

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра метрологии, стандартизации и сертификации

Л. Н. Третьяк, А. С. Вольнов

НОРМИРОВАНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки (специальностям), входящим в образовательную область «Инженерное дело, технологии и технические науки»

Оренбург

2018

УДК 621-2:006.91(076.5)

ББК 34.41я7

Т66

Рецензент – доцент, доктор технических наук, Ю. А. Чирков

Третьяк, Л. Н.

Т66 Нормирование допусков и посадок геометрических изделий /
Л. Н. Третьяк, А. С. Вольнов ; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург :
ОГУ, 2018. – 78 с.

В методических указаниях изложены теоретические и нормативные требования, предъявляемые к геометрическим параметрам типовых деталей машин и их соединений. Теоретический материал дополнен примерами и задачами с решениями, вопросами и тестами, что способствует не только быстрому усвоению материала, но и сокращают сроки выполнения практических и курсовых работ.

Методические указания предназначены для выполнения практических работ по дисциплинам: «Взаимозаменяемость и нормирование точности», «Нормирование точности» и «Конструкторско-технологические методы обеспечения качества» студентами высших учебных заведений, обучающимися по инженерно-техническим направлениям.

УДК 621-2:006.91(076.5)

ББК 34.41я7

© Третьяк Л. Н.,

Вольнов А.С., 2018

© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
1 Общие понятия о геометрических характеристиках изделий	6
1.1 Характеристики геометрических элементов, стандартизованные для системы допусков и посадок	6
1.2 Ряды предпочтительных чисел.....	13
1.3 Изменения в терминологической базе ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010), относящиеся к размерам геометрических элементов их отклонениям, допускам и посадкам	15
1.4 Изменения в ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-1:2010) применительно к стандартизации системы допусков на линейные размеры отверстий и валов	22
2 Система допусков и посадок ИСО	24
2.1 Система допусков ИСО	24
2.2 Система посадок ИСО	31
3 Примеры выполнения практической работы.....	42
3.1 Расчет посадки с зазором.....	42
3.2 Расчет посадки с натягом.....	49
3.3 Расчет переходной посадки	57
Контрольные вопросы	64
Тестовые задания	65
Список использованных источников	70
Ответы к тестам.....	72
Приложение А (обязательное) Значения допусков для номинальных размеров до 3150 мм	73
Приложение Б (обязательное) Сравнение структуры таблиц в ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-1:2010) относительно ГОСТ 25347-82.....	74
Приложение В (обязательное) Задания для выполнения практической работы	77

Введение

Проблема производства изделий требуемого качества охватывает широкий комплекс вопросов, при решении которых существенное значение имеют конструкторско-технологические методы, в частности, взаимозаменяемость, а также нормирование точности и технические измерения. Настоящие методические указания по выполнению практических работ предназначены для бакалавров и магистров, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям), относящимся к области образования «Инженерное дело, технологии и технические науки».

Цель методических указаний систематизировать сведения из теории взаимозаменяемости, необходимые для углубленного понимания проблем повышения точности изготовления применительно к типовым соединениям деталей машин и механизмов. Сформировать навыки для решения практических задач в области нормирования точности, расчета допусков и посадок типовых деталей машин и механизмов.

Задачи методических указаний, предназначенных для изучения дисциплин «Взаимозаменяемость и нормирование точности» и «Нормирование точности»: знакомство с основными понятиями взаимозаменяемости и нормирования точности геометрических изделий; приобретение навыков по работе со стандартами (ГОСТ 25346-2013, ГОСТ 25347-2013) и справочниками по допускам и посадкам геометрических соединений; определение предельных размеров и характеристик посадок.

По результатам освоения материалов данных методических указаний для выполнения практических работ студент должен:

- знать принципы выбора допусков и посадок типовых соединений деталей машин и механизмов;
- знать нормируемые геометрические параметры деталей, узлов и механизмов, методов обеспечения их взаимозаменяемости;

– знать точностные характеристики, оказывающие влияние на качество деталей, узлов и механизмов;

– уметь назначать точностные показатели типовых механизмов в зависимости от условий эксплуатации, а также проводить расчет и выбор посадок для типовых соединений деталей, узлов и механизмов;

– владеть навыками нормирования допусков и посадок типовых соединений деталей, узлов и механизмов;

– владеть навыками расчета и выбора точностных параметров типовых соединений.

Таким образом, в результате освоения теоретического материала, представленного в данном методическом сопровождении к дисциплинам, обучающиеся смогут в достаточной мере овладеть знаниями, способствующими формированию компетенций, закрепленных за вышеуказанными дисциплинами.

В настоящих методических указаниях представлен достаточный объем иллюстративного материала, который может быть полезен не только обучающимся по программам высшего образования по направлениям подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством, но и по другим техническим направлениям подготовки.

1 Общие понятия о геометрических характеристиках изделий

1.1 Характеристики геометрических элементов, стандартизованные для системы допусков и посадок

С 1977 года отечественная промышленность начала внедрение новой единой системы допусков и посадок для стран-членов Совета экономической взаимопомощи (ЕСДП СЭВ), приближенной к международной системе ISO. В этот период были введены в действие в народном хозяйстве СССР стандарты СЭВ, определяющие ЕСДП СЭВ (СТ СЭВ 144-75, СТ СЭВ 145-75, СТ СЭВ 177-75, СТ СЭВ 179-75 и СТ СЭВ 302-76). Позднее основные принципы построения международной единой системы допусков и посадок (ЕСДП ИСО) были регламентированы и изложены в международных стандартах ИСО 286-1:1988 и ИСО 286-2:1988. В настоящее время ЕСДП ИСО представляет собой важнейшую систему, обеспечивающую взаимозаменяемость изделий на международном уровне. ЕСДП ИСО находит широчайшее применение не только в машиностроении, но и в приборостроении, при ремонте и техническом обслуживании машин, и оборудования, а также в других областях. Причём данная система с запасом обеспечивает потребности машиностроения в нормах точности размеров до 500 мм, поскольку абсолютное большинство размерных элементов ответственных соединений в тракторах, автомобилях и сельскохозяйственных машинах находится в этом диапазоне.

Новый международный стандарт ИСО 286-1:2010 рассматривает ряд терминов более широко, чем в предыдущей версии (ИСО 286-1:1988) и представляет собой стандарт не на размеры, а на геометрические характеристики изделий. Стандарт ИСО 286-1:2010 устанавливает систему допусков и отклонений на линейные размеры, применимую к двум типам

размерных элементов: цилиндру и двум параллельным противоположным плоскостям. Основное назначение этой системы – обеспечение взаимозаменяемости деталей в сборочных единицах и изделиях. Стандарт ИСО 286-1:2010 позиционируется как *общий стандарт на геометрические характеристики изделий* (ГХИ) – параметры, описывающие отклонения реальных поверхностей от номинальных (заданных): ISO 14638:2015 «Геометрические характеристики изделий (GPS). Матричная модель» (GPS – Geometrical Product Specification). Положения ISO 14638:2015 требуется учитывать и использовать в стандартах первой и второй серий (ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010) и ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010) на размеры в матричной модели ГХИ.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 31254-2004 (ИСО 14660-1:1999, ИСО 14660-2:1999) «Основные нормы взаимозаменяемости. Геометрические элементы. Общие термины и определения» распространяется на основные нормы размерной и геометрической точности и взаимозаменяемости в машиностроении и устанавливает общие термины и определения для геометрических элементов.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010) «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки» [1] содержит термины и определения, касающиеся размеров, отклонений, допусков и посадок, образуемых двумя размерными элементами, без ограничения ориентации и месторасположения. В тексте этого стандарта приведены понятия «основного вала» и «основного отверстия», характеризующие «систему вала» и «систему отверстия». Стандарт основывается на определениях, заданных в стандартах ГОСТ 31254-2004 и ИСО 14405-1:2010 «Геометрические технические характеристики изделия. Часть 1: Линейные размеры» (в настоящее время заменён на ИСО 14405-1:2016). Первый определяет, что такое геометрический элемент, а второй определяет, что такое линейный размер геометрического

элемента. Поскольку любое математическое описание реальных поверхностей деталей является лишь приближенной моделью, для обеспечения надлежащего качества продукции необходимо использование одних и тех же понятий на всех уровнях производственного процесса: от проектирования до продажи.

В межгосударственных стандартах ГОСТ 25346-2013 и ГОСТ 31254-2004, представляющих собой аутентичные переводы международных стандартов ИСО, регламентированы термины, отдельные определения которых приведены ниже.

Реальная поверхность детали (ГОСТ 31254-2004) – совокупность физически существующих геометрических элементов, которые отделяют всю деталь от окружающей среды.

Геометрический элемент, элемент (ГОСТ 31254-2004) – точка, линия, поверхность. Геометрический элемент может быть *полным* (поверхность или линия на поверхности) или *производным* (средняя точка, средняя линия или средняя поверхность, которые произведены от одного или нескольких полных элементов) элементом.

Понятие о геометрических элементах используется в трех областях:

- а) при разработке технических требований, когда конструктор рассматривает отдельные части будущей детали;
- б) при физической материализации детали;
- в) при контроле, когда используются части данной детали.

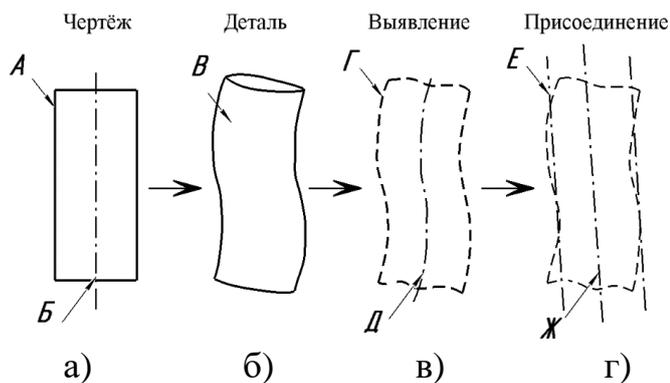
Ниже приводятся определения геометрических элементов (таблица 1.1) и их примеры (рисунки 1.1 – 1.6).

Таблица 1.1 – Термины и их определения, относящиеся к геометрическим элементам

Термин	Определение
1	2
Полный номинальный геометрический элемент (ГОСТ 31254-2004)	точный, полный геометрический элемент, определенный чертежом или другими средствами (рисунок 1.1, а)

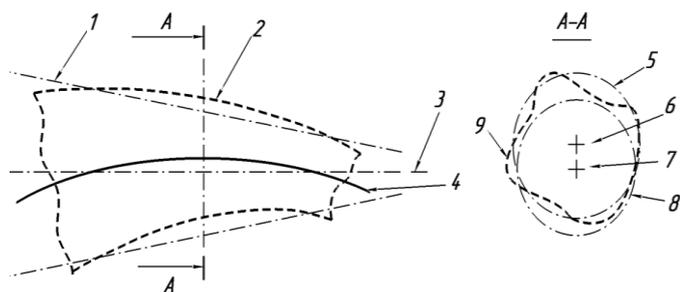
Продолжение таблицы 1.1

1	2
Реальный полный геометрический элемент (ГОСТ 31254-2004)	полный геометрический элемент как часть реальной поверхности детали, ограниченная соседними реальными полными геометрическими элементами (рисунок 1.1, б).
Производный номинальный геометрический элемент (ГОСТ 31254-2004)	центр, ось или плоскость симметрии, которые произведены от одного или нескольких полных геометрических элементов (рисунок 1.1, а)
Выявленный геометрический элемент (ГОСТ 31254-2004)	приближенное представление реального полного геометрического элемента, которое получают с помощью регистрации конечного (ограниченного) числа реальных полных геометрических элементов при соблюдении согласованных условий (рисунок 1.1, в).
Выявленный производный элемент (ГОСТ 31254-2004)	центральная точка, средняя линия или средняя поверхность, произведенные от одного или нескольких реальных полных элементов (рисунок 1.1, в). Производная средняя линия выявленной цилиндрической поверхности называется <i>выявленной средней линией (выявленной осью)</i> , а производная средняя поверхность двух противоположащих выявленных плоских поверхностей – <i>выявленной средней поверхностью</i> .
Присоединенный (совмещенный) полный элемент (ГОСТ 31254-2004)	полный элемент правильной формы, присоединенный (совмещенный) к выявленному полному элементу при соблюдении согласованных условий (рисунок 1.1, г).
Присоединенный производный элемент (ГОСТ 31254-2004)	центр, ось или плоскость симметрии, произведенные от одного или нескольких присоединенных полных элементов (рисунок 1.1, г).
Выявленная средняя линия цилиндра (ГОСТ 31254-2004)	производная средняя линия выявленной цилиндрической поверхности, определяемая как геометрическое место центров поперечных сечений (рисунок 1.2).
Выявленная средняя линия конуса (ГОСТ 31254-2004)	производная средняя линия выявленной конической поверхности – определяется как геометрическое место центров поперечных сечений (рисунок 1.3).
Выявленная средняя поверхность (ГОСТ 31254-2004)	производная средняя поверхность двух противоположащих выявленных плоских поверхностей – определяется как геометрическое место центральных точек для наборов противоположащих точек выявленных противоположащих поверхностей (рисунок 1.4).
Местный размер (местный диаметр) выявленного цилиндра (ГОСТ 31254-2004)	расстояние между двумя противоположащими точками элемента (рисунок 1.5).
Действительный размер (ГОСТ 25346-2013)	размер присоединенного полного элемента.
Местный размер для элемента, образованного двумя параллельными выявленными поверхностями (ГОСТ 31254-2004)	расстояние между двумя точками на противоположащих выявленных поверхностях (рисунок 1.6).



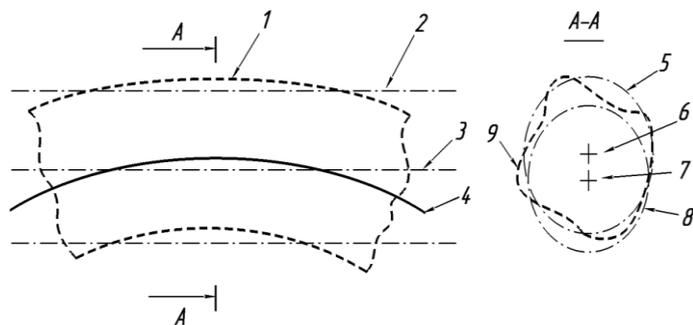
а) б) в) г)
 А – номинальный полный элемент;
 Б – номинальный производный элемент;
 В – реальный элемент; Г – выявленный полный элемент; Д – выявленный производный элемент; Е – присоединенный полный элемент; Ж – присоединенный производный элемент

Рисунок 1.1 – Взаимосвязь определений геометрических элементов



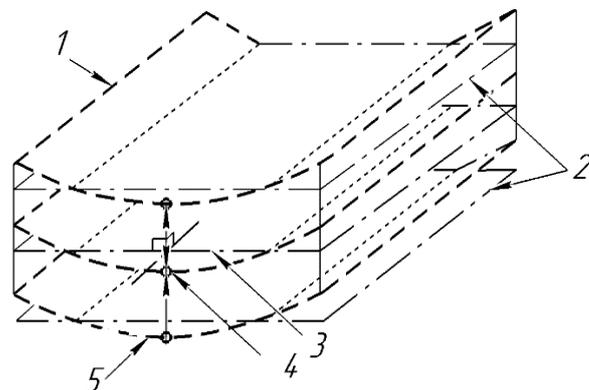
1 – присоединенный конус;
 2 – выявленная поверхность; 3 – ось присоединенного конуса;
 4 – выявленная средняя линия;
 5 – присоединенная окружность;
 6 – центр присоединенной окружности;
 7 – ось присоединенного конуса;
 8 – присоединенный конус;
 9 – выявленная линия

Рисунок 1.3 – Выявленная средняя линия конуса



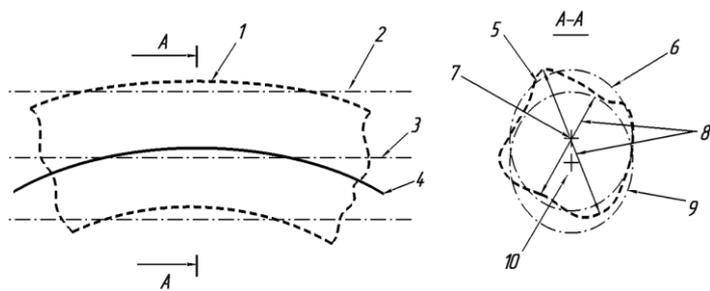
1 – выявленная поверхность;
 2 – присоединенный цилиндр; 3 – ось присоединенного цилиндра;
 4 – выявленная средняя линия;
 5 – присоединенная окружность;
 6 – центр присоединенной окружности;
 7 – ось присоединенного цилиндра;
 8 – присоединенный цилиндр;
 9 – выявленная линия

Рисунок 1.2 – Выявленная средняя линия цилиндра



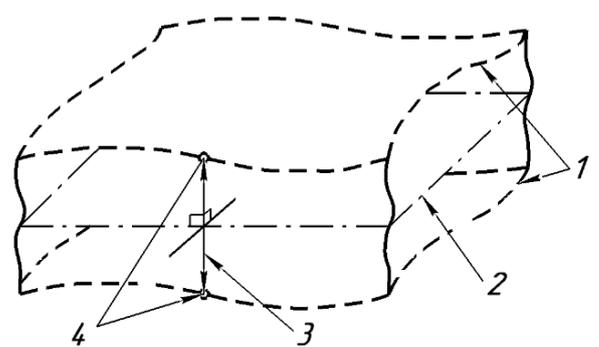
1 – выявленная поверхность;
 2 – присоединенная плоскость;
 3 – присоединенная плоскость симметрии; 4 – выявленная средняя поверхность; 5 – выявленная поверхность

Рисунок 1.4 – Выявленная средняя поверхность



- 1 – выявленная поверхность;
- 2 – присоединенный цилиндр; 3 – ось присоединенного цилиндра; 4 – выявленная средняя линия; 5 – выявленная линия;
- 6 – присоединенная окружность; 7 – центр присоединенной окружности; 8 – местный диаметр выявленного элемента;
- 9 – присоединенный цилиндр; 10 – ось присоединенного цилиндра

Рисунок 1.5 – Местный размер (местный диаметр) выявленного цилиндра



- 1 – выявленные поверхности;
- 2 – присоединенная плоскость симметрии; 3 – местный размер двух выявленных поверхностей;
- 4 – противоположащие точки

Рисунок 1.6 – Местный размер двух параллельных выявленных поверхностей

В стандарте ИСО 286-1 приводится новое определение термина «размерный элемент». Размерный элемент – геометрическая форма, определяемая линейным или угловым размером. Размерными элементами могут быть цилиндр, сфера, две параллельные плоскости. В предыдущих версиях стандартов, таких как ИСО 286-1 и ИСО/Р 1938, термины «гладкая деталь» и «гладкий элемент детали» использовались примерно в том же значении, что и термин «размерный элемент». Таким образом, в новом стандарте произошло обобщение терминов, что и необходимо для начального восприятия геометрической точности изделий. В новом стандарте ИСО 286-1:2010 вводится усовершенствованная международная система допусков на линейные размеры, содержащая ряды допусков и отклонений, но дается четкое уточнение, что система относится к двум видам размерных элементов: цилиндру и двум параллельным плоскостям. В старой версии стандарта ЕСДП ИСО 286-1:88 для интерпретации размера элемента детали априори применялось правило внешней границы, в простом понимании – размеры элемента детали в любом сечении и плоскости, с учетом возможных

отклонений формы не должны быть больше (для вала) или меньше (для отверстия) соответствующего предельного размера. Именно при таком условии обеспечивается сборка с первого раза – полная взаимозаменяемость. Новый стандарт содержит термины и определения, касающиеся размеров, образуемых двумя размерными элементами, без ограничения ориентации и месторасположения. Полный номинальный геометрический элемент (рисунок 1.1) – точный, полный геометрический элемент, определенный чертежом или другими средствами. Данный термин взят из ГОСТ Р 53442-2009. «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения», который гармонизирован на основе ИСО 1101:2004. В простом изложении полный номинальный геометрический элемент – это элемент контура детали на чертеже, который обозначен сплошной толстой линией, а в качестве объекта выступает точка, линия или ось, поверхность или плоскость.

Действительный размер – размер присоединенного полного элемента. Какой размер присоединенного полного элемента – истинный (реальный), или измеренный с определенной погрешностью. Истинный размер – не достижим, поэтому, скорее всего – измеренный. Но именно сюда перенесен смысл соблюдения внешней границы. Ранее этот термин пояснялся как размер, полученный в результате измерения. Но если представить измерение, как обычно мы его производим практически, т.е. касание плоскими губками поверхности детали в двух точках, например – штангенциркулем, или микрометром, то это и есть реализация для этих точек присоединенного полного элемента. При изготовлении и ремонте машин, влияние точностных и технологических параметров на долговечность соединений огромно, как это показано на примере цилиндрического соединения со шпонкой [2, 3]. В свою очередь, обеспечение качества у потребителя невозможно без соблюдения норм точности и заданной прочности, поэтому применение ЕСДП в единичном и мелкосерийном производстве особенно актуально.

1.2 Ряды предпочтительных чисел

Номинальные размеры (диаметры, длины, глубины, расстояния между осями и т. д.) деталей, их элементов и соединений должны назначаться из числа стандартных нормальных размеров по ГОСТ 6636-69 «Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры». При этом полученное расчетом или иным путем исходное значение размера (если оно отличается от стандартного) следует округлить обычно до ближайшего большего стандартного размера. Применение стандартных номинальных размеров дает большой экономический эффект, так как создает основу для сокращения типоразмеров изделий и деталей, а также технологической оснастки, в первую очередь размерных режущих инструментов, калибров и т. п. Особенно важно сокращать многообразие размеров сопрягаемых поверхностей, для которых применяется наибольшее число единиц размерной оснастки.

Стандарт на нормальные размеры построен на основе рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел», представляющих собой геометрические прогрессии со знаменателем $Q = \sqrt[R]{10}$, где R равно 5; 10; 20; 40; 80 и 160. Значение R указывает на количество чисел, содержащихся в каждом десятичном интервале, и входит в обозначение ряда. К основным рядам предпочтительных чисел относятся ряды $R5$, $R10$, $R20$ и $R40$, члены которых в интервале от 1,00 до 10,00 приведены в таблице 5 ГОСТ 8032-84. В обоснованных случаях вместо основных рядов предпочтительных чисел, обозначаемых буквой R , допускается применять ряды, содержащие приближенные предпочтительные числа (с большей степенью округления) и обозначаемые R' и R'' . Дополнительными рядами предпочтительных чисел являются ряды $R80$ и $R160$, для которых не предусмотрено включение приближенных чисел.

Геометрическая прогрессия обеспечивает рациональную градацию числовых значений параметров и размеров, когда нужно установить не одно

значение, а равномерный ряд значений в определенном диапазоне. В этом случае число членов ряда получается меньшим по сравнению с арифметической прогрессией.

Отдельный стандарт ГОСТ 6636-69 позволяет конкретно представить ряды предпочтительных чисел в различных десятичных интервалах и в каждом случае сделать однозначный выбор между точным и приближенным значениями предпочтительного числа. Это позволяет предотвратить одновременное применение нескольких близких друг к другу номинальных размеров. Размеры в диапазоне от 0,001 до 0,009 мм должны выбираться из следующего ряда: 0,001; 0,002; 0,003; 0,004; 0,005; 0,006; 0,007; 0,008 и 0,009 мм. Размеры от 0,01 до 100000 мм должны выбираться из основных рядов, указанных в таблице ГОСТ 6636-69. Для размеров до 500 мм эти ряды содержат некоторые приближенные предпочтительные числа (ряды $R'10$ - $R'40$), а при размерах свыше 500 мм соответствуют рядам R . При установлении отдельных размеров или рядов (градаций) размеров однотипных элементов следует отдавать предпочтение рядам с большим знаменателем прогрессии, т. е. ряд $Ra5$ предпочитать ряду $Ra10$, ряд $Ra10$ – ряду $Ra20$, ряд $Ra20$ – ряду $Ra40$.

Кроме основных рядов допускается применять производные ряды, составленные из каждого второго, третьего, четвертого или n -го члена основного ряда. Например, ряд размеров 1-2-4-8-16-32 мм получен из ряда $Ra10$ отбором каждого третьего числа и обозначается $Ra10/3$. Из основных рядов в обоснованных случаях допускается составлять ряды размеров с неравномерной градацией, т.е. с неодинаковыми знаменателями прогрессии в различных интервалах размеров.

Стандартные ряды номинальных размеров не распространяются:

- на технологические межоперационные размеры;
- на размеры, точно зависящие от других принятых величин (например, номинальный диаметр малого основания конуса зависит от принятого диаметра большого основания, конусности и длины конуса);

– на размеры, установленные в стандартах на конкретные изделия (например, отдельные значения диаметров резьб или подшипников качения отличаются от предпочтительных чисел в силу исторически сложившейся практики).

1.3 Изменения в терминологической базе ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010), относящиеся к размерам геометрических элементов их отклонениям, допускам и посадкам

Упомянутые выше термины для геометрических элементов (таблица 1.1) предназначены как для каждой из перечисленных областей в отдельности, так и для уяснения взаимосвязи между этими областями, при этом они приняты за основу для определений «по умолчанию» (если не задано иное) для рассматриваемых элементов. Выявленные элементы не имеют правильной геометрической формы и по сравнению с соответствующими номинальными элементами нуждаются в дополнительных, более детализированных определениях для однозначного и правильного понимания терминов. Во всех стандартах, где рассматриваются элементы и их характеристики, следует использовать одно и то же определение выявленного элемента (определение «по умолчанию»). Детализированное дополнительное определение для рассматриваемого выявленного элемента, установленное путем соглашения, применимо только при использовании на чертежах или в других технических документах основных способов указания допусков, и если не задано иное. Основные способы указания допусков регламентированы межгосударственными стандартами: ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010), ГОСТ 2.307-2011, ГОСТ 2.308-2011 «Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей».

До введения в действие ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010) термины и определения в отношении размеров геометрических элементов и их допусков были регламентированы «по умолчанию» в ГОСТ 25346-89 и основаны на правиле Тейлора. Согласно этому правилу размер по сопряжению ограничен пределом максимума материала, а любой местный диаметр ограничен пределом минимума материала. Однако необходимо отметить, что ГОСТ 25346-89 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных отклонений» частично действует. Восстановлен на территории РФ только в отношении продукции, поставляемой по Государственному оборонному заказу (Сведения о регистрации 101-ст от 01.03.2016 (официальный сайт Росстандарта, ИУС 6-2016)). Изменения в ГОСТ 25346-2013 в сравнении с ГОСТ 25346-89 в части терминологии, связанной с размерами геометрических элементов и их отклонениями, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Термины и определения, связанные с размерами геометрических элементов и их отклонениями, регламентированные ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88) и ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010)

Регламентированный термин	Определение		Примечание
	ГОСТ 25346-89	ГОСТ 25346-2013	
1	2	3	4
Размер	Числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т. п.) в выбранных единицах измерения	Термин отсутствует	Различают номинальные, действительные и предельные размеры
Размерный элемент (feature of size)	Термин отсутствует	Геометрическая форма, определяемая линейным или угловым размером	
Номинальный размер (nominal size)	Размер, относительно которого определяются отклонения (черт. 1 и 2)	Размер геометрического элемента идеальной формы, определенной чертежом	
Действительный размер (actual size)	Размер элемента, установленный измерением с допускаемой погрешностью	Размер присоединенного полного элемента	Действительный размер получают путем измерения

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Предельные размеры (limits of size)	Два предельно допустимых размера элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер (см. п. 1.4)	Предельно допустимые размеры элемента	Удовлетворяющий допуску действительный размер находится между предельными размерами или равен им
Наибольший предельный размер / Верхний предельный размер (upper limit of size; ULS)	Наибольший допустимый размер элемента (черт. 1)	Наибольший допустимый размер размерного элемента	—
Наименьший предельный размер / Нижний предельный размер (lower limit of size; LLS)	Наименьший допустимый размер элемента (черт. 1)	Наименьший допустимый размер размерного элемента	
Отклонение (deviation)	Алгебраическая разность между размером (действительным или предельным размером) и соответствующим номинальным размером	Разность между значением и опорным значением	Для отклонений размеров <i>опорным значением</i> является номинальный размер, а <i>значением</i> — действительный размер
Предельное отклонение (limit deviation)	Алгебраическая разность между предельным и соответствующим номинальным размерами.	Верхнее предельное отклонение или нижнее предельное отклонение от номинального размера	—
Верхнее предельное отклонение (upper limit deviation; <i>ES</i> ; <i>es</i>)	Алгебраическая разность между наибольшим предельным и соответствующим номинальным размерами (черт. 2)	Алгебраическая разность между верхним предельным размером и номинальным размером (обозначение <i>ES</i> применяют для внутренних, а <i>es</i> — для наружных размерных элементов)	Верхнее предельное отклонение — отрицательное, равно нулю или положительное число
Нижнее предельное отклонение (lower limit deviation; <i>EI</i> ; <i>ei</i>)	Алгебраическая разность между наименьшим предельным и соответствующим номинальным размерами (черт. 2)	Алгебраическая разность между нижним предельным размером и номинальным размером (обозначение <i>EI</i> применяют для внутренних, а <i>ei</i> — для наружных размерных элементов)	Нижнее предельное отклонение — отрицательное, равно нулю или положительное число
Основное отклонение (fundamental deviation)	Одно из двух предельных отклонений (верхнее или нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. В данной системе допусков и посадок основным является отклонение, ближайшее к нулевой линии	Предельное отклонение, определяющее расположение интервала допуска относительно номинального размера	<i>Основным отклонением</i> является то из предельных отклонений, которое соответствует ближайшему к номинальному предельному размеру. Основное отклонение обозначают буквой латинского алфавита (например, <i>B</i> , <i>d</i>)
Основной вал (basic shaft)	Вал, верхнее отклонение которого равно нулю	Вал, выбранный за базовый для посадок в системе вала	В системе допусков ИСО на линейные размеры основным является вал, верхнее предельное отклонение которого равно нулю

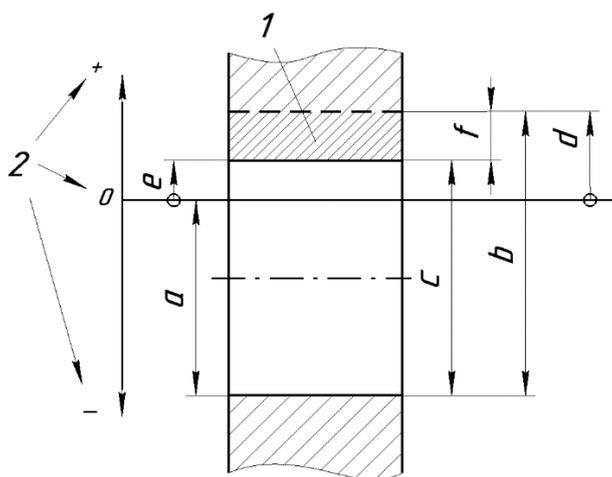
Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
Основное отверстие (basic hole)	Отверстие, нижнее отклонение которого равно нулю	Отверстие, выбранное за базовое для посадок в системе отверстия	В системе допусков ИСО на линейные размеры <i>основным отверстием</i> является отверстие, нижнее предельное отклонение которого равно нулю
Поле допуска (tolerance field)	Поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера. При графическом изображении поле допуска заключено между двумя линиями, соответствующими верхнему и нижнему отклонениям относительно нулевой линии (черт. 2)	Термин отсутствует	—
Интервал допуска (tolerance interval)	Термин отсутствует	Совокупность значений размера между пределами допуска, включая эти пределы	—

В частности, прежний термин «поле допуска» (по ГОСТ 25346-89), применявшийся ранее для линейных размеров, изменен на термин «интервал допуска». Эти изменения связаны с тем, что термин «интервал допуска» указывает на диапазон чисел, в то время как термин «поле допуска» в отношении геометрических характеристик изделий указывает на область в плоскости или пространстве, например, при установлении допусков согласно стандарту. Согласно ГОСТ 25346-2013 интервал допуска заключен между верхним и нижним предельными размерами. Он определяется значением допуска и его расположением относительно номинального размера (рисунок 1.7). Номинальный размер необязательно находится внутри интервала допуска (рисунок 1.7). Пределы допуска могут располагаться как по обе стороны (двусторонние пределы), так и по одну сторону (односторонние пределы) относительно номинального размера.

Из определений, представленных в таблице 1.2, следует, что в ГОСТ 25346-2013 термин «размер» трактуется по-новому, а именно как размерный элемент. Размерными элементами, согласно этому стандарту, приняты цилиндр, сфера, две параллельные плоскости. Ранее (ИСО 286-1:2010

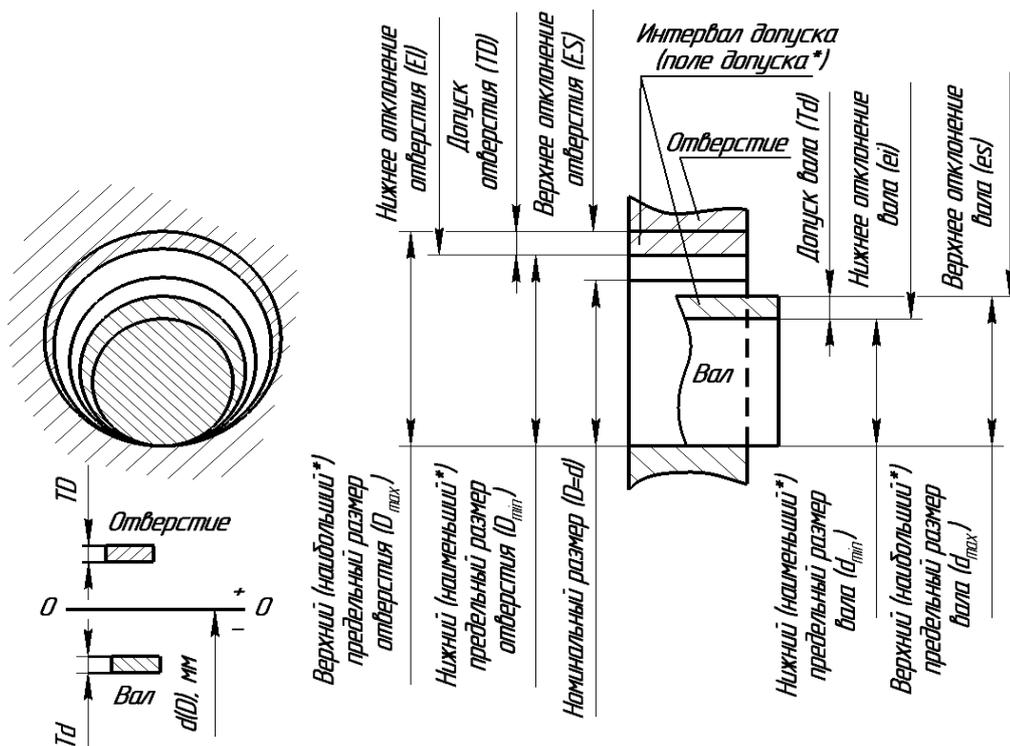
и международные рекомендации ИСО/Р 1938) термины «гладкая деталь» и «гладкий элемент» трактовались в том же значении, что и термин «размерный элемент». В новом (ГОСТ 25346-2013) стандарте четко прописано, что система допусков и посадок на линейные размеры имеет отношение только к двум размерным элементам: цилиндру и параллельным плоскостям. Кроме того, в предыдущей версии (ГОСТ 25346-89) стандарта термин «действительный размер» пояснялся как размер, полученный в результате измерения. При такой интерпретации существует некоторая информационная неопределенность: без добавления фразы «полученный в результате измерений с допуском погрешностью» термины «действительный размер» и «истинный размер» сложно различить. В стандарте ГОСТ 25346-2013 эти два термина не различаются.



1 – интервал допуска; 2 – правило знаков для отклонений; a – номинальный размер; b – верхний предельный размер; c – нижний предельный размер; d – верхнее предельное отклонение; e – нижнее предельное отклонение (в данном случае основное отклонение); f – допуск; непрерывная горизонтальная линия, ограничивающая интервал допуска, показывает основное отклонение, а штриховая – другое (не основное) предельное отклонение отверстия

Рисунок 1.7 – Графическое пояснение терминов (на примере отверстия)
по ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010)

Отклонение, согласно ГОСТ 25346-2013, алгебраическая разность между размером (действительным, предельным и т. д.) и соответствующим номинальным размером (рисунок 1.8). Обобщенно это следует понимать как алгебраическую разность между значением и контрольным значением. В качестве контрольного значения может быть принят номинальный размер, но может выступать и другой размер.



знаком «*» отмечен термин, применявшийся ранее (по ГОСТ 25346-89)

Рисунок 1.8 – Схематичное представление гладкого цилиндрического соединения

Современная трактовка термина «размер» расширена, что позволяет интерпретировать любой размер в качестве сравниваемого (контрольного), что не противоречит концепции «принятого опорного значения», регламентированной в ГОСТ Р ИСО 5725-2002 «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений».

Введенный впервые в новой версии стандарта (ГОСТ 25346-2013) термин пределы допуска означает «установленные значения, определяющие верхнюю и нижнюю границы допустимых значений». Как следует из определения, этот

термин частично дублирует существовавший ранее (ГОСТ 25346-89) термин «предельные размеры».

Для предельных отклонений различают верхнее и нижнее отклонения. В международной системе по стандартизации (ИСО) для отклонений приняты обозначения: es , ES – верхнее отклонение соответственно вала и отверстия; ei , EI – нижнее отклонение соответственно вала и отверстия. В соответствии с приведенными в таблице 1.2 определениями верхнее и нижнее предельные отклонения и допуски на размеры вычисляются по следующим формулам:

верхнее предельное отклонение вала

$$es = d_{\max} - d; \quad (1.1)$$

верхнее предельное отклонение отверстия

$$ES = D_{\max} - D; \quad (1.2)$$

нижнее предельное отклонение вала

$$ei = d_{\min} - d; \quad (1.3)$$

нижнее предельное отклонение отверстия

$$EI = D_{\min} - D; \quad (1.4)$$

допуск вала

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = es - ei; \quad (1.5)$$

допуск отверстия

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = ES - EI. \quad (1.6)$$

В новой версии стандарта (ГОСТ 25346-2013) дано общее определение термина «квалитет» – группа допусков на линейные размеры, характеризующаяся общим обозначением. В примечании 2 к термину указано, что квалитет объединяет все номинальные размеры одним уровнем точности.

1.4 Изменения в ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-1:2010) применительно к стандартизации системы допусков на линейные размеры отверстий и валов

ГОСТ 25347-82 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки» действовал на территории РФ до 18.02.2014 года. Взамен его Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии утвержден ГОСТ 25347-2013, который действовал во всех сферах промышленности до 2016 года. С 01.03.2016 года ГОСТ 25347-82 действие стандарта было восстановлено на территории РФ только в отношении продукции, поставляемой по Государственному оборонному заказу (Сведения о регистрации 101-ст от 01.03.2016 (официальный сайт Росстандарта, ИУС 6-2016)).

Стандартом ГОСТ 25347-2013 [4] установлены 20 квалитетов: 01, 0, 1, 2, 3, 4, 5, ..., 11, 12, ..., 18. Самые точные квалитеты (01, 0, 1, 2, 3, 4), как правило, применяются при изготовлении эталонных (образцовых) мер и калибров. Квалитеты с 5-го по 11-й в основном применяются для сопрягаемых элементов деталей, квалитеты с 12-го по 18-й применяются для несопрягаемых элементов деталей. Посадки с 4-го по 7-й квалитет рекомендуется образовывать путем сопряжения отверстия на квалитет грубее, чем вал.

Для размеров менее 1 мм допуски по квалитетам 14–18 не назначают. Чтобы максимально сократить число значений допусков при построении рядов допусков, стандартами ГОСТ 25346-2013 и ГОСТ 25347-2013 установлены интервалы размеров, внутри которых значение допуска для данного квалитета не меняется. В ГОСТ 25347-2013 для диапазона до 3150 мм в зависимости от основных отклонений установлено от 21 до 25 интервалов (ранее, в ГОСТ 25347-89, диапазон от 1 до 500 мм был разделен на 13 интервалов внутри которых выделены 25 подинтервалов, а диапазон от 500 до 3150 мм – на 8 интервалов и 16 подинтервалов). Значения допусков квалитетов *IT01–IT11* для

номинальных размеров до 3150 мм приведен в таблице А.1 (таблица 1 ГОСТ 25346-2013).

В ГОСТ 25347-2013 также как и в ГОСТ 25347-89 предусмотрены отдельные таблицы основных отклонений для валов и отверстий. Ряды основных отклонений отверстий обозначают прописными буквами от *A* до *ZC*, валов – строчными буквами от *a* до *zc*. В ГОСТ 25347-2013 дополнительно уточнено, что промежуточные основные отклонения *CD (cd)*, *EF (ef)*, *FG (fg)* предусмотрены в первую очередь для точной механики и часовых механизмов. В случае необходимости применения классов допусков, включающих это основное отклонение, для других номинальных размеров эти основные отклонения могут быть вычислены в соответствии с ГОСТ 25346-2013.

В таблицах Б.1 и Б.2 показаны основные отличия в представлении предельных отклонений отверстий и валов. Т.е. в ГОСТ 25347-89 предельные отклонения и поля допусков были указаны по квалитетам, а в ГОСТ 25347-2013 по основным отклонениям.

2 Система допусков и посадок ИСО

2.1 Система допусков ИСО

Как говорилось ранее допуск это положительное число, рассчитываемое как разность между двумя (верхним и нижним) предельными размерами или верхним и нижнем предельными отклонениями. Допуск на размерный элемент может быть установлен согласно описываемой в ГОСТ 25346-2013 системе допусков ИСО на линейные размеры или по ИСО 14405-1 – указанием предельных отклонений. Оба варианта эквивалентны. Например: 45_{y}^{x} эквивалентно обозначению 45 «class», где 45 – номинальный размер; x – верхнее предельное отклонение; y – нижнее предельное отклонение; «class» – класс допуска согласно п. 4.2.1 ГОСТ 25346-2013 или 45_{y}^{x}ⓔ эквивалентно обозначению 45 «class» ⓔ.

Класс допуска содержит информацию о значении допуска и положении интервала допуска относительно номинального размера размерного элемента. Класс допуска определяет значение допуска. Значение допуска зависит от номера квалитета и номинального размера размерного элемента. Обозначение квалитета состоит из номера квалитета, следующего за аббревиатурой международного допуска *IT*, например *IT7*. Значения стандартных допусков приведены в таблице А.1 (приложение А). Графы таблицы содержат значения допусков для квалитетов с *IT01* до *IT18* включительно. Каждая строка таблицы А.1 соответствует интервалу размеров, границы которого указаны в первой графе таблицы. Если номер квалитета входит в обозначение класса допуска, т.е. связан с буквой (или буквами), обозначающей основное отклонение, то аббревиатуру *IT* опускают, например *H7*. В квалитетах, начиная с *IT6*, значения допусков увеличиваются в 10 раз при переходе с данного квалитета на пять квалитетов грубее (*IT11*). Это правило распространяется на все

допуски системы и может быть применено для получения значений допусков квалитетов, отсутствующих в таблице А.1 (приложение А).

Интервал допуска («поле допуска») – множество значений размера, ограниченное верхним и нижним предельными размерами. Класс допуска определяет положение интервала допуска относительно номинального размера посредством основного отклонения, входящего в обозначение класса допуска. Положение интервала допуска, т.е. основное отклонение, определяется одной или несколькими буквами, называемыми идентификаторами основного отклонения. Возможные случаи расположения интервалов допуска относительно номинального размера и правило знаков [«+» (плюс) или «-» (минус)] для основных отклонений отверстий и валов приведены на рисунке 2.1 и таблицах 2.1-2.2.

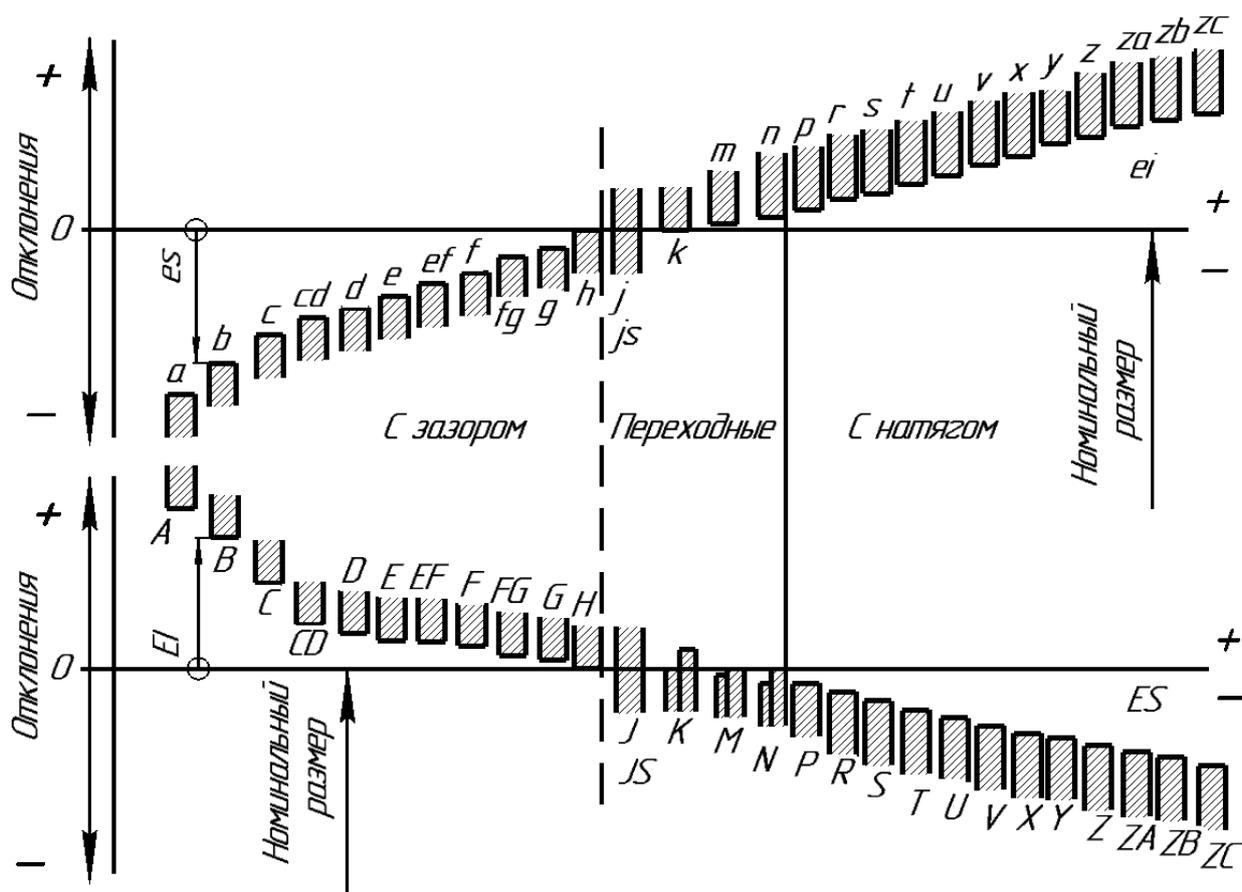


Рисунок 2.1 – Положения интервала допуска относительно номинального размера для валов и отверстий

Таблица 2.1 – Предельные отклонения отверстий

Предельные отклонения							
От A до G	H	JS	J	K	M	N	От P до ZC
$ES = EI + IT$ $EI > 0$ (см. таблицу 2 ГОСТ 25346-2013)	$ES = 0 + IT$ $EI = 0$	$ES = +IT/2$ $EI = -IT/2$	$ES > 0$ (см. таблицу 2 ГОСТ 25346-2013)	ES (см. таблицы 2, 3 ГОСТ 25346-2013)		$ES < 0$ (см. таблицу 3 ГОСТ 25346-2013)	
				$EI = ES - IT$			
Примечания – 1. Значения IT приведены в таблице 1 ГОСТ 25346-2013. 2. Изображенные на рисунках интервалы допуска примерно соответствуют интервалу номинальных размеров свыше 10 до 18 мм включительно. 3. Интервалы (поля) допусков назначаются в соответствии с ГОСТ 25346-2013 (см. таблицу 2, 3).							

Таблица 2.2 – Предельные отклонения валов

Предельные отклонения					
От a до g	h	js	j	k	От m до zc
$es < 0$ (см. таблицу 4 ГОСТ 25346-2013) $ei = es - IT$	$es = 0$ $ei = 0 - IT$	$es = +IT/2$ $ei = -IT/2$	$es = ei + IT$ $ei < 0$ (см. таблицу 4 ГОСТ 25346-2013)	$es = ei + IT$ $ei \geq 0$ (см. таблицу 5 ГОСТ 25346-2013)	$es = ei + IT$ $ei \geq 0$ (см. таблицу 5 ГОСТ 25346-2013)
Примечания – 1. Значения IT приведены в таблице 1 ГОСТ 25346-2013. 2. Изображенные на рисунках интервалы допуска примерно соответствуют интервалу номинальных размеров свыше 10 до 18 мм включительно. 3. Интервалы (поля) допусков назначаются в соответствии с ГОСТ 25346-2013 (см. таблицы 4, 5).					

Основным отклонением является то из предельных отклонений, которое устанавливает предельный размер, ближайший к номинальному (рисунок 2.1).

Основные отклонения обозначают: прописной буквой (буквами) латинского алфавита (*A...ZC*) для отверстий; строчной буквой (буквами) латинского алфавита (*a...zc*) для валов.

Для обозначения основных отклонений не применяют следующие буквы: *I, i; L, l; O, o; Q, q; W, w*. Основное отклонение устанавливают для интервала номинальных размеров. Значение основного отклонения определяется идентификатором основного отклонения (буквы или букв) и номинального размера элемента, в отношении которого устанавливают допуск. Числовые значения основных отклонений отверстий приведены в таблицах 2 и 3 (ГОСТ 25346-2013), а числовые значения основных отклонений валов – в таблицах 4 и 5 ГОСТ 25346-2013. Основное отклонение считают положительным, если определяемый им предел допуска располагается выше номинального размера, и считают отрицательным, если соответствующий предел допуска располагается ниже номинального размера. Каждая графа таблиц 2-5 ГОСТ 25346-2013 содержит числовые значения основных отклонений для одного буквенного идентификатора основного отклонения. Каждая строка в таблицах соответствует одному интервалу размеров, границы которого приведены в ее первой графе. Другое (не основное) предельное отклонение (верхнее или нижнее) определяют по основному отклонению и допуску (*IT*) в соответствии с таблицами 2.1 и 2.2. Понятие «основное отклонение» не распространяется на отклонения *JS* и *js*, т.к. пределы допуска в этом случае расположены симметрично относительно номинального размера (таблицы 2.1, 2.2). Интервалы размеров, указанные в таблице А.1, в таблицах 2-5 ГОСТ 25346-2013 в некоторых случаях (для отклонений *a-c* и *r-zc* или *A-C* и *R-ZC*) подразделяют на несколько интервалов. Последние шесть граф в правой части таблицы 3 ГОСТ 25346-2013 содержат Δ -поправки. Δ -поправка зависит от качества и номинального размера элемента, в отношении которого устанавливается допуск. Это относится только к отклонениям *K-ZC* и квалитетам *IT3-IT7/IT8*. При вычислении значения основного отклонения, во

всех случаях, когда в таблице указано «+Δ», числовое значение Δ прибавляют к постоянному значению, указанному в основной таблице.

Класс допуска обозначают сочетанием идентификатора основного отклонения [прописной буквы (букв) латинского алфавита для отверстий и строчной буквы (букв) для валов] и номера качества. Пример *H8* (отверстия), *h8* (валы). Размер и его допуск указывают сочетанием номинального размера и класса допуска, или сочетанием номинального размера и предельных отклонений согласно ИСО 14405-1. Обозначение класса допуска и предельные отклонения указывают после номинального размера. В приведенных ниже примерах указание предельных отклонений эквивалентно указанию класса допуска. Класс допуска назначают исходя из требований к посадке (зазоров, натягов), см. 5.3.4 ГОСТ 25346-2013.

Таблица 2.3 – Примеры указания предельных отклонений, эквивалентного указанию класса допуска

ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010)	ИСО 14405-1
55H9	55 ^{+0,074}
40js6	40±0,008
80g7	80 ^{-0,010} _{-0,040}

Примечание – Если предельные отклонения соответствуют классу допуска, разрешается дополнительно к предельным отклонениям указывать в скобках класс допуска и наоборот, после обозначения класса допуска указывать в скобках предельные отклонения. Пример: 50H7^(+0,025) или 50^{+0,025}(H7).

Определение предельных отклонений для заданного размера с допуском, например, перевод класса допуска в предельные отклонения, выполняют с помощью таблиц 1-5 (см. 4.3.2 ГОСТ 25346-2013) или таблиц 2-32 ГОСТ 25347-2013. Обозначение класса допуска состоит из идентификатора основного отклонения и номера качества. Например: размер отверстия с допуском: 80M8[ⓔ], размер вала с допуском: 80m8[ⓔ], где 80 – номинальный размер; *F* – идентификатор основного отклонения для отверстия; *f* – идентификатор основного отклонения для вала; 8 – номер качества; [ⓔ] – требование прилегания по ИСО 14405-1 (при необходимости).

Обозначение качества формируют из номера качества (ITx , где x – номер качества). Числовое значение стандартного допуска находят в ГОСТ 25346-2013 или таблице А.1 (приложение А) по номинальному размеру и обозначению качества. Например: размер отверстия с допуском: $90F8^{\text{E}}$, размер вала с допуском: $90f8^{\text{E}}$. Номер качества – 8, следовательно, обозначение качества – $IT8$. Числовое значение стандартного допуска находят в таблице А.1 на пересечении строки с интервалом размеров свыше 80 до 120 мм включительно с колонкой качества $IT7$. Следовательно, числовое значение стандартного допуска составляет 54 мкм.

Основное отклонение (верхнее или нижнее предельное отклонение) находят в таблицах 2 и 3 или в таблицах 4 и 5 ГОСТ 25346-2013 по номинальному размеру и идентификатору основного отклонения. Например: размер отверстия с допуском: $40P9^{\text{E}}$. Идентификатор основного отклонения – P , следовательно, речь идет об отверстии и применении таблицы 3 ГОСТ 25346-2013. В таблице 3 ГОСТ 25346-2013 на пересечении строки с интервалом размеров «свыше 30 до 40 мм» с графой « P » находят числовое значение верхнего предельного отклонения $ES = -26$ мкм.

Одно из предельных отклонений (верхнее или нижнее) является основным и определяется согласно п. 4.3.2.3 ГОСТ 25346-2013. Другое предельное отклонение (верхнее или нижнее) получают путем вычисления по формулам, приведенным в таблицах 2.1 и 2.2, применяя числовые значения стандартных допусков (таблица А.1). Например: размер вала с допуском: $80f8^{\text{E}}$. $IT8 = 46$ мкм. Верхнее предельное отклонение $es = -30$ мкм. Нижнее предельное отклонение $ei = es - IT = -30 - 46 = -76$ мкм (по формуле в таблице 2.2). Следовательно, $80f8^{\text{E}} \equiv 80_{-0,076}^{-0,030} \text{E}$.

При вычислении значений основных отклонений K , M и N для качеств до 8-го включительно и основных отклонений от P до ZC для

квалитетов до 7-го включительно следует применять значения поправок Δ , приведенные в таблице 3 ГОСТ 25346-2013. Например: размер отверстия с допуском: $35U7$. $IT7 = 25$ мкм (для интервала размеров свыше 30 до 50 мм включительно по таблице 1). $\Delta = 9$ мкм (для интервала размеров свыше 30 до 40 мм включительно для квалитета $IT7$ по таблице 3 ГОСТ 25346-2013). Для U (для интервала размеров свыше 30 до 40 мм включительно): верхнее предельное отклонение $ES = -60 + \Delta = -60 + 9 = -51$ мкм; нижнее предельное отклонение $EI = ES - IT = -51 - 25 = -76$ мкм. Следовательно, $35U7 \equiv 35_{-0,076}^{-0,051}$.

Предельные отклонения для размера с допуском можно также получить из таблиц ГОСТ 25347-2013. Указанный размер с допуском: $70N7\textcircled{E}$. Предельные отклонения находят в таблице 9 ГОСТ 25347-2013 на пересечении строки с интервалом размеров свыше 50 мм до 80 мм включительно с графой, соответствующей квалитету 7. Следовательно, предельные отклонения следующие: верхнее предельное отклонение $ES = -9$ мкм; нижнее предельное отклонение $EI = -39$ мкм. Таким образом, $70N7\textcircled{E} \equiv 70_{-0,039}^{-0,009}\textcircled{E}$.

Выбор класса допуска. По возможности класс допуска выбирают из тех классов допусков отверстий и валов, которые изображены на рисунках 2.2 и 2.3 (таблицы 10 и 11 ГОСТ 25346-2013) соответственно.

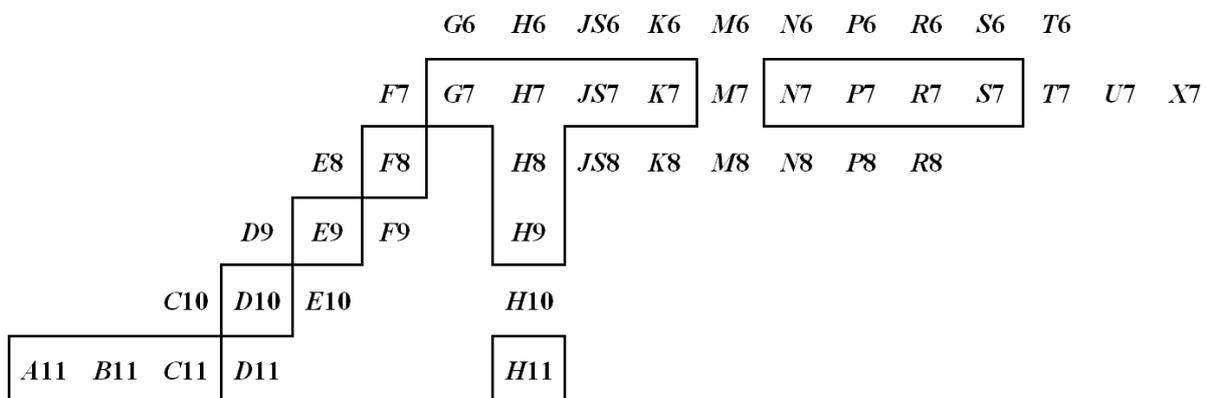


Рисунок 2.2 – Классы допусков отверстий

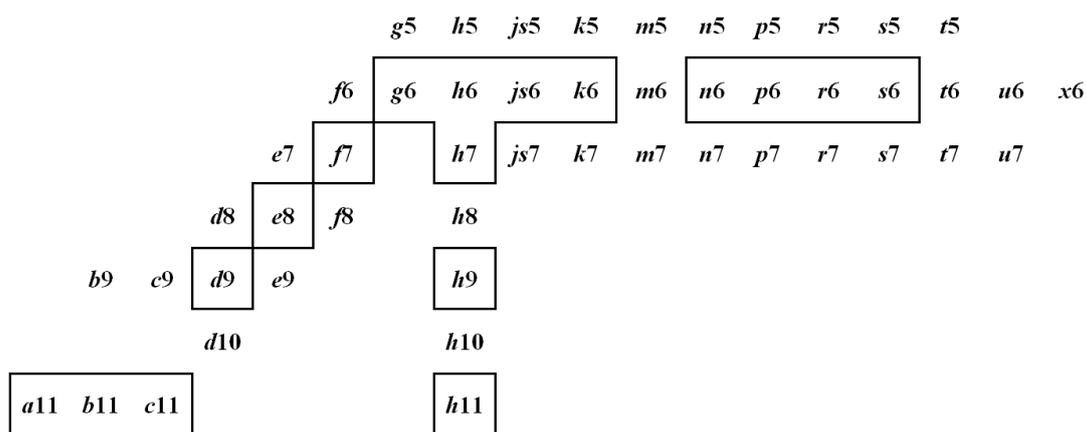


Рисунок 2.3 – Классы допусков валов

В первую очередь, следует применять предпочтительные классы допусков (их обозначение заключено в рамки). Система допусков и посадок предоставляет возможность выбора из широкого набора классов допусков (см. таблицы 2-5 ГОСТ 25346-2013), даже если этот выбор ограничен классами допусков, приведенными в ГОСТ 25347-2013. Ограничение в выборе класса допуска позволяет избежать существования избыточного числа инструмента и калибров, применяемых при изготовлении изделий. Классы допусков на рисунках 2.2 и 2.3 являются классами допусков общего применения, когда не требуется выбор из специальных классов допусков (например, для шпоночного паза). В случае необходимости отклонения js и JS могут быть заменены на отклонения j и J соответственно.

2.2 Система посадок ИСО

Посадка – соединение наружного и внутреннего размерных элементов (отверстия и вала одного и того же типа), участвующих в сборке. Как следует из определения данного термина, приведенного в ГОСТ 25346-2013, трактовка его по существу не изменилась.

Диапазон (разброс) посадки (ГОСТ 25346-2013) – арифметическая сумма допусков размеров двух размерных элементов, образующих посадку.

Ранее (в ГОСТ 25346-89) для этой суммы применялся термин «допуск посадки». Диапазон (разброс) посадки – абсолютная величина (положительное число), которая отображает возможный нормируемый разброс зазоров или натягов: *диапазон (разброс) посадки с зазором* – разность между наибольшими и наименьшими зазорами; *диапазон (разброс) посадки с натягом* – разность между наибольшим и наименьшим натягами; *диапазон (разброс) переходной посадки* – сумма наибольшего зазора и наибольшего натяга.

Допуск посадки. Из предыдущей версии (ГОСТ 25346-89) стандарта нам известен термин «допуск посадки», который в новой версии стандарта (ГОСТ 25346-2013) практически дублируется, но называется «диапазон посадки». Следует отметить, что термин «допуск посадки» более целесообразен, чем термин «диапазон посадки» и находит широкое применение в расчетах на точность. Изменения в ГОСТ 25346-2013 в сравнении с ГОСТ 25346-89 в части терминологии, связанной с посадками и системой посадок, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Изменения в терминах и их определениях, связанных с посадками и системой посадок, регламентированные ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88) и ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010)

Регламентированный термин	Определение	
	ГОСТ 25346-89	ГОСТ 25346-2013
1	2	3
Посадка (fit)	Характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки	Соединение наружного размерного элемента и внутреннего размерного элемента (отверстия и вала), участвующих в сборке
Номинальный размер посадки	Номинальный размер, общий для отверстия и вала, составляющих соединение	Термин отсутствует
Допуск посадки	Сумма допусков отверстия и вала, составляющих соединение	Термин отсутствует
Диапазон посадки (span of a fit)	Термин отсутствует	Арифметическая сумма допусков размеров двух размерных элементов, образующих посадку
Зазор (clearance) ¹	Разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала (черт. 3)	Разность между размерами отверстия и вала, когда диаметр вала меньше диаметра отверстия
Наименьший зазор (minimum clearance)	Разность между наименьшим предельным размером отверстия и наибольшим предельным размером вала в посадке с зазором (черт. 8)	Разность между нижним предельным размером отверстия и верхним предельным размером вала (рисунок 2.8)

Продолжение таблицы 2.2

1	2	3
Наибольший зазор (maximum clearance)	Разность между наибольшим предельным размером отверстия и наименьшим предельным размером вала в посадке с зазором или в переходной посадке (черт. 8, 9)	Разность между верхним предельным размером отверстия и нижним предельным размером вала (рисунок 2.8)
Натяг (interference) ²	Разность между размерами вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия (черт. 4)	Разность размеров отверстия и вала до сборки, когда диаметр вала больше диаметра отверстия
Наименьший натяг (minimum interference)	Разность между наименьшим предельным размером вала и наибольшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом (черт. 9)	Разность между верхним предельным размером отверстия и нижним предельным размером вала (рисунок 2.9)
Наибольший натяг (maximum interference)	Разность между наибольшим предельным размером вала и наименьшим предельным размером отверстия до сборки в посадке с натягом или в переходной посадке (черт. 9, 10)	Разность между нижним предельным размером отверстия и верхним предельным размером вала (рисунок 2.9)
Посадка с зазором (clearance fit)	Посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т. е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено над полем допуска вала (черт. 5)	Посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется зазор, т. е. нижний предельный размер отверстия больше или равен верхнему предельному размеру вала (рисунок 2.8)
Посадка с натягом (interference fit)	Посадка, при которой всегда образуется натяг в соединении, т. е. наибольший предельный размер отверстия меньше наименьшего предельного размера вала или равен ему. При графическом изображении поле допуска отверстия расположено под полем допуска вала (черт. 6)	Посадка, при которой в соединении отверстия и вала всегда образуется натяг, т. е. верхний предельный размер отверстия меньше или равен нижнему предельному размеру вала (рисунок 2.9)
Переходная посадка (transition fit) ³	Посадка, при которой возможно получение как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных размеров отверстия и вала. При графическом изображении поля допусков отверстия и вала перекрываются полностью или частично (черт. 7)	Посадка, при которой в соединении отверстия и вала возможно получение как зазора, так и натяга (рисунок 2.9)
Посадка в системе отверстия (hole-basis fit system) ⁴	Посадка, в которой требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия (черт. 11)	Посадка, в которой основное отклонение (нижнее предельное отклонение) отверстия равно нулю (рисунок 2.4)
Посадка в системе вала (shaft-basis fit system) ⁵	Посадка, в которой зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала (черт. 12)	Посадка, в которой основное отклонение (верхнее предельное отклонение) вала равно нулю (рисунок 2.5)
Система посадок ИСО (ISO fit system) ⁶	Термин отсутствует	Система посадок, образующихся при соединении валов и отверстий, допуски на линейные размеры которых установлены в соответствии с системой допусков ИСО на линейные размеры
Квалитет (standard tolerance grade) ⁷	Совокупность допусков, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров	Группа допусков на линейные размеры, характеризующаяся общим обозначением
Класс допуска (tolerance class)	Термин отсутствует	Сочетание основного отклонения и квалитета

Продолжение таблицы 2.2

Примечания: ¹ Зазор – положительное число (см. п. В.2 приложения В ГОСТ 25346-2013).

² Натяг – отрицательное число (см. п. В.2 приложения В ГОСТ 25346-2013).

³ В переходной посадке интервал допуска отверстия и интервал допуска вала перекрываются частично или полностью, поэтому наличие зазора или натяга в соединении зависит от действительных размеров отверстия и вала.

⁴ Посадка в системе отверстия – посадка, в которой нижний предельный размер отверстия равен номинальному размеру. Требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием валов, имеющих различные классы допуска, с основными отверстиями, класс допуска которых имеет нулевое основное отклонение.

⁵ Посадка в системе вала – посадка, в которой верхний предельный размер вала равен номинальному размеру; требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием отверстий, имеющих различные классы допуска, с основными валами, класс допуска которых имеет нулевое основное отклонение.

⁶ При применении системы допусков ИСО на линейные размеры подразумевают, что номинальные размеры вала и отверстия, образующих посадку, одинаковы.

⁷ В системе допусков ИСО на линейные размеры обозначение качества состоит из номера, следующего за аббревиатурой *IT* (например, *IT7*). Каждый конкретный класс качества соответствует одному уровню точности для любых номинальных размеров.

Система посадок базируется на системе допусков ИСО, регламентированной для линейных размеров. Согласно принципам системы допусков ИСО устанавливают допуск на размер размерного элемента. Обозначение посадки сопрягаемых элементов состоит из: общего номинального размера, класса допуска отверстия, класса допуска вала. Пример – $80H8/z8$ или $80\frac{H8}{z8}$. Для посадок с большим натягом требование прилегания

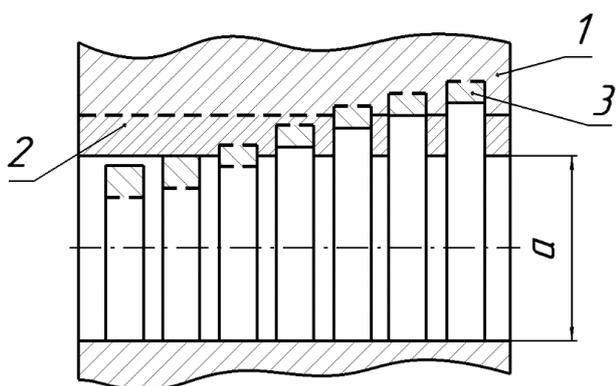
(E) не является необходимым.

Система посадок ИСО – система посадок, образующихся при соединении валов и отверстий, допуски на линейные размеры которых установлены в соответствии с системой допусков ИСО на линейные размеры. При применении системы допусков ИСО на линейные размеры подразумевают, что номинальные размеры вала и отверстия, образующих посадку, одинаковы. Стандартом ГОСТ 25346-2013 рекомендовано применение посадок в системе отверстия и в системе вала. Эти системы, как и в предыдущей версии стандарта (ГОСТ 25346-89), приняты основными

Посадка в системе отверстия – посадка, в которой основное отклонение (нижнее предельное отклонение) отверстия равно нулю. На рисунке 2.4 показаны возможные сочетания основного отверстия с валами, соответствующими различным классам допуска. Примеры посадок в системе отверстия: $H8/h7$, $H8/k6$, $H7/p6$. Посадки в системе отверстия – посадки, в

которых нижний предельный размер отверстия равен номинальному размеру. Требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием валов, имеющих различные классы допуска, с основными отверстиями, класс допуска которых имеет нулевое основное отклонение.

Посадка в системе вала – посадка, в которой основное отклонение (верхнее предельное отклонение) вала равно нулю. На рисунке 2.5 показаны возможные сочетания основного вала с отверстиями, соответствующими различным классам допуска. Примеры посадок в системе вала: $G8/h7$, $H8/h7$, $M7/h7$. Посадки в системе вала – посадки, в которых верхний предельный размер вала равен номинальному размеру. Требуемые зазоры или натяги образуются сочетанием отверстий, имеющих различные классы допуска, с основными валами, класс допуска которых имеет нулевое основное отклонение.



1 – деталь с основным отверстием;
2 – интервал допуска основного отверстия; 3 – интервал допуска различных валов; а – номинальный размер; сплошные горизонтальные линии, ограничивающие интервалы допусков, показывают основные отклонения основного отверстия и различных валов; штриховые линии, ограничивающие интервалы допусков, показывают другие (не основные) предельные отклонения

Рисунок 2.4 – Посадки в системе отверстия



1 – основной вал; 2 – интервал допуска основного вала; 3 – интервал допуска различных отверстий; а – номинальный размер; сплошные горизонтальные линии, ограничивающие интервалы допусков, показывают основные отклонения основного вала и различных отверстий; штриховые линии, ограничивающие интервалы допуска, показывают другие (не основные) предельные отклонения

Рисунок 2.5 – Посадки в системе вала

При выборе посадок существуют два способа. Посадку назначают, ориентируясь на известные соединения с аналогичными условиями работы, или определяют по результатам вычисления допустимых зазоров и/или натягов, исходя из функциональных требований к сопрягаемым деталям и возможности их изготовления. На функционирование посадки оказывают влияние не только размеры сопрягаемых деталей и их допуски, но и другие параметры. Для полной технической оценки посадки необходимо принимать во внимание и иные влияющие факторы. Такими факторами могут быть, например, отклонения формы, ориентации и месторасположения, шероховатость поверхности, плотность материала, термическая обработка и материал деталей, образующих посадку. Для того чтобы посадка выполняла свое функциональное назначение, в дополнение к допускам размеров сопрягаемых размерных элементов могут потребоваться допуски формы, ориентации и месторасположения. Сначала необходимо выбрать систему, в которой будет назначена посадка – «система отверстия» или «система вала». Так как технических отличий, касающихся выполнения деталями своих функций, при этом не существует, то выбор системы посадок должен быть сделан исходя из экономических соображений. Для общего применения выбирают систему отверстия. Выбор системы отверстия позволяет избежать чрезмерного числа инструмента (например, протяжек) и калибров, применяемых при изготовлении изделия. Систему вала следует применять в экономически обоснованных случаях (например, если на одном гладком валу необходимо установить несколько деталей с отверстиями, имеющими разные отклонения, то применение системы вала позволит упростить обработку вала). В выбранной системе посадок квалитеты и основное отклонение (положение интервала допуска) отверстия и вала следует назначать таким образом, чтобы обеспечить минимальный и максимальный зазоры (или натяги), которые наилучшим образом удовлетворяют требуемым условиям эксплуатации. Для предпочтительного применения из всей совокупности возможных посадок выделено небольшое их число. Посадки предпочтительного применения в

системе отверстия и в системе вала приведены на рисунках 2.6 и 2.7 соответственно. По экономическим соображениям, в первую очередь, следует выбирать те из посадок, обозначения которых на этих рисунках заключены в рамки.

Основное отверстие	Классы допусков вала 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	
H9			d8	e8	f8			h8									
H9			d8	e8	f8			h8									
H10	b9	c9	d9	e9			h9										
H11	b11	c11	d10				h10										

Рисунок 2.6 – Предпочтительные посадки в системе отверстия

Основной вал	Классы допусков отверстий 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										

Рисунок 2.7 – Предпочтительные посадки в системе вала

В некоторых случаях существует необходимость вычисления допустимых зазоров и/или натягов (исходя из функциональных требований к сопрягаемым деталям). Зазоры и/или натяги в посадке и диапазон посадки получают путем таких вычислений, результаты которых затем преобразуют в предельные отклонения и (если это возможно) в классы допуска.

Посадки с зазором, с натягом и переходные посадки. В зависимости от взаимного расположения интервалов (полей) допусков отверстия и вала посадка может быть с зазором, с натягом или переходной (при которой возможно получение как зазора, так и натяга). Графическое представление

интервалов допусков для различных по характеру посадок приведено на рисунках 2.8-2.11.

Различают наибольший, наименьший и средний зазоры (рисунок 2.8), которые согласно ГОСТ 25346-89 вычисляются по следующим формулам:

наибольший зазор

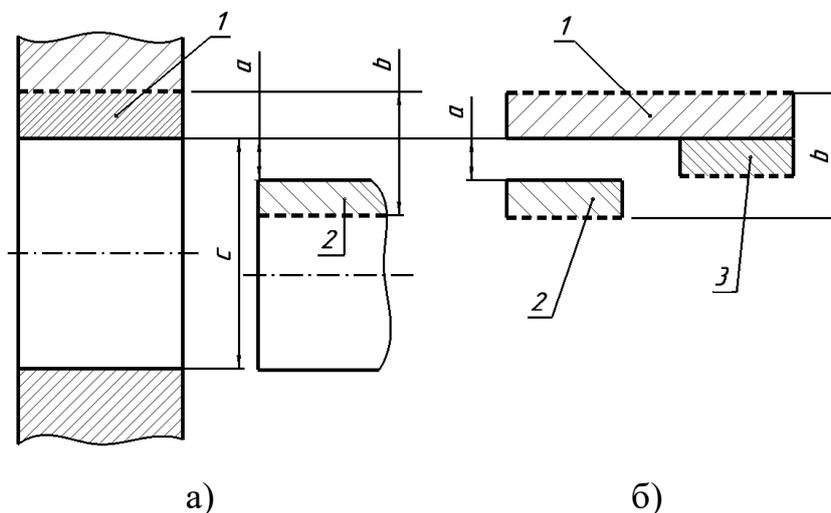
$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} = ES - ei; \quad (2.1)$$

наименьший зазор

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} = EI - es; \quad (2.2)$$

средний зазор

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}. \quad (2.3)$$



а – подробное представление; б – схематическое представление; 1 – интервал допуска отверстия; 2 – интервал допуска вала, случай 1: верхний предельный размер вала ниже, чем нижний предельный размер отверстия, наименьший зазор больше нуля; 3 – интервал допуска вала, случай 2: верхний предельный размер вала совпадает с нижним предельным размером отверстия, наименьший зазор равен нулю; а – наименьший зазор; б – наибольший зазор; с – номинальный размер, равный нижнему предельному размеру отверстия; сплошные горизонтальные линии, ограничивающие интервалы допусков, показывают основные отклонения, а штриховые – другие (не основные) предельные отклонения отверстия и вала

Рисунок 2.8 – Графическое представление посадки с зазором

Наибольший, наименьший и средний натяги (рисунок 2.9) согласно ГОСТ 25346-89 определяются по следующим формулам:

наибольший натяг

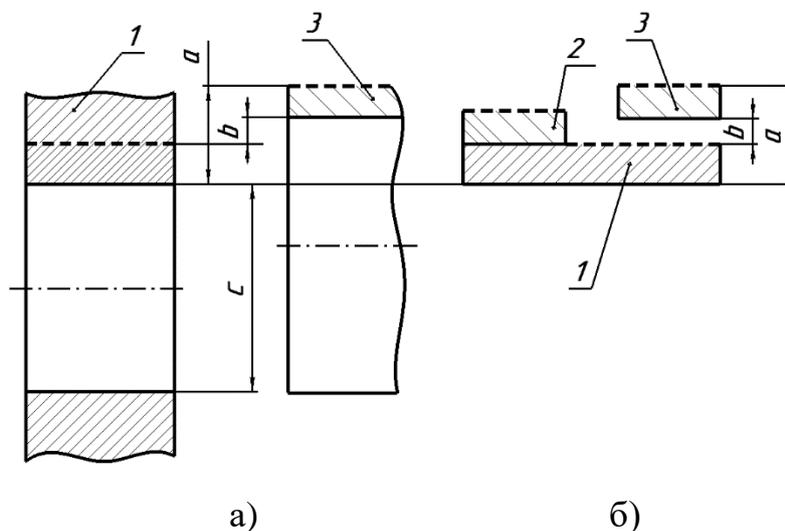
$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI; \quad (2.4)$$

наименьший натяг

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES; \quad (2.5)$$

средний натяг

$$N_{\text{cp}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}. \quad (2.6)$$



а – подробное представление; б – схематическое представление; 1 – интервал допуска отверстия; 2 – интервал допуска вала, случай 1: нижний предельный размер вала совпадает с верхним предельным размером отверстия, наименьший натяг равен нулю; 3 – интервал допуска вала, случай 2: нижний предельный размер вала больше, чем верхний предельный размер отверстия, наименьший натяг больше нуля; а – наибольший натяг; б – наименьший натяг; с – номинальный размер, равный нижнему предельному размеру отверстия; сплошные горизонтальные линии, ограничивающие интервалы допусков, показывают основные отклонения, а штриховые – другие (не основные) предельные отклонения отверстия и вала

Рисунок 2.9 – Графическое представление посадки с натягом

В переходных посадках согласно ГОСТ 25346-89 определяют наибольший зазор и натяг (рисунок 2.10) по формулам (2.1) и (2.4) соответственно.

$$TS = S_{\max} - S_{\min}; \quad (2.9)$$

для посадки с натягом

$$TN = N_{\max} - N_{\min}; \quad (2.10)$$

для переходных посадок

$$TS(N) = |S_{\max}| + |N_{\max}|. \quad (2.11)$$

Для всех типов посадок диапазон посадки численно равен сумме допусков отверстия и вала, составляющих соединение, т. е.

$$TS(N) = TD + Td. \quad (2.12)$$

Более подробная информация по теории взаимозаменяемости, нормируемых геометрических параметрах деталей, узлов и механизмов, а также методам обеспечения их взаимозаменяемости; выбору допусков и посадок для типовых соединений деталей машин и механизмов приведена в справочнике [5] авторских пособиях [6, 7].

3 Примеры выполнения практической работы

3.1 Расчет посадки с зазором

3.1.1 Расчет посадки с зазором в системе отверстия

Дано соединение вала и втулки с номинальным диаметром 120,000 мм, выполненное по посадке $H9/d9$. Определите:

- 1) величины верхних и нижних предельных отклонений соответственно для вала и отверстия (es, ei, ES, EI) по ГОСТ 25347-2013;
- 2) предельные размеры деталей, образующих соединение ($d_{\max}, d_{\min}, D_{\max}, D_{\min}$), а также допуски вала Td и отверстия TD ;
- 3) наибольший и наименьший зазоры (S_{\max}, S_{\min});
- 4) диапазон посадки.

Проверьте правильность выполненного расчета.

Постройте в масштабе схемы расположения интервалов (полей) допусков посадок. Выполните эскизы узлов и отдельных деталей для заданного соединения, указав номинальные размеры с условным обозначением посадки и предельными отклонениями.

Решение

Посадка выполнена в системе отверстия, так как в числителе обозначен интервал (поле) допуска основного отверстия $H9$ – класс допуска. Номинальный диаметр является общим для вала и отверстия, т. е. $d = D = 120,000$ мм.

3.1.1.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом (полем) допуска $d9$ (при графическом обозначении) либо класс допуска – при идентификации основного отклонения, то величины отклонений нужно взять из таблицы 18 ГОСТ 25347-2013 для идентификаторов основных отклонений d . На

пересечении интервала размеров свыше 80 до 120 мм (строка) и интервала (поля) допуска вала $d9$ (столбец), находим отклонения: $es = -120$ мкм, $ei = -207$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полям) допуска $H9$, определяем по таблице 6 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения H . Находим: $ES = +87$ мкм; $EI = 0$ мкм.

3.1.1.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала находим по формулам

$$d_{\max} = d + es, \quad (3.1)$$

$$d_{\min} = d + ei, \quad (3.2)$$

$$d_{\max} = 120,000 - 0,120 = 119,880 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 120,000 - 0,207 = 119,793 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия вычисляем по формулам

$$D_{\max} = D + ES, \quad (3.3)$$

$$D_{\min} = D + EI, \quad (3.4)$$

$$D_{\max} = 120,000 + 0,087 = 120,087 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 120,000 + 0 = 120,000 \text{ мм}.$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам

$$Td = es - ei, \quad (3.5)$$

$$TD = ES - EI, \quad (3.6)$$

$$Td = -120 + 207 = 87 \text{ мкм},$$

$$TD = 87 - 0 = 87 \text{ мкм}.$$

3.1.1.3 Соединение выполнено по посадке с зазором (размеры вала меньше, чем размеры отверстия).

Согласно требованиям ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25346-2013 наибольший и наименьший зазоры рассчитываем по формулам

$$S_{\max} (N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}, \quad (3.7)$$

$$S_{\min} (N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}, \quad (3.8)$$

$$S_{\max} = 120,087 - 119,793 = 0,294 \text{ мм} = 294 \text{ мкм},$$

$$S_{\min} = 120,000 - 119,880 = 0,120 \text{ мм} = 120 \text{ мкм}.$$

Оба результата вычислений имеют положительные значения. Это означает, что посадка имеет наибольший зазор 0,294 мм, наименьший зазор 0,120 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка выполнена с зазором.

Рассчитываем средний зазор по формуле

$$S_{\text{cp}} = \frac{S_{\max} + S_{\min}}{2}, \quad (3.9)$$

$$S_{\text{cp}} = \frac{294 + 120}{2} = 207 \text{ мкм}.$$

3.1.1.4 Определяем диапазон посадки по формуле

$$TS = S_{\max} - S_{\min}, \quad (3.10)$$

$$TS = 294 - 120 = 174 \text{ мкм}.$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение

$$S_{\max} - S_{\min} = Td + TD, \quad (3.11)$$

$$174 \text{ мкм} = 174 \text{ мкм}.$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}120\text{H}9/d9$ (в системе отверстия) представлена на рисунке 3.1, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунке 3.2.

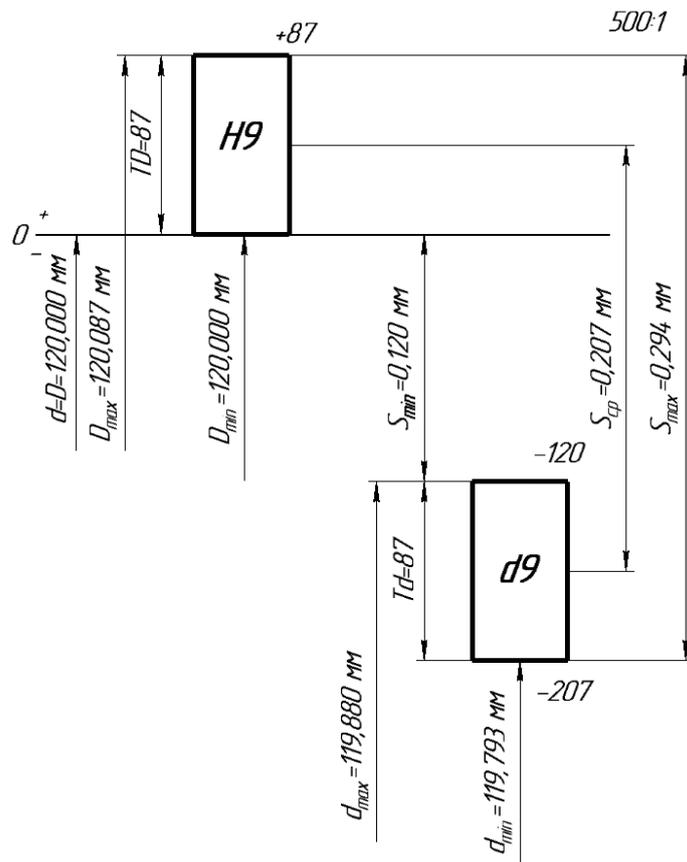


Рисунок 3.1 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}120\text{H}9/\text{d}9$

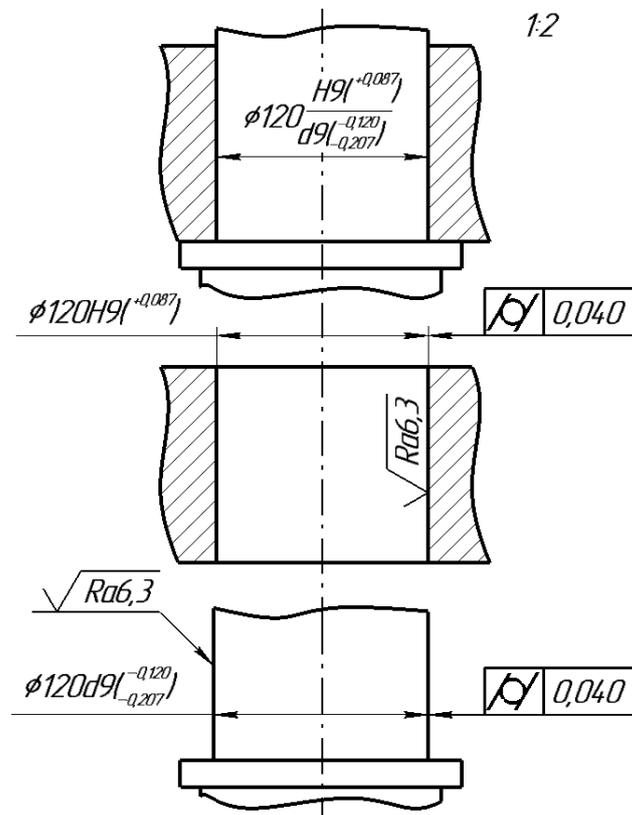


Рисунок 3.2 – Эскизы сопрягаемых деталей

3.1.2 Расчет посадки с зазором в системе вала

По исходным данным, приведенным в п. 3.1.1, выполните аналогичные расчеты характеристик вала и отверстия, а также посадки для системы вала. Приведите схему расположения интервалов (полей) допусков посадки и эскизы сопрягаемых деталей.

Решение

При переводе посадок из системы отверстия в систему вала пользуются следующим *правилом*:

- квалитеты точности вала и отверстия сохраняются;
- меняются основные отклонения: у интервала (поля) допуска неосновного вала становится основным валом, эквивалентного классу допуска вала h , у а интервала (поля) допуска основного отверстия, эквивалентного классу допуска отверстия H заменяется интервалом (полем) допуска неосновного отверстия, соответствующего интервалу (полю) допуска вала в системе отверстия (в данном случае D).

В соответствии с этим правилом посадка в систему вала будет иметь условное обозначение $D9/h9$.

Повторяем расчеты, приведенные в п. 3.1.1, для системы вала.

Номинальные диаметры вала и отверстия $d = D = 120,000$ мм.

3.1.2.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом (полем) допуска $h9$, то величины отклонений нужно взять из таблицы 22 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения h . На пересечении интервала размеров свыше 50 до 80 мм (строка) и интервала (поля) допуска вала $h9$ (столбец), находим отклонения: $es = 0$ мкм, $ei = -87$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полем) допуска $D9$, определяем по таблице 3 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения D . Находим: $ES = 207$ мкм; $EI = 120$ мкм.

3.1.2.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала определяем по формулам (3.1) и (3.2)

$$d_{\max} = 120,000 - 0 = 120,000 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 120,000 - 0,087 = 119,913 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия находим по формулам (3.3) и (3.4)

$$D_{\max} = 120,000 + 0,207 = 120,207 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 120,000 + 0,120 = 120,120 \text{ мм}.$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам (3.5) и (3.6)

$$Td = 0 - (-87) = 87 \text{ мкм},$$

$$TD = 207 - 120 = 87 \text{ мкм}.$$

3.1.2.3 Соединение выполнено по посадке с зазором (размеры вала меньше, чем размеры отверстия).

Согласно требованиям ГОСТ 25346-89 и ГОСТ 25346-2013 наибольший и наименьший зазоры рассчитываем по формулам (3.7) и (3.8)

$$S_{\max}(N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min},$$

$$S_{\min}(N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max},$$

$$S_{\max} = 120,207 - 119,913 = 0,294 \text{ мм} = 294 \text{ мкм},$$

$$S_{\min} = 120,120 - 120,000 = 0,120 \text{ мм} = 120 \text{ мкм}.$$

Оба результата вычислений имеют положительные значения. Это означает, что посадка имеет наибольший зазор 0,294 мм, наименьший зазор 0,120 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка выполнена с зазором.

Рассчитываем средний зазор (3.9)

$$S_{\text{cp}} = \frac{294 + 120}{2} = 207 \text{ мкм}.$$

Определяем диапазон посадки по формуле (3.10)

$$TS = 294 - 120 = 174 \text{ мкм}.$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение

(3.11):

$$174 \text{ мкм} = 174 \text{ мкм.}$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}120D9/h9$ (в системе вала) представлена на рисунке 3.3, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунке 3.4.

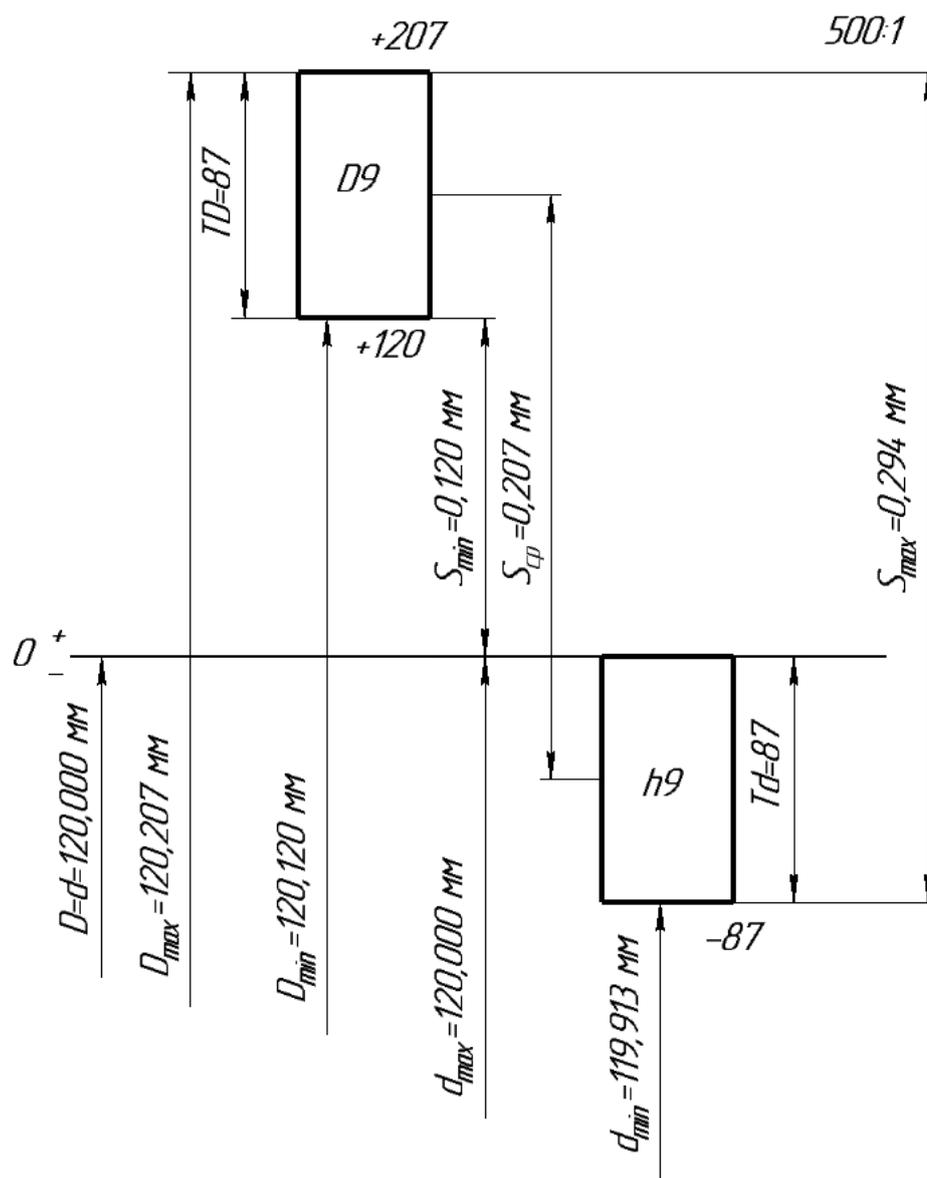


Рисунок 3.3 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}120D9/h9$

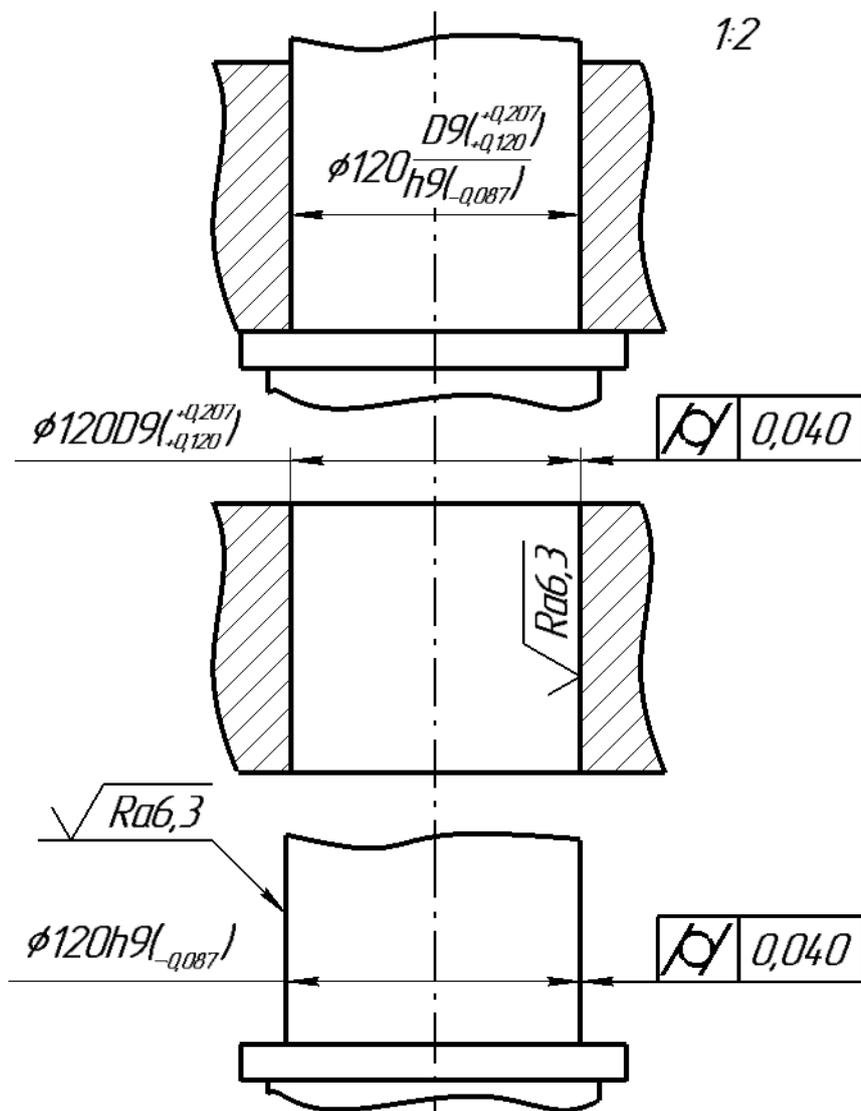


Рисунок 3.4 – Эскизы сопрягаемых деталей

3.2 Расчет посадки с натягом

3.2.1 Расчет посадки с натягом в системе отверстия

Дано соединение вала и втулки с номинальным диаметром 70,000 мм, выполненное по посадке $H7/t7$. Определите:

- 1) величины верхних и нижних предельных отклонений соответственно для вала и отверстия (es , ei , ES , EI) по ГОСТ 25347-2013;
- 2) предельные размеры деталей, образующих соединение (d_{\max} , d_{\min} , D_{\max} , D_{\min}), а также допуски вала Td и отверстия TD ;
- 3) наибольший и наименьший натяги (N_{\max} , N_{\min});

4) диапазон посадки.

Проверьте правильность выполненного расчета.

Постройте в масштабе схемы расположения интервалов (полей) допусков посадок. Выполните эскизы узлов и отдельных деталей для заданного соединения, указав номинальные размеры с условным обозначением посадки и предельными отклонениями.

Решение

Посадка выполнена в системе отверстия, так как в числителе обозначен интервал (поле) допуска основного отверстия $H7$ – класс допуска. Номинальный диаметр является общим для вала и отверстия, т. е. $d = D = 70,000$ мм.

3.2.1.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом (полем) допуска $t7$ (при графическом обозначении) либо класс допуска – при идентификации основного отклонения, то величины отклонений нужно взять из таблицы 29 ГОСТ 25347-2013 для идентификаторов основных отклонений t и u . На пересечении интервала размеров свыше 50 до 80 мм (строка) и интервала (поля) допуска вала $t7$ (столбец), находим отклонения: $es = +105$ мкм, $ei = +75$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полем) допуска $H7$, определяем по таблице 6 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения H . Находим: $ES = +30$ мкм; $EI = 0$ мкм.

3.2.1.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала находим по формулам (3.1), (3.2)

$$d_{\max} = 70,000 + 0,105 = 70,105 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 70,000 + 0,075 = 70,075 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия вычисляем по формулам (3.4), (3.5)

$$D_{\max} = 70,000 + 0,030 = 70,030 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 70,000 + 0 = 70,000 \text{ мм.}$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам (3.6), (3.7)

$$Td = 105 - 75 = 30 \text{ мкм,}$$

$$TD = 30 - 0 = 30 \text{ мкм.}$$

3.2.1.3 Соединение выполнено по посадке с натягом (размеры вала больше, чем размеры отверстия). Согласно требованиям ГОСТ 25346-89 наибольший и наименьший зазоры рассчитываем по формулам

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} = es - EI, \quad (3.12)$$

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} = ei - ES, \quad (3.13)$$

$$N_{\max} = 70,105 - 70,000 = 0,105 \text{ мм} = 105 \text{ мкм,}$$

$$N_{\min} = 70,075 - 70,030 = 0,045 \text{ мм} = 45 \text{ мкм.}$$

Согласно требованиям ГОСТ 25346-2013 зазор наименьший и натяг наибольший рассчитываем по формуле 3.7

$$S_{\min}(N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}.$$

Наибольший зазор и наименьший натяг рассчитываем по формуле 3.8

$$S_{\max}(N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}.$$

$$S_{\min}(N_{\max}) = 70,000 - 70,105 = -0,105 \text{ мм} = -105 \text{ мкм,}$$

$$S_{\max}(N_{\min}) = 70,030 - 70,075 = -0,045 \text{ мм} = -45 \text{ мкм.}$$

Оба результата вычислений имеют отрицательные значения. Это означает, что посадка имеет наибольший натяг 0,105 мм, наименьший натяг 0,045 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка выполнена с натягом.

Рассчитываем средний натяг по формуле

$$N_{\text{cp}} = \frac{N_{\max} + N_{\min}}{2}, \quad (3.14)$$

$$N_{\text{cp}} = \frac{105 + 45}{2} = 75 \text{ мкм.}$$

3.2.1.4 Определяем диапазон посадки по формуле

$$TN = N_{\max} - N_{\min}, \quad (3.15)$$

$$TN = 105 - 45 = 60 \text{ мкм.}$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение

$$N_{\max} + N_{\min} = Td + TD; \quad (3.16)$$

$$60 \text{ мкм} = 60 \text{ мкм.}$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}70\text{H}7/\text{f}7$ (в системе отверстия) представлена на рисунке 3.5, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунок 3.6.

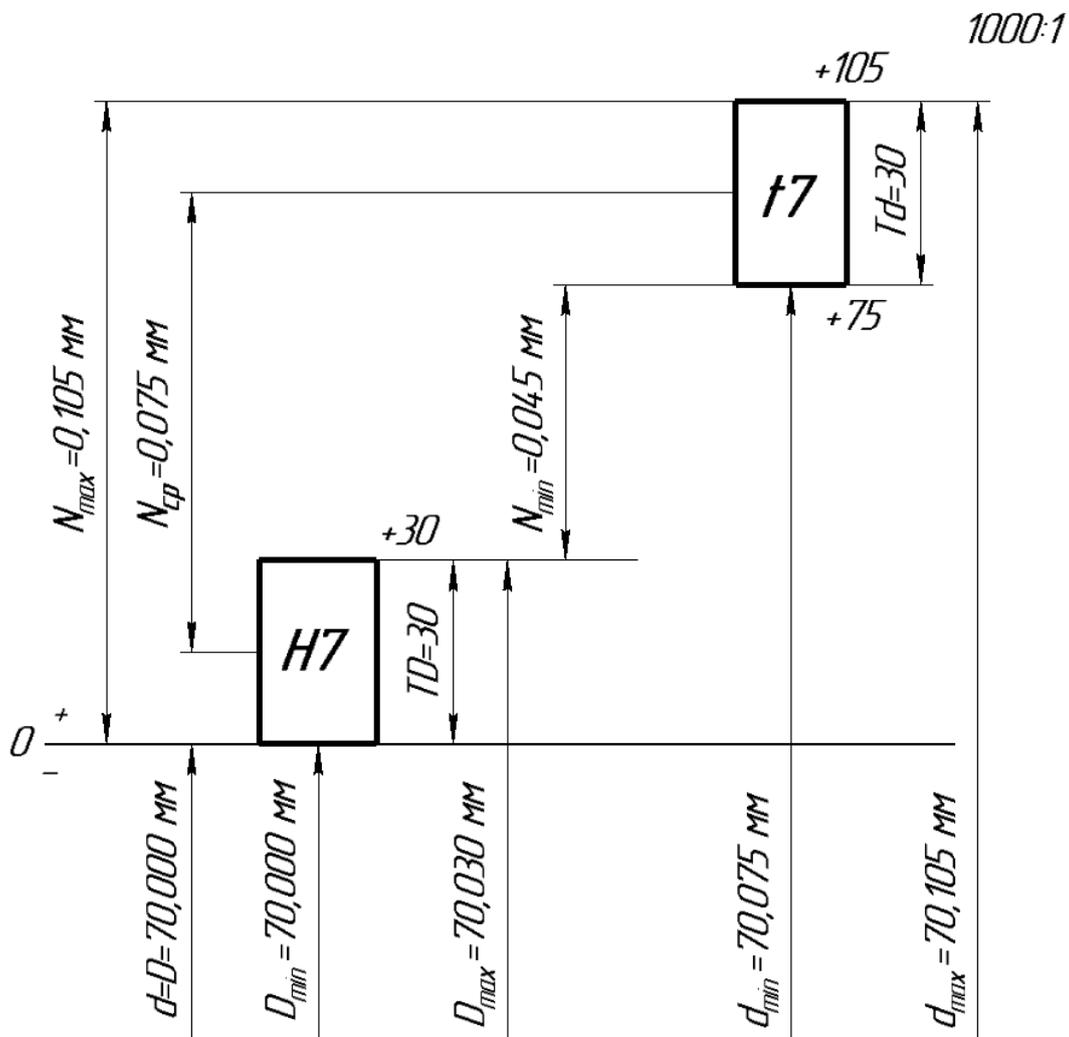


Рисунок 3.5 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\text{Ø}70\text{H}7/\text{f}7$

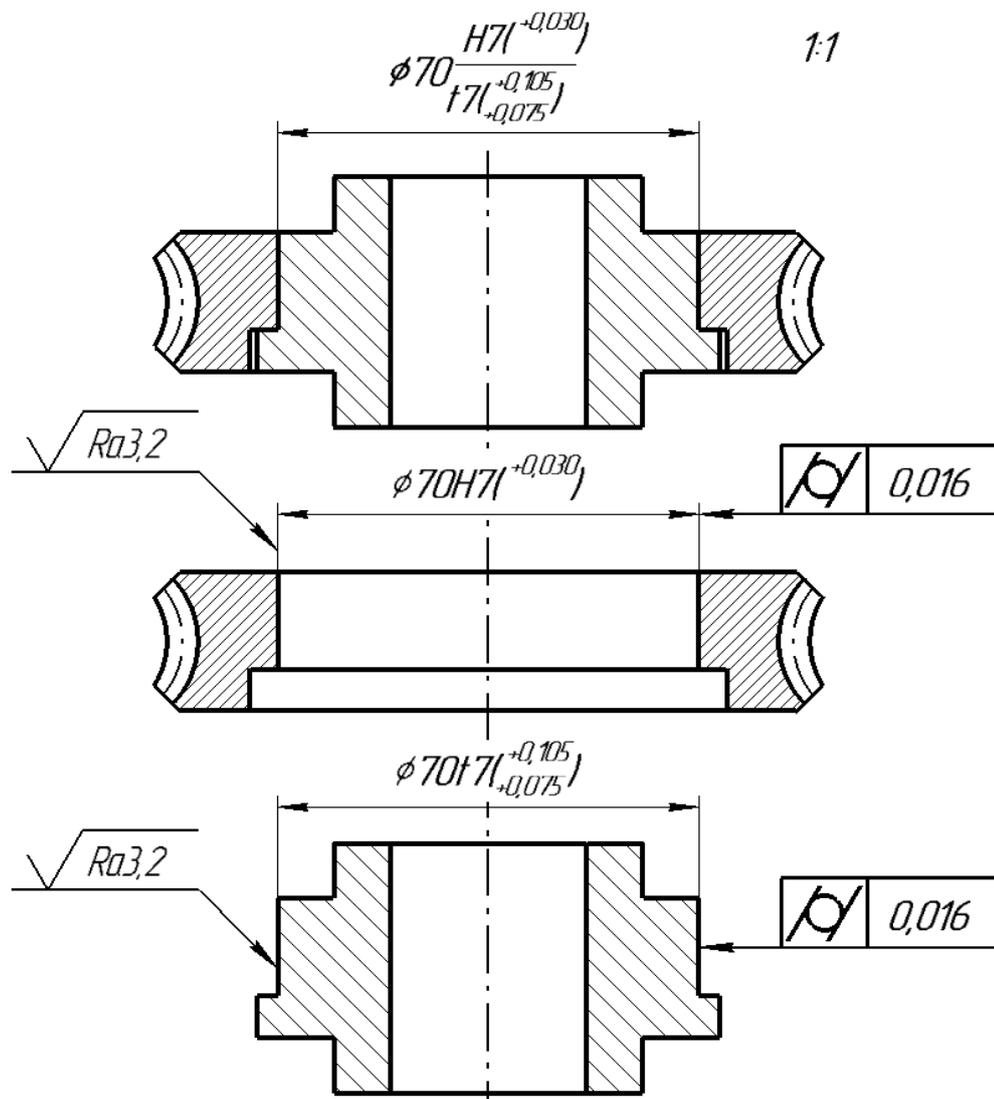


Рисунок 3.6 – Эскизы сопрягаемых деталей

3.2.2 Расчет посадки с натягом в системе вала

По исходным данным, приведенным в п. 3.2.1, выполните аналогичные расчеты характеристик вала и отверстия, а также посадки для системы вала. Приведите схему расположения интервалов (полей) допусков посадки и эскизы сопрягаемых деталей.

Решение

При переводе посадок из системы отверстия в систему вала пользуются правилом, приведённым в п. 3.1.2. В соответствии с этим правилом посадка в систему вала будет иметь условное обозначение $\phi 70T7/h7$. Повторяем расчеты, приведенные для посадки в системе отверстия, для системы вала.

Номинальные диаметры вала и отверстия $d = D = 70,000$ мм.

3.2.2.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом (полем) допуска $h7$, то величины отклонений нужно взять из таблицы 22 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения h . На пересечении интервала размеров свыше 50 до 80 мм (строка) и интервала (поля) допуска вала $h7$ (столбец), находим отклонения: $es = 0$ мкм, $ei = -30$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полем) допуска $T7$, определяем по таблице 13 ГОСТ 25347-2013 для идентификаторов основного отклонения T и U . Находим: $ES = -64$ мкм; $EI = -94$ мкм.

3.2.2.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала определяем по формулам (3.1) и (3.2)

$$d_{\max} = 70,000 + 0 = 70,000 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 70,000 - 0,030 = 69,970 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия находим по формулам (3.3) и (3.4)

$$D_{\max} = 70,000 - 0,064 = 69,936 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 70,000 - 0,094 = 69,906 \text{ мм}.$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам (3.5) и (3.6)

$$Td = 0 + 30 = 30 \text{ мкм},$$

$$TD = -64 + 94 = 30 \text{ мкм}.$$

3.2.2.3 Соединение выполнено по посадке с натягом (размеры вала больше, чем размеры отверстия).

Согласно требованиям ГОСТ 25346-89 рассчитываем наибольший и наименьший натяги по формулам (3.12) и (3.13)

$$N_{\max} = 70,000 - 69,906 = 0,094 \text{ мм} = 94 \text{ мкм},$$

$$N_{\min} = 69,970 - 69,936 = 0,034 \text{ мм} = 34 \text{ мкм}.$$

Согласно требованиям ГОСТ 25346-2013 зазор наименьший и натяг наибольший рассчитываем по формуле 3.7

$$S_{\min}(N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}.$$

Наибольший зазор и наименьший натяг рассчитываем по формуле 3.8

$$S_{\max}(N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}.$$

$$S_{\min}(N_{\max}) = 69,906 - 70,000 = -0,094 \text{ мм} = -94 \text{ мкм},$$

$$S_{\max}(N_{\min}) = 69,936 - 69,970 = -0,034 \text{ мм} = -34 \text{ мкм}.$$

Оба результата вычислений имеют отрицательные значения. Это означает, что посадка имеет наибольший натяг 0,094 мм, наименьший натяг 0,034 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка выполнена с натягом.

Рассчитываем средний натяг (3.14)

$$N_{\text{cp}} = \frac{94 + 34}{2} = 64 \text{ мкм}.$$

3.2.2.4 Определяем диапазон посадки по формуле (3.15)

$$TN = 94 - 34 = 60 \text{ мкм}.$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение (3.16)

$$60 \text{ мкм} = 60 \text{ мкм}.$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 70T7/h7$ (в системе вала) представлена на рисунке 3.7, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунке 3.8.

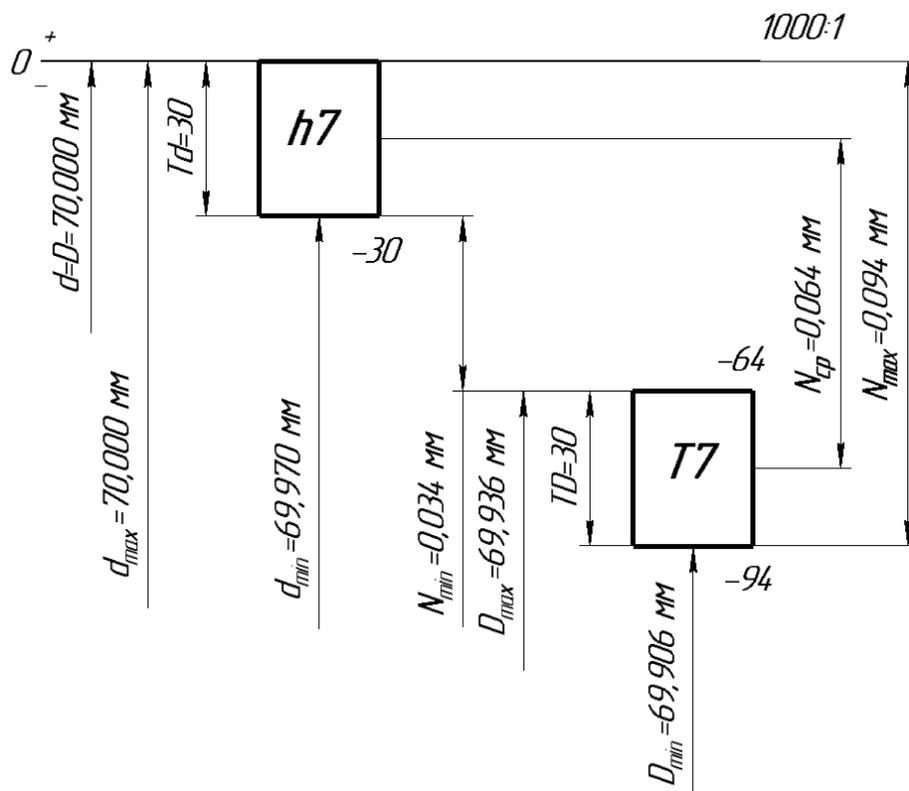


Рисунок 3.7 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 70H7/t7$

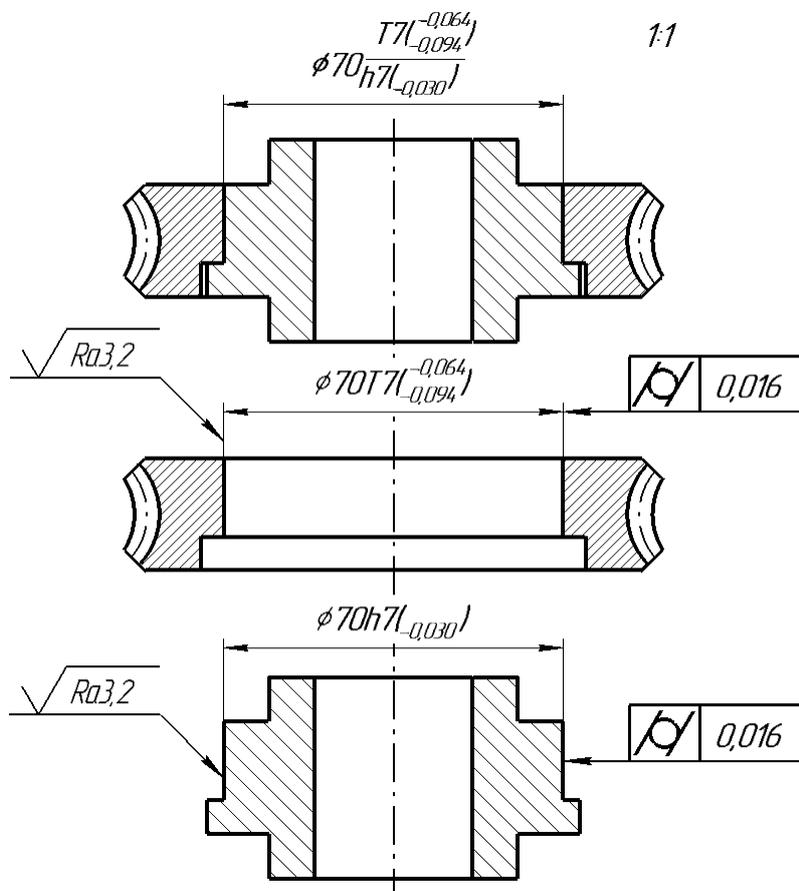


Рисунок 3.8 – Эскизы сопрягаемых деталей

3.3 Расчет переходной посадки

3.3.1 Расчет переходной посадки в системе отверстия

Дано соединение вала и втулки с номинальным диаметром 30,000 мм, выполненное по посадке $H7/n6$. Определите:

1) величины верхних и нижних предельных отклонений соответственно для вала и отверстия (es, ei, ES, EI) по ГОСТ 25347-2013;

2) предельные размеры деталей, образующих соединение ($d_{\max}, d_{\min}, D_{\max}, D_{\min}$), а также допуски вала Td и отверстия TD ;

3) характер посадки (с зазором, с натягом, переходная). Для переходной посадки вычислите S_{\max}, N_{\max} ;

4) диапазон посадки.

Проверьте правильность выполненного расчета.

Постройте в масштабе схемы расположения интервалов (полей) допусков посадок. Выполните эскизы узлов и отдельных деталей для заданного соединения, указав номинальные размеры с условным обозначением посадки и предельными отклонениями.

Решение

Посадка выполнена в системе отверстия, так как в числителе обозначен интервал (поле) допуска основного отверстия $H7$ – класс допуска. Номинальный диаметр является общим для вала и отверстия, т. е. $d = D = 30,000$ мм.

3.3.1.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом (полем) допуска $n6$ (при графическом обозначении) либо класс допуска – при идентификации основного отклонения, то величины отклонений нужно взять из таблицы 25 ГОСТ 25347-2013 для основных отклонений n . На пересечении интервала размеров свыше 18 до 30 мм (строка) и интервала (поля) допуска

вала $n6$ (столбец), находим отклонения: $es = +28$ мкм, $ei = +15$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полем) допуска $H7$, определяем по таблице 6 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения H . Находим: $ES = +21$ мкм; $EI = 0$ мкм.

3.3.1.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала находим по формулам (3.1), (3.2)

$$d_{\max} = 30,000 + 0,028 = 30,028 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 30,000 + 0,015 = 30,015 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия вычисляем по формулам (3.3), (3.4)

$$D_{\max} = 30,000 + 0,021 = 30,021 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 30,000 + 0 = 30,000 \text{ мм}.$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам (3.5), (3.6)

$$Td = 28 - 15 = 13 \text{ мкм},$$

$$TD = 21 - 0 = 21 \text{ мкм}.$$

3.3.1.3 Так как соединение выполнено по переходной посадке согласно требованиям ГОСТ 25346-89 рассчитываем наибольший зазор и наибольший натяг по формулам (3.7), (3.12)

$$S_{\max} = 30,021 - 30,015 = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм},$$

$$N_{\max} = 30,028 - 30,000 = 0,028 \text{ мм} = 28 \text{ мкм}.$$

Согласно требованиям ГОСТ 25346-2013 зазор наименьший и натяг наибольший рассчитываем по формуле 3.7

$$S_{\min}(N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}.$$

Наибольший зазор и наименьший натяг рассчитываем по формуле 3.8

$$S_{\max}(N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}.$$

$$S_{\min}(N_{\max}) = 30,000 - 30,028 = -0,028 \text{ мм} = -28 \text{ мкм},$$

$$S_{\max}(N_{\min}) = 30,021 - 30,015 = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм}.$$

Результаты вычислений имеют положительное и отрицательное значения. Это означает, что посадка имеет наибольший натяг 0,028 мм, наибольший зазор 0,006 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка переходная.

3.3.1.4 Определяем диапазон посадки по формуле

$$TS(N) = S_{\max} + N_{\max}, \quad (3.17)$$

$$TS(N) = 6 + 28 = 34 \text{ мкм.}$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение

$$S_{\max} + N_{\max} = Td + TD, \quad (3.18)$$

$$34 \text{ мкм} = 34 \text{ мкм.}$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 30H7/n6$ (в системе отверстия) представлена на рисунке 3.9, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунке 3.10.

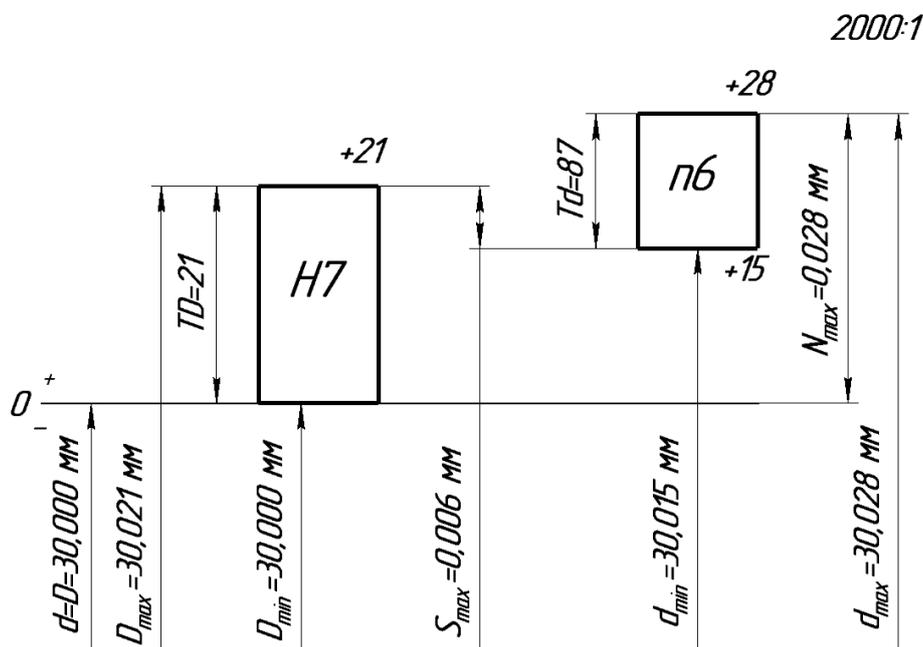


Рисунок 3.9 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 30H7/n6$

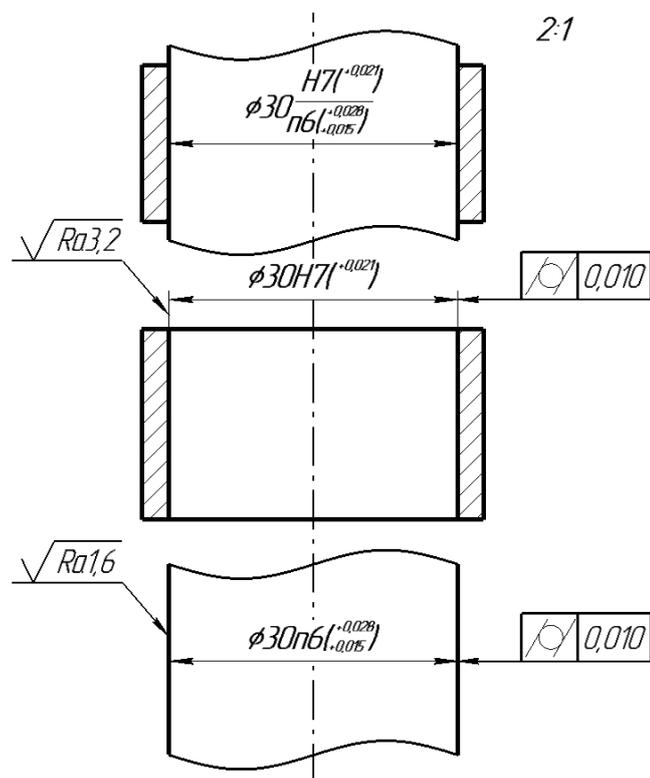


Рисунок 3.10 – Эскизы сопрягаемых деталей

3.3.2 Расчет переходной посадки в системе вала

По исходным данным, приведенным в п. 3.3.1, выполните аналогичные расчеты характеристик вала и отверстия, а также посадки для системы вала. Приведите схему расположения интервалов (полей) допусков посадки и эскизы сопрягаемых деталей.

Решение

При переводе посадок из системы отверстия в систему вала пользуются правилом, приведённым в п. 3.1.2. В соответствии с этим правилом посадка в систему вала будет иметь условное обозначение $N7/h6$. Повторяем расчеты, приведенные в п. 3.3.1, для системы вала.

Номинальные диаметры вала и отверстия $d = D = 30,000$ мм.

3.3.2.1 Величины предельных отклонений определяем по ГОСТ 25347-2013. При этом необходимо учитывать, что в данном стандарте предельные отклонения объединены для интервалов размеров в зависимости от идентификаторов основных отклонений. Так как вал выполнен с интервалом

(полем) допуска $h6$, то величины отклонений нужно взять из таблицы 22 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения h . На пересечении интервала размеров свыше 18 до 30 мм (строка) и интервала (поля) допуска вала $h6$ (столбец), находим отклонения: $es = 0$ мкм, $ei = -13$ мкм. Предельные отклонения отверстия, выполненного с интервалом (полем) допуска $N7$, определяем по таблице 9 ГОСТ 25347-2013 для идентификатора основного отклонения N . Находим: $ES = -7$ мкм; $EI = -28$ мкм.

3.3.2.2 Определяем предельные размеры деталей, образующих соединение, а также допуски вала и отверстия.

Предельные размеры вала определяем по формулам (3.1), (3.2)

$$d_{\max} = 30,000 + 0 = 30,000 \text{ мм},$$

$$d_{\min} = 30,000 - 0,013 = 29,987 \text{ мм}.$$

Предельные размеры отверстия находим по формулам (3.3), (3.4)

$$D_{\max} = 30,000 - 0,007 = 29,993 \text{ мм},$$

$$D_{\min} = 30,000 - 0,028 = 29,972 \text{ мм}.$$

Допуски вала и отверстия рассчитываем по формулам (3.5), (3.6)

$$Td = 0 + 13 = 13 \text{ мкм},$$

$$TD = (-7) + 28 = 21 \text{ мкм}.$$

3.3.2.3 Так как соединение выполнено по переходной посадке Согласно требованиям ГОСТ 25346-89 рассчитываем наибольший зазор и наибольший натяг по формулам (3.7), (3.12)

$$S_{\max} = 29,993 - 29,987 = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм},$$

$$N_{\max} = 30,000 - 29,972 = 0,028 \text{ мм} = 28 \text{ мкм}.$$

Согласно требованиям ГОСТ 25346-2013 зазор наименьший и натяг наибольший рассчитываем по формуле 3.7

$$S_{\min}(N_{\max}) = D_{\min} - d_{\max}.$$

Наибольший зазор и наименьший натяг рассчитываем по формуле 3.8

$$S_{\max}(N_{\min}) = D_{\max} - d_{\min}.$$

$$S_{\min}(N_{\max}) = 29,972 - 30,000 = -0,028 \text{ мм} = -28 \text{ мкм},$$

$$S_{\max}(N_{\min}) = 29,993 - 29,987 = 0,006 \text{ мм} = 6 \text{ мкм.}$$

Результаты вычислений имеют положительное и отрицательное значения. Это означает, что посадка имеет наибольший натяг 0,028 мм, наибольший зазор 0,006 мм. Следуя рекомендациям ГОСТ 25346-2013 (приложение В) по определению посадок и классов допуски, мы приходим к выводу, что посадка переходная.

3.3.2.4 Определяем диапазон посадки по формуле (3.17)

$$TS(N) = 6 + 28 = 34 \text{ мкм.}$$

Проверяем правильность выполненного расчета, используя соотношение 3.18

$$34 \text{ мкм} = 34 \text{ мкм.}$$

Расчет выполнен верно. Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 30N7/h6$ (в системе вала) представлена на рисунке 3.11, эскизы сопрягаемых деталей приведены на рисунке 3.12.

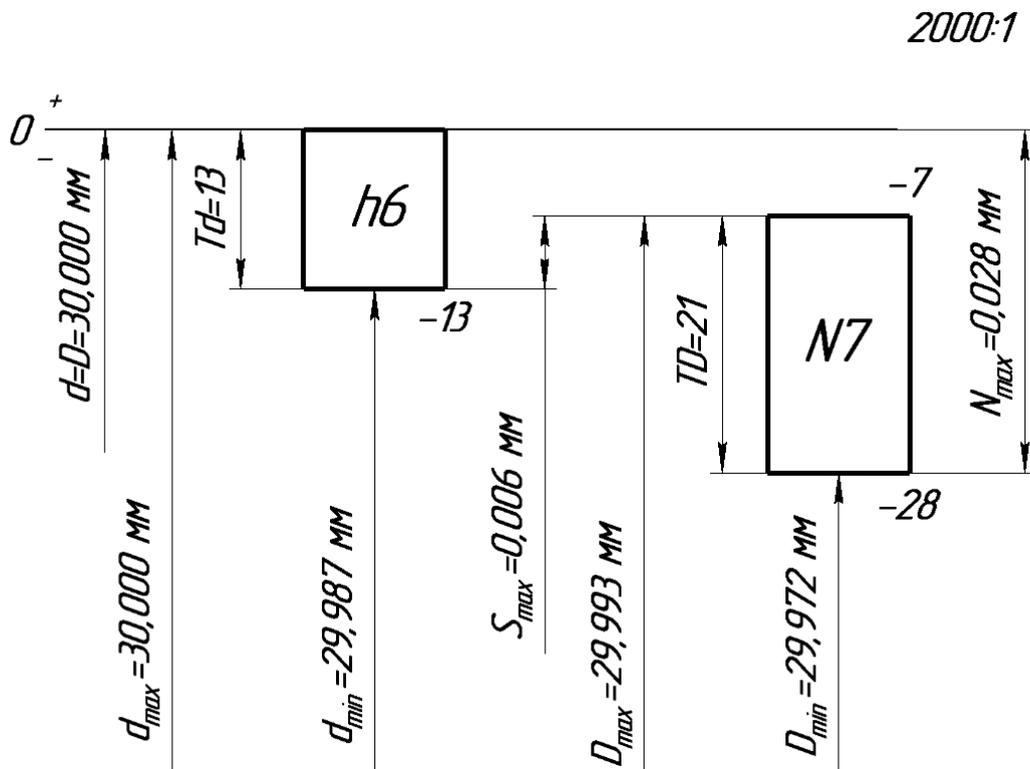


Рисунок 3.11 – Схема расположения интервалов (полей) допусков посадки $\varnothing 30N7/h6$

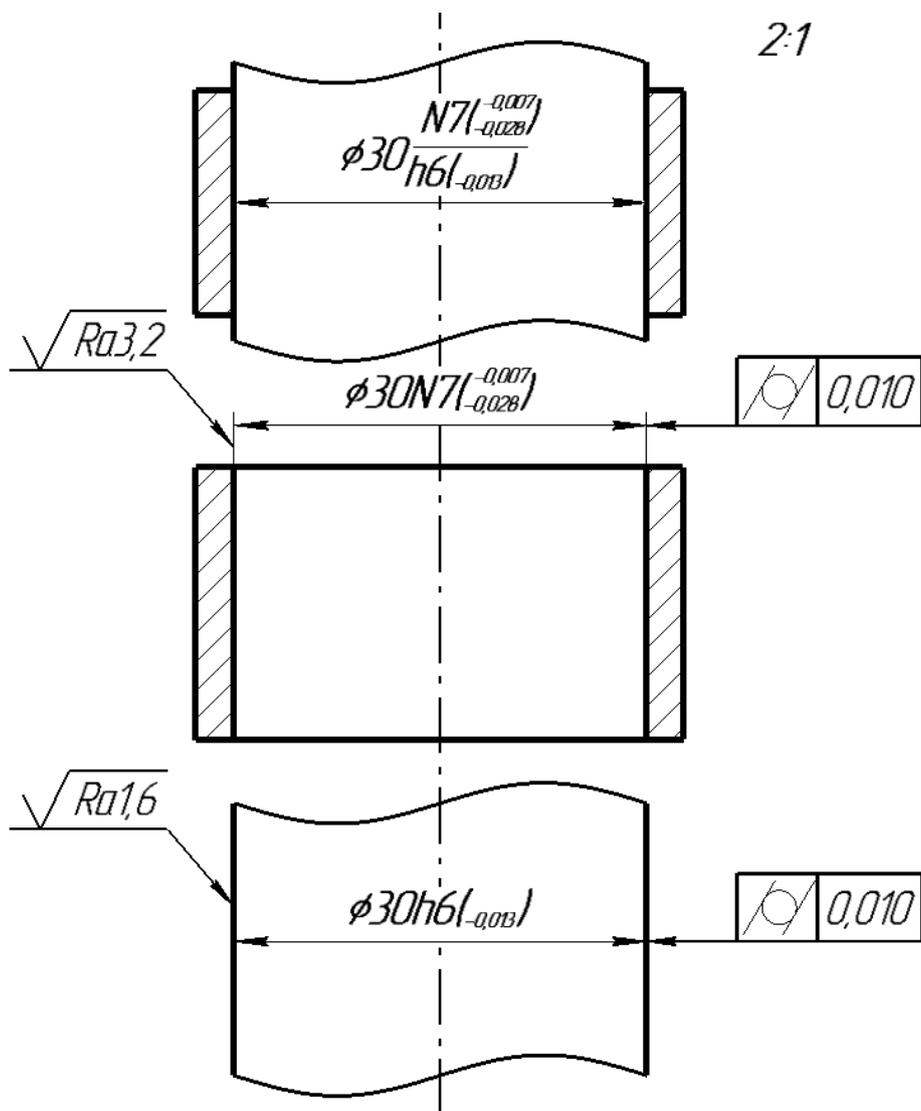


Рисунок 3.12 – Эскизы сопрягаемых деталей

Контрольные вопросы

1 Что понимают под геометрическими характеристиками? Какие характеристики к ним относятся? Как на чертежах изображаются производные геометрические элементы?

2 Какие размеры называют действительными? От чего зависят и в каких пределах должны находиться их числовые значения?

3 Перечислите основные отличия в терминах и определениях, связанные с размерами геометрических элементов и их отклонениями, по ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88) и ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010).

4 Что называется допуском? Выведите формулу для вычисления допуска через предельные размеры отверстия и вала?

5 Что называется нулевой линией и интервалом допуска? Может ли допуск равняться нулю или быть отрицательным?

6 Что называется отклонением размера? Можно ли учитывать отклонения размера только по абсолютной величине?

7 Перечислите основные отличия в терминах и определениях, связанные с посадками и системой посадок по ГОСТ 25346-89 (СТ СЭВ 145-88) и ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010).

8 В каких международных стандартах изложены основные принципы построения Единой системы допусков и посадок (ЕСДП ИСО)?

9 Что называют посадкой? Почему они введены и какими параметрами характеризуются? Приведите определения посадок в системе отверстия и в системе вала. Какая система предпочтительнее?

10 Дайте определения понятиям «посадка с зазором», «посадка с натягом» и «переходная посадка». Приведите формулы для вычисления диапазона посадок, применимые для всех видов посадок.

Тестовые задания

1 «Совокупность физически существующих геометрических элементов, которые отделяют всю деталь от окружающей среды» это определение термина ...

- а) «реальная поверхность детали»;
- б) «полный номинальный геометрический элемент»;
- в) «выявленная поверхность»;
- г) «присоединенный (совмещенный) полный элемент».

2 «Производная средняя линия выявленной конической поверхности определяется как геометрическое место центров поперечных сечений» это определение термина ...

- а) «выявленная средняя линия конуса»;
- б) «выявленная средняя поверхность»;
- в) «выявленная средняя линия цилиндра»;
- г) «геометрическое место центров сечений поверхности вращения, перпендикулярных к оси прилегающей поверхности».

3 «Местный размер для элемента, образованного двумя параллельными выявленными поверхностями» это определение термина ...

- а) «местный размер (местный диаметр) выявленного цилиндра»;
- б) «расстояние между двумя точками на противоположащих выявленных поверхностях»;
- в) «расстояние между двумя точками на противоположащих выявленных поверхностях»;
- г) «местный размер для элемента, образованного двумя параллельными выявленными линиями».

4 «Центральная точка, средняя линия или средняя поверхность, произведенные от одного или нескольких реальных полных элементов» это определение термина ...

- а) «выявленный геометрический элемент»;
- б) «выявленный производный элемент»;
- в) «присоединенный (совмещенный) полный элемент»;
- г) «присоединенный производный элемент».

5 Согласно ГОСТ 25346-2013 действительный размер это...

- а) размер, полученный в результате расчетов;
- б) минимальный размер, при котором деталь еще годна;
- в) размер элемента, установленный измерением;
- г) размер присоединенного полного элемента.

6 Согласно ГОСТ 25346-2013 интервал допуска это...

- а) разность между нижним и верхним отклонением;
- б) разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами;
- в) совокупность значений размера между пределами допуска, включая эти пределы;
- г) поле, ограниченное наибольшим и наименьшим предельными размерами и определяемое величиной допуска и его положением относительно номинального размера.

7 Согласно ГОСТ 25346-2013 посадка это...

- а) характер соединения деталей, при котором образуются как зазоры, так и натяги;
- б) характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки;
- в) соединение вала с отверстием;

г) соединение наружного размерного элемента и внутреннего размерного элемента (отверстия и вала), участвующих в сборке.

8 Верхнему отклонению отверстия соответствует обозначение...

- а) es ;
- б) EI ;
- в) ES ;
- г) ei .

9 Согласно ГОСТ 25346-2013 зазор это...

- а) разность размеров отверстия и вала;
- б) разность между размерами отверстия и вала до сборки, если размер отверстия больше размера вала;
- в) разность между сопрягаемыми поверхностями;
- г) разность между размерами отверстия и вала, когда диаметр вала меньше диаметра отверстия.

10 Условие «разность размеров отверстия и вала до сборки, когда диаметр вала больше диаметра отверстия» характерно для ...

- а) посадки с зазором;
- б) посадки с натягом;
- в) переходной посадки;
- г) всех выше перечисленных посадок.

11 Согласно ГОСТ 25346-2013 квалитет это...

- а) группа допусков на линейные размеры, характеризующаяся общим обозначением;
- б) порядковый номер точности;
- в) совокупность допусков на линейные размеры, рассматриваемых как соответствующие одному уровню точности для всех номинальных размеров;

г) степень точности размера.

12 Согласно ГОСТ 25346-2013 основной вал это...

- а) вал, выбранный за базовый для посадок в системе вала;
- б) вал, верхнее отклонение которого равно нулю;
- в) вал, нижнее отклонение которого равно нулю;
- г) вал, условно обозначаемый буквой Н.

13 На рабочих чертежах деталей указываются...

- а) действительные размеры;
- б) предельные размеры;
- в) номинальные размеры;
- г) сборочные размеры.

14 Номинальные размеры на чертежах проставляют в...

- а) метрах;
- б) сантиметрах;
- в) миллиметрах;
- г) микрометрах.

15 Посадка, в которой основное отклонение (нижнее предельное отклонение) отверстия равно нулю, называется ...

- а) посадкой в системе отверстия;
- б) посадкой в системе вала;
- в) комбинированной посадкой;
- г) внесистемной посадкой.

16 Арифметическая сумма допусков размеров двух размерных элементов, образующих посадку это...

- а) допуск посадки;

- б) действительный размер;
- в) диапазон посадки;
- г) средний зазор (натяг).

17 Наибольший зазор вычисляют как ...

- а) $D_{\max} - d_{\min}$;
- б) $d_{\max} - D_{\min}$;
- в) $D_{\min} - d_{\max}$;
- г) $d_{\min} - D_{\max}$.

18 Зная предельные отклонения, наименьший зазор можно вычислить как ...

- а) $ES - ei$;
- б) $es - EI$;
- в) $ei - ES$;
- г) $EI - es$.

19 Диапазон для посадки с натягом вычисляют как ...

- а) $S_{\max} - S_{\min}$;
- б) $N_{\max} - N_{\min}$;
- в) $|S_{\max}| + |N_{\max}|$;
- г) $S_{\max} - N_{\min}$.

20 В ГОСТ 25346-2013 не регламентирован термин ...

- а) «верхний предельный размер»;
- б) «размер»;
- в) «размерный элемент»;
- г) «интервал допуска».

Список использованных источников

1 ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. – Введ. 2015-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 43 с.

2 Леонов, О. А. Расчет посадок соединений со шпонками для сельскохозяйственной техники / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова. – Электрон. текстовые дан. // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», 2014. – Вып. 2 – С. 13-15. – Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/vmgau-02-2014-02.pdf/download/vmgau-02-2014-02.pdf> – 22.11.2018.

3 Леонов, О. А. Реализация теоретических исследований точностных параметров соединений «Вал - втулка со шпонкой» / О. А. Леонов, Ю. Г. Вергазова. – Электрон. текстовые дан. // Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина», 2015. – Вып. 5 – С. 41-47. Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/full/vmgau-07-2015-05.pdf/download/vmgau-07-2015-05.pdf> – 22.11.2018.

4 ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-2:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов. – Введ. 2015-07-01. – М. : Стандартинформ, 2014. – 54 с.

5 Палей, М. А. Допуски и посадки : справочник : в 2 ч. Ч. 1 / М. А. Палей, А. Б. Романов, В. А. Брагинский. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Политехника, 2009. – 530 с.

6 Третьяк, Л. Н. Практикум по дисциплине «Взаимозаменяемость» : учеб. пособие / Л. Н. Третьяк, А. С. Вольнов ; Оренбург. гос. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Оренбург : НикОс, 2011. – 240 с. – ISBN 978-5-4417-0006-1.

7 Третьяк, Л.Н. Нормирование точности гладких цилиндрических соединений: методические указания / Л.Н. Третьяк. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. – 28 с.

Ответы к тестам

Номер задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ответ	а	а	б	б	г	в	г	в	г	б
Номер задания	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ответ	а	а	в	в	а	в	а	г	б	б

Приложение А (обязательное)

Значения допусков для номинальных размеров до 3150 мм

Таблица А.1 – Значения допусков для номинальных размеров до 3150 мм (по ГОСТ 25346-2013)

Номинальный размер, мм		Значение стандартного допуска																			
		мкм										мм									
Св.	До включ.	для качества																			
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Приложение Б (обязательное)

Сравнение структуры таблиц в ГОСТ 25347-2013 (ISO 286-1:2010) относительно ГОСТ 25347-82

Таблица Б.1 – Предельные отклонения отверстий (основные отклонения М и N) (фрагмент из ГОСТ 25347-2013)

Предельные отклонения в микрометрах

Номинальный размер, мм		М								N								
Св.	До включ.	3	4	5	6	7	8	9	10	3	4	5	6	7	8	9 ^{a)}	10 ^{a)}	11 ^{a)}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
–	3 ^{a)}	-2 -4	-2 -5	-2 -6	-2 -8	-2 -12	-2 -16	-2 -27	-2 -42	-4 -6	-4 -7	-4 -8	-4 -10	-4 -14	-4 -18	-4 -29	-4 -44	-4 -64
3	6	-3 -5,5	-2,5 -6,5	-3 -8	-1 -9	0 -12	+2 -16	-4 -34	-4 -52	-7 -9,5	-6,5 -10,5	-7 -12	-5 -13	-4 -16	-2 -20	0 -30	0 -48	0 -75
6	10	-5 -7,5	-4,5 -8,5	-4 -10	-3 -12	0 -15	+1 -21	-6 -42	-6 -64	-9 -11,5	-8,5 -12,5	-8 -14	-7 -16	-4 -19	-3 -25	0 -36	0 -58	0 -90
10	18	-6 -9	-5 -10	-4 -12	-4 -15	0 -18	+2 -25	-7 -50	-7 -77	-11 -14	-10 -15	-9 -17	-9 -20	-5 -23	-3 -30	0 -43	0 -70	0 -110
18	30	-6,5 -10,5	-6 -12	-5 -14	-4 -17	0 -21	+4 -29	-8 -60	-8 -92	-13,5 -17,5	-13 -19	-12 -21	-11 -24	-7 -28	-3 -36	0 -52	0 -84	0 -130
30	50	-7,5 -11,5	-6 -13	-5 -16	-4 -20	0 -25	+5 -34	-9 -71	-9 -109	-15,5 -19,5	-14 -21	-13 -24	-12 -28	-8 -33	-3 -42	0 -62	0 -100	0 -160
50	80			-6 -19	-5 -24	0 -30	+5 -41					-15 -28	-14 -33	-9 -39	-4 -50	0 -74	0 -120	0 -190
80	120			-8 -23	-6 -28	0 -35	+6 -48					-18 -33	-16 -38	-10 -45	-4 -58	0 -87	0 -140	0 -220
120	180			-9 -27	-8 -33	0 -40	+8 -55					-21 -39	-20 -45	-12 -52	-4 -67	0 -100	0 -160	0 -250
180	250			-11 -31	-8 -37	0 -46	+9 -63					-25 -45	-22 -51	-14 -60	-5 -77	0 -115	0 -185	0 -290
250	315			-13 -36	-9 -41	0 -52	+9 -72					-27 -50	-25 -57	-14 -66	-5 -86	0 -130	0 -210	0 -320
315	400			-14 -39	-10 -46	0 -57	+11 -78					-30 -55	-26 -62	-16 -73	-5 -94	0 -140	0 -230	0 -360

Продолжение таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
400	500			-16 -43	-10 -50	0 -63	+11 -86					-33 -60	-27 -67	-17 -80	-6 -103	0 -155	0 -250	0 -400
500	...																	
2500	3150				-76 -211	-76 -268	-76 -406						-135 -270	-135 -345	-135 -465	-135 -675		

^{a)} Классы допусков не применяют для номинальных диаметров до 1 мм включительно.

Таблица Б.2 – Поля допусков отверстий при номинальных размерах от 1 до 500 мм. Предельные отклонения по ГОСТ 25347-82 (фрагмент)

Интервал размеров, мм	Поля допусков										
	F7	G7	H7	JS7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7
	Предельные отклонения, мкм										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
От 1 до 3	+16	+12	+10	+5	0	-2	-4	-6	-10	-14	-
	+6	+2	0	-5	-10	-12	-14	-16	-20	-24	-
Свыше 3 до 6	+22	+16	+12	+6	+3	0	-4	-8	-11	-15	-
	+10	+4	0	-6	-9	-12	-16	-20	-23	-27	-
Свыше 6 до 10	+28	+20	+15	+7	+5	0	-4	-9	-13	-17	-
	+13	+5	0	-7	-10	-15	-19	-24	-28	-32	-
Свыше 10 до 14	+34	+24	+18	+9	+6	0	-5	-11	-16	-21	-
	+16	+6	0	-9	-12	-18	-23	-29	-34	-39	-
Свыше 14 до 18											-
											-
Свыше 18 до 24	+41	+28	+21	+10	6	0	-7	-14	-20	-27	-
	+20	+7	0	-10	-15	-21	-28	-35	-41	-48	-33
Свыше 24 до 30											-54
											-39
Свыше 30 до 40	+50	+34	+25	+12	+7	0	-8	-17	-25	-34	-64
	+25	+9	0	-12	-18	-25	-33	-42	-50	-59	-45
Свыше 40 до 50											-70
											-55
Свыше 50 до 65	+60	+40	+30	+15	+9	0	-9	-21	-30	-42	-85
	+30	+10	0	-15	-21	-30	-39	-51	-60	-72	-64
Свыше 65 до 80											-94
											-78
Свыше 80 до 100	+71	+47	+35	+17	+10	0	-10	-24	-38	-58	-113
	+36	+12	0	-17	-25	-35	-45	-59	-73	-93	-91
Свыше 100 до 120											-126
											-76

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Свыше 120 до 140									-48 -88	-77 -117	-107 -147
Свыше 140 до 160	+83 +43	+54 +14	+40 0	+20 -20	+12 -28	0 -40	-12 -52	-28 -68	-50 -90	-85 -125	-119 -159
Свыше 160 до 180									-53 -93	-93 -133	-131 -171
Свыше 180 до 200									-60 -106	-105 -151	-149 -195
Свыше 200 до 225	+96 +50	+61 +15	+46 0	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	-33 -79	-63 -109	-113 -159	-163 -209
Свыше 225 до 250									-67 -113	-123 -169	-179 -225
Свыше 250 до 280	+108 +56	+69 +17	+52 0	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	-36 -88	-74 -126	-138 -190	-198 -250
Свыше 280 до 315									-78 -130	-150 -202	-220 -272
Свыше 315 до 355	+119 +62	+75 +18	+57 0	+28 -28	+17 -40	0 -57	-16 -73	-41 -98	-87 -144	-169 -226	-247 -304
Свыше 355 до 400									-93 -150	-187 -244	-273 -330
Свыше 400 до 450	+131 +68	+83 +20	+63 0	+31 -31	+18 -45	0 -63	-17 -80	-45 -108	-103 -166	-209 -272	-307 -370
Свыше 450 до 500									-109 -172	-229 -292	-337 -400

Приложение В (обязательное)

Задания для выполнения практической работы

Для данного типа соединения вала и втулки, выполненного по определенной посадке (исходные данные см. в таблице В.1):

1) определите по ГОСТ 25347-2013 величины верхних и нижних предельных отклонений соответственно для вала и отверстия (es , ei , ES , EI);

2) рассчитайте предельные размеры деталей, образующих соединение (d_{\max} , d_{\min} , D_{\max} , D_{\min}), а также допуски вала Td и отверстия TD ;

3) определите характер посадки (с зазором, с натягом, переходная). Для посадки с зазором рассчитайте S_{\max} , S_{\min} , для посадки с натягом – N_{\max} , N_{\min} , для переходной посадки – S_{\max} , N_{\max} ;

4) определите диапазон посадки;

5) постройте в масштабе схемы расположения интервалов (полей) допусков посадок;

6) выполните эскизы узлов и отдельных деталей для заданного соединения и укажите на эскизах номинальные размеры с условным обозначением посадки и предельными отклонениями.

Все расчеты, схемы и эскизы выполните как в системе отверстия, так и в системе вала.

Таблица В.1 – Варианты заданий для практической работы

Вариант	Номинальный диаметр, мм	Посадка (условное обозначение соединения вала и отверстия)
1	2	3
1	130	$H9/k8$
2	95	$H8/s7$
3	80	$H7/d7$
4	40	$H7/e6$
5	100	$H9/d8$
6	30	$H6/n6$
7	60	$H8/c7$
8	95	$H9/t9$

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3
9	60	<i>H7/u7</i>
10	65	<i>H8/m6</i>
11	55	<i>H7/js7</i>
12	80	<i>H9/s8</i>
13	110	<i>H10/r9</i>
14	40	<i>H7/h6</i>
15	120	<i>H10/d9</i>
16	45	<i>H6/s6</i>
17	55	<i>H7/k6</i>
18	40	<i>H9/f8</i>
19	25	<i>H7/g6</i>
20	85	<i>H9/e8</i>
21	30	<i>H7/r7</i>

Примечание – Номер варианта соответствует порядковому номеру фамилии студента в журнале преподавателя.