}014 + \\ + 0{,}018 = 0{,}213 \text{ мм}.$$

Определим предельные отклонения замыкающего звена:

$$Es(A_0) = \sum Es(A_{ув}) - \sum Ei(A_{ум}) = (0{,}014 + 0{,}072 + 0{,}014) -$$
$$-[(-0{,}021) + (-0{,}035) + (-0{,}021) + (-0{,}018) + (-0{,}018)] = 0{,}213 \text{ мм};$$
$$Ei(A_0) = \sum Ei(A_{ув}) - \sum Es(A_{ум}) = 0 .$$

Следовательно, $A_0 = 0{,}5^{+0{,}213}$ мм.

Определим предельные размеры замыкающего звена:

$$A_{0\max} = A_0 + Es(A_0) = 0{,}5 + 0{,}213 = 0{,}713 \text{ мм};$$
$$A_{0\min} = A_0 + Ei(A_0) = 0{,}5 \text{ мм}.$$

Выполним проверку, определив предельные размеры замыкающего звена через предельные размеры составляющих звеньев:

$$A_{0\max} = \sum A_{i\max(ув)} - \sum A_{i\min(ум)} = 0{,}514 + 195{,}072 + 0{,}514 -$$
$$-(26{,}979 + 109{,}965 + 26{,}979 + 15{,}982 + 15{,}482) = 0{,}713 \text{ мм};$$

$$A_{0\min} = \sum A_{i\min(ув)} - \sum A_{i\max(ум)} = 0{,}5 + 195 + 0{,}5 -$$
$$-(27 + 110 + 27 + 16 + 15{,}5) = 0{,}5 \text{ мм}.$$

[1] Для составляющих звеньев A_1 и A_3, представляющих собой ширину колец стандартных подшипников качения, номинальные размеры и предельные отклонения должны назначаться по соответствующим стандартам в зависимости от типа подшипника, его серии и класса точности. Поскольку в задании курсовой работы подробная спецификация подшипника не приводится, при решении задачи допускается этого не учитывать.

Витебский государственный технологический университет

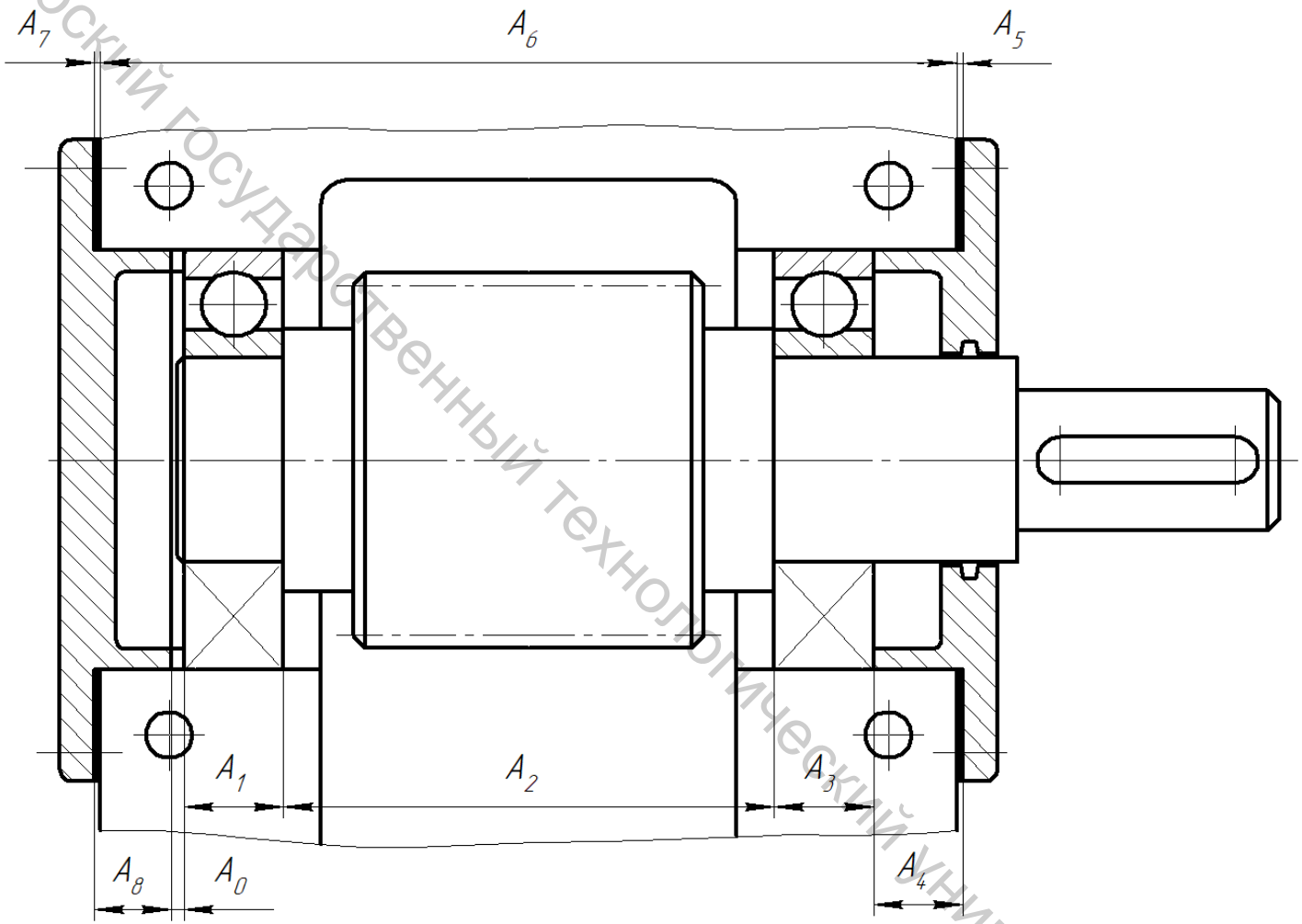


Рисунок 2.13 – Чертеж сборочного узла

Витебский государственный технологический университет

Таблица 2.12 – Предельные отклонения и допуски составляющих звеньев

Обозначение	Номинальный размер, мм	Предельные отклонения, мм		Предельные размеры, мм		Допуск, мм
		верхнее, Es	нижнее, Ei	A_{max}	A_{min}	
Увеличивающие размеры, класс допуска *H8*						
A_5	0,5	+0,014	0	0,514	0,5	0,014
A_6	195	+0,072	0	195,072	195	0,072
A_7	0,5	+0,014	0	0,514	0,5	0,014
Уменьшающие размеры, класс допуска *h7*						
A_1	27	0	-0,021	27	26,979	0,021
A_2	110	0	-0,035	110	109,965	0,035
A_3	27	0	-0,021	27	26,979	0,021
A_4	16	0	-0,018	16	15,982	0,018
A_8	15,5	0	-0,018	15,5	15,482	0,018

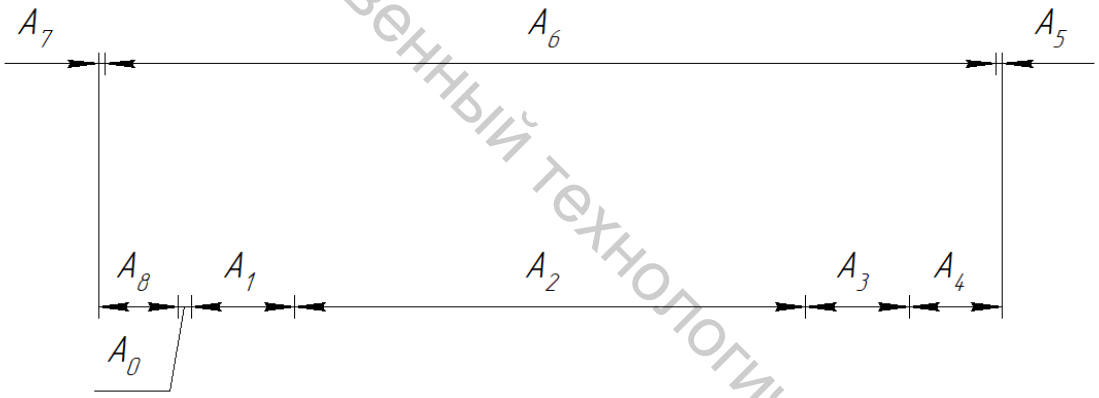


Рисунок 2.14 – Схема размерной цепи

4. Решаем вторую задачу.

Определим предельные размеры и допуск исходного звена согласно условию $A_0 = 0,5_{-0,1}$:

$$A_{0max} = 0,5;\ A_{0min} = 0,4;\ TA_0 = 0,5 - 0,4 = 0,1\,\text{мм} = 100\,\text{мкм}.$$

Расчет ведем по способу одного квалитета. При этом способе на размеры всех составляющих звеньев назначают допуски по одному квалитету с учетом номинальных размеров звеньев.

Определим значение единицы допуска *i* для каждого из составляющих размеров цепи (табл. 2.13) по формуле

Витебский государственный технологический университет

$$i = 0,45\sqrt[3]{A_u} + 0,001A_u,$$

где $A_u = \sqrt{A_{u\min} \cdot A_{u\max}}$ – среднее геометрическое границ интервала, которому принадлежит номинальный размер.

Таблица 2.13 – Расчет единицы допуска для составляющих звеньев

Обозначение	Номинальный размер, мм	Границы интервала, мм $A_{u\min}$; $A_{u\max}$	A_u, мм	Единица допуска i, мкм
A_1	27	18; 30	23,24	1,3
A_2	110	80; 120	97,98	2,2
A_3	27	18; 30	23,24	1,3
A_4	16	10; 18	13,42	1,08
A_5	0,5	1; 3	1,73	0,54
A_6	195	180; 250	212,13	2,9
A_7	0,5	1; 3	1,73	0,54
A_8	15,5	10; 18	13,42	1,08

Определяем среднее число единиц допуска

$$a_m = \frac{TA_0}{\sum i} = \frac{100}{1,3+2,2+1,3+1,08+0,54+2,9+0,54+1,08} \approx 9.$$

Найденное число единиц допуска ближе всего соответствует квалитету IT6, для которого a = 10 (табл. 4.1). Допуски размеров $A_1 \ldots A_8$ по 6 квалитету соответственно равны: 0,013; 0,022; 0,013; 0,011; 0,006; 0,029; 0,006; 0,011 мм.

Определим, выполняется ли неравенство, согласно которому сумма допусков замыкающих звеньев не должна превышать допуск исходного звена:

$$TA_0 \geq \sum TA_i \ .$$

В нашем случае

$$TA_0 = 0,1 \text{ мм}; \ \sum TA_i = 0,013+0,022+0,013+0,011+0,006+0,029+0,006+$$
$$+0,011 = 0,11 \text{ мм} > 0,1 \text{ мм}.$$

Неравенство не выполняется, следовательно, для составляющих звеньев необходимо выбрать более точный квалитет, в данном случае

Витебский государственный технологический университет

IT5. Выписываем допуски размеров $A_1 \ldots A_8$ по 5 квалитету и определяем их сумму:

$$\sum TA_i = 0{,}009 + 0{,}015 + 0{,}009 + 0{,}008 + 0{,}004 + 0{,}020 + 0{,}004 +$$

$$+ 0{,}008 = 0{,}077 \text{ мм} < 0{,}1 \text{ мм}.$$

Неравенство выполняется, следовательно, квалитет подобран правильно и требуемая точность исходного звена обеспечена.

Зная допуски размеров, назначаем предельные отклонения составляющих размеров (для увеличивающих размеров – как для основных отверстий, для уменьшающих размеров – как для основных валов):

$$A_1 = 27h5_{(-0{,}009)}; A_2 = 110h5_{(-0{,}015)}; A_3 = 27h5_{(-0{,}009)};$$
$$A_4 = 16h5_{(-0{,}008)}; A_5 = 0{,}5H5^{(+0{,}004)}; A_6 = 195H5^{(+0{,}020)};$$
$$A_7 = 0{,}5H5^{(+0{,}004)}; A_8 = 15{,}5h5_{(-0{,}008)}.$$

2.6.3 Индивидуальные задания

Задание выполняется по чертежу сборочного узла, выданного преподавателем.

Первая задача

Детали узла по увеличивающим размерам изготовлены по классу допуска *H8*, по уменьшающим – по классу допуска *h7*, требуемое номинальное значение размера замыкающего звена $A_0 = 0{,}5$ мм. Номинальные размеры составляющих звеньев определить по чертежу.

Найти: допуск и предельные размеры замыкающего звена по методу полной взаимозаменяемости.

Вторая задача

Исходные данные: размер исходного звена $A_0 = 0{,}5_{-0{,}1}$ мм. Номинальные размеры составляющих звеньев взять такими же, как в первой задаче.

Найти: допуски и предельные отклонения составляющих звеньев по методу одного квалитета.

Витебский государственный технологический университет

3 Содержание тестовых заданий

Тестовый контроль проводится по трем основным темам: допуски и посадки гладких соединений; шероховатость поверхностей; допуски формы и расположения поверхностей. По каждой теме приведены примеры тестовых вопросов с разбором правильных вариантов ответов на них.

Задания для самостоятельной подготовки, приведенные в конце каждого подраздела, могут выполняться на практических занятиях (в аудитории) или самостоятельно.

3.1 Тестовый контроль по теме «Допуски и посадки гладких соединений»

Тестовый контроль по теме «Допуски и посадки гладких соединений» включает в себя две части: чтение посадок; терминология.

3.1.1 Чтение посадок (часть 1.1)

Каждый из вопросов данного теста представляет собой обозначение посадки. Не прибегая к справочной литературе, для каждой из посадок необходимо определить: 1) является ли она посадкой в системе отверстия, посадкой в системе вала или внесистемной посадкой; 2) является ли она посадкой с зазором, посадкой с натягом или переходной посадкой.

В табл. 3.1 приведены примеры вопросов и правильные ответы к ним.

Таблица 3.1 – Примеры тестовых вопросов (часть 1.1)

Вопрос	*Правильный ответ*
H8/t8	посадка в системе отверстия; с натягом
B9/h9	посадка в системе вала; с зазором
N8/h9	посадка в системе вала; переходная
H7/k6	посадка в системе отверстия; переходная
H7/h6	посадка в системе отверстия и вала; с зазором

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 3.1

Вопрос	*Правильный ответ*
K6/n6	внесистемная посадка; с натягом
JS10/js10	внесистемная посадка; переходная
C8/d7	внесистемная посадка; с зазором
U8/t8	внесистемная посадка; с натягом
ZA8/h8	посадка в системе вала; с натягом

3.1.2 Терминология (часть 1.2)

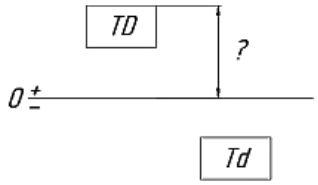
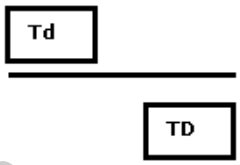
Тестовый контроль по этой теме включает различные вопросы на знание основных терминов и определений. В табл. 3.2 приведены примеры вопросов, правильные ответы помечены знаком ✔.

Таблица 3.2 – Примеры тестовых вопросов (часть 1.2)

➔ *Что такое нижнее отклонение?* • алгебраическая разность между наибольшим предельным и номинальным размерами; ✓ *алгебраическая разность между наименьшим предельным и номинальным размерами;* • алгебраическая разность между наименьшим предельным и действительным размерами; • алгебраическая разность между наибольшим предельным и действительным размерами.
➔ *Укажите предел максимума материала для отверстия* • D_{max}; ✔ D_{min}; • d_{max}; • d_{min}.
➔ *Выберите правильный вариант* ✔ $EI = D_{min} - D$; • $EI = D_{max} - D_{min}$; • $EI = d_{max} - d$; • $EI = D_{min} - d_{max}$.
➔ *Чему равен допуск размера* $10^{-0,1}_{-0,2}$ **?** • 0,2 мм; • –0,2 мм; ✔ *0,1 мм;* • 0,3 мм; • –0,1 мм.

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 3.2

➔ *Что обозначено на схеме?*  	• допуск отверстия • допуск вала ✓ *верхнее отклонение отверстия* • верхнее отклонение вала • нижний предельный размер отверстия
➔ *Какой посадке соответствует схема?*  	✓ *P7/m7* • H8/h8 • M8/h8 • H8/b8
➔ *Какое из отклонений является основным для интервала допуска A9?* • *es*; • *ei*; • *ES*; ✔ *EI*.	

3.1.3 Задания для самостоятельной подготовки

Задание 1. Определите для каждой из посадок (табл. 3.3), не пользуясь справочными данными: а) в какой системе образована посадка (в системе отверстия, в системе вала, внесистемная); б) является ли данная посадка посадкой с зазором, с натягом или переходной посадкой.

Задание 2. Выберите для каждой из посадок (табл. 3.4) соответствующую ей схему расположения интервалов допусков; укажите, в какой системе образована посадка и к какому типу она относится (с зазором; с натягом; переходная).

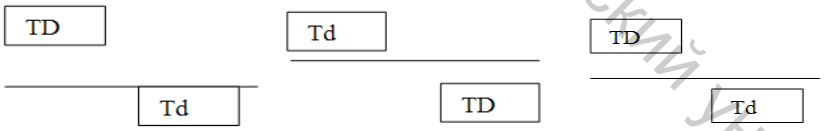
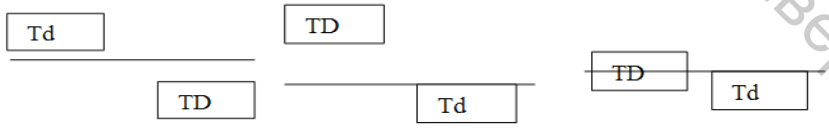
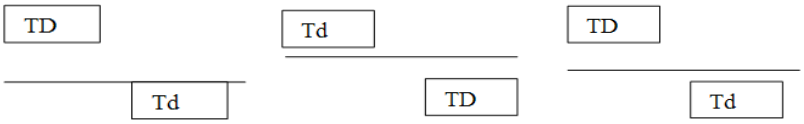
Задание 3. Измените положение нулевой линии на схемах из табл. 3.4 так, чтобы получить из них (соответственно) новые посадки, указанные в табл. 3.5.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 3.3 – Варианты к заданию 1

Вариант	*Обозначения посадок*
1	*H5/g5 F7/h7 P5/t5 ZC7/za8 H8/v8 ZA8/h8 H6/p7 B5/h5 H7/k6 D6/d6*
2	*ZC7/za8 V8/h8 D8/h8 ZA8/h8 F7/h7 E8/h8 ZA8/z7 H9/m8 H7/c8 B9/h9*
3	*H5/p5 H9/a9 S8/t9 U7/h6 X8/u8 A8/g8 FG7/b7 B6/g6 CD5/ef6 H7/c8*
4	*V9/h8 S8/t9 G9/d8 K9/h8 F7/h7 U7/h6 H8/t8 FG5/f6 F9/h9 H9/m8*
5	*H8/u8 H9/a9 D7/cd8 P5/t5 ZA8/h8 H5/g5 P6/n6 Y7/h7 A8/h8 EF8/h7*
6	*Z7/h7 T9/h9 A8/g8 F9/h9 F7/g7 H8/v8 C9/b9 N9/h9 P5/h5 H7/d8*
7	*K6/n6 P8/m8 EF8/h7 E5/e5 D7/c7 G9/d8 N9/h9 U7/h6 Js6/h6 FG9/f9*
8	*H7/p7 P6/n6 D6/d6 P5/h5 C8/d7 H10/js11 R7/r7 B9/h9 P5/h6 P8/m8*
9	*D8/h7 H5/js5 H7/c8 P8/m8 A8/g8 H9/n8 T9/t9 P6/n6 H9/m8 E5/e5*
10	*U7/h6 H7/c8 CD5/ef6 C9/b9 D10/h9 H6/p7 B6/g6 B5/h5 ZA8/h8 H5/g5*

Таблица 3.4 – Варианты к заданию 2

Вариант	*Обозначения*	*Схемы*
1	*B9/h9 D9/fg9 P6/m6*	
2	*U7/t7 JS6/h6 G5/h5*	
3	*B9/a9 B9/h9 P7/m7*	

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 3.4

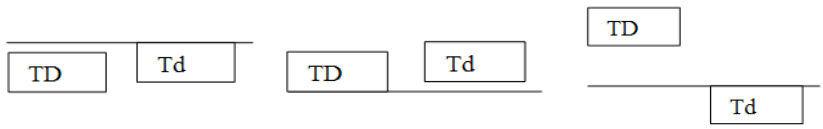
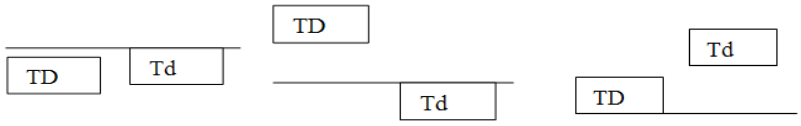
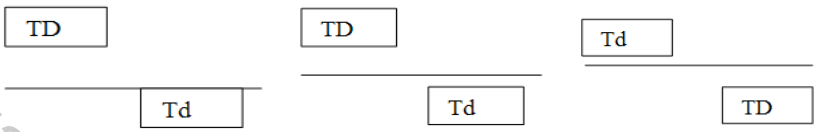
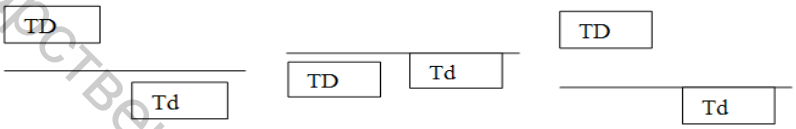
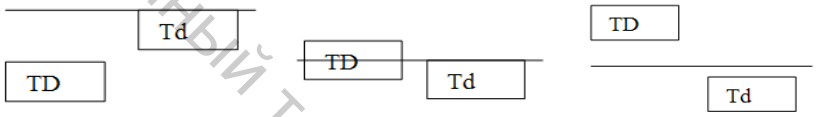
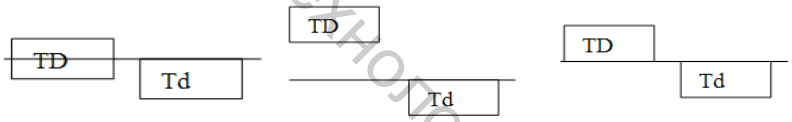
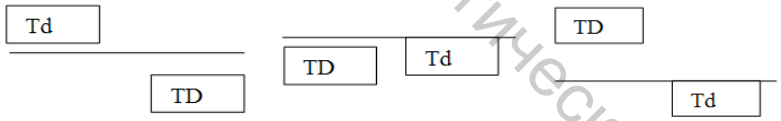
Вариант	*Обозначения*	*Схемы*
4	*B8/h8* *M6/h6* *H8/m8*	
5	*H6/p7* *M8/h8* *EF7/h7*	
6	*G5/f5* *D10/h10* *U8/t8*	
7	*M6/h6* *B9/h9* *D7/c7*	
8	*JS9/h9* *T9/h9* *C8/d8*	
9	*D9/h9* *H7/h7* *JS8/h8*	
10	*M8/h8* *T9/t9* *D8/h8*	

Таблица 3.5 – Варианты к заданию 3

Вариант	*Посадки*	*Вариант*	*Посадки*
1	*H8/a8 T8/h8 JS9/b9*	6	*D8/c8 H9/b9 U9/h9*
2	*Z7/js7 H8/c8 H9/js9*	7	*JS9/b9 H9/m9 F9/f9*
3	*A8/js8 T8/js7 JS6/b6*	8	*T8/js8 H9/js9 H7/c7*
4	*H8/m8 M6/h6 C7/d7*	9	*H7/js6 B9/b9 F8/js8*
5	*H9/m9 A9/d9 U8/e8*	10	*Z7/h7 H6/k6 E7/g7*

Витебский государственный технологический университет

3.2 Тестовый контроль по теме «Показатели шероховатости поверхности»

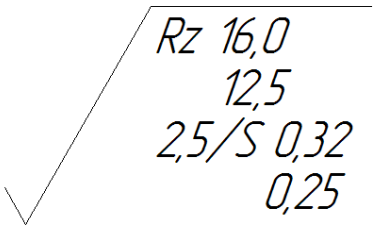
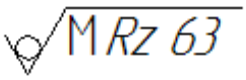
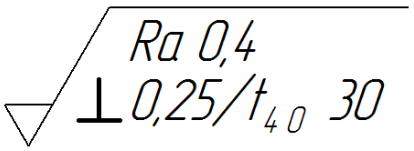
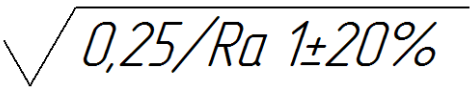
Тестовый контроль по теме «Шероховатость поверхностей» включает в себя две части: обозначения; терминология.

Витебский государственный технологический университет

3.2.1 Обозначения (часть 2.1)

Каждый из вопросов данного теста представляет собой обозначение шероховатости, которое необходимо правильно расшифровать, не прибегая к справочной литературе. В табл. 3.6 приведены примеры вопросов и правильные ответы к ним.

Таблица 3.6 – Примеры тестовых вопросов (часть 2.1)

Обозначение	*Правильные ответы*
	Наибольшая высота профиля в пределах от 12,5 до 16 мкм; средний шаг местных выступов в пределах от 0,25 до 0,32 мм; измерение на базовой длине 2,5 мм; вид обработки не нормируется; направление неровностей поверхности не нормируется
	Наибольшая высота профиля не более 63 мкм; направление неровностей поверхности произвольное; вид обработки без удаления слоя материала
	Среднее арифметическое отклонение профиля не более 0,4 мкм; относительная опорная длина профиля на уровне сечения 40% не менее 30%; измерение на базовой длине 0,25 мм; перпендикулярное направление неровностей поверхности; вид обработки с удалением слоя материала
	Среднее арифметическое отклонение профиля в пределах от 0,8 до 1,2 мкм; измерение на базовой длине 0,25 мм; вид обработки не нормируется; направление неровностей поверхности не нормируется

3.2.2 Терминология (часть 2.2)

Тестовый контроль по этой теме включает различные вопросы на знание основных терминов и определений. В табл. 3.7 приведены примеры вопросов, правильные ответы помечены знаком ✔.

Таблица 3.7 – Примеры тестовых вопросов (часть 2.2)

➔ *Отметьте верные высказывания, относящиеся к понятию «средняя линия профиля»* • среднее квадратическое отклонение от средней линии до измеряемого профиля должно быть максимальным в пределах базовой длины; ✓ *имеет форму номинального профиля;* ✓ *среднее квадратическое отклонение от средней линии до измеряемого профиля должно быть минимальным в пределах базовой длины* • проходит через наивысшую точку профиля в пределах базовой длины	
➔ *По отношению к чему задано направление неровностей поверхности на данных условных обозначениях?* 	✓ *по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования;* • по отношению к центру нормируемой поверхности; • по отношению к линии, изображающей среднюю поверхность; • по отношению к центру средней поверхности
➔ *Как определяют среднее арифметическое отклонение профиля?* ✓ *как среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины;* • как сумму средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших максимумов и пяти наибольших минимумов в пределах базовой длины; • как расстояние между линией выступов и линией впадин в пределах базовой длины; • как расстояние от точек профиля до средней линии, измеренное по нормали к ней	

Витебский государственный технологический университет

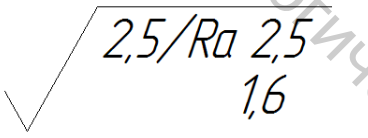
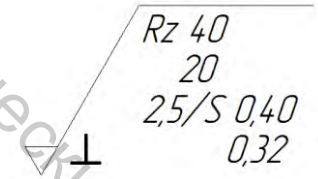
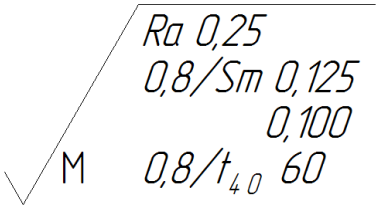
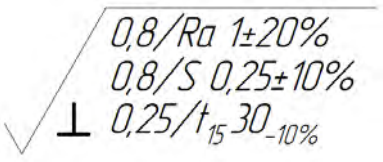
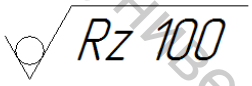
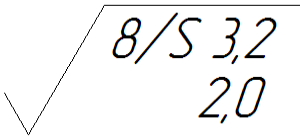
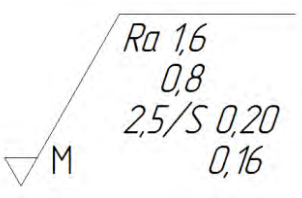
Продолжение таблицы 3.7

➔ *Какой показатель указан?* 	• шаг неровностей профиля; ✓ *шаг местных выступов;* • средний шаг неровностей профиля; • опорная длина профиля
➔ *Какие из показателей выражают в процентах (%)?* • среднее арифметическое отклонение профиля • наибольшая высота профиля • полная высота профиля • средний шаг неровностей профиля ✓ *уровень сечения профиля* ✓ *относительная опорная длина профиля*	

3.2.3 Задания для самостоятельной подготовки

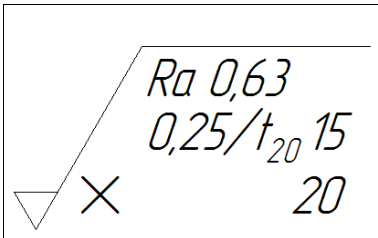
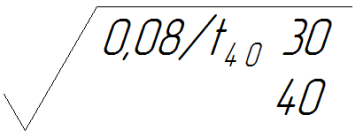
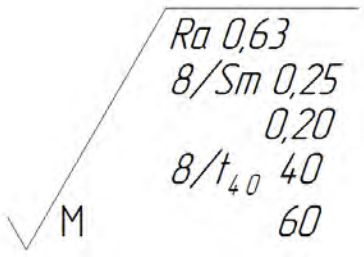
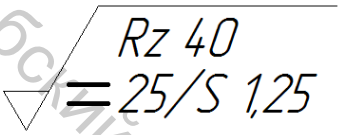
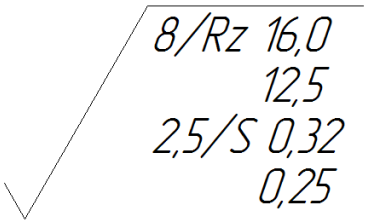
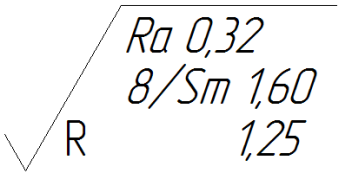
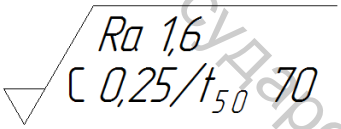
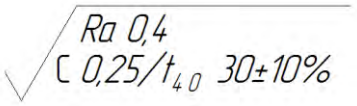
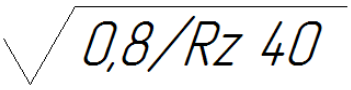
Задание 1. Расшифруйте обозначения шероховатости поверхности (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Задания для самостоятельной подготовки (часть 2.1)

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 3.8

3.3 Тестовый контроль по теме «Допуски формы и расположения»

Тестовый контроль по теме «Допуски формы и расположения» включает в себя две части: обозначения; терминология.

3.3.1 Обозначения (часть 3.1)

Каждый из вопросов данного теста представляет собой указанное на чертеже обозначение допуска формы или расположения, которое необходимо правильно расшифровать, не прибегая к справочной литературе. При ответе на вопрос необходимо указывать следующее:

- расшифровать название допуска;
- указать на чертеже нормируемый элемент, к которому относится допуск;
- указать на чертеже базовый элемент (если он есть);
- указать числовое значение допуска и единицы измерения;
- расшифровать дополнительную информацию о допуске, если она есть (диаметральное или радиусное выражение; длина или площадь нормируемого участка; для зависимого допуска – указать, от

Витебский государственный технологический университет

действительных размеров какого элемента (или элементов) он зависит).

Примеры обозначений с ответами приведены в табл. 3.9.

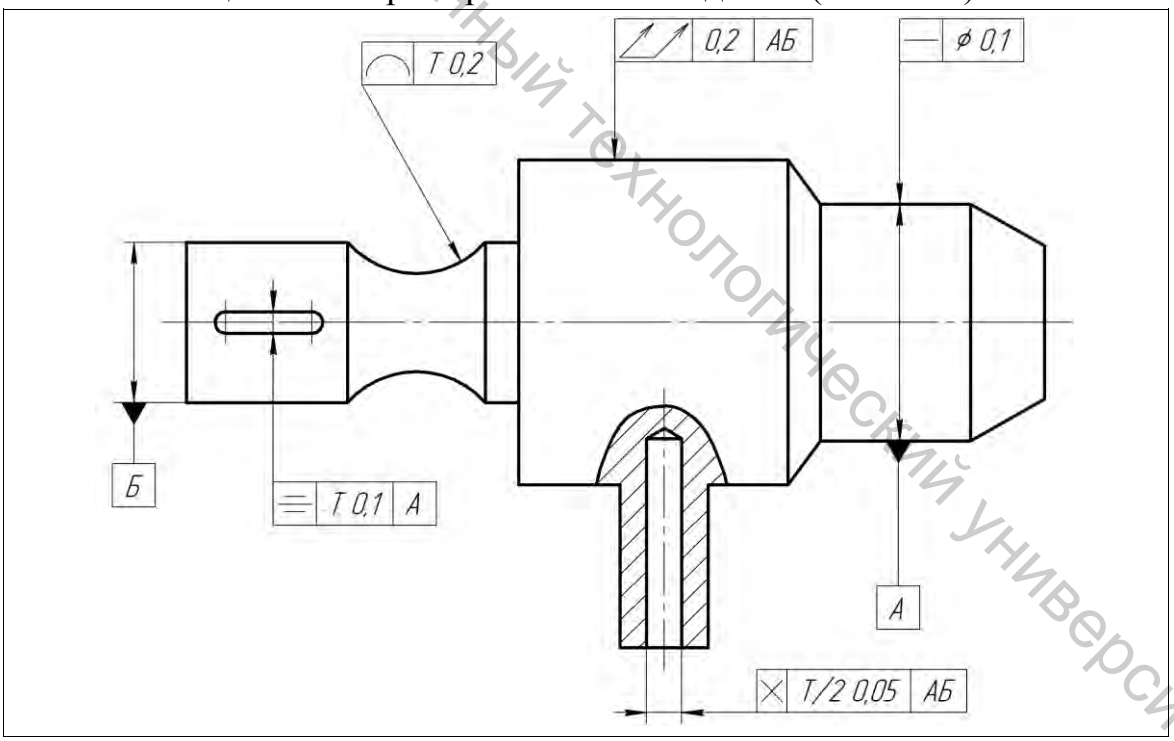
3.3.2 Терминология (часть 3.2)

Данная часть теста представляет собой устный опрос по терминологии. Необходимо уметь давать определение и графическую иллюстрацию каждого из отклонений формы и расположения.

3.3.3 Задания для самостоятельной подготовки

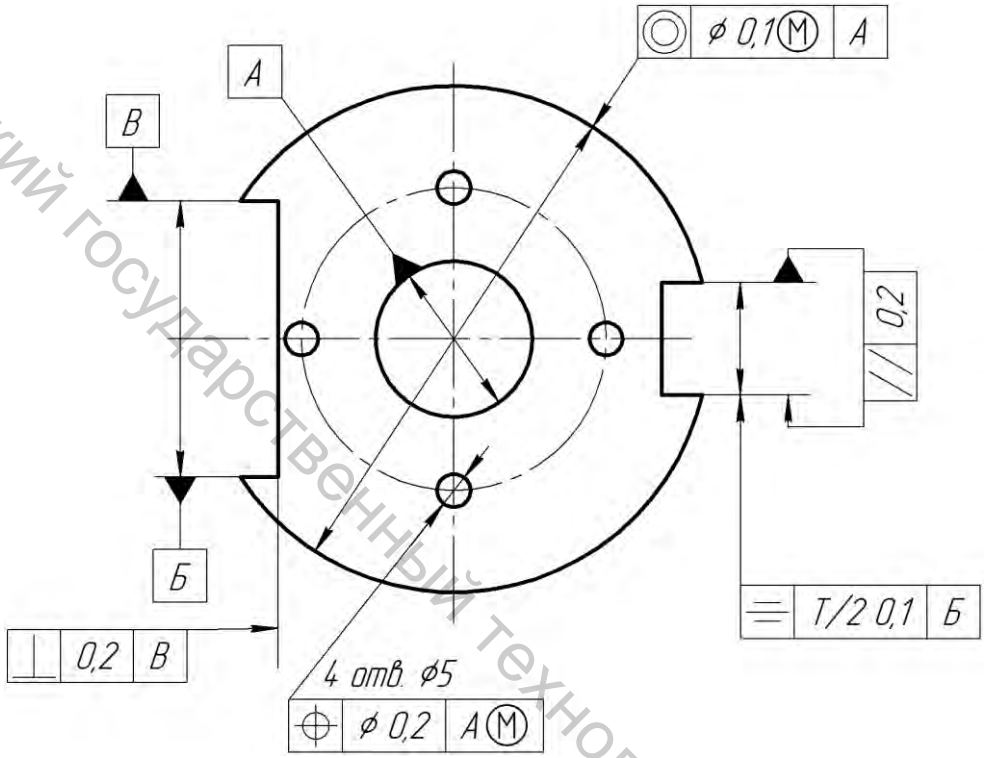
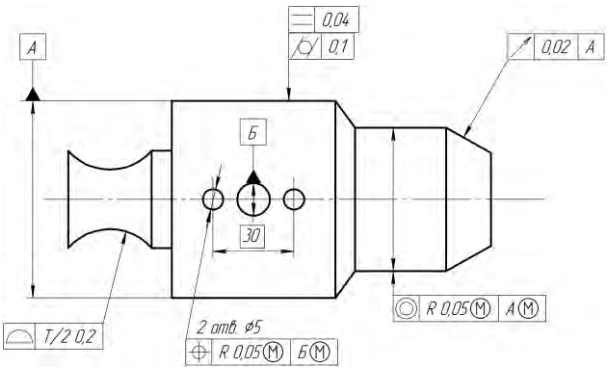
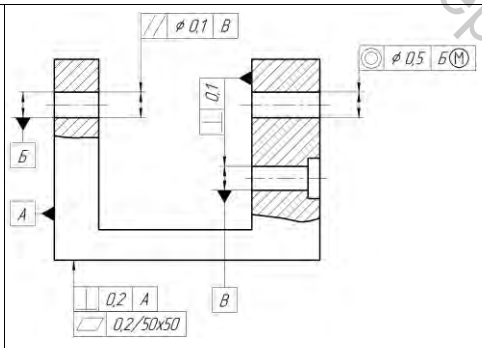
Задание 1. Расшифруйте обозначения допусков формы и расположения для двух последних чертежей из табл. 3.9.

Таблица 3.9 – Примеры тестовых заданий (часть 3.1)



Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 3.9

Допуск формы заданного профиля (указать профиль) в диаметральном выражении равен 0,2 мм Допуск полного радиального биения поверхности (указать поверхность) относительно общей оси поверхностей А и Б (указать поверхности) равен 0,2 мм. Допуск прямолинейности оси цилиндрической поверхности (указать поверхность) в диаметральном выражении равен 0,1 мм. Допуск пересечения оси отверстия (указать отверстие) и общей оси поверхностей А и Б (указать поверхности) в радиусном выражении равен 0,05 мм. Допуск симметричности паза (указать) относительно оси поверхности А (указать поверхность) в диаметральном выражении равен 0,1 мм

Допуск соосности (концентричности) наружного профиля детали (указать профиль) и профиля отверстия А (указать отверстие) в диаметральном выражении равен 0,1 мм. Допуск зависимый; его значение зависит от действительного размера нормируемого элемента (указать размер). Допуск параллельности поверхностей паза (указать нормируемую и базовую поверхности) равен 0,2 мм. Допуск симметричности паза (указать паз) относительно плоскости симметрии паза Б (указать паз) равен в радиусном выражении 0,1 мм. Позиционный допуск четырех отверстий (указать отверстия) относительно оси отверстия А (указать отверстие) в диаметральном выражении равен 0,2 мм. Допуск зависимый; его значение зависит от действительного размера базового элемента (указать размер). Допуск перпендикулярности поверхности (указать поверхность) относительно поверхности В (указать поверхность) равен 0,2 мм.
 

Витебский государственный технологический университет

4 Справочный раздел

4.1 Допуски и предельные отклонения валов и отверстий

Таблица 4.1 – Числовые значения допусков по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуски									
	мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Св. 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
" 6 " 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
" 10 " 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
" 18 " 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
" 30 " 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
" 50 " 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
" 80 " 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
" 120 " 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
" 180 " 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
" 250 " 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
" 315 " 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
" 400 " 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97
" 500 " 630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110
" 630 " 800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125
" 800 " 1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140
" 1000 " 1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165
" 1250 " 1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195
" 1600 " 2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230
" 2000 " 2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280
" 2500 " 3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330
" 3150 " 4000	16	23	33	45	60	84	115	165	260	410
" 4000 " 5000	20	28	40	55	74	100	140	200	320	500
" 5000 " 6300	25	35	49	67	92	125	170	250	400	620
" 6300 " 8000	31	43	62	84	115	155	215	310	490	760
" 8000 " 10 000	38	53	76	105	140	195	270	380	600	940

Примечание. Для размеров менее 1 мм квалитеты 14 ... 18 не применяются.

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.1

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Допуски									
	мкм			мм						
До 3	25	40	60	0,10	0,14	0,25	0,40	0,60	1,0	1,4
Св. 3 до 6	30	48	75	0,12	0,18	0,30	0,48	0,75	1,2	1,8
» 6 » 10	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
» 10 » 18	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,70	1,1	1,8	2,7
» 18 » 30	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
» 30 » 50	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1,00	1,6	2,5	3,9
» 50 » 80	74	120	190	0,30	0,46	0,74	1,20	1,9	3,0	4,6
» 80 » 120	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,40	2,2	3,5	5,4
» 120 » 180	100	160	250	0,40	0,63	1,00	1,60	2,5	4,0	6,3
» 180 » 250	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
» 250 » 315	130	210	320	0,52	0,81	1,30	2,10	3,2	5,2	8,1
» 315 » 400	140	230	360	0,57	0,89	1,40	2,30	3,6	5,7	8,9
» 400 » 500	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,50	4,0	6,3	9,7
» 500 » 630	175	280	440	0,70	1,10	1,75	2,80	4,4	7,0	11,0
» 630 » 800	200	320	500	0,80	1,25	2,00	3,20	5,0	8,0	12,5
» 800 » 1000	230	360	560	0,90	1,40	2,30	3,60	5,6	9,0	14,0
» 1000 » 1250	260	420	660	1,05	1,65	2,60	4,20	6,6	10,5	16,5
» 1250 » 1600	310	500	780	1,25	1,95	3,10	5,00	7,8	12,5	19,5
» 1600 » 2000	370	600	920	1,50	2,30	3,70	6,00	9,2	15,0	23,0
» 2000 » 2500	440	700	1100	1,75	2,80	4,40	7,00	11,0	17,5	28,0
» 2500 » 3150	540	860	1350	2,10	3,30	5,40	8,60	13,5	21,0	33,0
» 3150 » 4000	660	1050	1650	2,60	4,10	6,60	10,5	16,5	26,0	41,0
» 4000 » 5000	800	1300	2000	3,20	5,00	8,00	13,0	20,0	32,0	50,0
» 5000 » 6300	980	1550	2500	4,00	6,20	9,80	15,5	25,0	40,0	62,0
» 6300 » 8000	1200	1950	3100	4,90	7,60	12,0	19,5	31,0	49,0	76,0
» 8000 » 10 000	1500	2400	3800	6,00	9,40	15,0	24,0	38,0	60,0	94,0

Примечание. Числа единиц допуска в квалитетах: **IT01** – 1; **IT0** – 1,4; **IT1** – 2; **IT2** – 2,7; **IT3** – 3,7; **IT4** – 5,1; **IT5** – 7; **IT6** – 10; **IT7** – 16; **IT8** – 25; **IT9** – 40; **IT10** – 64; **IT11** – 100; **IT12** – 160; **IT13** – 250; **IT14** – 400; **IT15** – 640; **IT16** – 1000; **IT17** – 1600; **IT18** – 2500.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.2 – Предельные отклонения основных отверстий, мкм, по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Классы допусков								
	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
От 1 до 3	+3 0	+4 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0
Св. 3 до 6	+4 0	+5 0	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0
Св. 6 до 10	+4 0	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0
Св. 10 до 18	+5 0	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0
Св. 18 до 30	+6 0	+9 0	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0
Св. 30 до 50	+7 0	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0
Св. 50 до 80	+8 0	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0
Св. 80 до 120	+10 0	+15 0	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0
Св. 120 до 180	+12 0	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160 0	+250 0	+400 0
Св. 180 до 250	+14 0	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460 0
Св. 250 до 315	+16 0	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0
Св. 315 до 400	+18 0	+25 0	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+230 0	+360 0	+570 0
Св. 400 до 500	+20 0	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+630 0

□ - предпочтительные классы допусков

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.3 – Основные отклонения валов по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений										
	a	*b*	*c*	*cd*	*d*	*e*	*ef*	*f*	*fg*	*g*	*h*
	Верхнее отклонение *es*, мкм (все квалитеты)										
До 3	−270	−140	−60	−34	−20	−14	−10	−6	−4	−2	0
Св. 3 до 6	−270	−140	−70	−46	−30	−20	−14	−10	−6	−4	0
» 6 » 10	−280	−150	−80	−56	−40	−25	−18	−13	−8	−5	0
Св. 10 до 14	−290	−150	−95	—	−50	−32	—	−16	—	−6	0
Св. 14 до 18											
Св. 18 до 24	−300	−160	−110	—	−65	−40	—	−20	—	−7	0
Св. 24 до 30											
Св. 30 до 40	−310	−170	−120	—	−80	−50	—	−25	—	−9	0
Св. 40 до 50	−320	−180	−130								
Св. 50 до 65	−340	−190	−140	—	−100	−60	—	−30	—	−10	0
Св. 65 до 80	−360	−200	−150								
Св. 80 до 100	−380	−220	−170	—	−120	−72	—	−36	—	−12	0
Св. 100 до 120	−410	−240	−180								
Св. 120 до 140	−460	−260	−200	—	−145	−85	—	−43	—	−14	0
Св. 140 до 160	−520	−280	−210								
Св. 160 до 180	−580	−310	−230								
Св. 180 до 200	−660	−340	−240	—	−170	−100	—	−50	—	−15	0
Св. 200 до 225	−740	−380	−260								
Св. 225 до 250	−820	−420	−280								
Св. 250 до 280	−920	−480	−300	—	−190	−110	—	−56	—	−17	0
Св. 280 до 315	−1050	−540	−330								
Св. 315 до 355	−1200	−600	−360	—	−210	−125	—	−62	—	−18	0
Св. 355 до 400	−1350	−680	−400								
Св. 400 до 450	−1500	−760	−440	—	−230	−135	—	−68	—	−20	0
Св. 450 до 500	−1650	−840	−480								

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.3

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений										
	j_s	j			k		m	n	p	r	s
	Квалитеты										
	все	5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 св. 7	все				
	Нижнее отклонение ei, мкм										
До 3	Верхнее и нижнее отклонения равны $\pm\frac{T}{2}$	−2	−4	−6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14
Св. 3 до 6		−2	−4	—	+1	0	+4	+8	+12	+15	+19
» 6 » 10		−2	−5	—	+1	0	+6	+10	+15	+19	+23
Св. 10 до 18		−3	−6	—	+1	0	+7	+12	+18	+23	+28
Св. 18 до 30		−4	−8	—	+2	0	+8	+15	+22	+28	+35
Св. 30 до 50		−5	−10	—	+2	0	+9	+17	+26	+34	+43
Св. 50 до 65		−7	−12	—	+2	0	+11	+20	+32	+41 +43	+53 +59
Св. 65 до 80											
Св. 80 до 100		−9	−15	—	+3	0	+13	+23	+37	+51 +54	+71 +79
Св. 100 до 120											
Св. 120 до 140		−11	−18	—	+3	0	+15	+27	+43	+63 +65 +68	+92 +100 +108
Св. 140 до 160											
Св. 160 до 180											
Св. 180 до 200		−13	−21	—	+4	0	+17	+31	+50	+77 +80 +84	+122 +130 +140
Св. 200 до 225											
Св. 225 до 250											
Св. 250 до 280		−16	−26	—	+4	0	+20	+34	+56	+94 +98	+158 +170
Св. 280 до 315											

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений										
	j_s	j			k		m	n	p	r	s
	Квалитеты										
	все	5 и 6	7	8	от 4 до 7	до 3 св. 7	все				
	Нижнее отклонение ei, мкм										
Св. 315 до 355	Верхнее и нижнее отклонения равны $\pm\frac{T}{2}$	−18	−28	—	+4	0	+21	+37	+62	+108 +114	+190 +208
Св 355 до 400											
Св 400 до 450		−20	−32	—	+5	0	+23	+40	+68	+126 +132	+232 +252
Св. 450 до 500											

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.3

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений								
	t	*u*	*v*	*x*	*y*	*z*	*za*	*zb*	*zc*
	Нижнее отклонение *ei*, мкм (все квалитеты)								
До 3	—	+18	—	+20	—	+26	+32	+40	+60
Св. 3 до 6	—	+23	—	+28	—	+35	+42	+50	+80
» 6 » 10	—	+28	—	+34	—	+42	+52	+67	+97
Св 10 до 14	—	+33	—	+40	—	+50	+64	+90	+130
» 14 » 18			+39	+45	—	+60	+77	+108	+150
Св. 18 до 24	—	+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188
» 24 » 30	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218
» 30 » 40	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274
» 40 » 50	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325
» 50 » 65	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405
» 65 » 80	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
» 80 » 100	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585
» 100 » 120	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
» 120 » 140	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800
» 140 » 160	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
» 160 » 180	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
» 180 » 200	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150
» 200 » 225	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
» 225 » 250	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
» 250 » 280	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550
» 280 » 315	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
» 315 » 355	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900
» 355 » 400	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
» 400 » 450	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400
» 450 » 500	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

Отклонения *a* и *b* для размеров менее 1 мм не предусмотрены.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.4 – Предельные отклонения валов в посадках с зазором и переходных (система отверстия), мкм, по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	4					5				
	Классы допусков									
	g4	h4	js4	k4	m4	g5	h5	js5	(j5)	k5
От 1 до 3	-2 -5	0 -3	+1,5 -1,5	+3 0	+5 +2	-2 -6	0 -4	+2,0 -2,0	+2 -2	+4 0
Св. 3 до 6	-4 -8	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+8 +4	-4 -9	0 -5	+2,5 -2,5	+3 -2	+6 +1
Св. 6 до 10	-5 -9	0 -4	+2,0 -2,0	+5 +1	+10 +6	-5 -11	0 -6	+3,0 -3,0	+4 -2	+7 +1
Св. 10 до 18	-6 -11	0 -5	+2,5 -2,5	+6 +1	+12 +7	-6 -14	0 -8	+4,0 -4,0	+5 -3	+9 +1
Св. 18 до 30	-7 -13	0 -6	+3,0 -3,0	+8 +2	+14 +8	-7 -16	0 -9	+4,5 -4,5	+5 -4	+11 +2
Св. 30 до 50	-9 -16	0 -7	+3,5 -3,5	+9 +2	+16 +9	-9 -20	0 -11	+5,5 -5,5	+6 -5	+13 +2
Св. 50 до 80	-10 -18	0 -8	+4,0 -4,0	+10 +2	+19 +11	-10 -23	0 -13	+6,5 -6,5	+6 -7	+15 +2
Св. 80 до 120	-12 -22	0 -10	+5,0 -5,0	+13 +3	+23 +13	-12 -27	0 -15	+7,5 -7,5	+6 -9	+18 +3
Св. 120 до 180	-14 -26	0 -12	+6,0 -6,0	+15 +3	+27 +15	-14 -32	0 -18	+9,0 -9,0	+7 -11	+21 +3
Св. 180 до 250	-15 -29	0 -14	+7,0 -7,0	+18 +4	+31 +17	-15 -35	0 -20	+10,0 -10,0	+7 -13	+24 +4
Св. 250 до 315	-17 -33	0 -16	+8,0 -8,0	+2 +4	+36 +20	-17 -40	0 -23	+36 -11,5	+7 -16	+27 +4
Св. 315 до 400	-18 -36	0 -18	+9,0 -9,0	+22 +4	+39 +21	-18 -43	0 -25	+12,5 -12,5	+7 -18	+29 +4
Св. 400 до 500	-20 -40	0 -20	+10,0 -10,0	+25 +5	+43 +23	-20 -47	0 -27	+13,5 -13,5	+7 -20	+32 +5

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.4

Номиальные размеры, мм	Квалитеты									
	5		6							
	Классы допусков									
	m5	n5	f6	g6	h6	js6	(j6)	k6	m6	n6
От 1 до 3	+6 +2	+8 +4	-6 -12	-2 -8	0 -6	+3,0 -3,0	+4 -2	+6 0	+8 +2	+10 +4
Св. 3 до 6	+9 +4	+13 +8	-10 -18	-4 -12	0 -8	+4,0 -4,0	+6 -2	+9 +1	+12 +4	+16 +8
Св. 6 до 10	+12 +6	+16 +10	-13 -22	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+7 -2	+10 +1	+15 +6	+19 +10
Св. 10 до 18	+15 +7	+20 +12	-16 -27	-6 -17	0 -11	+5,5 -5,5	+8 -3	+12 +1	+18 +7	+23 +12
Св. 18 до 30	+17 +8	+24 +15	-20 -33	-7 -20	0 -13	+6,5 -6,5	+9 -4	+15 +2	+21 +8	+28 +15
Св. 30 до 50	+20 +9	+28 +17	-25 -41	-9 -25	0 -16	+8,0 -8,0	+11 -5	+18 +2	+25 +9	+33 +17
Св. 50 до 80	+24 +11	+33 +20	-30 -49	-10 -29	0 -19	+9,5 -9,5	+12 -7	+21 +2	+30 +11	+39 +20
Св. 80 до 120	+28 +13	+38 +23	-36 -58	-12 -34	0 -22	+11,0 -11,0	+13 -9	+25 +3	+35 +13	+45 +23
Св. 120 до 180	+33 +15	+45 +27	-43 -68	-14 -39	0 -25	+12,5 -12,5	+14 -11	+28 +3	+40 +15	+52 +27
Св. 180 до 250	+37 +17	+51 +31	-50 -79	-15 -44	0 -29	+14,5 -14,5	+16 -13	+33 +4	+46 +17	+60 +31
Св. 250 до 315	+43 +20	+57 +34	-56 -88	-17 -49	0 -32	+16,0 -16,0	+16 -16	+36 +4	+52 +20	+66 +34
Св. 315 до 400	+46 +21	+62 +37	-62 -98	-18 -54	0 -36	+18,0 -18,0	+18 -18	+40 +4	+57 +21	+73 +37
Св. 400 до 500	+50 +23	+67 +40	-68 -108	-20 -60	0 -40	+20,0 -20,0	+20 -20	+45 +5	+63 +23	+80 +40

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.4

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	7								8
	Классы допусков								
	e7	f7	h7	js7	(j7)	k7	m7	n7	d8
От 1 до 3	-14 -24	-6 -16	0 -10	+5 -5	+6 -4	+10 0	-	+14 +4	-20 -34
Св. 3 до 6	-20 -32	-10 -22	0 -12	+6 -6	+8 -4	+13 +1	+16 +4	+20 +8	-30 -48
Св. 6 до 10	-25 -40	-13 -28	0 -15	+7 -7	+10 -5	+16 +1	+21 +6	+25 +10	-40 -62
Св. 10 до 18	-32 -50	-16 -34	0 -18	+9 -9	+12 -6	+19 +1	+25 +7	+30 +12	-50 -77
Св. 18 до 30	-40 -61	-20 -41	0 -21	+10 -10	+13 -8	+23 +2	+29 +8	+36 +15	-65 -98
Св. 30 до 50	-50 -75	-25 -50	0 -25	+12 -12	+15 -10	+27 +2	+34 +9	+42 +17	-80 -119
Св. 50 до 80	-60 -90	-30 -60	0 -30	+15 -15	+18 -12	+32 +2	+41 +11	+50 +20	-100 -146
Св. 80 до 120	-72 -107	-36 -71	0 -35	+17 -17	+20 -15	+38 +3	+48 +13	+58 +23	-120 -174
Св. 120 до 180	-85 -125	-43 -83	0 -40	+20 -20	+22 -18	+43 +3	+55 +15	+67 +27	-145 -208
Св. 180 до 250	-100 -146	-50 -96	0 -46	+23 -23	+25 -21	+50 +4	+63 +17	+77 +31	-170 -242
Св. 250 до 315	-110 -162	-56 -108	0 -52	+26 -26	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	-190 -271
Св. 315 до 400	-125 -182	-62 -119	0 -57	+28 -28	+29 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	-210 -299
Св. 400 до 500	-135 -198	-68 -131	0 -63	+31 -31	+31 -32	+68 +5	+86 +23	+103 +40	-230 -327

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.4

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	8			9				10	
	Классы допусков								
	e8	f8	h8	d9	e9	f9	h9	d10	h10
От 1 до 3	-14 -28	-6 -20	0 -14	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	-20 -60	0 -40
Св. 3 до 6	-30 -38	-10 -28	0 -18	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	-30 -78	0 -48
Св. 6 до 10	-25 -47	-13 -35	0 -22	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	-40 -98	0 -58
Св. 10 до 18	-32 -59	-16 -43	0 -27	-50 -93	-32 -75	-16 -59	0 -43	-50 -120	0 -70
Св. 18 до 30	-40 -73	-20 -53	0 -33	-65 -117	-40 -92	-20 -72	0 -52	-65 -149	0 -84
Св. 30 до 50	-50 -89	-25 -64	0 -39	-80 -142	-50 -112	-25 -87	0 -62	-80 -180	0 -100
Св. 50 до 80	-60 -106	-30 -76	0 -46	-100 -174	-60 -134	-30 -104	0 -74	-100 -220	0 -120
Св. 80 до 120	-72 -126	-36 -90	0 -54	-120 -207	-72 -159	-36 -123	0 -87	-120 -260	0 -140
Св. 120 до 180	-85 -148	-43 -106	0 -63	-145 -245	-85 -185	-43 -143	0 -100	-145 -305	0 -160
Св. 180 до 250	-100 -172	-50 -122	0 -72	-170 -285	-100 -215	-50 -165	0 -115	-170 -255	0 -185
Св. 250 до 315	-110 -191	-56 -137	0 -81	-190 -320	-110 -240	-56 -186	0 -130	-190 -400	0 -210
Св. 315 до 400	-125 -214	-62 -151	0 -89	-210 -350	-125 -265	-62 -202	0 -140	-210 -440	0 -230
Св. 400 до 500	-135 -232	-68 -165	0 -97	-230 -385	-135 -290	-68 -223	0 -155	-230 -480	0 -250

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.4

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	8	11					12	
	Классы допусков							
	c8	a11	b11	c11	d11	h11	b12	h12
От 1 до 3	-60 -74	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60	-140 -240	0 -100
Св. 3 до 6	-70 -88	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75	-140 -260	0 -120
Св. 6 до 10	-80 -102	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90	-150 -300	0 -150
Св. 10 до 18	-95 -122	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -160	0 -110	-150 -330	0 -180
Св. 18 до 30	-110 -143	-300 -430	-160 -290	-110 -240	-65 -195	0 -130	-160 -370	0 -210
Св. 30 до 40	-120 -159	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0 -160	-170 -420	0 -250
Св. 40 до 50	-130 -169	-320 -480	-180 -340	-130 -290			-180 -430	
Св. 50 до 65	-140 -186	-340 -350	-190 -380	-140 -330	-100 -290	0 -190	-190 -490	0 -300
Св. 65 до 80	-150 -196	-360 -550	-200 -390	-150 -340			-200 -500	
Св. 80 до 100	-170 -224	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -340	0 -220	-220 -570	0 -350
Св. 100 до 120	-180 -234	-410 -630	-240 -460	-180 -400			-240 -590	
Св. 120 до 140	-200 -263	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-145 -395	0 -250	-260 -660	0 -400

ВитебскийГосударственныйТехнологическийУниверситет

Окончание таблицы 4.4

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	8	11					12	
	Классы допусков							
	c8	a11	b11	c11	d11	h11	b12	h12
Св. 140 до 160	-210 -273	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-145 -395	0 -250	-280 -680	0 -400
Св. 160 до 180	-230 -293	-580 -830	-310 -560	-230 -480			-310 -710	
Св. 180 до 200	-240 -312	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-170 -460	0 -290	-340 -800	0 -460
Св. 200 до 225	-260 -332	-740 -1030	-380 -670	-260 -550			-380 -840	
Св. 225 до 250	-280 -352	-820 -1110	-420 -710	-280 -570			-420 -880	
Св. 250 до 280	-300 -381	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190 -510	0 -320	-480 -1000	0 -520
Св. 280 до 315	-330 -411	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650			-540 -1060	
Св. 315 до 355	-360 -449	-1200 -1500	-600 -960	-360 -720	-210 -570	0 -360	-600 -1170	0 -570
Св. 355 до 400	-400 -489	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760			-680 -1250	
Св. 400 до 450	-440 -537	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -630	0 -400	-760 -1390	0 -630
Св. 450 до 500	-480 -577	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880			-840 -1470	

□ - предпочтительные классы допусков

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.5 – Предельные отклонения валов при посадках с натягом (система отверстия) по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	4	5			6				7		8		
	Классы допусков												
	n4	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6	s7	u7	u8	x8	z8
От 1 до 3	+7 +4	+10 +6	+14 +10	+18 +14	+12 +6	+16 +10	+20 +14	-	+24 +14	+28 +18	+32 +18	+34 +20	+40 +26
Св. 3 до 6	+12 +8	+17 +12	+20 +15	+24 +19	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-	+31 +19	+35 +23	+41 +23	+46 +28	+53 +35
Св. 6 до 10	+14 +10	+21 +15	+25 +19	+29 +23	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-	+38 +23	+43 +28	+50 +28	+56 +34	+64 +42
Св. 10 до 14	+17 +12	+26 +18	+31 +23	+36 +28	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-	+46 +28	+51 +33	+60 +33	+67 +40	+77 +50
Св. 14 до 18						+34 +23	+39 +28		+46 +28	+51 +33	+60 +33	+72 +45	+87 +60
Св. 18 до 24	+21 +15	+31 +22	+37 +28	+44 +35	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-	+56 +36	+62 +41	+74 +41	+87 +54	+106 +73
Св. 24 до 30						+41 +28	+48 +35	+54 +41	+56 +35	+69 +48	+81 +48	+97 +64	+121 +88
Св. 30 до 40	+24 +17	+37 +26	+45 +34	+54 +43	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48	+68 +43	+85 +60	+99 +60	+119 +80	+151 +112
Св. 40 до 50						+50 +34	+59 +43	+70 +54	+68 +43	+95 +70	+109 +70	+136 +97	+175 +136

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	4	5			6				7		8		
	Классы допусков												
	n4	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6	s7	u7	u8	x8	z8
Св. 50 до 65	+28 +20	+45 +32	+54 +41	+66 +53	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66	+83 +53	+117 +87	+133 +87	+168 +122	+218 +172
Св. 65 до 80			+56 +43	+72 +59		+62 +43	+78 +59	+94 +75	+89 +59	+132 +102	+48 +102	+192 +146	+256 +210
Св. 80 до 100	+33 +23	+52 +37	+66 +51	+86 +71	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91	+106 +71	+159 +124	+173 +124	+232 +178	+312 +258
Св. 100 до 120			+69 +54	+94 +79		+76 +54	+101 +79	+126 +104	+114 +79	+179 +144	+198 +144	+264 +210	+364 +310
Св. 120 до 140	+39 +27	+61 +43	+81 +63	+110 +92	+68 +43	+88 +63	+117 +92	+147 +122	+132 +92	+210 +170	+233 +170	+311 +248	+428 +365
Св. 140 до 160			+83 +65	+118 +100		+90 +65	+125 +100	+159 +134	+140 +100	+230 +190	+253 +190	+343 +280	+478 +415
Св. 160 до 180			+86 +68	+126 +108		+93 +68	+133 +108	+171 +146	+148 +108	+250 +210	+273 +210	+373 +310	+528 +465
Св. 180 до 200	+45 +31	+70 +50	+97 +77	+142 +122	+79 +50	+106 +77	+151 +122	+195 +166	+168 +122	+282 +236	+308 +236	+422 +350	+592 +520
Св. 200 до 225			+100 +80	+150 +130		+109 +80	+159 +130	+209 +180	+176 +130	+304 +258	+330 +258	+457 +385	+647 +575

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты												
	4	5			6				7		8		
	Классы допусков												
	n4	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6	s7	u7	u8	x8	z8
Св. 225 до 250	+45 +31	+70 +50	+104 +84	+160 +140	+79 +50	+113 +84	+169 +140	+225 +196	+186 +140	+330 +284	+356 +284	+497 +425	+712 +640
Св. 250 до 280	+50 +34	+79 +56	+117 +94	+181 +158	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218	+210 +158	+367 +315	+396 +315	+556 +475	+791 +710
Св. 280 до 315			+121 +98	+193 +170		+130 +98	+202 +170	+272 +240	+222 +170	+402 +350	+431 +350	+606 +525	+871 +790
Св. 315 до 355	+55 +37	+87 +62	+133 +108	+215 +190	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268	+247 +190	+447 +390	+479 +390	+679 +590	+989 +900
Св. 355 до 400			+139 +114	+233 +208		+150 +114	+244 +208	+330 +294	+265 +208	+492 +435	+524 +435	+749 +660	+1089 +1000
Св. 400 до 450	+60 +40	+95 +68	+153 +126	+259 +232	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330	+295 +232	+553 +490	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100
Св. 450 до 500			+159 +132	+279 +252		+172 +132	+292 +252	+400 +360	+315 +252	+603 +540	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250

□ -предпочтительные классы допусков

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.6 – Предельные отклонения основных валов, мкм, по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Классы допусков								
	h4	h5	**h6**	**h7**	h8	**h9**	h10	**h11**	h12
От 1 до 3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -60	0 -100
Св. 3 до 6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -75	0 -120
Св. 6 до 10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -90	0 -150
Св. 10 до 18	0 -5	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -110	0 -180
Св. 18 до 30	0 -6	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -130	0 -210
Св. 30 до 50	0 -7	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -160	0 -250
Св. 50 до 80	0 -8	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -190	0 -300
Св. 80 до 120	0 -10	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -220	0 -350
Св. 120 до 180	0 -12	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 -100	0 -160	0 -250	0 -400
Св. 180 до 250	0 -14	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -290	0 -460
Св. 250 до 315	0 -16	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -320	0 -520
Св. 315 до 400	0 -18	0 -25	0 -36	0 -57	0 -89	0 -140	0 -230	0 -360	0 -570
Св. 400 до 500	0 -20	0 -27	0 -40	0 -63	0 -97	0 -155	0 -250	0 -400	0 -630

□ - предпочтительные классы допусков

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.7 – Основные отклонения отверстий
по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений										
	A	*B*	*C*	*CD*	*D*	*E*	*EF*	*F*	*FG*	*G*	*H*
	Нижнее отклонение *EI*, мкм (все квалитеты)										
До 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0
Св. 3 до 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0
» 6 » 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0
» 10 » 18	+290	+150	+95	—	+50	+32	—	+16	—	+6	0
» 18 » 30	+300	+160	+110	—	+65	+40	—	+20	—	+7	0
Св. 30 до 40	+310	+170	+120	—	+80	+50	—	+25	—	+9	0
» 40 » 50	+320	+180	+130								
Св. 50 до 65	+340	+190	+140	—	+100	+60	—	+30	—	+10	0
» 65 » 80	+360	+200	+150								
Св. 80 до 100	+380	+220	+170	—	+120	+72	—	+36	—	+12	0
» 100 » 120	+410	+240	+180								
Св. 120 до 140	+460	+260	+200	—	+145	+85	—	+43	—	+14	0
» 140 » 160	+520	+280	+210								
» 160 » 180	+580	+310	+230								
Св. 180 до 200	+660	+340	+240	—	+170	+100	—	+50	—	+15	0
» 200 » 225	+740	+380	+260								
» 225 » 250	+820	+420	+280								
Св. 250 до 280	+920	+480	+300	—	+190	+110	—	+56	—	+17	0
» 280 » 315	+1050	+540	+330								
Св. 315 до 355	+1200	+600	+360	—	+210	+125	—	+62	—	+18	0
» 355 » 400	+1350	+680	+400								
Св. 400 до 450	+1500	+760	+440	—	+230	+135	—	+68	—	+20	0
» 450 » 500	+1650	+840	+480								

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.7

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений									
	J_s	J			K		M		N *	
	Квалитеты									
	все	6	7	8	до 8	св. 8	до 8	св. 8	до 8	св. 8
	Верхнее отклонение ES, мкм									
До 3	Верхнее и нижнее отклонения равны $\pm\frac{IT}{2}$	+2	+4	+6	6	0	−2	−2	−4	−4
Св 3 до 6		+5	+6	+10	−1 + Δ	—	−4 + Δ	−4	−8 + Δ	0
» 6 » 10		+5	+8	+12	−1 + Δ	—	−6 + Δ	−6	−10 + Δ	0
» 10 » 18		+6	+10	+15	−1 + Δ	—	−7 + Δ	−7	−12 + Δ	0
» 18 » 30		+8	+12	+20	−2 + Δ	—	−8 + Δ	−8	−15 + Δ	0
» 30 » 50		+10	+14	+24	−2 + Δ	—	−9 + Δ	−9	−17 + Δ	0
» 50 » 80		+13	+18	+28	−2 + Δ	—	−11 + Δ	−11	−20 + Δ	0
» 80 » 120		+16	+22	+34	−3 + Δ	—	−13 + Δ	−13	−23 + Δ	0
» 120 » 180		+18	+26	+41	−3 + Δ	—	−15 + Δ	−15	−27 + Δ	0
» 180 » 250		+22	+30	+47	−4 + Δ	—	−17 + Δ	−17	−31 + Δ	0
» 250 » 315		+25	+36	+55	−4 + Δ	—	−20 + Δ**	−20	−34 + Δ	0
» 315 » 400		+29	+39	+60	−4 + Δ	—	−21 + Δ	−21	−37 + Δ	0
» 400 » 500		+33	+43	+66	−5 + Δ	—	−23 + Δ	−23	−40 + Δ	0

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.7

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений												Поправка Δ					
	от *P* до *ZC*	*P*	*R*	*S*	*T*	*U*	*V*	*X*	*Y*	*Z*	*ZA*	*ZB*	*ZC*					
	Квалитет																	
	до 7	св. 7												3	4	5	6	7	8
	Верхнее отклонение *ES*, мкм													Значение Δ, мкм					
До 3	Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ	−6	−10	−14	—	−18	—	−20	—	−26	−32	−40	−60	Δ = 0					
Св. 3 до 6		−12	−15	−19	—	−23	—	−28	—	−35	−42	−50	−80	1	1,5	1	3	4	6
» 6 » 10		−15	−19	−23	—	−28	—	−34	—	−42	−52	−67	−97	1	1,5	2	3	6	7
Св. 10 до 14		−18	−23	−28	—	−33	—	−40	—	−50	−64	−90	−130	1	2	3	3	7	9
» 14 » 18							−39	−45	—	−60	−77	−108	−150						
Св 18 до 24		−22	−28	−35	—	−41	−47	−54	−63	−73	−98	−136	−188	1,5	2	3	4	8	12
» 24 » 30					−41	−48	−55	−64	−75	−88	−118	−160	−218						
Св 30 до 40		−26	−34	−43	−48	−60	−68	−80	−94	−112	−148	−200	−274	1,5	3	4	5	9	14
» 40 » 50					−54	−70	−81	−97	−114	−136	−180	−242	−325						
Св. 50 до 65		−32	−41	−53	−66	−87	−102	−122	−144	−172	−226	−300	−405	2	3	5	6	11	16
» 65 » 80			−43	−59	−75	−102	−120	−146	−174	−210	−274	−360	−480						
Св 80 до 100		−37	−51	−71	−91	−124	−146	−178	−214	−258	−335	−445	−585	2	4	5	7	13	19
» 100 » 120			−54	−79	−104	−144	−172	−210	−254	−310	−400	−525	−690						

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.7

Номинальные размеры, мм	Буквенное обозначение основных отклонений												Поправка Δ					
	от P до ZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC					
	Квалитет																	
	до 7	св. 7												3	4	5	6	7	8
	Верхнее отклонение ES, мкм													Значение Δ, мкм					
Св. 120 до 140	Отклонение, как для квалитетов св. 7, увеличенное на Δ	−43	−63	−92	−122	−170	−202	−248	−300	−365	−470	−620	−800	3	4	6	7	15	23
Св. 140 до 160			−65	−100	−134	−190	−228	−280	−340	−415	−535	−700	−900						
Св. 160 до 180			−68	−108	−146	−210	−252	−310	−380	−465	−600	−780	−1000						
Св. 180 до 200		−50	−77	−122	−166	−236	−284	−350	−425	−520	−670	−880	−1150	3	4	6	9	17	26
Св. 200 до 225			−80	−130	−180	−258	−310	−385	−470	−575	−740	−960	−1250						
Св. 225 до 250			−84	−140	−196	−284	−340	−425	−520	−640	−820	−1050	−1350						
Св. 250 до 280		−56	−94	−158	−218	−315	−385	−475	−580	−710	−920	−1200	−1550	4	4	7	9	20	29
Св. 280 до 315			−98	−170	−240	−350	−425	−525	−650	−790	−1000	−1300	−1700						
Св. 315 до 355		−62	−108	−190	−268	−390	−475	−590	−730	−900	−1150	−1500	−1900	4	5	7	11	21	32
Св. 355 до 400			−114	−208	−294	−435	−530	−660	−820	−1000	−1300	−1650	−2100						
Св. 400 до 450		−68	−126	−232	−330	−490	−595	−740	−920	−1100	−1450	−1850	−2400	5	5	7	13	23	34
Св. 450 до 500			−132	−252	−360	−540	−660	−820	−1000	−1250	−1600	−2100	−2600						

Отклонения *A* и *b* во всех квалитетах и *N* в квалитетах св. 8 для размеров менее 1 мм не предусмотрены.

** Исключение составляет M6 при размерах св 250 до 315 мм, для которого $ES = -9$ мкм (а не −11).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.8 – Предельные отклонения отверстий в посадках с зазором и переходных, мкм (система вала), по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5					6			
	Классы допусков								
	G5	H5	JS5	K5	M5	G6	H6	(J6)	JS6
От 1 до 3	+6 +2	+4 0	-2,0 -2,0	0 -4	-2 -6	+8 +2	+6 0	+2 -4	+3,0 -3,0
Св. 3 до 6	+9 +4	+5 0	+2,5 -2,5	0 -5	-3 -8	+12 +4	+8 0	+5 -3	+4,0 -4,0
Св. 6 до 10	+11 +5	+6 0	+3,0 -3,0	+1 -5	-4 -10	+14 +5	+9 0	+5 -4	+4,5 -4,5
Св. 10 до 18	+14 +6	+8 0	+4,0 -4,0	+2 -6	-4 -12	+17 +6	+11 0	+6 -5	+5,5 -5,5
Св. 18 до 30	+16 +7	+9 0	+4,5 -4,5	+1 -8	-5 -14	+20 +7	+13 0	+8 -5	+6,5 -6,5
Св. 30 до 50	+20 +9	+11 0	+5,5 -5,5	+2 -9	-5 -16	+25 +9	+16 0	+10 -6	+8,0 -8,0
Св. 50 до 80	+23 +10	+13 0	+6,5 -6,5	+3 -10	-6 -19	+29 +10	+19 0	+13 -6	+9,5 -9,5
Св. 80 до 120	+27 +12	+15 0	+7,5 -7,5	+2 -13	-8 -23	+34 +12	+22 0	+16 -6	+11,0 -11,0
Св. 120 до 180	+32 +14	+18 0	+9,0 -9,0	+3 -15	-9 -27	+39 +14	+25 0	+18 -7	+12,5 -12,5
Св. 180 до 250	+35 +15	+20 0	+10,0 -10,0	+2 -18	-11 -31	+44 +15	+29 0	+22 -7	+14,5 -14,5
Св. 250 до 315	+40 +17	+23 0	+11,5 -11,5	+3 -20	-13 -36	+49 +17	+32 0	+25 -7	+16,0 -16,0
Св. 315 до 400	+43 +18	+25 0	+12,5 -12,5	+3 -22	-14 -39	+54 +18	+36 0	+29 -7	+18,0 -18,0
Св. 400 до 500	+47 +20	+27 0	+13,5 -13,5	+2 -25	-16 -43	+60 +20	+40 0	+33 -7	+20,0 -20,0

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	6			7					
	Классы допусков								
	K6	M6	N6	F7	G7	H7	(J7)	JS7	K7
От 1 до 3	0 -6	-2 -8	-4 -10	+16 +6	+12 +2	+10 0	+4 -6	+5 -5	0 -10
Св. 3 до 6	+2 -6	-1 -9	-5 -13	+22 +10	+16 +4	+12 0	+6 -6	+6 -6	+3 -9
Св. 6 до 10	+2 -7	-3 -12	-7 -16	+28 +13	+20 +5	+15 0	+8 -7	+7 -7	+5 -10
Св. 10 до 18	+2 -9	-4 -15	-9 -20	+34 +16	+14 +6	+18 0	+10 -8	+9 -9	+6 -12
Св. 18 до 30	+2 -11	-4 -17	-11 -24	+41 +20	+28 +7	+21 0	+12 -9	+10 -10	+6 -15
Св. 30 до 50	+3 -13	-4 -20	-12 -28	+50 +25	+34 +9	+25 0	+14 -11	+12 -12	+7 -18
Св. 50 до 80	+4 -15	-5 -24	-14 -33	+60 +30	+40 +10	+30 0	+18 -12	+15 -15	+9 -21
Св. 80 до 120	+4 -18	-6 -28	-16 -38	+71 +36	+47 +12	+35 0	+22 -13	+17 -17	+10 -25
Св. 120 до 180	+4 -21	-8 -33	-20 -45	+83 +43	+54 +14	+40 0	+26 -14	+20 -20	+12 -28
Св. 180 до 250	+5 -24	-8 -37	-22 -51	+96 +50	+61 +15	+46 0	+30 -16	+23 -23	+13 -33
Св. 250 до 315	+5 -27	-9 -41	-25 -57	+108 +56	+69 +17	+52 0	+36 -16	+26 -26	+16 -36
Св. 315 до 400	+7 -29	-10 -46	-26 -62	+119 +62	+75 +18	+57 0	+39 -18	+28 -28	+17 -40
Св. 400 до 500	+8 -32	-10 -50	-27 -67	+131 +68	+83 +20	+63 0	+43 -20	+31 -31	+18 -45

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	7		8						
	Классы допусков								
	M7	N7	D8	E8	F8	H8	(J8)	JS8	K8
От 1 до 3	-2 -12	-4 -14	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	+6 -8	+7 -7	0 -14
Св. 3 до 6	0 -12	-4 -16	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+10 -8	+9 -9	+5 -13
Св. 6 до 10	0 -15	-4 -19	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+12 -10	+11 -11	+6 -16
Св. 10 до 18	0 -18	-5 -23	+77 +50	+59 +32	+43 +16	+27 0	+15 -12	+13 -13	+8 -19
Св. 18 до 30	0 -21	-7 -28	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+20 -13	+16 -16	+10 -23
Св. 30 до 50	0 -25	-8 -33	+119 +80	+89 +50	+64 +25	+39 0	+24 -15	+19 -19	+12 -27
Св. 50 до 80	0 -30	-9 -39	+146 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+28 -18	+23 -23	+14 -32
Св. 80 до 120	0 -35	-10 -45	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+34 -20	+27 -27	+16 -38
Св. 120 до 180	0 -40	-12 -52	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+41 -22	+31 -31	+20 -43
Св. 180 до 250	0 -46	-14 -60	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+47 -25	+36 -36	+22 -50
Св. 250 до 315	0 52	-14 -66	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+55 -26	+40 -40	+25 -56
Св. 315 до 400	0 -57	-16 -73	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+60 -29	+44 -44	+28 -61
Св. 400 до 500	0 -63	-17 -80	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+66 -31	+48 -48	+29 -68

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты									
	8		9						10	
	Классы допусков									
	M8	N8	D9	E9	F9	H9	(N9)	(P9)	D10	H10
От 1 до 3	-	-4 -18	+45 +20	+39 +14	+31 +6	+25 0	—4 —29	—6 —31	+60 +20	+40 0
Св. 3 до 6	+2 -16	-2 -20	+60 +30	+50 +20	+40 +10	+30 0	0 —30	—12 —42	+78 +30	+48 0
Св. 6 до 10	+1 -21	-3 -25	+76 +40	+61 +25	+49 +13	+36 0	0 —36	—15 —51	+98 +40	+58 0
Св. 10 до 18	+2 -25	-3 -30	+93 +50	+75 +32	+59 +16	+43 0	0 —43	—18 —61	+120 +50	+70 0
Св. 18 до 30	+4 -29	-3 -36	+117 +65	+92 +40	+72 +20	+52 0	0 —52	—22 —74	+149 +65	+84 0
Св. 30 до 50	+5 -34	-3 -42	+142 +80	+112 +50	+87 +25	+62 0	0 —62	—26 —88	+180 +80	+100 0
Св. 50 до 80	+5 -41	-4 -50	+174 +100	+134 +60	+104 +30	+74 0	0 —74	—32 —106	+220 +100	+120 0
Св. 80 до 120	+6 -48	-4 -58	+207 +120	+159 +72	+123 +36	+87 0	0 —87	—37 —124	+260 +120	+140 0
Св. 120 до 180	+8 -55	-4 -67	+245 +145	+185 +85	+143 +43	+100 0	0 —100	—43 —143	+305 +145	+160 0
Св. 180 до 250	+9 -63	-5 -77	+285 +170	+215 +100	+165 +50	+115 0	0 —115	—50 —165	+355 +170	+185 0
Св. 250 до 315	+9 -72	-5 -86	+320 +190	+240 +110	+186 +56	+130 0	0 —130	—56 —186	+400 +190	+210 0
Св. 315 до 400	+11 -78	-5 -94	+350 +210	+265 +125	+202 +62	+140 0	0 —140	—62 —202	+440 +210	+230 0
Св. 400 до 500	+11 -86	-6 -103	+385 +230	+290 +135	+223 +68	+155 0	0 —155	—68 —223	+480 +230	+250 0

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Классы допусков						
	A11	B11	C11	D11	H11	B12	H12
От 1 до 3	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+80 +20	+60 0	+240 +140	+100 0
Св. 3 до 6	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0	+260 +140	+120 0
Св. 6 до 10	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0	+300 +150	+150 0
Св. 10 до 18	+400 +290	+260 +150	+205 +95	+160 +50	+110 0	+330 +150	+180 0
Св. 18 до 30	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+195 +65	+130 0	+370 +160	+210 0
Св. 30 до 40	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240 +80	+160 0	+420 +170	+250 0
Св. 40 до 50	+480 +320	+340 +180	+290 +130			+430 +180	
Св. 50 до 65	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290 +100	+190 0	+490 +190	+300 0
Св. 65 до 80	+550 +360	+390 +200	+340 +150			+500 +200	
Св. 80 до 100	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340 +120	+220 0	+570 +220	+350 0
Св. 100 до 120	+630 +410	+460 +240	+400 +180			+590 +240	
Св. 120 до 140	+710 +460	+510 +260	+450 +200	+395 +145	+250 0	+660 +260	+400 0

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Классы допусков						
	A11	B11	C11	D11	H11	B12	H12
Св. 140 до 160	+770 +520	+530 +280	+460 +210	+395 +145	+250 0	+680 +280	+400 0
Св. 160 до 180	+830 +580	+560 +310	+480 +230			+710 +310	
Св. 180 до 200	+950 +660	+630 +340	+530 +240	+460 +170	+290 0	+800 +340	+460 0
Св. 200 до 225	+1030 +740	+670 +380	+550 +260			+840 +380	
Св. 225 до 250	+1110 +820	+710 +420	+570 +280			+880 +420	
Св. 250 до 280	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+510 +190	+320 0	+1000 +480	+520 0
Св. 280 до 315	+1370 +1050	+860 +540	+650 +330			+1060 +540	
Св. 315 до 355	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570 +210	+360 0	+1170 +600	+570 0
Св. 355 до 400	+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400			+1250 +680	
Св. 400 до 450	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630 +230	+400 0	+1390 +760	+630 0
Св. 450 до 500	+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480			+1470 +840	

☐ - предпочтительные классы допусков

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.9 – Предельные отклонения отверстий в посадках с натягом (система вала) по ГОСТ 25346-2013

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5	6	7				8
	Классы допусков						
	N5	P6	P7	R7	S7	T7	U8
От 1 до 3	-4 -8	-6 -12	-6 -16	-10 -20	-14 -24	-	-18 -32
Св. 3 до 6	-7 -12	-9 -17	-8 -20	-11 -23	-15 -27	-	-23 -41
Св. 6 до 10	-8 -14	-12 -21	-9 -24	-13 -28	-17 -32	-	-28 -50
Св. 10 до 18	-9 -17	-15 -26	-11 -29	-16 -34	-21 -39	-	-33 -60
Св. 18 до 24	-12 -21	-18 -31	-14 -35	-20 -41	-27 -48	-	-41 -74
Св. 24 до 30						-33 -54	-48 -81
Св. 30 до 40	-13 -24	-21 -37	-17 -42	-25 -50	-34 -59	-39 -64	-60 -99
Св. 40 до 50					-34 -59	-45 -70	-70 -109
Св. 50 до 65	-15 -28	-26 -45	-21 -51	-30 -60	-42 -72	-55 -85	-87 -133
Св. 65 до 80				-32 -62	-48 -78	-64 -94	-102 -148
Св. 80 до 100	-18 -33	-30 -52	-24 -59	-38 -73	-58 -93	-78 -113	-124 -178
Св. 100 до 120				-41 -76	-66 -101	-91 -126	-144 -198

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.9

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5	6	7				8
	Классы допусков						
	N5	P6	P7	R7	S7	T7	U8
Св. 120 до 140	-21 -39	-36 -61	-28 -68	-48 -88	-77 -117	-107 -147	-170 -233
Св. 140 до 160				-50 -90	-85 -125	-119 -159	-190 -253
Св. 160 до 180				-53 -93	-93 -133	-131 -171	-210 -273
Св. 180 до 200	-25 -45	-41 -70	-33 -79	-60 -106	-105 -151	-149 -195	-236 -308
Св. 200 до 225				-63 -109	-113 -159	-163 -209	-258 -330
Св. 225 до 250				-67 -113	-123 -169	-179 -225	-284 -356
Св. 250 до 280	-27 -50	-47 -79	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250	-315 -396
Св. 280 до 315				-78 -130	-150 -202	-220 -272	-350 -431
Св. 315 до 355	-30 -55	-51 -81	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304	-390 -479
Св. 355 до 400				-93 -150	-187 -244	-273 -330	-435 -524
Св. 400 до 450	-33 -60	-55 -95	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370	-490 -587
Св. 450 до 500				-109 -172	-229 -292	-337 -400	-540 -637

☐ - предпочтительные классы допусков

Витебским государственный технологический университет

4.2 Параметры шероховатости поверхностей

Таблица 4.10 – Минимальные требования к шероховатости поверхности в зависимости от допусков размера и формы

Допуск размера по квалитетам	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			
*IT*3	100	0,2	0,4	0,4	0,8
	60	0,1	0,2	0,2	0,4
	40	0,05	0,1	0,1	0,2
*IT*4	100	0,4	0,8	0,8	1,6
	60	0,2	0,4	0,4	0,8
	40	0,1	0,2	0,2	0,4
*IT*5	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
*IT*6	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
*IT*7	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
*IT*8	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
*IT*9	100 и 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
*IT*10	100 и 60	3,2	6,3	6,3	6,3
	40	1,6	3,2	3,2	6,3
	25	0,8	1,6	1,6	3,2
*IT*11	100 и 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
*IT*12 и *IT*13	100 и 60	12,5	12,5	25	25
	40	6,3	6,3	12,5	12,5
*IT*14 и *IT*15	100 и 60	12,5	25	50	50
	40	12,5	12,5	25	25
*IT*16 и *IT*17	100 и 60	25	50	100	100
	40	25	25	50	50

Примечания: 1. Если относительный допуск формы меньше значений, указанных в таблице, то значения *Ra* следует назначать не более $0,15T_ф$.
2. В случаях, когда это необходимо по функциональным требованиям, допускается устанавливать значения *Ra* менее указанных в таблице.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.11 – Шероховатость поверхности и квалитеты при обработке резанием валов и отверстий

Вид обработки		**Значения параметра *Ra*, мкм**	**Квалитет**
Обтачивание продольной подачей	обдирочное	25…100	15…17
	получистовое	6,3…12,5	12…14
	чистовое	1,6…3,2 (0,8)	7…9
	тонкое (алмазное)	0,4…0,8 (0,2)	6
Обтачивание скоростное		(0,4)…1,6	11
Сверление	до 15 мм	6,3…12,5	12…14
	св. 15 мм	12,5…25	12…14
Рассверливание		12,5…25 (6,3)	12…14
Зенкерование	черновое (по корке)	12,5…25	12…15
	чистовое	3,2…6,3	10…11
Растачивание	черновое	50…100	15…17
	получистовое	12,5…25	12…14
	чистовое	1,6…3,2 (0,8)	8…9
	тонкое (алмазное)	0,4…0,8 (0,2)	7
Скоростное растачивание		0,4…1,6	8
Развертывание	получистовое	6,3…12,5	9…10
	чистовое	1,6…3,2	7…8
	тонкое	(0,4)…0,8	7
Протягивание	получистовое	6,3	8…9
	чистовое	0,8…3,2	7…8
	отделочное	0,2…0,4	7
Шлифование	получистовое	3,2…6,3	8…11
	чистовое	0,8…1,6	6…8
	тонкое	0,2…0,4 (0,1)	5
Притирка	чистовая	0,4…3,2	6…7
	тонкая	0,1…1,6	5
Хонингование		0,05…0,2	6…7
Суперфиниширование		0,1…0,4 (0,05)	5 и точнее

Примечания. 1. В таблице указаны экономические квалитеты. 2. В скобках указаны предельно достижимые значения параметра шероховатости *Ra*. 3. Максимальный диаметр отверстия, обрабатываемого сверлением, зенкерованием и развертыванием, определяется типоразмерами серийно выпускаемого инструмента и составляет 80 мм; для протягивания 90 мм.

Витебский государственный технологический университет

4.3 Параметры метрической резьбы

Таблица 4.12 – Основные размеры метрической резьбы, мм, по ГОСТ 24705-2004

Шаг резьбы *P*	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
С крупным шагом				
0,40	2,0	1,740	1,567	1,509
0,45	(2,2)	1,908	1,713	1,648
0,45	2,5	2,208	2,013	1,948
0,50	3,0	2,675	2,459	2,387
0,60	(3,5)	3,110	2,850	2,764
0,70	4	3,546	3,242	3,141
0,75	(4,5)	4,013	3,688	3,580
0,80	5	4,480	4,134	4,019
1	6	5,350	4,918	4,773
1,25	8	7,188	6,647	6,466
1,50	10	9,026	8,376	8,160
1,75	12	10,863	10,106	9,853
2	(14)	12,701	11,835	11,546
2	16	14,701	13,835	13,546
2,5	(18)	16,376	15,294	14,933
2,5	20	18,376	17,294	16,933
2,5	(22)	20,376	19,294	18,933
3	24	22,051	20,752	20,319
3	(27)	25,051	23,752	23,319
3,5	30	27,727	26,211	25,706
3,5	(33)	30,727	29,211	28,706
4	36	33,402	31,670	31,093
4	(39)	36,402	34,670	34,093
4,5	42	39,077	37,129	36,479
4,5	(45)	42,077	40,129	39,479
5	48	44,752	42,587	41,866
5	(52)	48,752	46,587	45,866
5,5	56	52,428	50,046	49,252
5,5	(60)	56,428	54,046	53,252
6	64	60,103	57,505	56,639
6	(68)	64,103	61,505	60,639
С мелким шагом				
0,25	2,0	1,838	1,729	1,693
	2,2	2,038	1,929	1,893
0,35	2,5	2,273	2,121	2,071
	3	2,773	2,621	2,571
	(3,5)	3,273	3,121	3,071
0,5	4	3,675	3,459	3,387
	(4,5)	4,175	3,959	3,887
	5	4,675	4,459	4,387
	6	5,675	5,459	5,387
	8	7,675	7,459	7,387
	10	9,675	9,459	9,387
	12	11,675	11,459	11,387
	(14)	13,675	13,459	13,387
	16	15,675	15,459	15,387
	(18)	17,675	17,459	17,387
	20	19,675	19,459	19,387
	(22)	21,675	21,459	21,387
0,75	6	5,513	5,188	5,080
	8	7,513	7,188	7,080
	10	9,513	9,188	9,080
	12	11,513	11,188	11,080
	(14)	13,513	13,188	13,080
	16	15,513	15,188	15,080
	(18)	17,513	17,188	17,080
	20	19,513	19,188	19,080
	(22)	21,513	21,188	21,080
	24	23,513	23,188	23,080

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.12

Шаг резьбы P	Диаметр резьбы				Шаг резьбы P	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины		наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
0,75	(27)	26,513	26,188	26,080	1,5	(22)	21,026	20,376	20,160
	30	29,513	29,188	29,080		24	23,026	22,376	22,160
	(33)	32,513	32,188	32,080		(27)	26,026	25,376	25,160
1,0	8	7,350	6,917	6,773		30	29,026	28,376	28,160
	10	9,350	8,917	8,773		(33)	32,026	31,376	31,160
	12	11,350	10,917	10,773		36	35,026	34,376	34,160
	(14)	13,350	12,917	12,773		(39)	38,026	37,376	37,160
	16	15,350	14,917	14,773		42	41,026	40,376	40,160
	(18)	17,350	16,917	16,773		(45)	44,026	43,376	43,160
	20	19,350	18,917	18,773		48	47,026	46,376	46,160
	(22)	21,350	20,917	20,773		(52)	51,026	50,376	50,160
	24	23,350	22,917	22,773		56	55,026	54,376	54,160
	(27)	26,350	25,917	25,773		(60)	59,026	58,376	58,160
	30	29,350	28,917	28,773		64	63,026	62,376	62,160
	36	35,350	34,917	34,773		(68)	67,026	66,376	66,160
	(39)	38,350	37,917	37,773		72	71,026	70,376	70,160
	42	41,350	40,917	40,773		(76)	75,026	74,376	74,160
	(45)	44,350	43,917	43,773		80	79,026	78,376	78,160
	48	47,350	46,917	46,773		(85)	84,026	83,376	83,160
	(52)	51,350	50,917	50,773		90	89,026	88,376	88,160
	56	55,350	54,917	54,773		(95)	94,026	93,376	93,160
	(60)	59,350	58,917	58,773		100	99,026	98,376	98,160
	64	63,350	62,917	62,773		(105)	104,026	103,376	103,160
	(68)	67,350	66,917	66,773		110	109,026	108,376	108,160
	72	71,350	70,917	70,773		(115)	114,026	113,376	113,160
	(76)	75,350	74,917	74,773		(120)	119,026	118,376	118,160
	80	79,350	78,917	78,773		125	124,026	123,376	123,160
1,25	10	9,188	8,647	8,466		(130)	129,026	128,376	128,160
	12	11,188	10,647	10,467		140	139,026	138,376	138,160
	(14)	13,188	12,647	12,466		(150)	149,026	148,376	148,160
1,5	12	11,026	10,376	10,160	2,0	(18)	16,701	15,835	15,546
	(14)	13,026	12,376	12,160		20	18,701	17,835	17,546
	16	15,026	14,376	14,160		(22)	20,701	19,835	19,546
	(18)	17,026	16,376	16,160		24	22,701	21,835	21,546
	20	19,026	18,376	18,160		(27)	25,701	24,835	24,546

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.12

Шаг резьбы *P*	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
2,0	30	28,701	27,835	27,546
	(33)	31,701	30,835	30,546
	36	33,701	32,835	32,546
	(39)	37,701	36,835	36,546
	42	40,701	39,835	39,546
	(45)	43,701	42,835	42,546
	48	46,701	45,835	45,546
	(52)	50,701	49,835	49,546
	56	54,701	53,835	53,546
	(60)	58,701	57,835	57,546
	64	62,701	61,835	61,546
	(68)	66,701	65,835	65,546
	72	70,701	69,835	69,546
	(76)	74,701	73,835	73,546
	80	78,701	77,835	77,546
	(85)	83,701	82,835	82,546
	90	88,701	87,835	87,546
	(95)	93,701	92,835	92,546
	100	98,701	97,835	97,546
	(105)	103,701	102,835	102,546
	110	108,701	107,835	107,546
	(115)	113,701	112,835	112,546
	(120)	118,701	117,835	117,546
	125	123,701	122,835	122,546
	(130)	128,701	127,835	127,546
	140	138,701	137,835	137,546
	(150)	148,701	147,835	147.546
	160	158,701	157,835	157,546
	(170)	168,701	167,835	167,546
	180	178,701	177,835	177,546
	(190)	188,701	187,835	187,546
	200	198,701	197,835	197,546
3,0	30	28,051	26,752	26,319
	(33)	31,051	29,752	29,319
	36	34,051	32,752	32,319

Шаг резьбы *P*	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
3,0	(39)	37,051	35,752	35.319
	42	40,051	38,752	38.319
	(45)	43,051	41,752	41,319
	48	46,051	44,752	44,319
	(52)	50,051	48,752	48,319
	56	54,051	52,752	52,319
	(60)	58,051	56,752	56,319
	64	62,051	60,752	60,319
	(68)	66,051	64,752	64,319
	72	70,051	68,752	68,319
	(76)	74,051	72,752	72,319
	80	78,051	76,752	76,319
	(85)	83,051	81,752	81,319
	90	88,051	86,752	86,319
	(95)	93,051	91,752	91,319
	100	98,051	96,752	96,319
	(105)	103,051	101,752	101,319
	110	108,051	106,752	106,319
	(115)	113,051	111,752	111,319
	(120)	118,051	116,752	116,319
	125	123,051	121,752	121,319
	(130)	128,051	126,752	126,319
	140	138,051	136,752	136,319
	(150)	148,051	146,752	146,319
	160	158,051	156,752	156,319
	(170)	168,051	166,752	166,319
	180	178,051	176,752	176,319
	(190)	188,051	186,752	186,319
	200	198,051	196,752	196,319
	(210)	208,051	206,752	206,319
	220	218,051	216,752	216,319
	(240)	238,051	236,752	236,319
	250	248,051	246,752	246,319
	(260)	258,051	256,752	256,319
	280	278,051	276,752	276,319

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.12

Шаг резьбы P	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
3,0	(300)	298,051	296,752	296,319
4,0	42	39,402	37,670	37,093
	(45)	42,402	40,670	40,093
	48	45,402	43,670	43,093
	(52)	49,402	47,670	47,093
	56	53,402	51,670	51,093
	60	57,402	55,670	55,093
	64	61,402	59,670	59,093
	72	69,402	67,670	67,093
	(76)	73,402	71,670	71,093
	80	77,402	75,670	75,093
	(85)	82,402	80,670	80,093
	90	87,402	85,670	85,093
	(95)	92,402	90,670	90,093
	100	97,402	95,670	95,093
	(105)	102,402	100,670	100,093
	110	107,402	105,670	105,093
	(115)	112,402	110,670	110,093

Шаг резьбы P	Диаметр резьбы			
	наружный	средний	внутренний	внутренний по дну впадины
4,0	(120)	117,402	115,670	115,093
	125	122,402	120,670	120,093
	(130)	127,402	125,670	125,093
	140	137,402	135,670	135,093
	(150)	147,402	145,670	145,093
	160	157,402	155,670	155,093
	(170)	167,402	165,670	165,093
	180	177,402	175,670	175,093
	(190)	187,402	185,670	185,093
	200	197,402	195,670	195,093
	(210)	207,402	205,670	205,093
	220	217,402	215,670	215,093
	(240)	237,402	235,670	235,093
	(260)	257,402	255,670	255,093
	280	277,402	275,670	275,093
	300	297,402	295,670	295,093

Примечание. При выборе номинального диаметра резьбы следует отдавать предпочтение значениям, указанным без скобок.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.13 – Допуски диаметров метрической резьбы, мкм, по ГОСТ 16093-2004

Допуски диаметров d и D_1

Шаг P, мм	Наружная резьба			Внутренняя резьба				
	Степень точности							
	4	6	8	4	5	6	7	8
	Допуск, мкм							
	$(-)T_d$			$(+)T_{D_1}$				
0,2	36	56	-	38	48	60	-	-
0,25	42	67	-	45	56	71	-	-
0,3	48	75	-	53	67	85	-	-
0,35	53	85	-	63	80	100	-	-
0,4	60	95	-	71	90	112	-	-
0,45	63	100	-	80	100	125	-	-
0,5	67	106	-	90	112	140	180	-
0,6	80	125	-	100	125	160	200	-
0,7	90	140	-	112	140	180	224	-
0,75	90	140	-	118	150	190	236	-
0,8	95	150	236	125	160	200	250	315
1	112	180	280	150	190	236	300	375
1,25	132	212	335	170	212	265	335	425
1,5	150	236	375	190	236	300	375	475
1,75	170	265	425	212	265	335	425	530
2	180	280	450	236	300	375	475	600
2,5	212	335	530	280	355	450	560	710
3	236	375	600	315	400	500	630	800
3,5	265	425	670	355	450	560	710	900
4	300	475	750	375	475	600	750	950
4,5	315	500	800	425	530	670	850	1060
5	335	530	850	450	560	710	900	1120
5,5	355	560	900	475	600	750	950	1180
6	375	600	950	500	630	800	1000	1250

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.13

Допуски диаметра d_2

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг P, мм	Степень точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Допуск $(+)T_{d_2}$, мкм							
От 1 до 1,4	0,2	24	30	38	48	(60)	(75)	-	-
	0,25	26	34	42	53	(67)	(85)	-	-
	0,3	28	36	45	56	(71)	(90)	-	-
Св. 1,4 до 2,8	0,2	25	32	40	50	(63)	(80)	-	-
	0,25	28	36	45	56	(71)	(90)	-	-
	0,35	32	40	50	63	80	(100)	-	-
	0,4	34	42	53	67	85	(106)	-	-
	0,45	36	45	56	71	90	(112)	-	-
Св. 2,8 до 5,6	0,25	28	36	45	56	(71)	-	-	-
	0,35	34	42	53	67	85	(106)	-	-
	0,5	38	48	60	75	95	(118)	-	-
	0,6	42	53	67	85	106	(132)	-	-
	0,7	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,75	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,8	48	60	75	95	118	150	190	236
Св. 5,6 до 11,2	0,25	32	40	50	63	(80)	-	-	-
	0,35	36	45	56	71	90	-	-	-
	0,5	42	53	67	85	106	(132)	-	-
	0,75	50	63	80	100	125	(160)	-	-
	1	56	71	90	112	140	180	224	280
	1,25	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,5	67	85	106	132	170	212	265	335
Св. 11,2 до 22,4	0,35	38	48	60	75	95	-	-	-
	0,5	45	56	71	90	112	(140)	-	-
	0,75	53	67	85	106	132	(170)	-	-
	1	60	75	95	118	150	190	236	300
	1,25	67	85	106	132	170	212	265	335
	1,5	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,75	75	95	118	150	190	236	300	375
	2	80	100	125	160	200	250	315	400
	2,5	85	106	132	170	212	265	335	425
Св. 22,4 до 45	0,5	48	60	75	95	118	-	-	-
	0,75	56	71	90	112	140	(180)	-	-
	1	63	80	100	125	160	200	250	315
	1,5	75	95	118	150	190	236	300	375

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.13

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг P, мм	Степень точности							
		3	4	5	6	7	8	9	10
		Допуск $(-)T_{d_2}$, мкм							
Св. 22,4 до 45	2	85	106	132	170	212	265	335	425
	3	100	125	160	200	250	315	400	500
	3,5	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	112	140	180	224	280	355	450	560
	4,5	118	150	190	236	300	375	475	600
Св. 45 до 90	0,5	50	63	80	100	125	-	-	-
	0,75	60	75	95	118	150	-	-	-
	1	71	90	112	140	180	224	280	355
	1,5	80	100	125	160	200	250	315	400
	2	90	112	140	180	224	280	355	450
	3	106	132	170	212	265	335	425	530
	4	118	150	190	236	300	375	475	600
	5	125	160	200	250	315	400	500	630
	5,5	132	170	212	265	335	425	530	670
	6	140	180	224	280	355	450	560	710
Св. 90 до 180	0,75	63	80	100	125	160	-	-	-
	1	75	95	118	150	190	-	-	-
	1,5	85	106	132	170	212	265	335	425
	2	95	118	150	190	236	300	375	475
	3	112	140	180	224	280	355	450	560
	4	125	160	200	250	315	400	500	630
	6	150	190	236	300	375	475	600	750
Св. 180 до 355	1,5	90	112	140	180	224	280	355	-
	2	106	132	170	212	265	335	425	530
	3	125	160	200	250	315	400	500	630
	4	140	180	224	280	355	450	560	710
	6	160	200	250	315	400	500	630	800
Св. 355 до 600	2	112	140	180	224	280	355	450	-
	4	150	190	236	300	375	475	600	750
	6	170	212	265	335	425	530	670	850

Значения, указанные в скобках, по возможности не применять.

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.13

Допуски диаметра D_2

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг P, мм	Степень точности					
		4	5	6	7	8	9
		Допуск $(+)T_{D_2}$, мкм					
От 1 до 1,4	0,2	40	50	63	-	-	-
	0,25	45	56	71	-	-	-
	0,3	48	60	75	-	-	-
Св. 1,4 до 2,8	0,2	42	53	67	-	-	-
	0,25	48	60	75	-	-	-
	0,35	53	67	85	-	-	-
	0,4	56	71	90	-	-	-
	0,45	60	75	95	-	-	-
Св. 2,8 до 5,6	0,25	48	60	75	-	-	-
	0,35	56	71	90	-	-	-
	0,5	63	80	100	125	-	-
	0,6	71	90	112	140	-	-
	0,7	75	95	118	150	-	-
	0,75	75	95	118	150	-	-
	0,8	80	100	125	160	200	250
Св. 5,6 до 11,2	0,25	53	67	85	-	-	-
	0,35	60	75	95	-	-	-
	0,5	71	90	112	140	-	-
	0,75	85	106	132	170	-	-
	1	95	118	150	190	236	300
	1,25	100	125	160	200	250	315
	1,5	112	140	180	224	280	355
Св. 11,2 до 22,4	0,35	63	80	100	-	-	-
	0,5	75	95	118	150	-	-
	0,75	90	112	140	180	-	-
	1	110	125	160	200	250	315
	1,25	112	140	180	224	280	355
	1,5	118	150	190	236	300	375
	1,75	125	160	200	250	315	400
	2	132	170	212	265	335	425
	2,5	140	180	224	280	355	450

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.13

Номинальный диаметр резьбы d, мм	Шаг P, мм	Степень точности					
		4	5	6	7	8	9
		Допуск $(+)T_{D_2}$, мкм					
Св. 22,4 до 45	0,5	80	100	125	-	-	-
	0,75	95	118	150	190	-	-
	1	106	132	170	212	265	335
	1,5	125	160	200	250	315	400
	2	140	180	224	280	355	450
	3	170	212	265	335	425	530
	3,5	180	224	280	355	450	560
	4	190	236	300	375	475	600
	4,5	200	250	315	400	500	630
Св. 45 до 90	0,5	85	106	132	-	-	-
	0,75	100	125	160	-	-	-
	1	118	150	190	236	300	375
	1,5	132	170	212	265	335	425
	2	150	190	236	300	375	475
	3	180	224	280	355	450	560
	4	200	250	315	400	500	630
	5	212	265	335	425	530	670
	5,5	224	280	355	450	560	710
	6	236	300	375	475	600	750
Св. 90 до 180	0,75	106	132	170	-	-	-
	1	125	160	200	250	-	-
	1,5	140	180	224	280	355	450
	2	160	200	250	315	400	500
	3	190	236	300	375	475	600
	4	212	265	335	425	530	670
	6	250	315	400	500	630	800
Св. 180 до 355	1,5	150	190	236	300	375	-
	2	180	224	280	355	450	560
	3	212	265	335	425	530	670
	4	236	300	375	475	600	750
	6	265	335	425	530	670	850
Св. 355 до 600	2	190	236	300	375	475	-
	4	250	315	400	500	630	800
	6	280	355	450	560	710	900

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.14 – Основные отклонения диаметров метрической резьбы, мкм, по ГОСТ 16093-2004

Шаг P, мм	Наружная резьба					Внутренняя резьба			
	Диаметр резьбы								
	d; d_2					D_1; D_2			
	Основное отклонение, мкм								
	es					EI			
	d	e	f	g	h	E	F	G	H
0,2	-	-	-32	-17	0	-	+32	+17	0
0,25	-	-	-33	-18	0	-	+33	+18	0
0,3	-	-	-33	-18	0	-	+33	+18	0
0,35	-	-	-34	-19	0	-	+34	+19	0
0,4	-	-	-34	-19	0	-	+34	+19	0
0,45	-	-	-35	-20	0	-	+35	+20	0
0,5	-	-50	-36	-20	0	+50	+36	+20	0
0,6	-	-53	-36	-21	0	+53	+36	+21	0
0,7	-	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,75	-	-56	-38	-22	0	+56	+38	+22	0
0,8	-	-60	-38	-24	0	+60	+38	+24	0
1	-90	-60	-40	-26	0	+60	+40	+26	0
1,25	-95	-63	-42	-28	0	+63	+42	+28	0
1,5	-95	-67	-45	-32	0	+67	+45	+32	0
1,75	-100	-71	-48	-34	0	+71	+48	+34	0
2	-100	-71	-52	-38	0	+71	+52	+38	0
2,5	-106	-80	-58	-42	0	+80	-	+42	0
3	-112	-85	-63	-48	0	+85	-	+48	0
3,5	-118	-90	-	-53	0	+90	-	+53	0
4	-125	-95	-	-60	0	+95	-	+60	0
4,5	-132	-100	-	-63	0	+100	-	+63	0
5	-132	-106	-	-71	0	+106	-	+71	0
5,5	-140	-112	-	-75	0	+112	-	+75	0
6	-150	-118	-	-80	0	+118	-	+80	0

Витебский государственный технологический университет

4.4 Допуски шпоночных и шлицевых соединений

Таблица 4.15 – Размеры и предельные отклонения (мм) шпоночных пазов для диаметров вала до 130 мм по ГОСТ 23360-78

Диаметр вала d	Сечение шпонки $b \times h$	Шпоночный паз									
		Ширина b					Глубина				Радиус закругления r или фаска $s_1 \times 45°$
		Свободное соединение		Нормальное соединение		Плотное соединение	Вал t_1		Втулка t_2		
		Вал (H9)	Втулка (D10)	Вал (N9)	Втулка (JS9)	Вал и втулка (P9)	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	не более / не менее
От 6 до 8	2×2	+0,025	+0,060	-0,004	+0,012	-0,006	1,2		1,0		0,16 / 0,08
Св. 8 » 10	3×3	0	+0,020	-0,029	-0,012	-0,031	1,8		1,4		
Св. 10 » 12	4×4	+0,030	+0,078	0	+0,015	-0,012	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,16 / 0,08
» 12 » 17	5×5	0	+0,030	-0,030	-0,015	-0,042	3,0	0	2,3	0	0,25 / 0,16
» 17 » 22	6×6						3,5		2,8		0,25 / 0,16
Св. 22 до 30	8×7	+0,036	+0,098	0	+0,018	-0,015	4,0		3,3		0,25 / 0,16
» 30 » 38	10×8	0	+0,040	-0,036	-0,018	-0,051	5,0		3,3		0,4 / 0,25
Св. 38 до 44	12×8						5,0		3,3		
» 44 » 50	14×9	+0,043	+0,120	0	+0,021	-0,018	5,5		3,8		0,4 / 0,25
» 50 » 58	16×10	0	+0,050	-0,043	-0,021	-0,061	6,0		4,3		
» 58 » 65	18×11						7,0	+0,2	4,4	+0,2	
Св. 65 до 75	20×12						7,5	0	4,9	0	
» 75 » 85	22×14	+0,052	+0,149	0	+0,026	-0,022	9,0		5,4		
» 85 » 95	24×14	0	+0,065	-0,052	-0,026	-0,074	9,0		5,4		
	25×14										0,6 / 0,4
» 95 » 110	28×16						10,0		6,4		
Св. 110 до 130	32×18	+0,062	+0,180	0	+0,031	-0,026	11,0		7,4		
		0	+0,080	-0,062	-0,031	-0,088					

Примечания: 1. Допускаются для ширины паза и втулки любые сочетания классов допусков, указанных в табл.

2. Для термообработанных деталей допускаются предельные отклонения размера ширины паза вала H11, если это не влияет на работоспособность соединения.

3. В ответственных шпоночных соединениях сопряжения дна паза с боковыми сторонами выполняются по радиусу, величина и предельные отклонения которого должны указываться на рабочем чертеже.

4. Допускается в обоснованных случаях (пустотелые и ступенчатые валы, передачи пониженных вращающих моментов и т.п.) применять меньшие размеры сечений стандартных шпонок на валах больших диаметров, за исключением выходных концов валов.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.16 – Размеры и предельные отклонения (мм) шпоночных пазов для диаметров вала св. 130 мм

Диаметр вала d	Номинальные размеры шпонки					Номинальные размеры паза			
	$b \times h$	Фаска s		Интервалы длин l		Глубина		Радиус закругления или фаска $s_1 \times 45°$	
		max	min	от	до	на валу t_1	во втулке t_2	max	min
Св. 130 до 150	36 × 20	1,20	1,00	100	400	12,0	8,4	1,0	0,7
» 150 » 170	40 × 22			100	400	13,0	9,4		
» 170 » 200	45 × 25			110	450	15,0	10,4		
» 200 » 230	50 × 28			125	500	17,0	11,4		
Св. 230 до 260	56 × 32	2,00	1,60	140	500	20,0	12,4	1,6	1,2
» 260 » 290	63 × 32			160		20,0	12,4		
» 290 » 330	70 × 36			180		22,0	14,4		
Св. 330 до 380	80 × 40	3,00	2,50	200	500	25,0	15,4	2,5	2,0
» 380 » 440	90 × 45			220		28,0	17,4		
» 440 » 500	100 × 50			250		31,0	19,5		

Примечание. Предельные отклонения размеров t_1 и t_2: верхнее +0,3 мм, нижнее 0.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.17 – Размеры призматических шпонок, мм, по ГОСТ 23360-78

b (по h9)	2	3	4	5	6	8	10	12
h (по h11; h9*)	2	3	4	5	6	7	8	8
S или *r*	0,16 – 0,25			0,25 – 0,40			0,40 – 0,60	
*l*** (по h14)	6-20	6-36	8-45	10-56	14-70	18-90	22-110	28-140
b (по h9)	14	16	18	20	22	25	28	32
h (по h11)	9	10	11	12	14	14	16	18
S или *r*	0,40 – 0,60			0,60 – 0,80				
*l*** (по h14)	36-160	45-180	50-200	56-220	63-250	70-280	80-320	90-360

* У шпонок высотой *h* от 2 до 6 мм предельные отклонения соответствуют h9.

** Размер *l* в указанных пределах брать из ряда: 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56; 63; 70; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250; 280; 320; 360 мм.

Класс допуска длины паза на валу l_1 – по H15.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.18 – Размеры прямобочных шлицевых соединений по ГОСТ 1139-80

Размеры, мм

$z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1, не менее	a, не менее	c		r, не более
							Номин.	Пред. откл.	
Легкая серия									
6×23×26	6	23	26	6	22,1	3,54	0,3	+0,2	0,2
6×26×30	6	26	30	6	24,6	3,85	0,3	+0,2	0,2
6×28×32	6	28	32	7	26,7	4,03	0,3	+0,2	0,2
8×32×36	8	32	36	6	30,4	2,71	0,4	+0,2	0,3
8×36×40	8	36	40	7	34,5	3,46	0,4	+0,2	0,3
8×42×46	8	42	46	8	40,4	5,03	0,4	+0,2	0,3
8×46×50	8	46	50	9	44,6	5,75	0,4	+0,2	0,3
8×52×58	8	52	58	10	49,7	4,89	0,5	+0,3	0,5
8×56×62	8	56	62	10	53,6	6,38	0,5	+0,3	0,5
8×62×68	8	62	68	12	59,8	7,31	0,5	+0,3	0,5
10×72×78	10	72	78	12	69,6	5,45	0,5	+0,3	0,5
10×82×88	10	82	88	12	79,3	8,62	0,5	+0,3	0,5
10×92×98	10	92	98	14	89,4	10,08	0,5	+0,3	0,5
10×102×108	10	102	108	16	99,9	11,49	0,5	+0,3	0,5
10×112×120	10	112	120	18	108,8	10,72	0,5	+0,3	0,5
Средняя серия									
6×11×14	6	11	14	3,0	9,9	–	0,3	+0,2	0,2
6×13×16	6	13	16	3,5	12,0	–	0,3	+0,2	0,2
6×16×20	6	16	20	4,0	14,5	–	0,3	+0,2	0,2
6×18×22	6	18	22	5,0	16,7	–	0,3	+0,2	0,2
6×21×25	6	21	25	5,0	19,5	1,95	0,3	+0,2	0,2

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.18

$z \times d \times D$	Число зубьев z	d	D	b	d_1, не менее	a, не менее	c		r, не более
							Номин.	Пред. откл.	
6×23×28	6	23	28	6,0	21,3	1,34	0,3	+0,2	0,2
6×26×32	6	26	32	6,0	23,4	1,65	0,4	+0,2	0,3
6×28×34	6	28	34	7,0	25,9	1,70	0,4	+0,2	0,3
8×32×38	8	32	38	6,0	29,4	—	0,4	+0,2	0,3
8×36×42	8	36	42	7,0	33,5	1,02	0,4	+0,2	0,3
8×42×48	8	42	48	8,0	39,5	2,57	0,4	+0,2	0,3
8×46×54	8	46	54	9,0	42,7	—	0,5	+0,3	0,5
8×52×60	8	52	60	10,0	48,7	2,44	0,5	+0,3	0,5
8×56×65	8	56	65	10,0	52,2	2,50	0,5	+0,3	0,5
8×62×72	8	62	72	12,0	57,8	2,40	0,5	+0,3	0,5
10×72×82	10	72	82	12,0	67,4	—	0,5	+0,3	0,5
10×82×92	10	82	92	12,0	77,1	3,00	0,5	+0,3	0,5
10×92×102	10	92	102	14,0	87,3	4,50	0,5	+0,3	0,5
10×102×112	10	102	112	16,0	97,7	6,30	0,5	+0,3	0,5
10×112×125	10	112	125	18,0	106,3	4,40	0,5	+0,3	0,5
Тяжелая серия									
10×16×20	10	16	20	2,5	14,1	—	0,3	+0,2	0,2
10×18×23	10	18	23	3,0	15,6	—	0,3	+0,2	0,2
10×21×26	10	21	26	3,0	18,5	—	0,3	+0,2	0,2
10×23×29	10	23	29	4,0	20,3	—	0,3	+0,2	0,2
10×26×32	10	26	32	4,0	23,0	—	0,4	+0,2	0,3
10×28×35	10	28	35	4,0	24,4	—	0,4	+0,2	0,3
10×32×40	10	32	40	5,0	28,0	—	0,4	+0,2	0,3
10×36×45	10	36	45	5,0	31,3	—	0,4	+0,2	0,3
10×42×52	10	42	52	6,0	36,9	—	0,4	+0,2	0,3
10×46×56	10	46	56	7,0	40,9	—	0,5	+0,3	0,5
16×52×60	16	52	60	5,0	47,0	—	0,5	+0,3	0,5
16×56×65	16	56	65	5,0	50,6	—	0,5	+0,3	0,5
16×62×72	16	62	72	6,0	56,1	—	0,5	+0,3	0,5
16×72×82	16	72	82	7,0	65,9	—	0,5	+0,3	0,5
20×82×92	20	82	92	6,0	75,6	—	0,5	+0,3	0,5
20×92×102	20	92	102	7,0	85,5	—	0,5	+0,3	0,5
20×102×115	20	102	115	8,0	94,0	—	0,5	+0,3	0,5
20×112×125	20	112	125	9,0	104,0	—	0,5	+0,3	0,5

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.19 – Классы допусков нецентрирующих диаметров шлицевых соединений по ГОСТ 1139-80

Нецентрирующий диаметр	Вид центрирования	Класс допуска		
		Вал*		Втулка
		Подвижное соединение	Неподвижное соединение	
d	По *D* или *b*	–	–	H11
D	По *d* или *b*	[a11] d10, f9	[a11] f9, h10	H10, H11 H12

* Класс допуска вала для нецентрирующего диаметра *d* не установлен; см. d_1 в табл. 4.18.

Таблица 4.20 – Посадки в шлицевых соединениях при центрировании по внутреннему диаметру по ГОСТ 1139-80

Посадки центрирующего диаметра

Класс допуска втулки	Основное отклонение вала					
	e	f	g	h	js	n
H7; H8	H8/e8	H7/f7	H7/g6 H7/g7	H7/h7	H7/js6 H7/js7	H7/n6

Посадки по боковым сторонам шлицев

Класс допуска втулки	Основное отклонение вала					
	d	e	f	h	js	k
D9	D9/d9	D9/e8 D9/e9	D9/f7 D9/f8 D9/f9	D9/h8 D9/h9	D9/js7	D9/k7
D10	D10/d9	D10/e9	–	–	–	–
F8	–	–	F8/f7 F8/f8	F8/h7 F8/h9	F8/js7	F8/k7
F10	F10/d9	F10/e8 F10/e9	F10/f7 F10/f8 F10/f9	F10/h7 F10/h8 F10/h9	F10/js7	F10/k7
H8	–	–	–	H8/h7 H8/h8	H8/js7	–
H9	H9/d10	–	H9/f9	H9/h7 H9/h8 H9/h10	–	–
H11	H11/d10	–	H11/f9	H11/h7 H11/h8 H11/h10	–	–

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.21 – Посадки в шлицевых соединениях при центрировании по наружному диаметру по ГОСТ 1139-80

Посадки центрирующего диаметра

Класс допуска втулки	Основное отклонение вала						
	d	e	f	g	h	js	n
H7	–	–	**H7/f7**	**H7/g6**	**H7/h7**	**H7/js6**	H7/n6
H8	H8/d8	H8/e8	–	–	H8/h7	–	–
H10	H10/d8	H10/e8	–	–	–	–	–

Посадки по боковым сторонам шлицев *b*

Класс допуска втулки	Основное отклонение вала				
	d	e	f	h	js
D9	**D9/d9**	D9/e8	D9/f7	D9/h8 D9/h9	D9/js7
F8	–	F8/e8	**F8/f7** **F8/f8**	F8/h8	**F8/js7**
F10	F10/d9	F10/e8	**F10/f7** **F10/f8**	**F10/h9**	–

Таблица 4.22 – Посадки в шлицевых соединениях при центрировании по боковым сторонам шлицев по ГОСТ 1139-80

Посадка по боковым сторонам шлицев

Класс допуска втулки	Основное отклонение вала					
	d	e	f	h	js	k
D9	D9/d9	**D9/e8**	**D9/f8** D9/f9	D9/h8 D9/h9	D9/js7	D9/k7
F8	–	F8/e8	F8/f8	–	**F8/js7**	–
F10	**F10/d9**	F10/e8	**F10/f8** F10/f9	F10/h8 F10/h9	F10/js7	F10/k7

Витебский государственный технологический университет

4.5 Допуски зубчатых колес и передач

Таблица 4.23 – Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r, мкм по ГОСТ 1643-81

Степень точности	Модуль m, мм	Делительный диаметр d, мм						
		До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000 до 6300
5	От 1 до 3,5	16	22	28	32	36	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	18	25	32	36	40	45	—
	» 6,3 » 10	20	28	36	40	45	50	56
	» 10 » 16	—	32	40	45	50	56	63
6	От 1 до 3,5	25	36	45	50	56	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	28	40	50	56	63	71	—
	» 6,3 » 10	32	45	56	63	71	80	90
	» 10 » 16	—	50	63	71	80	90	100
7	От 1 до 3,5	36	50	63	71	80	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	40	56	71	80	90	100	—
	» 6,3 » 10	45	63	80	90	100	112	125
	» 10 » 16	—	71	90	100	112	125	140
	» 16 » 25	—	80	100	112	125	140	160
8	От 1 до 3,5	45	63	80	90	100	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	50	71	90	100	112	125	—
	» 6,3 » 10	56	80	100	112	125	140	160
	» 10 » 16	—	90	112	125	140	160	180
	» 16 » 25	—	100	125	140	160	180	200
	» 25 » 40	—	—	140	160	190	224	250
9	От 1 до 3,5	71	80	100	112	125	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	80	100	112	125	140	160	—
	» 6,3 » 10	90	112	125	140	160	180	200
	» 10 » 16	—	125	160	160	180	220	224
	» 16 » 25	—	160	200	200	224	224	250
	» 25 » 40	—	—	250	250	280	280	315
	» 40 » 55	—	—	315	315	355	355	400
10	От 1 до 3,5	100	112	125	140	160	—	—
	Св. 3,5 » 6,3	125	140	140	160	180	200	—
	» 6,3 » 10	140	160	160	180	200	224	250
	» 10 » 16	—	180	200	200	224	250	280
	» 16 » 25	—	224	250	250	280	280	315
	» 25 » 40	—	—	315	315	355	355	400
	» 40 » 55	—	—	400	400	450	450	500

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.24 – Допуски на накопленную погрешность шага зубчатого колеса F_p и на накопленную погрешность k шагов F_{pk}, мкм, по ГОСТ 1643-81

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Для F_{Pk} — длина дуги делительной окружности L, мм													
			До 11,2	Св. 11,2 до 20	Св. 20 до 32	Св. 32 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 160	Св. 160 до 315	Св. 315 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 7200
			Для F_P — делительный диаметр d, мм														
			1	До 12,7	Св. 12,7 до 20,4	Св. 20,4 до 31,8	Св. 31,8 до 50,9	Св. 50,9 до 101,8	Св. 101,8 до 200,5	Св. 200,5 до 401,1	Св. 401,1 до 636,6	Св. 636,6 до 1019	Св. 1019 до 1592	Св. 1592 до 2005	Св. 2005 до 2547	Св. 2547 до 3183	Св. 3183 до 4584
5	$[F_{Pk}]$ или $[F_P]$	От 1 до 16	7	10	12	14	16	20	28	40	50	63	71	90	100	112	125
6		От 1 до 16	11	16	20	22	25	32	45	63	80	100	112	140	160	180	200
7		От 1 до 25	16	22	28	32	36	45	63	90	112	140	160	200	224	250	280
8		От 1 до 25	22	32	40	45	50	63	90	125	160	200	224	280	315	355	400

Примечание. При отсутствии специальных требований допуск на накопленную погрешность шагов F_{Pk} назначается для длины дуги делительной окружности, соответствующей 1/6 части числа зубьев зубчатого колеса (или дуги, соответствующей ближайшему целому числу зубьев).

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.25 – Допуски на местную кинематическую погрешность f_i', предельные отклонения шага $\pm f_{pt}$, допуски на погрешность профиля f_f, мкм по ГОСТ 1643-81

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Делительный диаметр d, мм						
			До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000 до 6300
5	f_i'	От 1 до 3,5	12	14	18	20	25	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	16	18	20	22	28	36	—
		» 6,3 » 10	18	20	22	25	32	40	50
		» 10 » 16	—	22	25	28	36	45	56
	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±6	±7	±8	±9	±10	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±8	±9	±9	±10	±11	±13	—
		» 6,3 » 10	±9	±10	±11	±11	±13	±14	±16
		» 10 » 16	—	±11	±13	±13	±14	±16	±18
	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±5,6	±6,7	±7,5	±8,5	±9,5	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±7,5	±8,5	±8,5	±9,5	±10	±12	—
		» 6,3 » 10	±8,5	±9,5	±10	±10	±12	±13	±14
		» 10 » 16	—	±10	±12	±12	±13	±15	±16
	f_f	От 1 до 3,5	6	7	9	11	16	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	7	8	10	13	17	22	—
		» 6,3 » 10	8	9	11	14	18	24	34
		» 10 » 16	—	11	13	15	20	25	36
	f_i''	От 1 до 3,5	10	11	13	14	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	13	14	14	16	—	—	—
		» 6,3 » 10	14	16	16	18	—	—	—
		» 10 » 16	—	18	20	20	—	—	—
6	f_i'	От 1 до 3,5	18	20	25	32	40	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	22	25	28	36	45	56	—
		» 6,3 » 10	28	30	32	40	50	60	80
		» 10 » 16	—	36	40	45	56	63	90
	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±10	±11	±13	±14	±16	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±13	±14	±14	±16	±18	±20	—
		» 6,3 » 10	±14	±16	±18	±18	±20	±22	±25
		» 10 » 16	—	±18	±20	±20	±22	±25	±28
	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±9,5	±10	±12	±13	±15	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±12	±13	±13	±15	±17	±19	—
		» 6,3 » 10	±13	±15	±17	±17	±19	±21	±24
		» 10 » 16	—	±17	±19	±19	±21	±24	±26
	f_f	От 1 до 3,5	8	9	12	17	24	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	10	11	14	18	25	34	—
		» 6,3 » 10	12	13	16	20	28	36	53
		» 10 » 16	—	16	18	22	30	38	56

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.25

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Делительный диаметр d, мм						
			До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000 до 6300
6	f_i''	От 1 до 3,5	14	16	18	20	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	18	20	20	22	—	—	—
		» 6,3 » 10	20	22	22	25	—	—	—
		» 10 » 16	—	25	28	28	—	—	—
	f_i'	От 1 до 3,5	25	30	36	45	45	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	32	36	40	50	63	80	—
		» 6,3 » 10	36	40	50	56	71	90	112
		» 10 » 16	—	50	56	63	80	100	125
		» 16 » 25	—	63	71	80	90	112	140
	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±14	±16	±18	±20	±22	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±18	±20	±20	±22	±25	±28	—
		» 6,3 » 10	±20	±22	±25	±25	±28	±32	±36
		» 10 » 16	—	±25	±28	±28	±32	±36	±40
		» 16 » 25	—	±32	±36	±36	±40	±40	±45
7	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±13	±15	±17	±19	±21	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±17	±19	±19	±21	±24	±26	—
		» 6,3 » 10	±19	±21	+24	±24	±26	±30	±34
		» 10 » 16	—	+24	+26	+26	+30	+34	+38
		» 16 » 25	—	±30	±34	±34	±38	±38	±42
	f_f	От 1 до 3,5	11	13	17	24	36	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	14	16	20	28	38	53	—
		» 6,3 » 10	17	19	24	30	40	56	80
		» 10 » 16	—	22	26	33	45	60	85
		» 16 » 25	—	30	36	42	53	67	95
	f_i''	От 1 до 3,5	20	22	25	28	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	25	28	28	32	—	—	—
		» 6,3 » 10	28	32	32	36	—	—	—
		» 10 » 16	—	36	40	40	—		—
8	f_i'	От 1 до 3,5	36	40	50	63	80	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	45	50	56	71	90	125	—
		» 6,3 » 10	50	60	71	80	100	140	180
		» 10 » 16	—	71	80	90	112	140	200
		» 16 » 25	—	90	100	112	140	160	224

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.25

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Делительный диаметр d, мм						
			До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000 до 6300
8	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±20	±22	±25	±28	±32	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±25	±28	±28	±32	±36	±40	—
		» 6,3 » 10	±28	±32	±36	±36	±40	±45	±50
		» 10 » 16	—	±36	±40	±40	±45	±50	±56
		» 16 » 25	—	±45	±50	±50	±56	±56	±63
		» 25 » 40		—	±63	±63	±71	±71	±80
	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±19	±21	±24	±26	±30	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±24	±26	±26	±30	±34	±38	—
		» 6,3 » 10	±26	±30	±34	±34	±38	±42	±48
		» 10 » 16	—	±34	±38	±38	±42	±48	±53
		» 16 » 25	—	±42	±48	±48	±53	±53	±60
		» 25 » 40	—	—	±60	±60	±67	±67	±75
	f_f	От 1 до 3,5	14	18	25	36	50	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	20	22	28	40	56	80	—
		» 6,3 » 10	22	28	36	45	63	90	125
		» 10 » 16	—	32	40	50	71	90	130
		» 16 » 25	—	45	56	63	80	100	150
	f_i''	От 1 до 3,5	28	32	36	40	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	36	40	40	45	—	—	—
		» 6,3 » 10	40	45	45	50	—	—	—
		» 10 » 16	—	50	56	56		—	—
9	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±28	±32	±36	±40	±45	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±36	±40	±40	±45	±50	±56	—
		» 6,3 » 10	±40	±45	±50	±50	±56	±63	±71
		» 10 » 16	—	±50	±56	±56	±63	±71	±80
		» 16 » 25	—	±63	±71	±71	±80	±80	±90
		» 25 » 40	—	—	±90	±90	±100	±100	±112
		» 40 » 55	—	—	±112	±125	±125	±140	±140
	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±26	±30	±34	±38	±42	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±34	±38	±38	±42	±48	±53	—
		» 6,3 » 10	±38	±42	±45	±48	±53	±60	±67
		» 10 » 16	—	±48	±53	±53	±60	±67	±75
		» 16 » 25	—	±60	±67	±67	±75	±75	±85
		» 25 » 40	—	—	±85	±85	±95	±95	±106
		» 40 » 55	—	—	±106	±118	±118	±132	±132

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.25

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Делительный диаметр d, мм						
			До 125	Св. 125 до 400	Св. 400 до 800	Св. 800 до 1600	Св. 1600 до 2500	Св. 2500 до 4000	Св. 4000 до 6300
9	f_i''	От 1 до 3,5	36	40	45	50	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	45	50	50	56	—	—	—
		» 6,3 » 10	50	56	56	63	—	—	—
		» 10 » 16	—	63	71	71	—	—	—
10	f_{Pt}	От 1 до 3,5	±40	±45	±50	±56	±63	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±50	±56	±56	±63	±71	±80	—
		» 6,3 » 10	±56	±63	±71	±71	±80	±90	±100
		» 10 » 16	—	±71	±80	±80	±90	±100	±112
		» 16 » 25	—	±90	±100	±100	±112	±112	±125
		» 25 » 40	—	—	±125	±125	±140	±140	±160
		» 40 » 55	—	—	±160	±160	±180	±180	±200
	f_{Pb}	От 1 до 3,5	±38	±42	±48	±53	±60	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	±48	±53	±53	±60	±67	±75	—
		» 6,3 » 10	±53	±60	±67	±67	±75	±85	±95
		» 10 » 16	—	±67	±75	±75	±85	±95	±106
		» 16 » 25	—	±85	±95	±95	±106	±106	±118
		» 25 » 40	—	—	±118	±118	±132	±132	±150
		» 40 » 55	—	—	±150	±150	±170	±170	±190
	f_i''	От 1 до 3,5	45	50	56	63	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	56	63	63	71	—	—	—
		» 6,3 » 10	63	71	71	80	—	—	—
		» 10 » 16	—	80	90	90	—	—	—

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.26 – Допуски на непараллельность f_x, перекос f_y осей и направление зуба F_β, мкм, по ГОСТ 1643-81

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Ширина зубчатого венца (полушеврона) или длина контактной линии, мм							
			До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250
5	F_{Pxn}	От 1 до 16	±11	±12	±14	±16	±20	±25	±32	±45
	F_k	От 1 до 3,5	14	16	16	18	20	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	16	18	20	20	25	28	—	—
		» 6,3 » 10	20	20	22	22	25	30	36	45
		» 10 » 16	—	25	25	28	30	36	40	50
	F_β	От 1 до 16	7	10	12	16	18	22	25	30
	f_x	От 1 до 16	7	10	12	16	18	22	25	30
	f_y	От 1 до 16	4	5	6,3	8	9	11	12	16
6	F_{Pxn}	От 1 до 16	±12	±14	±16	±20	±25	±30	±40	±50
	F_k	От 1 до 3,5	18	20	22	25	28	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	20	22	25	25	30	36	—	—
		» 6,3 » 10	25	25	28	30	32	40	45	56
		» 10 » 16	—	30	32	36	40	45	50	60
	F_β	От 1 до 16	9	12	16	20	25	28	32	40
	f_x	От 1 до 16	9	12	16	20	25	28	32	40
	f_y	От 1 до 16	4,5	6,3	8	10	12	14	16	20
7	F_{Pxn}	От 1 до 25	±16	±18	±20	±25	±32	±40	±50	±63
	F_k	От 1 до 3,5	22	25	28	30	32	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	25	28	30	32	36	45	—	—
		» 6,3 » 10	30	30	36	40	45	50	56	71
		» 10 » 16	—	40	40	45	50	56	63	80
		» 16 » 25	—	50	50	56	60	63	71	90
	F_β	От 1 до 25	11	16	20	25	28	32	40	50
	f_x	От 1 до 25	11	16	20	25	28	32	40	50
	f_y	От 1. до 25	5,6	8	10	12	14	16	20	25
8	F_{Pxn}	От 1 до 40	±25	±28	±32	±40	±45	±60	—	—

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.26

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Ширина зубчатого венца (полушеврона) или длина контактной линии, мм							
			До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630	Св. 630 до 1000	Св. 1000 до 1250
8	F_k	От 1 до 3,5	36	40	40	45	50	—	—	—
		Св. 3,5 » 6,3	40	45	50	50	56	71	—	—
		» 6,3 » 10	45	50	56	60	63	80	—	—
		» 10 » 16	—	60	63	71	80	90	—	—
		» 16 » 25	—	80	80	90	90	100	—	—
		» 25 » 40	—	—	112	125	125	125	—	—
	F_β	От 1 до 40	18	25	32	40	45	56	—	—
	f_x	От 1 до 40	18	25	32	40	45	56	—	—
	f_y	От 1 до 40	9	12	16	20	22	28	—	—

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Ширина зубчатого венца (полушеврона) или длина контактной линии, мм					
			До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630
9	F_{Pxn}	От 1 до 55	±40	±45	±50	±60	±71	±90
	F_k	От 1 до 3,5	56	60	60	71	80	—
		Св. 3,5 » 6,3	63	71	80	80	90	112
		» 6,3 » 10	80	80	90	90	100	125
		» 10 » 16	—	100	100	112	125	140
		» 16 » 25	—	125	125	140	140	160
		» 25 » 40	—	—	180	180	180	200
		» 40 » 55	—	—	—	224	250	250
	F_β	От 1 до 55	28	40	50	63	71	90
	f_x	От 1 до 55	28	40	50	63	71	90
	f_y	От 1 до 55	14	20	25	30	36	45
10	F_k	От 1 до 3,5	90	100	100	112	125	—
		Св. 3,5 » 6,3	100	112	112	125	140	180

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.26

Степень точности	Обозначение	Модуль m, мм	Ширина зубчатого венца (полушеврона) или длина контактной линии, мм					
			До 40	Св. 40 до 100	Св. 100 до 160	Св. 160 до 250	Св. 250 до 400	Св. 400 до 630
10	F_k	Св. 6,3 до 10	125	125	140	140	160	200
		» 10 » 16	—	160	160	180	200	224
		» 16 » 25	—	200	200	224	224	250
		» 25 » 40	—	—	280	280	315	315
		» 40 » 55	—	—	—	355	400	400
	F_β	От 1 до 55	45	63	80	100	112	140
	f_x	От 1 до 55	45	63	80	100	112	140
	f_y	От 1 до 55	22	32	40	50	56	71

Таблица 4.27 – Нормы контакта зубьев в передаче (суммарное пятно контакта) по ГОСТ 1643-81

Степень точности	Относительные размеры суммарного пятна контакта, %	
	по высоте зубьев, не менее	по длине зубьев, не менее
5	55	80
6	50	70
7	45	60
8	40	50
9	30	40
10	25	30

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.28 – Гарантированный боковой зазор $j_{n\min}$, предельные отклонения межосевого расстояния $\pm f_a$, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Класс отклонений межосевого расстояния*	Обозначение	Межосевое расстояние a_ω, мм															
			До 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св 3150 до 4000
H	II	$j_{n\min}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	II		30	35	40	46	52	57	63	70	80	90	105	125	150	175	210	260
D	III		46	54	63	72	81	89	97	110	125	140	165	195	230	280	330	410
C	IV		74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260	310	370	440	540	660
B	V		120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420	500	600	700	860	1050
A	VI		190	220	250	290	320	360	400	440	500	560	660	780	920	1100	1350	1650
—	I	f_a	±10	±11	±12	±14	±16	±18	±20	±22	±25	±28	±35	±40	±45	±55	±70	±90
H, E	II		±16	±18	±20	±22	±25	±28	±30	±35	±40	±45	±50	±60	±70	±90	±110	±140
D	III		±22	±28	±30	±35	±40	±45	±50	±55	±60	±70	±80	±100	±110	±140	±160	±200
C	IV		±35	±45	±50	±55	±60	±70	±80	±90	±100	±110	±140	±160	±180	±220	±280	±350
B	V		±60	±70	±80	±90	±100	±110	±120	±140	±160	±180	±220	±250	±300	±350	±450	±550
A	VI		±100	±110	±120	±140	±160	±180	±200	±220	±250	±280	±350	±400	±450	±550	±700	±800

* Класс отклонений межосевого расстояния используется при изменении соответствия между видом сопряжения и классом отклонения межосевого расстояния.

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.29 – Наименьшее дополнительное смещение исходного контура $-E_{Hs}$ (колесо с внешними зубьями), $\pm E_{Hi}$ (колесо с внутренними зубьями), мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d, мм																	
		До 80	Св.80 до 125	Св.125 до 180	Св.180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1250	Св. 1250 до 1600	Св. 1600 до 2000	Св. 2000 до 2500	Св. 2500 до 3150	Св. 3150 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6300
H	3–6	12	14	16	18	20	22	25	28	30	40	45	50	60	70	80	100	120	160
	7	14	16	18	20	22	25	28	30	35	45	50	55	70	80	90	110	140	180
E	3–6	30	35	40	46	52	57	63	70	80	90	105	125	150	175	210	260	320	400
	7	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	120	140	160	200	240	280	350	450
D	3–6	46	54	63	72	81	89	97	110	125	140	165	195	230	280	330	410	500	620
	7	50	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	450	550	700
	8	55	70	80	90	100	110	120	140	160	180	200	250	280	350	400	500	600	750
C	3–6	74	87	100	115	130	140	155	175	200	230	260	310	370	440	540	660	800	980
	7	80	100	110	120	140	160	180	200	220	250	280	350	400	450	600	700	900	1100
	8	90	110	120	140	160	180	200	220	250	280	300	400	450	500	600	800	1000	1200
	9	100	120	140	160	180	200	200	250	280	300	350	450	500	600	700	900	1000	1200
B	3–6	120	140	160	185	210	230	250	280	320	360	420	500	600	700	860	1050	1300	1550
	7	140	160	180	200	250	250	280	300	350	400	450	550	700	800	900	1100	1400	1800
	8	140	160	200	220	250	280	300	350	400	450	500	600	700	800	1000	1200	1600	1800
	9	160	180	200	250	280	300	350	400	400	450	550	700	800	900	1100	1400	1800	2000
	10	160	200	220	250	300	350	350	400	450	500	600	700	800	1000	1200	1400	1800	2200
	11	180				300	350	400	400	500	550	600	800	900	1100	1200	1600	2000	2400
A	3–6	190	220	250	290	320	360	400	440	500	560	660	780	920	1100	1350	1650	2000	2500
	7	200	250	280	300	350	400	450	500	550	600	700	900	1000	1200	1400	1800	2200	2800
	8	220	280	300	350	400	450	500	550	600	700	800	900	1100	1400	1600	2000	2400	3000
	9	250	280	350	400	400	500	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1800	2200	2500	3500
	10	280	300	350	400	450	500	600	600	700	800	900	1100	1400	1600	1800	2200	2800	3500

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.30. Допуск на смещение исходного контура T_H, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Вид допуска*	Допуск на радиальное биение зубчатого венца																				
		До 8	Св. 8 до 10	Св. 10 до 12	Св. 12 до 16	Св. 16 до 20	Св. 20 до 25	Св. 25 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 160	Св. 160 до 200	Св. 200 до 250	Св. 250 до 320	Св. 320 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800
H, E	*h*	28	30	35	40	40	45	55	60	70	80	110	120	160	200	250	300	450	450	550	700	900
D	*d*	35	40	40	45	55	60	70	80	90	100	140	160	200	250	300	350	450	600	700	900	1200
C	*c*	45	50	55	60	70	80	90	100	120	140	180	200	250	300	400	500	600	700	900	1200	1400
B	*b*	55	60	70	70	80	90	100	120	140	180	200	250	300	400	500	600	700	900	1100	1400	1800
A	*a*	70	80	80	90	100	110	140	160	180	200	250	300	350	450	550	700	900	1100	1400	1600	2000
—	*z*	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	450	550	700	900	1100	1400	1600	2000	2500
—	*y*	110	120	140	140	160	180	200	250	280	350	400	500	600	700	900	1100	1400	1600	2000	2500	3500
—	*x*	140	160	160	180	200	220	250	300	350	400	500	600	700	900	1100	1400	1800	2000	2500	3000	4000

* Вид допуска на боковой зазор используется при изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска.

Примечание. Величина F_r устанавливается в соответствии с нормой кинематической точности

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.31 – Допуск на среднюю длину общей нормали T_{Wm}, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Вид допуска*	Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r																			
		До 8	Св 8 до 10	Св 10 до 12	Св 12 до 16	Св 16 до 20	Св 20 до 25	Св 25 до 32	Св 32 до 40	Св 40 до 50	Св 50 до 60	Св 60 до 80	Св 80 до 100	Св 100 до 125	Св 125 до 160	Св 160 до 200	Св 200 до 250	Св 250 до 320	Св 320 до 400	Св 400 до 500	Св 500 до 630	Св 630 до 800
H, E	*h*	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28	30	40	55	70	80	100	100	140	160	200	280
D	*d*	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40	60	70	80	100	120	140	160	240	250	350	500
C	*c*	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70	90	110	120	140	180	240	280	300	400	550	600
B	*b*	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100	100	120	140	200	250	300	350	450	550	700	900
A	*a*	45	50	50	55	60	60	80	90	100	110	140	150	180	240	280	350	450	550	700	800	1000
—	*z*	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	400	500	600	800	800	1100	1400
—	*y*	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220	240	300	350	400	500	600	800	900	1100	1400	2000
—	*x*	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	400	550	700	800	1100	1200	1400	1800	2400

* Вид допуска на боковой зазор используется при изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска.

Примечание. Величина F_r устанавливается в соответствии с нормой кинематической точности

Таблица 4.32 – Допуск на длину общей нормали T_W, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Вид допуска*	Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r																			
		До 8	Св. 8 до 10	Св 10 до 12	Св.12 до 16	Св.16 до 20	Св.20 до 25	Св. 25 до 32	Св. 32 до 40	Св. 40 до 50	Св. 50 до 60	Св. 60 до 80	Св. 80 до 100	Св. 100 до 125	Св. 125 до 160	Св. 160 до 200	Св. 200 до 250	Св. 250 до 320	Св. 320 до 400	Св. 400 до 500	Св. 500 до 630	Св. 630 до 800
H, E	*h*	20	20	25	28	28	30	35	40	50	60	70	80	100	140	160	200	250	300	400	450	600
D	*d*	25	28	28	30	35	40	50	55	60	70	100	110	140	180	200	250	300	400	500	600	700
C	*c*	35	35	35	40	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280	350	400	500	600	700	1000
B	*b*	35	40	50	50	55	60	70	80	100	120	140	180	200	280	350	400	500	600	700	1000	1200
A	*a*	50	55	55	60	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350	500	600	700	1000	1100	1400
—	*z*	60	70	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	350	500	600	800	1000	1100	1400	1800
—	*y*	80	80	100	100	110	120	140	180	200	250	280	350	400	500	600	800	1000	1100	1400	1800	2500
—	*x*	100	110	110	120	140	140	180	200	250	280	350	400	500	600	800	1000	1200	1400	1800	2000	2800

* Вид допуска на боковой зазор используется при изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска.

Примечание. Величина F_r устанавливается в соответствии с нормой кинематической точности

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.33 – Наименьшие отклонения толщины зуба $-E_{cs}$, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d, мм																	
		До 80	Св 80 до 125	Св 125 до 180	Св 180 до 250	Св 250 до 315	Св 315 до 400	Св 400 до 500	Св 500 до 630	Св 630 до 800	Св 800 до 1000	Св 1000 до 1250	Св 1250 до 1600	Св 1600 до 2000	Св 2000 до 2500	Св 2500 до 3150	Св 3150 до 4000	Св 4000 до 5000	Св 5000 до 6300
H	3—6	9	10	12	14	16	16	18	20	22	30	35	35	45	50	60	70	90	120
	7	10	12	14	14	16	18	20	22	25	35	35	40	50	60	70	80	100	140
E	3—6	22	25	30	35	40	40	45	50	60	70	80	90	110	120	160	180	240	300
	7	**25**	**30**	**35**	**35**	**40**	**45**	**50**	**60**	**70**	**70**	**90**	**100**	**120**	**140**	**180**	**200**	**250**	**350**
D	3—6	35	40	45	55	60	60	70	80	90	100	120	140	180	200	240	300	350	450
	7	35	45	50	60	70	70	80	90	100	120	140	160	180	220	250	350	400	500
	8	40	50	60	70	70	80	90	100	120	140	140	180	200	250	300	350	450	550
C	3—6	55	60	70	80	90	100	110	120	140	160	180	220	250	300	400	500	600	700
	7	60	70	80	90	100	120	140	140	160	180	200	250	300	350	450	500	700	800
	8	70	80	90	100	120	140	140	160	180	200	220	300	350	400	500	600	700	900
	9	70	90	100	120	140	140	140	180	200	220	250	350^	350	450	500	600	700	900
B	3—6	90	100	120	140	160	160	180	200	220	250	300	350	400	500	600	800	900	1100
	7	100	120	140	140	180	180	200	220	250	300	350	400	500	600	700	800	1000	1400
	8	100	120	140	160	180	200	220	250	300	350	350	450	500	600	700	900	1200	1400
	9	120	140	160	180	200	220	250	300	300	350	400	500	600	700	800	1000	1400	1400
	10	120	140	180	180	220	250	250	300	350	400	450	500	600	700	900	1000	1400	1600
A	3—6	140	160	180	200	250	250	300	300	350	400	500	600	700	800	1000	1200	1400	1800
	7	150	180	200	220	250	300	350	350	400	450	500	700	700	900	1000	1400	1600	2000
	8	160	200	220	250	300	350	350	400	450	500	600	700	800	1000	1200	1400	1800	2200
	9	180	200	250	300	300	350	350	450	500	600	700	700	900	1000	1400	1600	1800	2500
	10	200	220	250	300	350	350	450	450	500	600	700	800	1000	1200	1400	1600	2000	2500

Витебский государственный технологический университет

Таблица 4.34 – Допуск на толщину зуба T_c, мкм, по ГОСТ 1643-81

Вид сопряжения	Вид допуска*	Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r																				
		До 8	Св 8 до 10	Св 10 до 12	Св 12 до 16	Св 16 до 20	Св 20 до 25	Св 25 до 32	Св 32 до 40	Св 40 до 50	Св 50 до 60	Св 60 до 80	Св 80 до 100	Св 100 до 125	Св 125 до 160	Св 160 до 200	Св 200 до 250	Св 250 до 320	Св 320 до 400	Св 400 до 500	Св 500 до 630	Св 630 до 800
H, E	*h*	20	22	25	30	30	35	40	45	50	70	70	90	120	140	180	220	250	350	400	500	700
D	*d*	25	30	30	35	40	45	50	60	70	70	100	120	140	180	220	250	350	450	500	700	700
C	*c*	35	35	35	45	50	60	70	70	90	100	140	160	180	220	300	350	450	500	700	900	1000
B	*b*	40	45	50	50	60	70	70	90	100	140	140	180	220	300	350	450	500	700	800	1000	1400
A	*a*	50	60	60	70	70	80	100	120	140	140	180	220	250	350	400	500	700	800	1000	1200	1400
—	*z*	70	70	70	80	90	100	140	140	160	180	220	250	350	400	500	700	800	1000	1200	1400	1800
—	*y*	80	90	100	100	120	140	140	180	200	250	300	350	450	500	700	800	1000	1200	1400	1800	2500
—	*x*	100	120	120	140	140	160	180	220	250	300	350	450	500	700	800	1000	1400	1400	1800	2200	3000

*Вид допуска на боковой зазор используется при изменении соответствия между видом сопряжения и видом допуска.

Примечание. Величина F_r устанавливается в соответствии с нормами кинематической точности

Витебский государственный технологический университет

4.6 Допуски предельных калибров

Таблица 4.35 – Допуски и отклонения гладких калибров, мкм, по ГОСТ 24853-81

Квалитет допусков изделий	Обозначение	Интервалы размеров, мм									
		Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
6	Z	2	2	2,5	2,5	3	4	5	6	7	8
	y	1,5	1,5	2	2	3	3	4	5	6	7
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5
	Z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	Y_1	2	3	3	3	4	4	5	6	6	7
	H ; H_s	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_1	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
7	Z ; Z_1	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	11
	y ; Y_1	2	3	3	3	4	4	6	7	8	9
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	3	4	6	7
	H ; H_1	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_s	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
	H_p	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8

Витебский государственный технологический университет

Продолжение таблицы 4.35

Квалитет допусков изделий	Обозначение	Интервалы размеров, мм									
		Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
8	Z ; Z_1	4	5	6	7	8	9	12	14	16	18
	Y ; Y_1	4	4	5	5	6	6	7	9	9	11
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s ; H_p	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
9	Z ; Z_1	8	9	11	13	15	18	21	24	28	32
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	4	6	7	9
	H	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s ; H_p	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10

Витебский государственный технологический университет

Окончание таблицы 4.35

Квалитет допусков изделий	Обозначение	Интервалы размеров, мм									
		Св. 10 до 18	Св. 18 до 30	Св. 30 до 50	Св. 50 до 80	Св. 80 до 120	Св. 120 до 180	Св. 180 до 250	Св. 250 до 315	Св. 315 до 400	Св. 400 до 500
10	Z ; Z_1	8	9	11	13	15	18	24	27	32	37
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	7	9	11	14
	H	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
	H_1	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_s ; H_p	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
11	Z ; Z_1	16	19	22	25	28	32	40	45	50	55
	α ; α_1	0	0	0	0	0	0	10	15	15	20
	H ; H_1	8	9	11	15	15	18	20	23	25	27
	H_s	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
	H_p	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
Примечание. Для квалитетов с 9 по 11 Y и Y_1 равны нулю.											

Витебский государственный технологический университет

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

Литература

1 Гостев, В. Н. Выбор посадок и предпочтительных полей допусков: справ. Руководство / В. Н. Гостев, В. Д. Мягков. – Москва : Машиностроение, 1971. – 237 с.

2 Дунаев, П. Ф. Расчет допусков размеров / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов – Москва : Машиностроение, 1992. – 240 с.

3 Клименков, С.С. Нормирование точности и технические измерения в машиностроении : учебник / С. С. Клименков. – Минск : Новое знание ; Москва : Инфра-М, 2016. – 248 с.

4 Марков, Н. Н. Нормирование точности в машиностроении / Н. Н. Марков, В. В. Осипов, М. Б. Шабалина. – Москва : Машиностроение, 2001.

5 Машиностроение: энциклопедия: В 40 т. – Москва : Машиностроение, 2000. Т. 1 – 5. Стандартизация и сертификация в машиностроении.

6 Палей, М. А. Допуски и посадки: справ.: В 2 ч. / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. Л. Брагинский. – СПб.: Политехника, 2009.

7 Перель, Л. Я. Подшипники качения: справ. /Л. Я. Перель. – Москва : Машиностроение, 1983. – 543 с.

8 Скундин, Г. И. Шлицевые соединения / Г. И. Скундин, В. Н. Никитин. – Москва : Машиностроение, 1981. – 130 с.

9 Старожинский, В. Е. Точные пластмассовые детали и технология их получения / В.Е. Старожинский [и др.]. – Минск: Навука и тэхніка, 1992. – 307 с.

10 Тайц, Б. А. Точность и контроль зубчатых передач / Б. А. Тайц, Н. Н. Марков. – Ленинград : Машиностроение, 1978. – 137 с.

Нормативные документы

1 ГОСТ 1139-80. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски.

2 ГОСТ 11708-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба. Термины и определения.

3 ГОСТ 16093-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.

4 ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические.

Витебский государственный технологический университет

5 ГОСТ 2.308-79. Единая система конструкторской документации. Указание на чертежах допусков формы и расположения поверхностей.

6 ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей.

7 ГОСТ 23360-78 Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки.

8 ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

9 ГОСТ 24643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения.

10 ГОСТ 24705-2004. Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры.

11 ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

12 ГОСТ 25256-82. Подшипники качения. Допуски. Термины и определения.

13 ГОСТ 25307-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Система допусков и посадок для конических соединений.

14 ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки.

15 ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов.

16 ГОСТ 25548-82. Основные нормы взаимозаменяемости. Конусы и конические соединения термины и определения.

17 ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

18 ГОСТ 30893.1-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками.

19 ГОСТ 30893.2-2002. Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Допуски формы и расположения поверхностей, не указанные индивидуально.

20 ГОСТ 3325-85. Поля допусков и технические требования к посадочным поверхностям валов и корпусов. Посадки.

21 ГОСТ 3478-2012. Подшипники качения. Присоединительные размеры.

22 ГОСТ 8032-84. Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел.

Витебский государственный технологический университет

23 ГОСТ 8593-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные конусности и углы конусов.

24 ГОСТ 8908-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные углы и допуски углов.

25 РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.

Витебский государственный технологический университет

Учебное издание

Клименков Степан Степанович
Голубев Алексей Николаевич

НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗДЕЛИЙ

Учебное пособие

Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»,
«Компьютерная мехатроника»

Редактор *Т. А. Осипова*
Корректор *А. В. Пухальская*
Компьютерная верстка *А. Н. Голубев*

Подписано к печати _____. Формат _____. Усл. печ. листов_____.
Уч.-изд. листов_____.Тираж _____экз. Заказ № _____.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр., 72.
Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

Витебский государственный технологический университет