

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 15.02.12

Монтаж, техническое обслуживание и ремонт промышленного
оборудования (по отраслям)

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по дисциплине
«ДОПУСКИ И ПОСАДКИ»

Братск 2019

Содержание

Введение	4
1 Практическая работа №1 Определение годности контролируемых деталей	6
2 Практическая работа №2 Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений	15
3 Практическая работа №3 Допуски и посадки резьбовых соединений	21
4 Практическая работа №4 Допуски и посадки шпоночных соединений	29
5 Практическая работа №5 Расчет размерных цепей	34
Заключение	39
Список использованных источников	40

Введение

Дисциплина «Допуски и посадки» предусматривает изучение основ метрологии, стандартизации и технических измерений. Потребность в установлении и принятии правил появилось вместе с возникновением человеческого общества. Письменность, летоисчисления, система отчета, денежные единицы, единицы мер и весов – это первые шаги стандартизации. Вместе с развитием производства развивалась стандартизация, способствуя в свою очередь более быстрому росту производственных сил.

Дореволюционная Россия стандартов не имела. Иностранные фирмы, которым принадлежало множество предприятий, и иностранные специалисты не были заинтересованы в создании русских стандартов. Кроме того, в России не было единства мер, крайне необходимого для развития стандартизации. В России одновременно действовали три системы мер: дюймовая, метрическая и оригинальная.

Целью дисциплины «Допуски и посадки» является выработка у будущих специалистов знаний и практических навыков использования и соблюдения требований систем общетехнических стандартов, выполнения точности размеров и метрологического обеспечения при изготовлении, эксплуатации и ремонте промышленного оборудования. Поэтому подготовка современного специалиста включает освоение широкого цикла вопросов, связанных со стандартизацией, взаимозаменяемостью и техническими измерениями.

Международная организация по стандартизации была создана в 1946 году двадцатью пятью национальными организациями по стандартизации. Фактически работа ее началась с 1947 г. СССР был одним из основателей организации, постоянным членом руководящих органов. Россия стала членом ИСО как правопреемник распавшегося государства.

Сфера деятельности ИСО касается стандартизации во всех областях, кроме электротехники и электроники, относящихся к компетенции Международной электротехнической комиссии (МЭК). Некоторые виды работ выполняются совместными усилиями этих организаций.

ИСО определяет свои задачи следующим образом: содействие развитию стандартизации и смешанных видов деятельности в мире с целью обеспечения международного обмена товарами и услугами, а также развитие сотрудничества в интеллектуальной, научно-технической и экономической областях.

Основные объекты стандартизации и количество стандартов (в процентах от общего числа) характеризуют обширный диапазон интересов организации:

Машиностроение 29

Химия 13

Неметаллические материалы 12

Руды и металлы 9

Информационная техника 8

Сельское хозяйство 8
Строительство 4
Специальная техника 3
Охрана здоровья и медицина 3
Основополагающие стандарты 3
Окружающая среда 3
Упаковка и транспортировка товаров 2

Остальные стандарты относятся к здравоохранению и медицине, охране окружающей среды. В последние годы ИСО уделяет много внимания стандартизации систем обеспечения качества.

Практическим результатом усилий в этих направлениях являются разработка и издание международных стандартов. При их разработке ИСО учитывает ожидание всех заинтересованных сторон – производителей продукции (услуг), потребителей, научно-технических и общественных организаций.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен уметь:

- подбирать методы и инструменты, обеспечивающие требуемую чистоту поверхностей и взаимное расположение сопрягаемых деталей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- требования к чистоте поверхности при различных видах металлообработки;
- правила оформления и разработки конструкторской документации..

Одним из основных методов изучения учебного материала, предусмотренного программой, являются практические работы. В процессе изучения дисциплины «Допуски и посадки» предусмотрено 10 часов для выполнения практических работ.

1 Практическая работа №1 Определение годности контролируемых деталей

Цель работы:

1. Научиться определять допуск, наименьший и наибольший предельные размеры.
2. Научиться определять годность контролируемых деталей и проверять соответствие этих размеров заданным на эскизе или чертеже.

Задание:

1. Определить допуск, наименьший и наибольший предельные размеры деталей по вариантам.
2. Определить годность контролируемых размеров деталей и проверить соответствие этих размеров заданным на эскизе или чертеже.
3. Составить отчет в письменной форме.

Порядок проведения работы:

1. Изучить чертежи деталей.
2. Оценить годность контролируемого размера.
3. Составить отчет.
4. Защитить работу.

Теоретическое обоснование

Поверхности бывают сопрягаемые и несопрягаемые.

Сопрягаемые - это поверхности, по которым детали соединяются в сборочные единицы, а сборочные единицы в механизмы.

Несопрягаемые или свободные - это конструктивно необходимые поверхности, не предназначенные для соединения с поверхностями других деталей.

В соединении деталей также различают охватываемые и охватывающие поверхности.

Охватывающие поверхности - это внутренние цилиндрические поверхности, внутренние поверхности с параллельными плоскостями (шпоночные пазы, отверстия в ступице и т.д.). Их условно называют отверстиями и обозначают D .

Охватываемые поверхности - это наружные поверхности. Их условно называют валами и обозначают d .

Номинальный размер - размер, служащий началом отсчета отклонений. Относительно номинального размера определяются предельные размеры. Номинальный размер обозначают буквой D для отверстий, d для валов, l - линейные размеры.

Действительный размер - размер, установленный при измерении допустимой погрешностью.

Предельные размеры - два предельно допустимых размера, которым может быть равен или между которыми должен находиться действительный размер годной детали.

Наибольший предельный размер - это больший из двух предельных размеров (D_{max} , d_{max}).

Наименьший предельный размер - это наименьший из двух предельных размеров (D_{min} , d_{min}).

Предельные размеры позволяют оценивать точность деталей.

Деталь считается годной, если действительный размер детали меньше наибольшего предельного размера, больше наименьшего предельного размера или равен им.

Принято устанавливать один общий размер для вала и отверстия, называемый номинальным и указывать от него предельные отклонения.

Отклонение - это алгебраическая разность между размером (действительным, предельным) и соответствующим номинальным размером. Отклонения отверстий обозначают буквой E , валов e .

Верхнее предельное отклонение - это алгебраическая разность между наибольшим и наименьшим размером и номинальным размером. Верхнее предельное отклонение для отверстия определяется по формуле

$$ES = D_{max} - D, \quad (1)$$

где ES - верхнее предельное отклонение отверстия, мм;

D_{max} - наибольший размер отверстия, мм;

D - номинальный размер отверстия, мм.

Верхнее предельное отклонение для вала определяется по формуле

$$es = d_{max} - d, \quad (2)$$

где es - верхнее предельное отклонение вала, мм;

d_{max} - наименьший размер вала, мм;

d - номинальный размер отверстия, мм.

Нижнее предельное отклонение - это алгебраическая разность между наименьшим предельным размером и номинальным размером. Нижнее предельное отклонение для отверстия определяется по формуле

$$EI = D_{min} - D, \quad (3)$$

где EI - нижнее предельное отклонение отверстия, мм;

D_{min} - наименьший размер отверстия, мм;

D - номинальный размер отверстия, мм.

Нижнее предельное отклонение для вала определяется по формуле

$$ei = d_{\min} - d, \quad (4)$$

где ei - нижнее предельное отклонение вала, мм;

d_{\min} - наименьший размер вала, мм;

d - номинальный размер отверстия, мм.

Отклонения могут быть положительными, если предельный или действительный размер больше номинального, и отрицательными, если предельный или действительный размер меньше номинального. На конструкторских и технологических чертежах номинальные и предельные размеры, их отклонения указывают в мм без обозначения единиц измерения (ГОСТ 2.307-68), например $81^{+0,01}_{-0,01}$, $42^{-0,013}_{-0,024}$, $50^{+0,025}$, $50_{-0,022}$.

При равенстве абсолютных значений отклонений они указываются один раз со знаком \pm рядом с номинальным размером, например $85 \pm 0,02$; $90^\circ \pm 12^\circ$. Отклонение равное нулю на чертежах не проставляется, например $25^{+0,025}$, $25_{-0,022}$.

Угловые размеры и их предельные отклонения указываются в градусах, минутах и секундах с указанием единицы измерения, например $30^\circ 15' 40''$.

Допуск – это разность между наибольшим и наименьшим предельным размерами. Допуск обозначается буквой T – это общее обозначение, TD – допуск отверстия, Td – допуск вала.

Допуск отверстия определяется по формуле

$$TD = D_{\max} - D_{\min} = |ES - EI|, \quad (5)$$

где TD – допуск отверстия, мм;

D_{\max} - наибольший размер отверстия, мм;

D_{\min} - наименьший размер отверстия, мм;

ES - верхнее предельное отклонение отверстия, мм;

EI - нижнее предельное отклонение отверстия, мм.

Допуск вала определяется по формуле

$$Td = d_{\max} - d_{\min} = |es - ei|, \quad (6)$$

где Td - допуск вала, мм;

d_{\max} - наибольший размер вала, мм;

d_{\min} - наименьший размер вала, мм;

es - верхнее предельное отклонение вала, мм;

ei - нижнее предельное отклонение вала, мм.

Допуск величина всегда положительная. От допуска зависит качество деталей и стоимость их изготовления. С увеличением допуска, качество деталей ухудшается, зато стоимость становится меньше.

Содержание отчета:

1. Указать тему, цель работы, номер варианта.
2. Эскиз контролируемых деталей с указанием размеров.
3. Записать данные, полученные при изучении чертежа или эскиза контролируемой детали в таблицу.
4. Заключение о годности контролируемой детали в виде таблицы.
5. Вывод.

Вопросы для защиты:

1. Какие бывают поверхности?
2. Какие поверхности условно называют отверстиями?
3. Какие поверхности условно называют валами?
4. Что такое номинальный размер?
5. Дайте определение действительному размеру.
6. Дайте определение предельным размерам?
7. Что такое отклонение?
8. Что такое допуск? Как обозначается допуск?
9. Что зависит от допуска?
10. Какая деталь считается годной?

Варианты выполнения задания.

Деталь 1

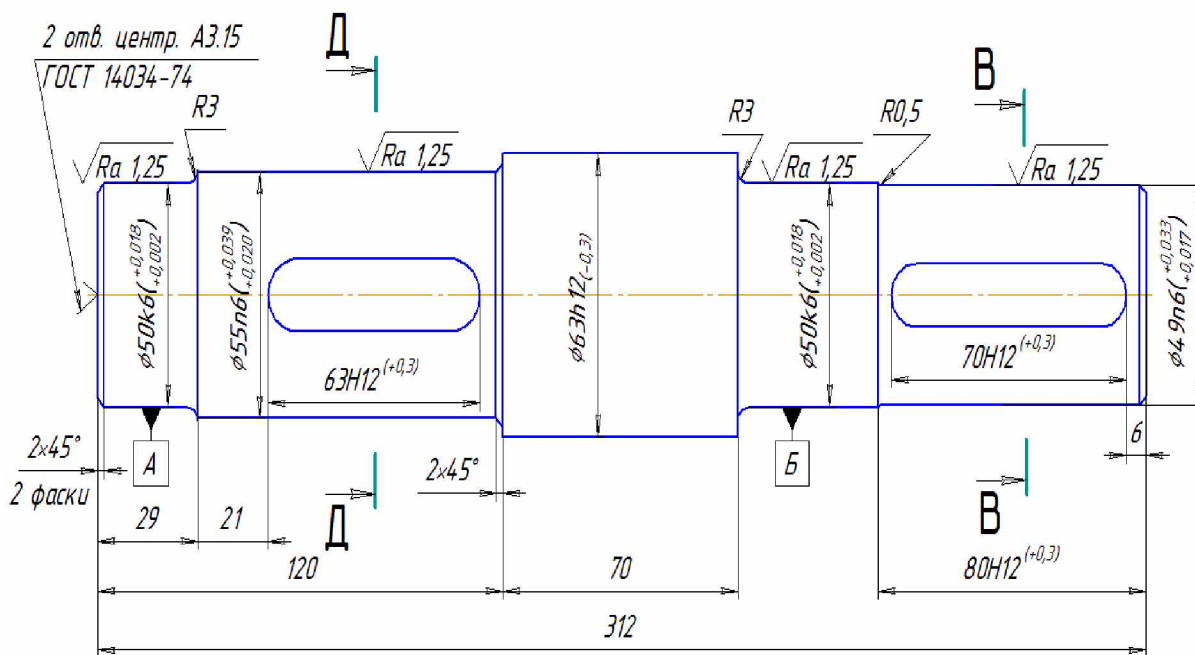


Рисунок 1 - Чертеж детали типа «вал»

Таблица 1 – Размеры детали типа «вал». Варианты выполнения задания

№ варианта	Размер, мм	Размер, полученный при изготовлении детали, мм	Заключение о годности	Вид брака
1	2	3	4	5
1	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,1		
	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,001		
	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,01		
	$63_{-0,3}$	63,0		
	$63_{-0,3}$	62,92		
	$63_{-0,3}$	63,1		
2	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,0		
	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,1		
	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,03		
	$63^{+0,3}$	63,1		
	$63^{+0,3}$	63,01		
	$63^{+0,3}$	63,5		
3	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,2		
	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,019		
	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,01		
	$63_{-0,3}$	63,15		
	$63_{-0,3}$	62,78		
	$63_{-0,3}$	62,8		
4	$70^{+0,3}$	69,98		
	$70^{+0,3}$	70,1		
	$70^{+0,3}$	70,35		
	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,04		
	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,28		
	$55^{+0,039}_{+0,020}$	55,15		
5	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,17		
	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,033		
	$49^{+0,033}_{+0,017}$	49,0		
	$63^{+0,3}$	63,2		
	$63^{+0,3}$	63,02		
	$63^{+0,3}$	63,42		
6	$80^{+0,3}$	79,98		
	$80^{+0,3}$	80,2		
	$80^{+0,3}$	80,3		
	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,002		
	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,018		
	$50^{+0,013}_{+0,002}$	50,0		

Деталь 2

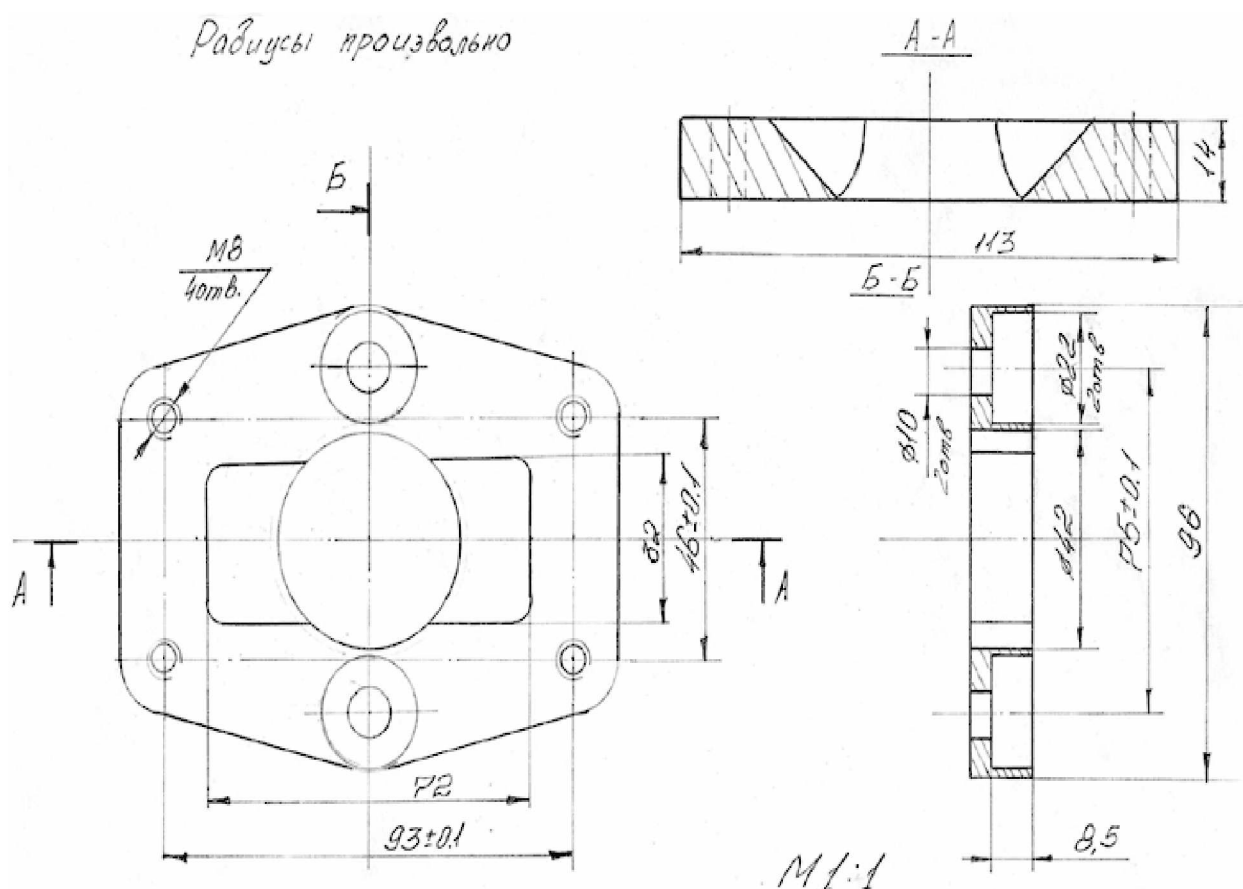


Рисунок 2 - Эскиз детали, ограниченной плоскими поверхностями

Таблица 2 - Размеры детали, ограниченной плоскими поверхностями.
Варианты выполнения задания

№ варианта	Размер, мм	Размер, полученный при изготовлении детали, мм	Заключение о годности	Вид брака
1	2	3	4	5
1	93±0,1	93,1		
	93±0,1	92,9		
	93±0,1	93,01		
	46±0,1	45,1		
	46±0,1	46,0		
	46±0,1	45,95		
2	72 ^{+0,030}	72,3		
	72 ^{+0,030}	72,0		
	72 ^{+0,030}	72,01		
	75±0,1	75,1		
	75±0,1	74,9		
	75±0,1	75,05		

Продолжение Таблицы 2 - Размеры детали, ограниченной плоскими поверхностями. Варианты выполнения задания

1	2	3	4	5
3	93±0,1	93,06		
	93±0,1	92,0		
	93±0,1	92,95		
	32 ^{+0,025}	32,2		
	32 ^{+0,025}	32,05		
	32 ^{+0,025}	32,021		
4	46±0,1	46,1		
	46±0,1	45,89		
	46±0,1	46,08		
	72 ^{+0,030}	72,03		
	72 ^{+0,030}	71,97		
	72 ^{+0,030}	72,015		
5	75±0,1	75,0		
	75±0,1	75,15		
	75±0,1	74,8		
	32 ^{+0,025}	32,025		
	32 ^{+0,025}	32,0		
	32 ^{+0,025}	32,25		
6	113 _{-0,22}	113,22		
	113 _{-0,22}	112,78		
	113 _{-0,22}	113,0		
	72 ^{+0,030}	72,02		
	72 ^{+0,030}	72,2		
	72 ^{+0,030}	71,9		

Пример выполнения практической работы №1. Определение годности контролируемых деталей

Цель работы:

1. Научиться определять допуск, наименьший и наибольший предельные размеры.
2. Научиться определять годность контролируемых деталей и проверять соответствие этих размеров заданным на эскизе или чертеже.

Задание:

1. Определить допуск, наименьший и наибольший предельные размеры деталей по вариантам.

2. Определить годность контролируемых размеров деталей и проверить соответствие этих размеров заданным на эскизе или чертеже.
3. Составить отчет в письменной форме.

1 Определение допуска, наименьшего и наибольшего предельного размеров

Выполнить эскиз деталей типа «вал» и детали, ограниченной плоскостями по вариантам.

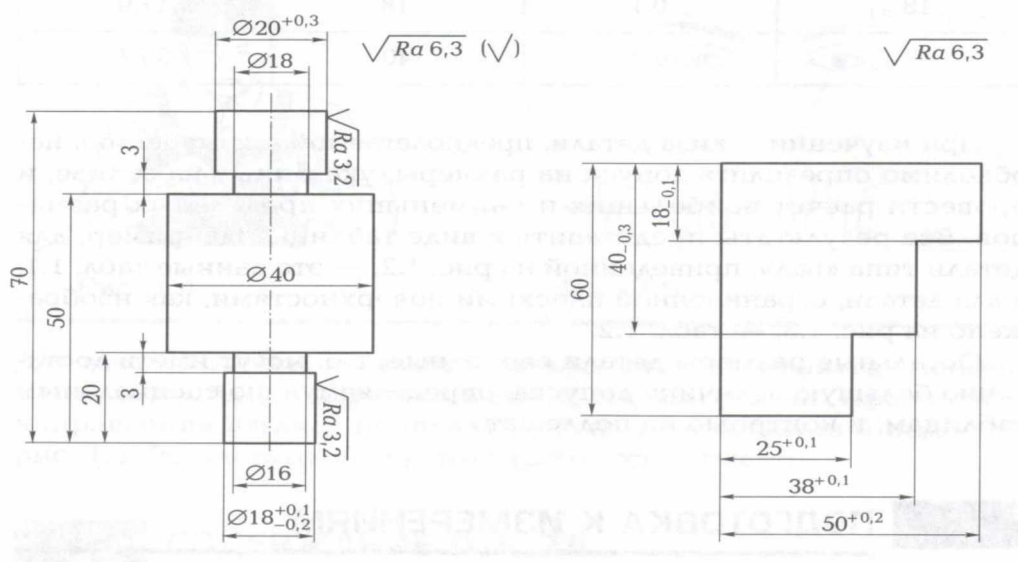


Рисунок 3 - Эскиз детали типа «вал» и эскиз детали, ограниченной плоскими поверхностями.

Детали, подлежащие измерению и контролю, могут быть разными. Допускается измерение и контроль деталей типа вращения или тел, ограниченных поверхностями. Примеры таких деталей изображены на рис. 3.

При изучении эскиза детали, необходимо определить допуск на размеры, указанные на эскизе и провести расчет наибольших и наименьших предельных размеров. Все результаты представить в виде таблицы.

Таблица 3 - Допуск и предельные размеры детали типа «вал»

Размер, мм	Допуск, мм	Предельный размер, мм	
		наибольший	наименьший
$20^{+0,3}$	0,3	20,3	20
$18^{+0,1}_{-0,2}$	0,3	18,1	17,8

Таблица 4 - Допуск и предельные размеры детали, ограниченной плоскостями

Размер, мм	Допуск, мм	Предельный размер, мм	
		наибольший	наименьший
$25^{+0,3}$	0,3	25,3	25
$38^{+0,1}$	0,1	38,1	38

Остальные размеры свободные, т.е. могут иметь достаточно большую величину допуска, определяемую по специальным таблицам, и контролю не подлежат.

2 Определение годности контролируемой детали

Для каждого размера, указанного в задании, определить годность. Составить таблицу, сделать заключение о годности размера. Данные занести в соответствующие таблицы.

Таблица 5 - Определить для детали типа «вал» годные размеры

<i>Размер, мм</i>	<i>Размер, полученный при изготовлении детали, мм</i>	<i>Заключение о годности</i>	<i>Вид брака</i>
$20^{+0,3}$	20,4	не годная	исправимый
$20^{+0,3}$	19,8	не годная	не исправимый
$20^{+0,3}$	20,1	годная	
$18^{+0,1}_{-0,2}$	18,3	не годная	исправимый
$18^{+0,1}_{-0,2}$	18,0	годная	
$18^{+0,1}_{-0,2}$	17,8	годная	

Таблица 6 - Определение для детали, ограниченной плоскостями годных размеров

<i>Размер, мм</i>	<i>Размер, полученный при изготовлении детали, мм</i>	<i>Заключение о годности</i>	<i>Вид брака</i>
$25^{+0,3}$	25,0	годная	
$25^{+0,3}$	25,3	годная	
$25^{+0,3}$	25,5	не годная	исправимый
$38^{+0,1}$	37,8	не годная	не исправимый
$38^{+0,1}$	38,2	не годная	исправимый
$38^{+0,1}$	38,0	годная	

3. Вывод.

2 Практическая работа №2 Допуски и посадки гладких цилиндрических соединений

Цель работы:

1. Освоить систему допусков и посадок.
2. Получить навыки практического пользования таблиц допусков и посадок согласно ГОСТ25346-89«Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных положений» и ГОСТ25347-89 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки».
3. Научиться графически изображать поля допусков.

Задание:

1. Для заданного соединения определить отклонения отверстия и вала.
2. Определить предельные размеры и допуски отверстия и вала.
3. Построить схемы расположения полей допусков деталей, входящих в соединение.
4. Определить посадку, максимальный и минимальный зазор (натяг).

Порядок выполнения работы

1. По ГОСТ 25347-82 определить верхние и нижние предельные отклонения вала. По ГОСТ 25347-82 определить верхние и нижние предельные отклонения отверстия.
2. Определить предельные размеры для вала и отверстия ($d_{max}, d_{min}, D_{max}, D_{min}$).
3. Определить допуски для вала и отверстия (TD, Td).
4. Построить графическое изображение полей допусков.
5. Определить вид посадки.
6. Определить максимальный зазор(натяг) и минимальный зазор(натяг).

Содержание отчета

1. Указать тему, цель работы, номер варианта.
2. Практическая часть.
3. Вывод.

Теоретическое обоснование

Гладкие цилиндрические соединения подразделяются на подвижные и неподвижные.

Соединения подразделяются по геометрической форме сопрягаемых поверхностей. Соединение деталей, имеющих сопрягаемые цилиндрические поверхности с круглым поперечным сечением, называется гладким цилиндрическим (рисунок 4, а).

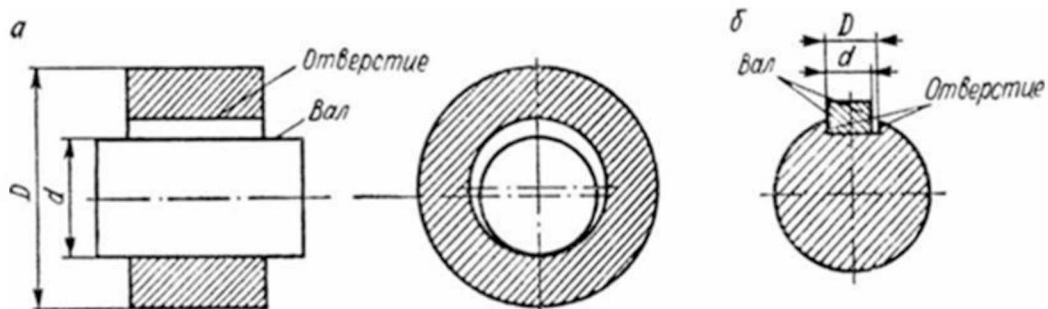


Рисунок 4 - Типы соединения деталей

Если сопрягаемыми поверхностями каждого элемента соединения являются две параллельные плоскости, то соединение называется плоским соединением с параллельными плоскостями или просто плоским (рисунок 4, б).

Введены понятия «основной вал» и «основное» отверстие.

Основной вал – это вал, верхнее предельное отклонение равно нулю.

Основное отверстие – это отверстие, нижнее предельное отклонение равно нулю.

Под размером элементов, образующих гладкие цилиндрические соединения понимается: – диаметр.

Поле допуска – поле между предельными отклонениями размера: оно определяется величиной допуска и его положением относительно номинального размера (рисунок 5).

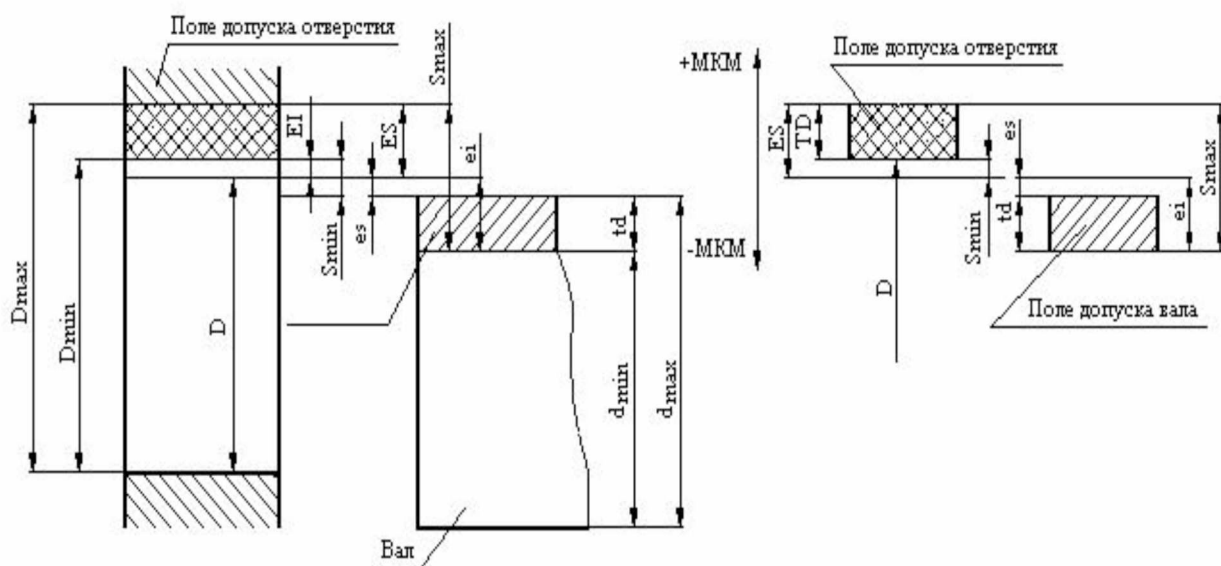


Рисунок 5 - Графическое изображение полей допусков

Нулевая линия – линия, соответствующая номинальному размеру. При графическом изображении полей допусков и посадок от нее откладываются отклонения размеров (рисунок 5):

- положительные отклонения – вверх от нее;
- отрицательные отклонения – вниз.

Квалитет (степень точности) – совокупность допусков, которые соответствуют одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Стандарт устанавливает 20 квалитетов: 01, 0, 1, 2, ... 18.

Посадка - разность размеров отверстия и вала до сборки, который определяет характер соединения деталей. Посадка характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения деталей или степень сопротивления их взаимному смещению.

Различают посадки с зазором, с натягом и переходные, в которых возможен как зазор, так и натяг.

Зазор S - разность размеров отверстия и вала, если размер отверстия больше размера вала. Зазор характеризует большую или меньшую свободу относительного перемещения деталей соединения (рисунок 6, а). Зазор определяется по формуле

$$S = D - d, \quad (7)$$

где S – зазор, мм;

D - номинальный размер отверстия, мм;

d - номинальный размер вала, мм.

Максимальный зазор определяется по формуле

$$S_{\max} = D_{\max} - d_{\min} \text{ или } S_{\max} = ES - ei, \quad (8)$$

где S_{\max} - Максимальный зазор, мм;

D_{\max} - наибольший размер отверстия, мм;

d_{\min} - наименьший размер вала, мм;

ES - верхнее предельное отклонение отверстия, мм;

ei - нижнее предельное отклонение вала, мм.

Минимальный зазор определяется по формуле

$$S_{\min} = D_{\min} - d_{\max} \text{ или } S_{\min} = EI - es, \quad (9)$$

где S_{\min} - минимальный зазор, мм;

D_{\min} - наименьший размер отверстия, мм;

d_{\max} - наибольший размер вала, мм;

EI - нижнее предельное отклонение отверстия, мм;

es - верхнее предельное отклонение вала, мм.

Натяг N - разность размеров вала и отверстия до сборки, если размер вала больше размера отверстия. Натяг характеризует степень сопротивления

взаимному смещению деталей в соединении (рисунок 6, б). Натяг определяется по формуле

$$N = d - D, \quad (10)$$

где N – натяг, мм;

D - номинальный размер отверстия, мм;

d - номинальный размер вала, мм.

Максимальный натяг определяется по формуле

$$N_{\max} = d_{\max} - D_{\min} \text{ или } N_{\max} = es - EI, \quad (11)$$

где N_{\max} - максимальный натяг, мм;

d_{\max} - наименьший размер вала, мм;

D_{\min} - наименьший размер отверстия, мм;

es - верхнее предельное отклонение вала, мм;

EI - нижнее предельное отклонение отверстия, мм.

Минимальный натяг определяется по формуле

$$N_{\min} = d_{\min} - D_{\max} \text{ или } N_{\min} = ei - ES, \quad (12)$$

где N_{\min} - минимальный натяг, мм;

d_{\min} - наименьший размер вала, мм;

D_{\max} - наибольший размер отверстия, мм;

ei - нижнее предельное отклонение вала, мм;

ES - верхнее предельное отклонение отверстия, мм.

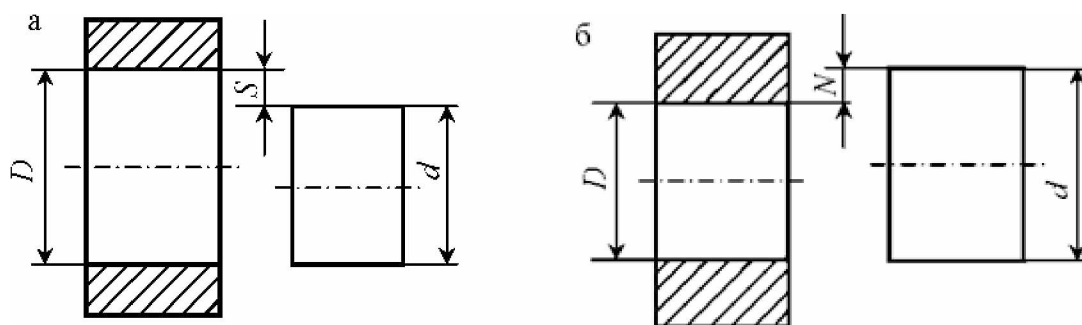


Рисунок 6 - Зазор и натяг

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия или вала (по характеру соединения) посадка может быть (рисунок 7):

1) подвижная (посадка с зазором)

2) неподвижная (посадка с натягом)

3) переходная (возможны натяг или зазор в зависимости от действительных размеров)

Посадка с зазором - это посадка, при которой зазор в соединении обеспечивается разности размеров отверстия и вала. Поле допуска отверстия над полем допуска вала (рисунок 7);

Посадка с натягом - это посадка, при которой зазор в соединении обеспечивается разности размеров отверстия и вала. Поле допуска отверстия под полем допуска вала (рисунок 7);

Переходная посадка - это посадка у которой, поля допусков отверстия и вала перекрываются частично или полностью (рисунок 2.4).

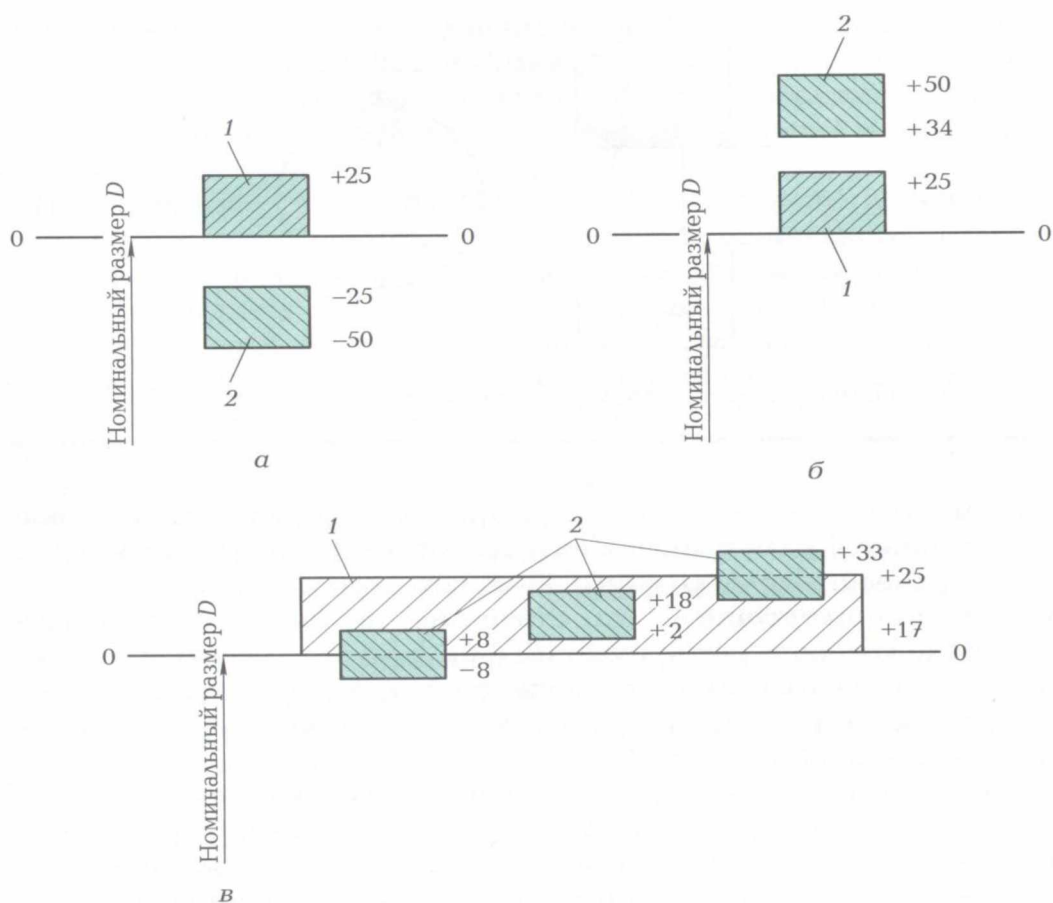


Рисунок 7 - Виды посадок

Для сопрягаемых деталей установлены две системы расположения полей допусков:

- 1) система отверстия
- 2) система вала

Посадки в системе отверстия - посадки, в которых нужные зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с одним и тем же полем допуска основного отверстия (рисунок 8, а).

Посадки в системе вала - посадки, в которых нужные зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с одним и тем же полем допуска вала (рисунок 8, б).

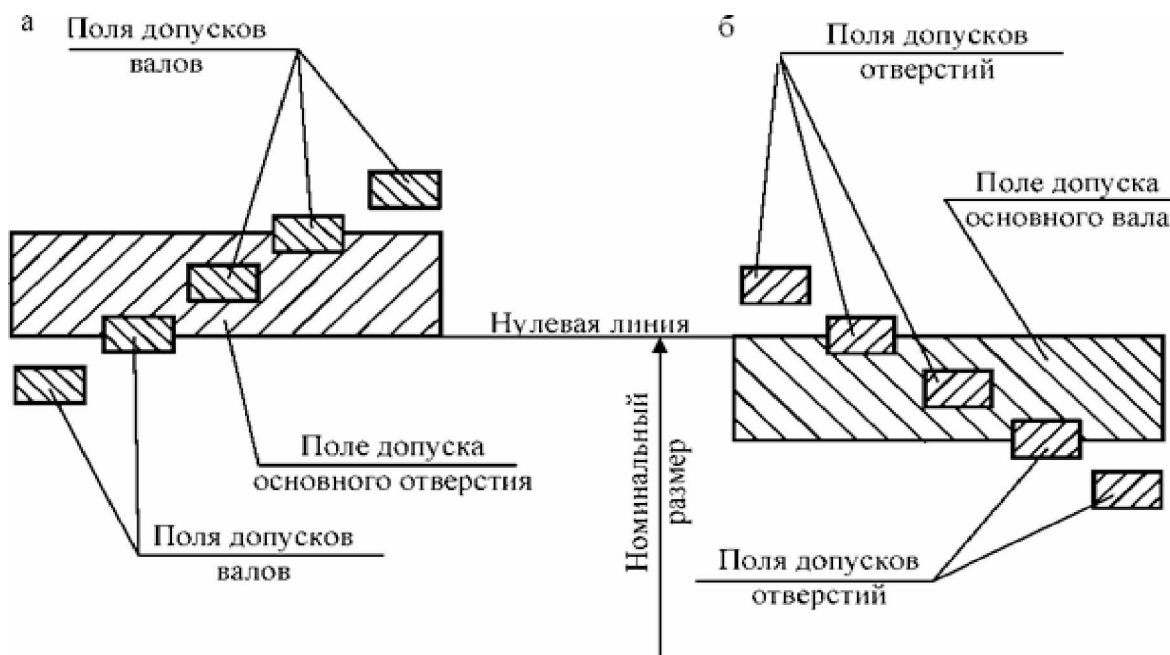


Рисунок 8 - Примеры посадок в системе отверстия и в системе вала

Варианты выполнения задания

Таблица 7 - Варианты выполнения задания

№ варианта	1	2	3	4	5	6
Диаметр	52	65	7	105	83	115
Посадка	H7/f7	H6/n6	H6/g6	H6/k5	H7/h6	H8/f7
	H9/x8	H8/f8	H12/h11	H8/h7	H9/f9	H5/p5

Вопросы для защиты практической работы:

1. Что такое сопрягаемые и несопрягаемые поверхности?
2. Что такое охватывающие и охватываемые поверхности?
3. Что такое допуск?
4. Что такое зазор, натяг?
5. Что такое посадка? Какие бывают посадки?
6. Какие отклонения предназначены для образования полей допусков в посадках с зазорами?
7. Какие отклонения предназначены для образования полей допусков в посадках с натягом?
8. Какие отклонения предназначены для образования полей допусков в переходных посадках?
9. Что такое квалитет?
10. Сколько установлено квалитетов?

3 Практическая работа №3 Допуски и посадки резьбовых соединений

Цель работы:

1. Научиться рассчитывать наружный, внутренний и средний диаметры резьбового соединения.
2. Получить навыки практического пользования таблиц допусков и посадок согласно ГОСТ16093-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором», ГОСТ24705-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» и ГОСТ8724-2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги».

Задание

1. Для резьбового соединения определить шаг резьбы, наружный диаметр, средний диаметр, внутренний диаметр в соответствии со стандартами на метрическую резьбу.
2. Определить предельные размеры для болта и гайки (ГОСТ16093-2004).
3. Начертить основные параметры метрической резьбы.

Порядок выполнения работы

1. Определить наружный, средний и внутренний диаметр метрической резьбы (d , D , d_1 , d_2).
2. По ГОСТ 16093-81 определить предельные размеры метрической резьбы для болтов (d_{2max} , d_{2min} , d_{max} , d_{min} , d_{1max} , d_{1min}).
3. По ГОСТ 16093-81 определить предельные размеры метрической резьбы для гаек (D_{2max} , D_{2min} , D_{max} , D_{min} , D_{1max} , D_{1min}).
4. Начертить основные параметры метрической резьбы.

Содержание отчета

1. Указать тему, цель работы, номер варианта.
2. Практическая часть.
3. Вывод.

Теоретическое обоснование

Резьбовые соединения широко используются в машинах и приборах. Резьба применяется для скрепления деталей и для преобразования вращательного движения в линейное.

ГОСТ9150-2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Профиль» и ГОСТ24705-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» регламентируют основные параметры и размеры метрической резьбы общего назначения с диаметрами и шагами соответствующими ГОСТ8724-2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Диаметры и шаги». Размеры элементов номинального профиля резьбы установлены ГОСТ 9150-81. Предельные размеры метрической резьбы для болтов и гаек установлены ГОСТ16093-2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором».

Основные элементы резьбы:

- 1) d, D - наружный диаметр болта(гайки);
- 2) d_1, D_1 - внутренний диаметр болта(гайки);
- 3) d_2, D_2 - средний диаметр болта(гайки);
- 4) P – шаг резьбы;
- 5) H – высота исходного треугольника;
- 6) α - угол профиля.

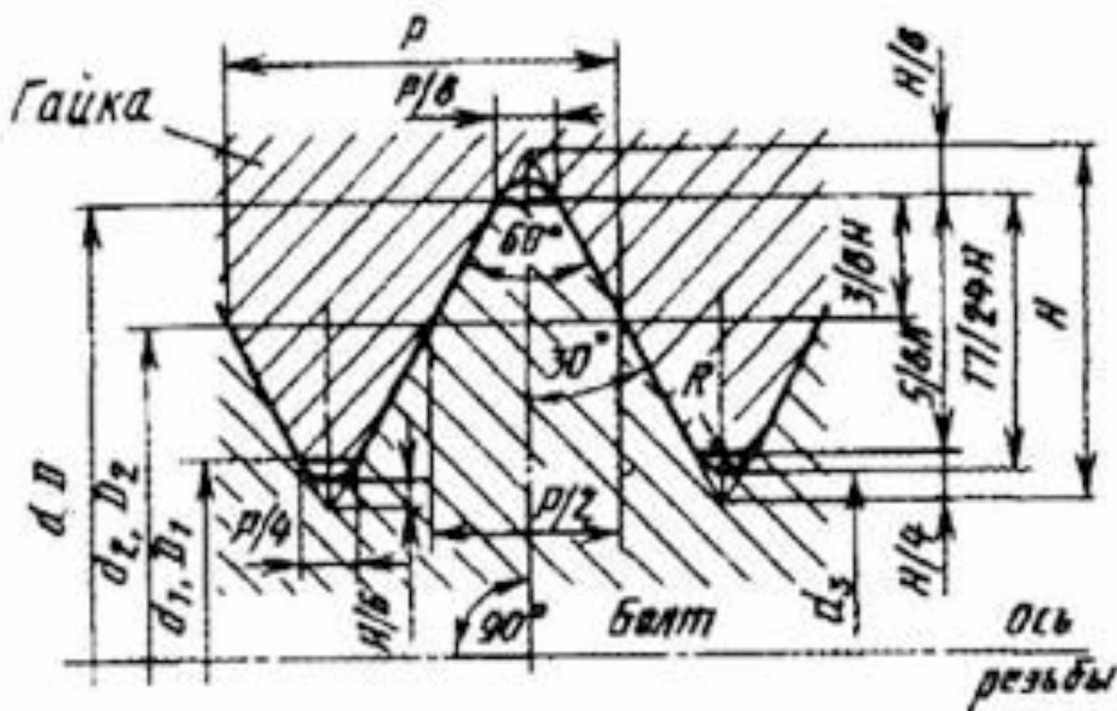


Рисунок 9 - Профиль и основные параметры метрической резьбы

Взаимозаменяемость и точность резьбовых соединений зависит от точности выполнения наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы болта и гайки, размеров шага и половины угла профиля резьбы.

Основным посадочным размером является средний диаметр, который определяет характер соединений. При сопряжении наружных диаметров болта и гайки, т.е. по впадинам и выступам резьбы, для исключения заклинивания резьбы предусматриваются зазоры.

Стандартом предусмотрены следующие ограничения резьбового профиля:

- допуск на средний диаметр болта и гайки – Td_2 и TD_2 ;
- допуск на наружный диаметр болта – Td ;
- допуск на внутренний диаметр гайки – TD_1 .

Нижнее отклонение e_i внутреннего диаметра d_1 наружной резьбы болта не устанавливается. Верхнее отклонение ES наружного диаметра D внутренней резьбы гайки также не устанавливается. Диаметр D равен номинальному значению или больше него.

На шаг P и половину угла профиля резьбы допуски отдельно не устанавливаются, так как погрешность их изготовления тесно связанная с действительным средним диаметром.

Для получения различных посадок с зазором установлены следующие ряды основных отклонений:

- верхних es для наружной резьбы - d, e, f, g, h ;
- нижних EI для внутренней резьбы - E, F, G, H .

Стандарт устанавливает следующие степени точности: для болтов по наружному диаметру - 4,6,8 и по среднему диаметру - 3,4,5,6,7,8, для гаек по внутреннему и среднему диаметру - 4,5,6,7,8.

В условном обозначении метрической резьбы на первом месте стоит буква “М” - резьба метрическая. Далее наружный диаметр резьбы, мелкий шаг, и через тире степень точности и основное отклонение среднего диаметра резьбы, а затем степень точности и после допуска наружного диаметра резьбы на стержне, или степень точности и основные отклонения внутреннего диаметра резьбы в отверстии.

Обозначение наружной резьбы

а) Обозначение наружной резьбы с крупным шагом: $M20 - 6g$

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);

20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;

6 – степень точности (характеризует допуск) среднего и наружного диаметра болта;

g – основное отклонение (характеризует положение поля допуска) на средний и наружный диаметр болта.

б) Обозначение наружной резьбы с мелким шагом: $M20 \times 0,75 - 6g$

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);

20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;

$0,75$ – мелкий шаг (для диаметра 20мм крупный шаг 2,5 мм);

6 – степень точности (характеризует допуск) среднего и наружного диаметра болта;

g – основное отклонение (характеризует положение поля допуска) на средний и наружный диаметр болта.

в) Наиболее полное из обозначений наружной резьбы: $M20 \times 0,75 - 5g6g - 15 - LH$

$5g6g - 15 - LH$

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);

20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;

0,75 – мелкий шаг (для диаметра 20мм крупный шаг 2,5 мм);
5g – поле допуска на средний диаметр болта (суммарный допуск);
6g – поле допуска на наружный диаметр болта;
15 – длина свинчивания (отличается от нормальной);
LH – обозначение левой резьбы.

Обозначение внутренней резьбы

а) Обозначение внутренней резьбы с крупным шагом: M20 – 6H

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);
20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;
6H – поле допуска на средний и внутренний диаметры.

б) Обозначение внутренней резьбы с мелким шагом: M20x0,75 – 6H

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);
20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;
0,75 – мелкий шаг (для диаметра 20мм крупный шаг 2,5 мм);
6H – поле допуска на средний и внутренний диаметры.

в) Наиболее полное из обозначений внутренней резьбы: M20x0,75 – 4H5H – 15 – LH

M – тип профиля резьбы (резьба метрическая);
20 – номинальное значение наружного диаметра резьбы;
0,75 – мелкий шаг (для диаметра 20мм крупный шаг 2,5 мм);
4H – поле допуска на средний диаметр;
5H – поле допуска на внутренний диаметр.

Обозначение посадок резьбовых соединений

Обозначение посадок резьбовых соединений аналогично обозначению посадок гладких соединений, т.е. в числителе указывают поле допуска детали с внутренней рабочей поверхностью, а в знаменателе – с наружной. В отличие от посадок гладких поверхностей посадки резьбы обычно обозначают через наклонную линию:

M20x0,75 – 6H/6g

M20x0,75 – 6H/5g6g

M20 – 6H/6g

В зависимости от наружного диаметра резьбы (d, D) и шага определяется средний диаметр для болта и гайки по формуле

$$D_2=d_2=D - 0,75 \cdot H = D - 0,6495 \cdot P, \quad (13)$$

где D_2 - средний диаметр гайки, мм;

d_2 - средний диаметр болта, мм;

D - наружного диаметра резьбы, мм;

P - шаг резьбы, мм;

H - высота исходного треугольника, мм.
Высота исходного треугольника определяется по формуле

$$H = 0,866 \cdot P, \quad (14)$$

где H - высота исходного треугольника, мм.
 P - шаг резьбы, мм;

В зависимости от наружного диаметра резьбы (d , D) и шага определяется внутренний диаметр для болта и гайки по формуле

$$D_1 = d_1 = D - 1,25 \cdot H = D - 1,0825 \cdot P, \quad (15)$$

где D_1 - внутренний диаметр гайки, мм;
 d_1 - внутренний диаметр болта, мм;
 D - наружного диаметра резьбы, мм;
 P - шаг резьбы, мм;
 H - высота исходного треугольника, мм.

Определяем максимальный предельный размер для среднего диаметра болта по формуле

$$d_{2\max} = d_2 - es, \quad (16)$$

где $d_{2\max}$ - максимальный предельный размер для среднего диаметра болта, мм;
 d_2 - средний диаметр для болта, мм;
 es – верхнее предельное отклонение для болта, мм.

Определяем минимальный предельный размер для среднего диаметра болта по формуле

$$d_{2\min} = d_2 - ei, \quad (17)$$

где $d_{2\min}$ - минимальный предельный размер для среднего диаметра болта, мм;
 d_2 - средний диаметр для болта, мм;
 ei – нижнее предельное отклонение для болта, мм.

Определяем максимальный предельный размер для наружного диаметра болта по формуле

$$d_{\max} = d - es, \quad (18)$$

где d_{\max} - максимальный предельный размер для наружного диаметра болта, мм;
 d - наружный диаметр для болта, мм;
 es – верхнее предельное отклонение для болта, мм.

Определяем минимальный предельный размер для наружного диаметра болта по формуле

$$d_{\min} = d - e_i, \quad (19)$$

где d_{\min} - минимальный предельный размер для наружного диаметра болта, мм;

d - наружный диаметр для болта, мм;

e_i – нижнее предельное отклонение для болта, мм.

Определяем максимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта по формуле

$$d_{1\max} = d_1 - e_s, \quad (20)$$

где $d_{1\max}$ - максимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта, мм;

d_1 - внутренний диаметр для болта, мм;

e_s – верхнее предельное отклонение для болта, мм.

Нижний предельный размер для внутреннего диаметра болта $d_{1\min}$ -не регламентируется.

Определяем максимальный предельный размер для среднего диаметра гайки по формуле

$$D_{2\max} = D_2 + ES, \quad (21)$$

где $D_{2\max}$ максимальный предельный размер для среднего диаметра гайки, мм;

D_2 - средний диаметр для гайки, мм;

ES – верхнее предельное отклонение для гайки, мм.

Определяем минимальный предельный размер для среднего диаметра гайки по формуле

$$D_{2\min} = D_2 + EI, \quad (22)$$

где $D_{2\min}$ - минимальный предельный размер для среднего диаметра гайки, мм;

D_2 - средний диаметр для гайки, мм;

EI – нижнее предельное отклонение для гайки, мм.

Определяем нижний предельный размер для наружного диаметра гайки по формуле

$$D_{\min} = D + EI, \quad (23)$$

где D_{\min} - нижний предельный размер для наружного диаметра гайки, мм;

D - наружный диаметр для гайки, мм;

EI – нижнее предельное отклонение для гайки, мм.

Верхний предельный размер для наружного диаметра гайки D_{\max} -не регламентируется.

Определяем максимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта по формуле

$$D_{1\max} = D_1 + ES, \quad (24)$$

где $D_{1\max}$ - максимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта, мм;

D_1 - внутренний диаметр для гайки, мм;

ES – верхнее предельное отклонение для гайки, мм.

Определяем минимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта по формуле

$$D_{1\min} = D_1 + EI, \quad (25)$$

где $D_{1\min}$ - минимальный предельный размер для внутреннего диаметра болта, мм;

D_1 - внутренний диаметр для гайки, мм;

EI – нижнее предельное отклонение для гайки, мм.

Пример выполнения задания

Дано резьбовое соединение M24 6H/6g (для болта поле допуска среднего диаметра 6g и поле допуска наружного диаметра 6g ; для гайки поле допуска среднего диаметра 6H и поле допуска внутреннего диаметра 6H)

1. *Определяем наружный диаметр резьбы (d ; D) и шаг резьбы P :*

Наружный диаметр резьбы $d(D) = 24$ мм.

По таблице Приложения 6 определяем шаг резьбы $P = 3$.

2. *Определяем номинальные размеры для болта и гайки*

2.1. *Определяем средний диаметр:*

$$d_2 = D_2 = d - 2 + 0,051 = 24 - 2 + 0,051 = 22,051 \text{ мм}$$

2.2. *Определяем внутренний диаметр:*

$$d_1 = D_1 = d - 4 + 0,752 = 24 - 4 + 0,752 = 20,752 \text{ мм}$$

3. *Определяем предельные размеры болта по ГОСТ 16093-2004*

3.1. *Определяем предельные размеры для среднего диаметра болта:*

$d_{2max} = d_2 - 0,048 = 22,051 - 0,048 = 22,003\text{мм}$ (верхнее отклонение равно 48мкм для полей допусков диаметра 6g, 7g, 8g)

$d_{2min} = d_2 - 0,248 = 22,051 - 0,248 = 21,803\text{мм}$ (нижнее отклонение равно 248мкм для поля допуска диаметра 6g)

3.2. Определяем предельные размеры для наружного диаметра болта:

$d_{max} = d - 0,048 = 24 - 0,048 = 23,952\text{мм}$ (верхнее отклонение равно 48мкм для полей допусков диаметра 6g, 8g)

$d_{min} = d - 0,423 = 24 - 0,423 = 23,577\text{мм}$ (нижнее отклонение равно 423мкм для поля допуска диаметра 6g)

3.3. Определяем предельные размеры для внутреннего диаметра болта:

$d_{1max} = d_1 - 0,048 = 22,752 - 0,048 = 22,704\text{мм}$ (верхнее отклонение равно 48мкм для полей допусков резьбы с основным отклонением g)

d_{1min} -не регламентируется.

4. Определяем предельные размеры гайки по ГОСТ16093-2004

4.1. Определяем предельные размеры для среднего диаметра гайки:

$D_{2max} = D_2 + 0,265 = 22,051 + 0,265 = 22,316\text{мм}$ (верхнее отклонение равно +265мкм для поля допуска диаметра 6H)

$D_{2min} = D_2 = 22,051\text{мм}$ (нижнее отклонение равно нулю для полей допусков диаметра 6H, 5H, 7H)

4.2. Определяем предельные размеры для наружного диаметра гайки:

D_{max} -не регламентируется

$D_{min} = D = 24\text{мм}$ (нижнее отклонение равно нулю для полей допусков резьбы с основным отклонением H)

4.3. Определяем предельные размеры для внутреннего диаметра болта:

$D_{1max} = D_1 + 0,5 = 20,752 + 0,5 = 21,252\text{мм}$ (верхнее отклонение равно +500мкм для поля допуска диаметра H)

$D_{1min} = D_1 = 20,752\text{мм}$ (нижнее отклонение равно нулю для полей допусков диаметра 6H, 5H, 7H).

Варианты выполнения задания

Таблица 8 - Варианты выполнения задания

№ Варианта	1	2	3	4	5	6
Резьбовое соединение	M16	M24x1,5	M30	M12	M36x2	M60x4
Посадка	6H/6h	6H/6d	6H/6h	6H/6g	6H/6e	6H/8g

Вопросы для защиты практической работы:

1. Назовите основные элементы резьбы.
2. Какой размер является основным посадочным для резьбового соединения?
3. Как обозначаются посадки резьбовых соединений?

4 Практическая работа №4 Допуски и посадки шпоночных соединений

Цель работы:

1. Научиться назначать поля допусков для шпоночного соединения в зависимости от условий работы
2. Получить практические навыки пользования таблицами допусков и посадок для шпоночных соединений.
3. Научиться графически изображать поля допусков шпоночных соединений.

Задание:

1. Определить поля допусков, отклонения и зазоры в соединении шпонки с пазом вала и пазом втулки.
2. Начертить шпоночное соединение и проставить размеры.
3. Построить поля допусков для шпоночного соединения.

Порядок выполнения работы

1. Исходя из вида соединений выбрать поля допусков. Определить поле допуска паза вала и поле допуска паза отверстия.
2. По таблицам Приложения 2 и 3 ГОСТ 25347-82 определить отклонения от номинальных размеров ES(es), EI(ei).
3. Начертить шпоночное соединение и проставить размеры.
4. Построить графическое изображение полей допусков для шпоночного соединения.

Содержание отчета

1. Указать тему, цель работы, номер варианта.
2. Практическая часть.
3. Вывод.

Теоретическое обоснование

Для передачи крутящих моментов при соединении различных шкивов, рукояток, зубчатых колес, втулок в машиностроении используют шпоночные и шлицевые соединения. Шпоночные соединения применяют также для фиксации деталей в определенном положении в сборочном узле или в машине.

Шпоночное соединение образуют вал, шпонка и ступица колеса (рисунок 10). Шпонка представляет собой стальной брус, устанавливаемый в

пазы вала и ступицы. Она служит для передачи вращающего момента между валом и ступицей. Основные типы шпонок стандартизованы.

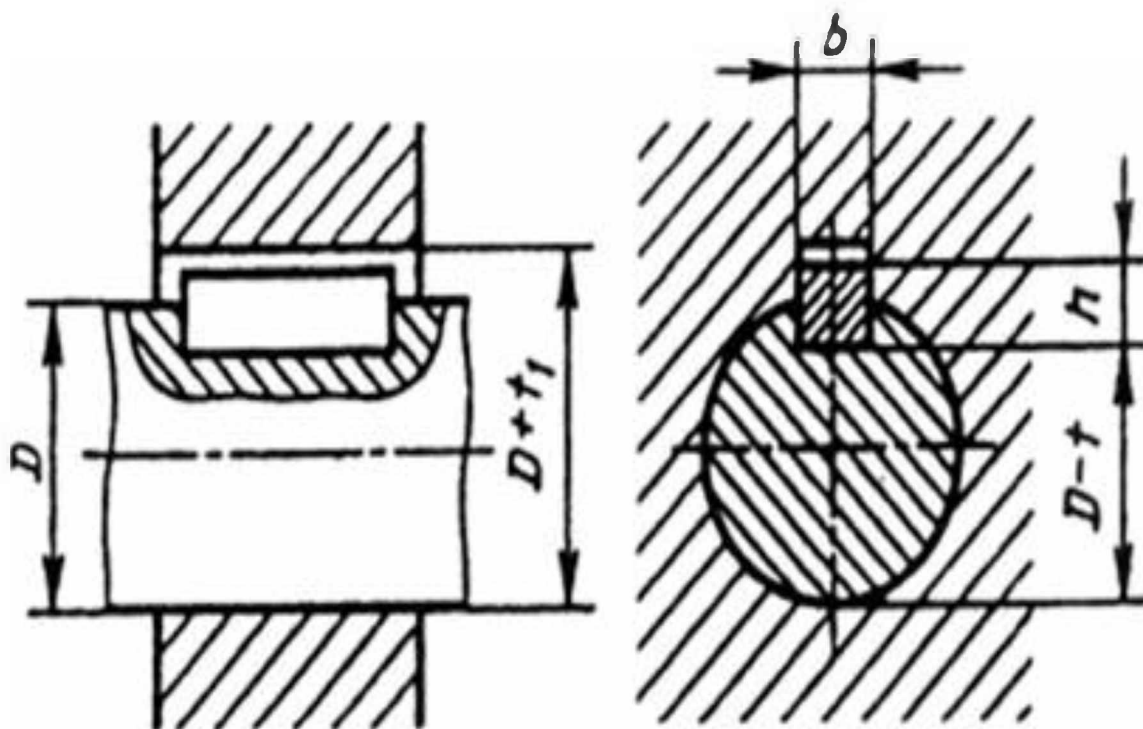


Рисунок 10 - Шпоночное соединение

Достоинства шпоночных соединений. - простота конструкции, дешевизна и сравнительная легкость монтажа и демонтажа, вследствие чего их широко применяют во всех отраслях машиностроения.

Недостатки шпоночных соединений:

1) шпоночные пазы ослабляют вал и ступицу насаживаемой на вал детали;

2) шпоночные соединения нарушают центрирование колеса на валу.

Наибольшее распространение получили призматические шпонки, которые бывают трех исполнений:

1) призматические со скругленными исполнениями 1 (рисунок 11);

2) призматические с плоскими торцами исполнениями 2 (рисунок 11);

3) с одним плоским, а другим скругленным торцом исполнениями 3 (рисунок 11).

Основной посадочный размер шпоночного соединения – ширина шпонки и пазов вала и втулки, т.е. размер b .

Посадки выполняют по системе основного вала, что позволяет ограничить номенклатуру размеров калиброванной стали и облегчает получение требуемой точности.

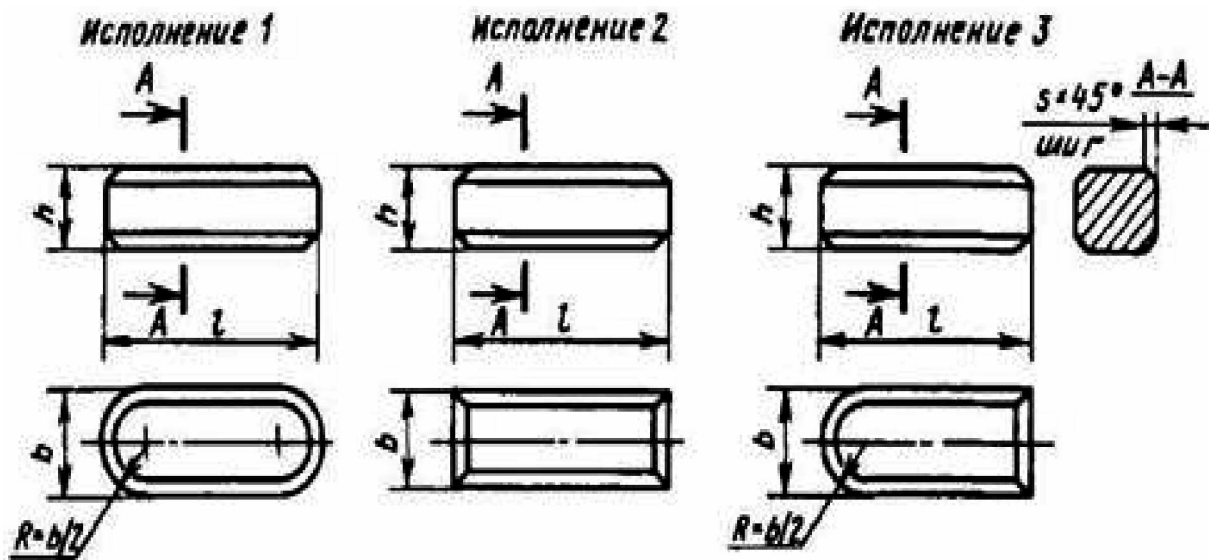


Рисунок 11 - Виды призматических шпонок

Предельные отклонения размеров шпонок нормируются ГОСТ23360-78 «Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шпоночные с призматическими шпонками. Размеры шпонок и сечений пазов. Допуски и посадки» Предельные отклонения ширины шпонки b приняты по $h9$, а для высоты шпонки h – $h11$. На длину шпонки и глубину пазов назначаются отклонения по $h14$.

Выбор посадок для деталей шпоночного соединения производится в зависимости от эксплуатационного назначения узла. Стандартом установлено три вида соединений: свободное, нормальное и плотное.

Приняты следующие предельные отклонения размеров для ширины шпонки и ширины пазов вала и втулки:

1) при свободном соединении:

- ширина шпонки $h9$;
- ширина паза вала $H9$;
- ширина паза втулки $D10$.

2) при нормальном соединении:

- ширина шпонки $h9$;
- ширина паза вала $N9$;
- ширина паза втулки $Js9$.

3) при плотном соединении:

- ширина шпонки $h9$;
- ширина паза вала $P9$;
- ширина паза втулки $P9$.

При выборе соединения, следует иметь в виду, что свободное соединение обеспечивает подвижность сопряженных деталей при условиях затрудненной сборки; нормальное соединение – неподвижность разъемных соединений при хороших условиях сборки; плотное соединение целесообразно при реверсивных нагрузках с напрессовкой деталей при сборке.

Пример выполнения задания

Определить поля допусков, отклонения и зазоры в нормальном соединении шпонки с пазом вала и с пазом втулки. Размеры шпонки $b \times h = 12 \times 8$. Построить графическое изображение полей допусков.

Размеры шпоночного соединения:

$b = 12 \text{ мм}$ – ширина шпонки и паза;

$h = 8 \text{ мм}$ – высота шпонки.

Поле допусков размеров шпоночного соединения выбираем исходя из вида соединения. Принимаем поля допусков на ширину шпонки, паза вала и паза ступицы.

Поле допуска шпонки $h9$;

Поле допуска паза вала $N9$;

Поле допуска паза втулки $Js9$.

Посадка шпонки с пазом вала $12 \frac{N9(-0,043)}{h9(-0,043)}$

Посадка шпонки с пазом ступицы $12 \frac{Js9(+0,021)}{h9(-0,043)}$

Определяем предельные размеры, зазор (натяг) соединений шпонки с пазом вала $12 \frac{N9(-0,043)}{h9(-0,043)}$:

$$D_{max} = D + ES = 12 + 0 = 12 \text{ мм}$$

$$D_{min} = D + EI = 12 + (-0,043) = 11,957 \text{ мм}$$

$$d_{max} = d + es = 12 + 0 = 12 \text{ мм}$$

$$d_{min} = d + ei = 12 + (-0,043) = 11,957 \text{ мм}$$

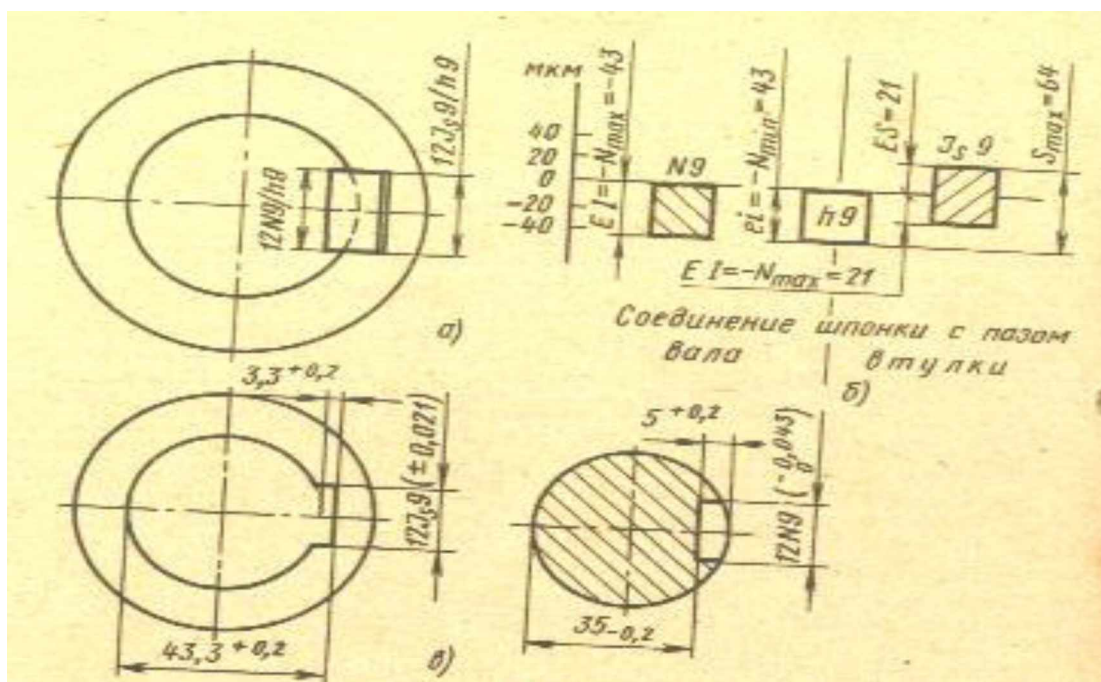


Рисунок 12 - Схема расположения полей допусков в шпоночном соединении

Определим предельные размеры, зазор и натяги соединений шпонки с пазом ступицы $12 \frac{Js9(+0,021)}{h9(-0,043)}$

$$D_{max} = D + ES = 12 + 0,021 = 12,021 \text{ мм}$$

$$D_{min} = D + EI = 12 + (-0,021) = 11,979 \text{ мм}$$

$$d_{max} = d + es = 12 + 0 = 12 \text{ мм}$$

$$d_{min} = d + ei = 12 + (-0,043) = 11,957 \text{ мм}$$

Варианты выполнения задания

Таблица 9 - Варианты выполнения задания

№ Варианта	1	2	3	4	5	6
Вид соединения	Нормальное	Плотное	Свободное	Нормальное	Плотное	Свободное
Размер шпонки	18x10	20x12	16x12	12x8	18x10	20x12

Вопросы для защиты практической работы:

1. Дайте определение шпоночному соединению.
2. Достоинства и недостатки шпоночного соединения.
3. В какой системе выполняют посадки для шпоночного соединения?
4. Какие виды шпоночных соединений установлены стандартом?
5. Что следует иметь в виду, выбирая вид шпоночного соединения?

5 Практическая работа №5 Расчет размерных цепей

Цель работы:

1. Научиться рассчитывать номинальное значение и предельные отклонения замыкающего размера поддетальной размерной цепи вала методом максимума-минимума.

2. Получить навыки практического пользования таблиц допусков и посадок согласно ГОСТ25346-89«Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Общие положения, ряды допусков и основных положений» и ГОСТ25347-89 «Основные нормы взаимозаменяемости. Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки».

Задание

1. Подсчитать номинальное значение и предельные отклонения замыкающего размера поддетальной размерной цепи вала методом максимума-минимума.

Порядок выполнения работы

1. Начертить вал с размерной цепью и проставить размеры.
2. Найти увеличивающие и уменьшающие звенья.
3. По ГОСТ 25347-82 определить верхние и нижние предельные отклонения вала и занести данные в таблицу результатов. Записать размеры составляющих звеньев с предельными отклонениями.
4. Определить допуск на размер A_0 .
5. Определить номинальное значение замыкающего звена.
6. Найти предельное отклонение замыкающего звена.
7. Записать замыкающий размер с предельными отклонениями.

Содержание отчета

1. Указать тему, цель работы, номер варианта.
2. Практическая часть.
3. Вывод.

Теоретическое обоснование

При работе по принципу полной взаимозаменяемости производится расчёт размерных цепей на максимум - минимум, учитывающий только предельные отклонения звеньев и самые неблагоприятные их сочетания.

Данный метод применяют для проектирования размерных цепей, имеющих малое число составляющих звеньев невысокой точности.

Расчёт на максимум - минимум начинают с построения размерной цепи, определяющей размерные связи рассматриваемого сборочного соединения.

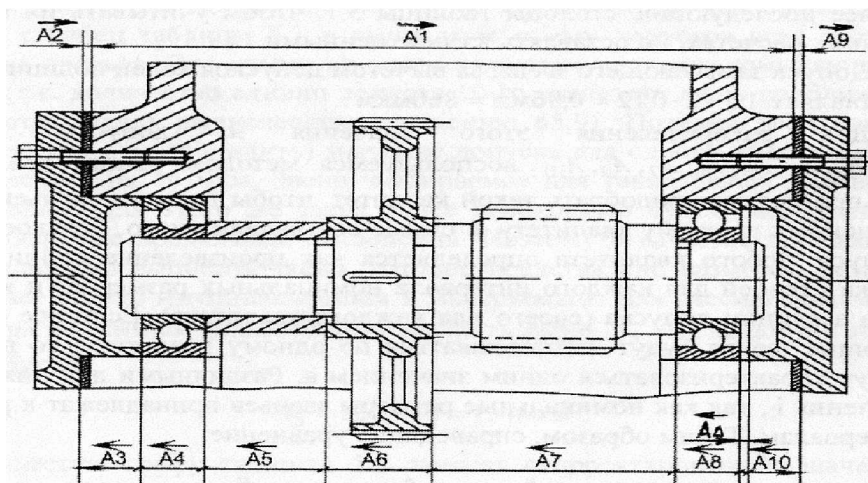


Рисунок 13 - Размерные цепи

Размерной цепью называется замкнутый контур конструктивно связанных размеров, определяющих точность относительного расположения осей или поверхностей одной или нескольких деталей в сборочном соединении.

Размеры цепи делятся на:

- линейные - все звенья которые параллельны между собой есть линейные размеры;
- плоскостные - образуются из звеньев, имеющих линейные размеры, лежащих в одной или нескольких параллельных плоскостях; часть звеньев могут быть расположены под углом друг к другу;
- угловые - все звенья выраженные в градусах или в виде тангенсов углов;
- пространственные - звенья расположены в непараллельных плоскостях.

Все размеры, составляющие размерную цепь, называют звеньями. Каждая размерная цепь содержит одно звено, которое можно рассматривать как функцию всех остальных звеньев.

Замыкающее звено (A_0) - это звено, которое является исходным при постановке задачи или получается последним в процессе обработки детали, ее измерения или сборки изделия.

Исходное звено (A_0) – это звено, к которому предъявляются основные требования – точность в соответствии с техническими условиями, и от которого зависит работоспособность звена. Это звено получается по условию задачи, для решения которой используется размерная цепь.

Составляющее звено (A_i) –звено, изменение которого вызывает изменение замыкающего звена.

Составляющие звенья размерной цепи делятся на увеличивающие и уменьшающие. Увеличивающее - звено с увеличением которого замыкающее

(исходное) звено увеличивается. Уменьшающее - при его увеличении замыкающее (исходное) звено уменьшается. Увеличивающие звенья считают положительными. К условным обозначениям составляющих уменьшающих звеньев добавляют знак минус ($-A_i$). На схемах расчётных цепей увеличивающие звенья изображаются отрезками со стрелками слева направо, для уменьшающих - наоборот, замыкающему звену приписано, что оно уменьшающее.

У изделия может быть несколько размерных цепей. Каждой цепи приписывается определённая буква. Обычно размерные цепи с линейными размерами обозначают прописными буквами русского алфавита, а цепи с угловыми размерами - греческими буквами.

Каждому составляющему звену приписывается индекс в виде порядкового номера, замыкающему звену - индекс суммы (Σ).

Расчёт размерной цепи начинается с выявления замыкающего звена, которое определяется на основе анализа ТУ и сборочного чертежа изделия.

Составляют уравнения, выражающие зависимость номинального размера, допуска и предельных отклонений замыкающего звена от тех же параметров составляющих звеньев.

В общем виде для любого числа составляющих звеньев уравнение номинальных значений определяется по формуле

$$A_0 = \sum_{i=1}^n A_i - \sum_{i=1}^p A_i \quad (26)$$

- где A_0 – замыкающее звено;
- A_i – составляющее звено;
- n – число увеличивающих звеньев;
- p - число уменьшающих звеньев.

Определяем допуск замыкающего звена по формуле

$$TA_0 = \sum_{i=1}^{m-1} TA_i \quad (27)$$

- где T – допуск замыкающего звена A_0 ;
- A_i – составляющее звено;
- $m-1$ – общее число составляющих звеньев.

Допуск замыкающего (исходного) звена равен сумме допусков составляющих звеньев.

Верхнее предельное отклонение замыкающего звена (исходного) размера определяется по формуле

$$ES(A_0) = \sum_{i=1}^n ES(A_i) - \sum_{i=1}^p ES(A_i) \quad (28)$$

- где ES – верхнее предельное отклонение замыкающего звена A_0 ;
- A_i – составляющее звено;
- n – число увеличивающих звеньев;

p - число уменьшающих звеньев.

Верхнее отклонение замыкающего (исходного) размера равно разности сумм верхних отклонений увеличивающих и нижних отклонений уменьшающих размеров.

Нижнее предельное отклонение замыкающего звена (исходного) размера определяется по формуле

$$EI(A_0) = \sum_{i=1}^n EI(A_i) - \sum_{i=1}^p EI(A_i) \quad (29)$$

где EI – нижнее предельное отклонение замыкающего звена A_0 ;

A_i – составляющее звено;

n – число увеличивающих звеньев;

p - число уменьшающих звеньев.

Нижнее отклонение замыкающего (исходного) размера равно разности сумм нижних отклонений увеличивающих и верхних отклонений уменьшающих размеров.

Пример выполнения задания

Подсчитать номинальное значение и предельные отклонения замыкающего размера подетальной размерной цепи вала, показанного на рисунке 5.2 методом расчета на максимум-минимум.

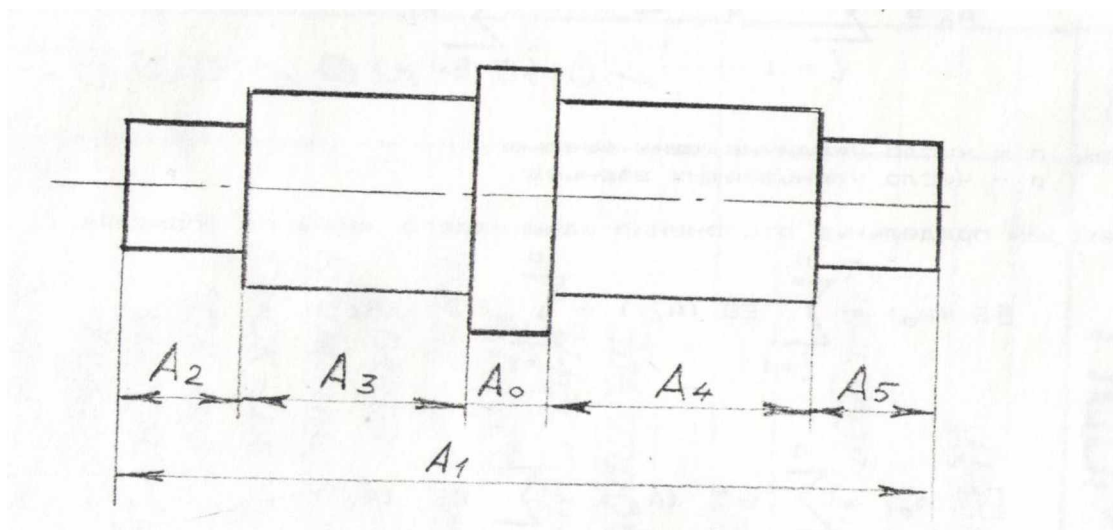


Рисунок 14 - Размерная цепь вала

Дано: $A_1=93H7$; $A_2=20h7$; $A_3=30js7$; $A_4=30h6$; $A_5=8h5$

Выявляются увеличивающие и уменьшающие звенья: A_1 – увеличивающее звено; A_2, A_3, A_4, A_5 – уменьшающие звенья.

По ГОСТ 25347-82 определяем предельные отклонения составляющих звеньев:

$A_1=93H7$

$ES(A_1)=35\text{мкм}$; $EI(A_1)=0$; $T(A_1)=35\text{мкм}$;

$$A_2=20h7$$

$$ES(A_2)=0; EI(A_2)=21\text{мкм}; T(A_2)=21\text{мкм};$$

$$A_3=30js7$$

$$ES(A_3)=10\text{мкм}; EI(A_3)=10\text{мкм}; T(A_3)=20\text{мкм};$$

$$A_4=30h6$$

$$ES(A_4)=0; EI(A_4)=13\text{мкм}; T(A_4)=13\text{мкм};$$

$$A_5=8h5$$

$$ES(A_5)=0; EI(A_5)=6\text{мкм}; T(A_5)=6\text{мкм}.$$

Записываем размеры составляющих звеньев с предельными отклонениями:

$$A_1=93H7\left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ 0 \end{smallmatrix}\right);$$

$$A_2=20h7\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,021 \end{smallmatrix}\right);$$

$$A_3=30js7\left(\begin{smallmatrix} +0,010 \\ -0,010 \end{smallmatrix}\right);$$

$$A_4=30h6\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,013 \end{smallmatrix}\right);$$

$$A_5=8h5\left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0,006 \end{smallmatrix}\right).$$

Определяем номинальное значение замыкающего звена по формуле(26)

$$A_0 = A_1 - (A_2 + A_3 + A_4 + A_5) = 93 - (20 + 30 + 30 + 8) = 5\text{мм}$$

Определяем допуск замыкающего звена по формуле(27):

$$TA_0 = TA_1 + TA_2 + TA_3 + TA_4 + TA_5 = 35 + 21 + 20 + 13 + 6 = 95\text{мкм}$$

Для вычисления верхнего предельного отклонения замыкающего звена (исходного) размера используется формула (28):

$$ES(A_0) = 35 - (-21 - 10 - 13 - 6) = 85\text{мкм}$$

Для вычисления нижнего предельного отклонения замыкающего звена (исходного) размера используется формула (29):

$$EI(A_0) = 0 - (0 + 10 + 0 + 0) = -10\text{мкм}$$

Определяем допуск на размер A_0 по формуле (27):

$$T(A_0) = ES(A_0) - EI(A_0) = 85 + 10 = 95\text{мкм}$$

Т.к. $T(A_0) = 95\text{мкм}$, то вычисления выполнены правильно.

Записываем замыкающий размер с предельными отклонениями:

$$A_5 = 5\left(\begin{smallmatrix} +0,085 \\ -0,010 \end{smallmatrix}\right)$$

Заключение

Методические рекомендации разработаны с учетом требований ФГОС по специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования(по отраслям) и с учетом имеющегося оборудования и наглядных пособий.

Выполнения практических работ позволяет получить студентам знания и умения, предусмотренные ФГОС. Практические работы, как правило, проводятся по подгруппам, а также делением на малые группы. В результате студенты приобретают навыки корректного взаимодействия с обучающимися и преподавателями. Учатся соблюдать нормы этикета и профессиональной этики.

Список использованных источников

1 Допуски и технические измерения: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / С.А. Зайцев, А.Д. Куранов, А.Н. Толстов.-11-е изд., стер.-М. : Издательский центр «Академия», 2014.-304с.

2 Дубовой Н.Д, Портнов Е.М., Основы метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие.- М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013.- 256с.:ил.-(Профессиональное образование).

3 Соломахо В.Л., Цитович Б.В., Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения.- Мн.: Дизайн ПРО, 2004.- 296с.: ил.

4. Куликов В.П., Кузин А.В., Инженерная графика/ В П. Куликов, А.В. Кузин: учебник.- 3-е изд., испр.- М.: ФОРУМ, 2009.- 368с.- (Профессиональное образование)

5 Анурьев В.И., Справочник конструктора-машиностроителя :в 3т./В.И.Анурьев; под ред. И.Н.Жестковой – Москва : Машиностроение: Изд-во «Машиностроение-1», 2006г.

6 Ганевский Г.М., Гольдин И.И., Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: Учеб. Для проф. учеб. Заведений.- 3-е изд., стереотип.- М.: Высш. Шк.; Изд. Центр «Академия», 1998.- 288с.: ил.

Рецензия

На методическое пособие по дисциплине «Допуски и посадки»
преподавателя кафедры ХМД Каверзиной Н.Н.

Методические указания для выполнения практических работ по дисциплине «Допуски и посадки», разработаны для специальности 15.02.01 Монтаж и техническая эксплуатация промышленного оборудования (по отраслям).

В методических указаниях представлены пять практических работ, которые можно выполнять по наглядным пособиям, имеющимся в БЦБК.

Контролируемые профессиональные и общие компетенции, а так же приобретенные знания и умения при выполнении практических работ, предусмотренные календарно-тематическим планом указаны во введении к МУ.

В методических указаниях предоставлен необходимый справочный материал.

Рецензент:

Преподаватель кафедры ХМД

Никитина Н.А.