|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ | | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«МИРЭА – Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** | | |

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

**по дисциплине**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Обеспечение качества исходных материалов и полученных изделий** | | | | | |
| *(наименование дисциплины (модуля) или лабораторной работы)* | | | | | |
| Направление подготовки | | | | | **22.04.01 Материаловедение и технологии материалов** |
|  | | | | | *(код и наименование)* |
| Институт | | **ФТИ Физико-технологический институт** | | | |
|  | | *(краткое и полное наименование)* | | | |
| Форма обучения | | | **очная** | | |
|  | | | *(очная, очно-заочная, заочная)* | | |
| Программа подготовки | | | | **магистратура** | |
|  | | | | *(бакалавриат, магистратура)* | |
| Кафедра | **цифровых и аддитивных технологий** | | | | |
|  | *(краткое и полное наименование кафедры, разработавшей РП дисциплины (модуля) и реализующей ее (его))* | | | | |

Москва 2021

|  |  |
| --- | --- |
| Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны | к.т.н., доцент Преображенская Е.В. |
|  | *(степень, звание, Фамилия И.О. разработчиков)* |
|  | ст. преп. Баранова Н.С. |
|  | *(степень, звание, Фамилия И.О. разработчиков)* |
|  |  |
|  | *(степень, звание, Фамилия И.О. разработчиков)* |

ОГЛАВЛЕНИЕ

[1. Исследование методов полной и неполной взаимозаменяемости для достижения требуемого значения параметра качества 4](#_Toc534281280)

[1.1. Цель и задачи лабораторной работы 4](#_Toc534281281)

[1.2. Материальное обеспечение лабораторной работы 4](#_Toc534281282)

[1.3. Теоретические положения 4](#_Toc534281283)

[1.3.1. Основные понятия и определения теории размерных цепей 4](#_Toc534281284)

[1.3.2. Поле рассеяния размеров партии деталей 6](#_Toc534281285)

[1.3.3. Методы достижения точности замыкающего звена 9](#_Toc534281286)

[1.3.4. Достижение точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости 12](#_Toc534281287)

[1.3.5. Достижение точности замыкающего звена методом неполной взаимозаменяемости 13](#_Toc534281288)

[1.4. Вопросы для самоконтроля 14](#_Toc534281289)

[1.5. Порядок выполнения лабораторной работы 15](#_Toc534281290)

[1.5.1. Инструктаж по технике безопасности 15](#_Toc534281291)

[1.5.2. Допуск студентов к выполнению лабораторной работы 16](#_Toc534281292)

[1.5.3. Постановка задачи. 16](#_Toc534281293)

[1.5.4. Порядок и правила проведения измерений 18](#_Toc534281294)

[1.5.5. Решение задачи методом полной взаимозаменяемости 20](#_Toc534281295)

[1.5.6. Решение задачи методом неполной взаимозаменяемости 23](#_Toc534281296)

[2. Классификация поверхностей детали и определение технических требований, предъявляемых к детали 29](#_Toc534281297)

[2.1. Цель и задачи лабораторной работы 29](#_Toc534281298)

[2.2. Материальное обеспечение лабораторной работы 29](#_Toc534281299)

[2.3. Теоретические положения 29](#_Toc534281300)

[2.3.1. Служебное назначение изделия и классификация поверхностей деталей 29](#_Toc534281301)

[2.3.2. Основы базирования 33](#_Toc534281302)

[2.4. Вопросы для самоконтроля 36](#_Toc534281303)

[2.5. Порядок выполнения лабораторной работы 37](#_Toc534281304)

[2.5.1. Допуск студентов к выполнению лабораторной работы 37](#_Toc534281305)

[2.5.2. Постановка задачи 37](#_Toc534281306)

[2.5.3. Последовательность выполнения лабораторной работы 37](#_Toc534281307)

[2.5.4. Классификация поверхностей детали и определение технических требований, предъявляемых к заданной детали 42](#_Toc534281308)

[Список литературы 44](#_Toc534281309)

# Исследование методов полной и неполной взаимозаменяемости для достижения требуемого значения параметра качества

## Цель и задачи лабораторной работы

Цель работы − приобретение навыка определения точности замыкающего звена методами полной и неполной взаимозаменяемости, а также приобретение навыка использования элементов математической статистики для решения технологических задач.

Задачи работы:

- приобретение практических навыков составлению и расчету конструкторских размерных цепей с целью назначения технических требований на составляющие звенья в соответствии с выбранным методом достижения параметров качества изделия;

- ознакомление с методикой определения поля рассеяния размеров партии деталей;

- ознакомление с методикой и приобретение практических навыков расчета конструкторских размерных цепей методами полной и неполной взаимозаменяемости.

## Материальное обеспечение лабораторной работы

Комплект деталей, входящих в сборочную единицу:

1) корпус − 10 шт.;

2) втулка высокая − 10 шт.;

3) втулка низкая − 10 шт.

Штангенциркуль электронный, диапазон измерения 0…250 мм, точность измерения − 0,01 мм.

Комплект щупов для измерения величины зазора в сборочной единице.

## Теоретические положения

### Основные понятия и определения теории размерных цепей

При проектировании технологических процессов возникают задачи расчета операционных допусков и размеров, а также припусков на обработку заготовок. В случае невозможности совмещения технологических, конструкторских и измерительных баз и необходимости смены баз технолог вынужден устанавливать «технологические» операционные размеры и производить пересчет допусков, сопровождающийся их ужесточением. Все эти задачи решаются на основе расчета соответствующих технологических размерных цепей.

Конструкция сборочной единицы разрабатывается на основе динамического, кинематического и размерного расчетов. Размерными расчетами устанавливают размеры деталей и допустимые отклонения взаимного их положения, а также взаимосвязь между размерами сборочных единиц и нескольких деталей, входящих в сборочную единицу. Таким образом, точность взаимного расположения отдельных деталей в сборочной единице достигается на основе расчета соответствующих конструкторских размерных цепей.

***Размерная цепь*** – это замкнутая цепь непосредственно участвующих в решении поставленной задачи взаимно связанных размеров, расположенных в определенной последовательности, определяющих взаимное положение поверхностей и осей двух или нескольких деталей [1].

Схему размерной цепи изображают графически.



Рисунок 1 − Графическое изображение (схема) размерной цепи

для определения зазора между валом и отверстием

***Звено*** размерной цепи – это один из размеров, образующих размерную цепь. Звенья обозначают буквами с цифровым индексом, показывающим порядковый номер звена (например, А1, А2 и т. д.).

Размер, непосредственно связывающий поверхности или оси, относительное расстояние или поворот которых необходимо обеспечить или определить в поставленной задаче, называется исходным или замыкающим звеном и обозначается индексом Δ и той же буквой, что и все остальные звенья цепи.

***Исходное звено*** – звено размерной цепи, по номинальному размеру и допуску которого рассчитывают величины номинальных размеров и допуски всех остальных звеньев. Такая постановка задачи расчета размерной цепи называется прямой (проектной).

***Замыкающее звено*** – звено, которое при построении и расчете размерной цепи получается последним при известных размерах и допусках всех остальных звеньев цепи. Такая постановка задачи расчета называется обратной (проверочной). В процессе решения обратной задачи определяются также величина, допуск и предельные отклонения размера одного из составляющих звеньев по известным характеристикам других составляющих и замыкающего (исходного) звеньев, а также некоторые другие технологические задачи.

***Увеличивающее звено*** – звено размерной цепи, с увеличением которого увеличивается исходное или замыкающее звено при неизменных размерах всех остальных составляющих звеньев. Обозначаются увеличивающие звенья на чертежах и схемах стрелками, направленными вправо, над соответствующей размерной буквой (, ).

***Уменьшающее звено*** – звено размерной цепи, с увеличением которого уменьшается исходное или замыкающее звено. Обозначаются уменьшающие звенья на чертежах и схемах стрелками, направленными влево, над соответствующей размерной буквой (,). Например, на рис. 1 звено  является увеличивающим, а звено  – уменьшающим.

При построении размерных цепей все зазоры, отклонения от соосности и т. п. рассматриваются как самостоятельные звенья цепи.

Размерные цепи разделяют на конструкторские, технологические и измерительные. ***Конструкторская размерная цепь*** определяет расстояния или относительный поворот между поверхностями или осями поверхностей деталей в изделии или в сборочной единице. ***Технологическая размерная цепь*** – определяет расстояния между поверхностями при выполнении операций обработки, при настройке станка или расчете межоперационных размеров и припусков. ***Измерительная размерная цепь*** – определяет расстояния между поверхностями при измерении величин, характеризующих точность изделия.

### Поле рассеяния размеров партии деталей

Вследствие различных погрешностей, возникающих в процессе обработки партии деталей, действительные размеры каждой из деталей будут отличаться друг от друга и от заданной величины. Это явление называется рассеянием размеров [2]. Рассеяние характеризуется, прежде всего, величиной ***поля рассеяния ω***, представляющего собой разность между наибольшим Анб и наименьшим Анм размерами, полученными при обработке партии деталей:

|  |  |
| --- | --- |
| ω = Анб - Анм | ( |

На рис. 2 представлено графическое изображение поля рассеяния размеров партии деталей. Для определения величины и положения поля рассеяния размеров используются следующие обозначения:

Аном − номинальный размер;

Анб, Анм − соответственно наибольший и наименьший размеры, полученные при обработке данной партии деталей;

Аср − средний размер партии деталей;

ω0 − координата середины поля рассеяния, которая определяет положение поля рассеяния размеров относительно номинального размера.

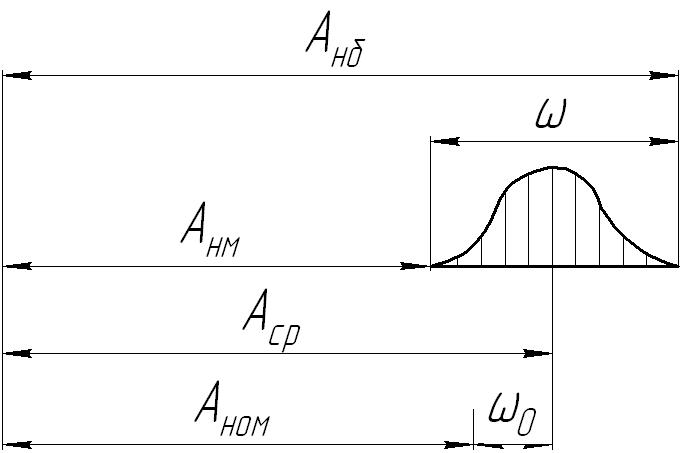
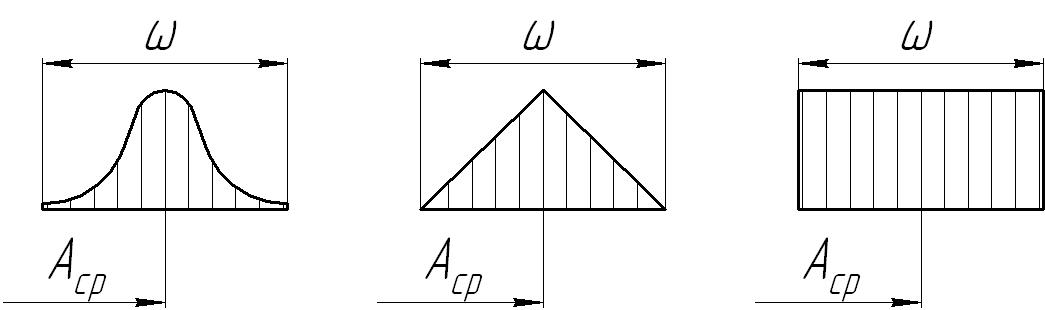


Рисунок 2 − Поле рассеяния размеров партии деталей.

Применяя статистический метод к оценке погрешности обработки партии деталей, можно выявить не только величину ω поля рассеяния, но и характер (закон) распределения размеров в этом поле, который зависит от видов погрешностей, вызывающих данное рассеяние. На рис. 3 представлены кривые распределения, соответствующие различным законам распределения [3].



а) б) в)

Нормальный Треугольный Равновероятный

закон распределения закон распределения закон распределения

(закон Гаусса)

Рисунок 3 − Разновидности кривых распределения

**4.3 Точность изготовления изделия**

Для изготовления изделия с заданными характеристиками необходимо установить точность, с которой должна быть изготовлена каждая деталь, входящая в состав изделия. Для обеспечения точности размеров детали необходимо в процессе конструирования задать значения наибольшего и наименьшего размеров этой детали. Разность между заданными наибольшим и наименьшим размерами называется ***допуском (Т)*** на размер, т. е.:

|  |  |
| --- | --- |
| ТА = Анб – Анм | ( |

где ТА − величина заданного допуска на размер А;

Анб, Анм − соответственно заданные наибольший и наименьший размеры.

Поле рассеяния ω размеров является величиной, характеризующей действительные размеры, полученные при обработке партии деталей. Тогда как допуск является величиной, определяющей те предельные значения размеров (т. е. то поле рассеяния размеров), при которых деталь будет считаться годной. Выход размера детали за пределы заданного допуска говорит о том, что данная деталь будет считаться бракованной, при этом действительное поле рассеяния размеров выйдет за пределы заданного допуска.

Допуски назначаются не только на размеры детали, но и на любые другие необходимые параметры качества детали.

В зависимости от точки отсчета величина допуска может определяться как разность между заданными наибольшим и наименьшим размерами (если за точку отсчета принять абсолютный ноль размера) или как разность между верхним и нижним предельными отклонениями (если за точку отсчета принять величину номинального размера), т. е.:

|  |  |
| --- | --- |
| ТА = ESА – EIА | ( |

где ESА, EIА − соответственно заданные верхнее и нижнее предельные отклонения размера детали.

Также как и для поля рассеяния размеров, для определения допуска недостаточно знать его величину. Необходимо также знать его положение относительно номинального размера. Поэтому, когда говорят о ***поле допуска***, то предполагается, что известны (или установлены) величина допуска и его положение относительно номинального размера. Графическое изображение размера с полем допуска представлено на рис. 4.

Для определения величин номинального Аном, наибольшего Анб, наименьшего Анм и среднего Аср размеров в качестве точки отсчета используется абсолютный ноль размера (на рис. 4 данная точка отсчета обозначена «0»). Для определения координаты середины поля допуска А0, верхнего ES и нижнего EI предельных отклонений в качестве точки отсчета используется величина номинального размера (на рис. 4 данная точка отсчета обозначена «0’»). Следует отметить, что координата середины поля допуска А0, а также значения верхнего ES и нижнего EI предельных отклонений могут быть как отрицательными, так и положительными в зависимости от их расположения относительно точки отсчета 0’. Это следует учитывать при использовании нижеприведенных формул (4) − (10).



Рисунок 4 − Графическое изображение размера А

Как видно из рис. 4, параметры размера связаны между собой, и любой размер А можно представить в следующем виде:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( |

Связь параметров размера между собой также можно представить в виде следующих формул:

|  |  |
| --- | --- |
| Анб = Аном + (А0 + ТА/2) = Аном + ESА. | ( |
| Анм = Аном + (А0 - ТА/2) = Аном + EIА. | ( |
| ТА = Анб - Анм = ESА – EIА. | ( |
| А0 = (ESА + EIА)/2. | ( |
| ESА = А0 + ТА/2. | ( |
| EIА = А0 - ТА/2. | ( |

### Методы достижения точности замыкающего звена

Достижение заданной точности замыкающего звена размерной цепи при сборке машины может быть осуществлено следующими методами [4]:

1) метод полной взаимозаменяемости;

2) метод неполной взаимозаменяемости;

3) метод групповой взаимозаменяемости (селективная сборка);

4) метод пригонки (изготовление «по месту»);

5) метод регулирования (с применением подвижных и неподвижных компенсаторов).

***Метод полной взаимозаменяемости*** обеспечивает достижение требуемой точности замыкающего звена размерной цепи путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. При этом любая деталь, изготовленная по принципу полной взаимозаменяемости, может быть использована при сборке без какой-либо пригонки или подбора при сохранении требуемых эксплуатационных свойств изделия.

Использование этого метода экономично в условиях достижения высокой точности при малом числе звеньев размерной цепи в массовом и крупносерийном производстве. Он позволяет организовать процесс сборки по принципу потока, изготовлять запасные детали и запасные сборочные единицы, агрегаты на основе кооперирования специализированных заводов, выпускающих отдельные детали и сборочные единицы тех или других машин.

***Метод неполной взаимозаменяемости*** обеспечивает достижение требуемой точности замыкающего звена размерной цепи путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений. При этом, используя некоторые положения теории вероятности, допуски на размеры деталей, составляющие размерную цепь, расширяют, идя на риск получения некоторого относительно небольшого процента собранных сборочных единиц, у которых допуск замыкающего звена выйдет за пределы допускаемой по техническим условиям величины. Использование метода целесообразно для достижения точности в многозвенных размерных цепях.

Этот метод обеспечивает значительный экономический эффект для обработки резанием, так как благодаря расширению допусков на отдельные детали, обработка их упрощается и обходится дешевле. Сборочные единицы, оказавшиеся негодными по техническим условиям, не являются браком, а подлежат разборке на отдельные детали, которые затем поступают снова на сборку (в другом сочетании с другими деталями).

***Метод групповой взаимозаменяемости*** обеспечивает требуемую точность замыкающего звена размерной цепи у заранее обусловленной части объектов путем включения в нее составляющих звеньев без выбора, подбора или изменения их значений.

Сущность метода заключается в том, что детали, размеры которых входят в размерную цепь, сортируют по размерам на несколько групп в пределах полей допусков. Такой метод позволяет при сравнительно невысокой точности деталей достигнуть повышенной точности замыкающего звена, так как необходимый допуск его достигается путем сборки деталей, входящих в одну группу сортировки. Такая сборка называется селективной и, в основном, применяется в крупносерийном и массовом производстве.

***Метод пригонки*** заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем изменения размера одного из звеньев (звена-компенсатора) снятием определенного количества материала подрезкой, припиловкой, шабрением и т. д. Этот метод требует значительной затраты ручного труда высококвалифицированных рабочих-сборщиков, является неэкономичным для сборочного цеха. Его применяют при мелкосерийном и единичном производстве для точного изготовления деталей, входящих в цепи с большим числом звеньев.

***Метод регулирования*** заключается в том, что требуемая точность замыкающего звена достигается путем изменения величины заранее выбранного компенсирующего звена без снятия с него материала. По принципиальной сущности метод регулировки аналогичен методу пригонки. Различие между ними заключается в том, что изменение величины компенсирующего звена при методе регулировки осуществляется двумя способами:

1) изменением положения одной из деталей (***подвижного компенсатора***) путем ее линейного перемещения или поворота, или же того и другого одновременно на величину изменений погрешности замыкающего звена;

2) введением в размерную цепь специальной детали (***неподвижного компенсатора***) требуемого размера или с требуемым относительным поворотом ее поверхностей.

Подвижные компенсаторы позволяют получить высокую точность размерной цепи и поддерживать эту точность при эксплуатации, когда размеры отдельных звеньев вследствие износа изменяются. При использовании подвижных компенсаторов отпадает необходимость в пригоночных работах, рабочему приходится только регулировать положение подвижного компенсатора, контролируя величину замыкающего звена измерительными инструментами. При использовании метода регулирования с подвижным компенсатором на стадии конструирования необходимо предусмотреть дополнительные конструктивные элементы.

В случае использования неподвижного компенсатора рабочий сначала измеряет величину замыкающего звена, а затем подбирает из имеющегося комплекта подходящий по размеру неподвижный компенсатор.

Рассматриваемый метод также используется в ремонтной практике для восстановления работоспособности изделий. Таким образом, метод регулирования является экономичным способом достижения высокой точности замыкающего звена размерных цепей.

### Достижение точности замыкающего звена методом полной взаимозаменяемости

Для любой плоской размерной цепи справедливо следующее уравнение размерной цепи [2]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( |

где − замыкающее звено размерной цепи;

− *i*-ое увеличивающее звено размерной цепи;

− *j*-ое уменьшающее звено размерной цепи;

n − количество увеличивающих звеньев в размерной цепи;

m − общее количество звеньев в размерной цепи (включая замыкающее звено).

Для обеспечения собираемости сборочной единицы методом полной взаимозаменяемости необходимо выполнение следующих условий:

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( |
|  | ( |
|  | ( |

При решении прямой (проектной) задачи необходимо по заданному значению исходного звена АΔ определить параметры составляющих звеньев.

В этом случае полагают, что все составляющие звенья в равной степени влияют на величину допуска замыкающего звена и, следовательно, величины их допусков могут быть равны (принцип равных допусков). Т. е. принимаем допуски всех составляющих звеньев размерной цепи равными друг другу. Тогда допуски на все составляющие звенья размерной цепи можно определить по величине среднего допуска Тср по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| Т1 = Т2 = … = Тm-1 = Тср = | ( |

Номинальный размер исходного звена АΔном известен из условий задачи. На все (кроме одного) составляющие звенья размерной цепи номинальный размер назначается произвольно (желательно назначать целые числа). После этого для соблюдения условия (12) необходимо рассчитать номинальный размер Аном расч оставшегося звена по формулам (16)-(17):

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( |
|  | ( |

Координату середины поля допуска исходного звена АΔ0 можно определить по формуле (8). На все (кроме одного) составляющие звенья размерной цепи координата середины поля допуска назначается произвольно (исходя из технических, технологических, экономических или других соображений). После этого для соблюдения условия (13) необходимо рассчитать координату середины поля допуска Ао расч оставшегося звена по формулам (18)-(19):

|  |  |
| --- | --- |
|  | ( |
|  | ( |

После определения координат середин полей допусков всех звеньев размерной цепи можно определить верхнее и нижнее предельные отклонения размеров всех звеньев цепи по формулам (9)-(10).

### Достижение точности замыкающего звена методом неполной взаимозаменяемости

Отличительной особенностью данного метода от метода полной взаимозаменяемости является то, что допуски на размеры деталей, составляющие размерную цепь, расширяют, идя на риск получения некоторого относительно небольшого процента собранных сборочных единиц, у которых допуск замыкающего звена выйдет за пределы допускаемой по техническим условиям величины. Следовательно, величина допусков составляющих звеньев размерной цепи будет зависеть от процента допустимого брака, который назначается на стадии проектирования сборочной единицы, а также от закона распределения составляющих звеньев. Тогда допуски на все составляющие звенья размерной цепи можно определить по величине среднего допуска Тср по формуле [1]:

|  |  |
| --- | --- |
| Т1 = Т2 = … = Тm-1 = Тср = , | ( |

где *tΔ* ‑ нормированный параметр точности (коэффициент риска);

‑ среднее значение коэффициента, характеризующего закон распределения звеньев размерной цепи.

Значение коэффициента принимается равным: для закона нормального

Таблица 1 − Значение нормированного параметра точности *tΔ* [4]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Процент получения годных изделий (%) | 68 | 90 | 95,5 | 99 | 99,73 |
| Процент допустимого брака (%) | 32 | 10 | 4,5 | 1,0 | 0,27 |
| Значение *tΔ* | 1 | 1,665 | 2 | 2,57 | 3 |

распределения (см. рис. 3) = 1/9, для закона треугольного распределения =1/6, для закона равной вероятности или в том случае, когда нельзя сделать предположения о характере закона распределения = 1/3.

Значение нормированного параметра точности *tΔ* зависит от принятой величины годных изделий, которое необходимо обеспечить в процессе сборки (табл. 1).

Расчеты по методу неполной взаимозаменяемости проводятся в том же порядке, что и по методу полной взаимозаменяемости.

Для расчета номинальных размеров звеньев размерной цепи можно воспользоваться формулами (12), (16), (17).

Координату середины поля допуска исходного звена АΔ0 можно определить по формуле (8).

Для расчета координат середин полей допусков звеньев размерной цепи можно воспользоваться формулами (13), (18), (19).

После определения координат середин полей допусков всех звеньев размерной цепи можно определить верхнее и нижнее предельные отклонения размеров всех звеньев цепи по формулам (9)-(10).

## Вопросы для самоконтроля

1. Что такое размерная цепь?
2. Как обозначаются звенья размерной цепи?
3. Что такое исходное звено?
4. Что такое замыкающее звено?
5. Что определяется в процессе решения прямой задачи?
6. Что определяется в процессе решения обратной задачи?
7. Что такое увеличивающее звено размерной цепи?
8. Как обозначается увеличивающее звено размерной цепи?
9. Что такое уменьшающее звено размерной цепи?
10. Как обозначается уменьшающее звено размерной цепи?
11. Что определяет конструкторская размерная цепь?
12. Что определяет технологическая размерная цепь?
13. Что такое поле рассеяния ω?
14. Какие законы распределения Вам известны?
15. Что такое допуск?
16. Что такое поле допуска?
17. Чем отличается поле рассеяния от поля допуска?
18. На какие параметры качества детали можно установить допуск?
19. Что является точкой отсчета для определения величины номинального размера?
20. Что является точкой отсчета для определения величины наибольшего размера?
21. Что является точкой отсчета для определения величины наименьшего размера?
22. Что является точкой отсчета для определения координаты середины поля допуска?
23. Что является точкой отсчета для определения верхнего и нижнего предельных отклонений?
24. Какие параметры размера могут иметь отрицательные значения?
25. Какие существуют методы достижения точности замыкающего звена?
26. Объясните суть каждого из методов достижения точности замыкающего звена?
27. От чего зависит значение нормированного параметра точности?
28. От чего зависит значение коэффициента?

## Порядок выполнения лабораторной работы

### Инструктаж по технике безопасности

Перед началом работы проводится инструктаж по технике безопасности. После инструктажа студенты расписываются о получении инструктажа, после чего непосредственно приступают к выполнению работы.

Лабораторная работа связана с нахождением студентов в помещении лаборатории кафедры информационных технологий в машино- и приборостроении, где установлено металлорежущее оборудование, которое представляет собой источник повышенной опасности. При этом студенты должны соблюдать следующие меры предосторожности:

- застегнуть одежду, убрать длинные волосы, галстуки и т. п.;

- быть внимательным, не отходить от группы студентов, не осматривать самостоятельно станки, не отвлекать товарищей посторонними разговорами и внимательно слушать объяснения преподавателя;

- не подходить к работающему станку ближе 1,5 метров;

- не брать в руки горячую стружку;

- при прохождении по помещению, где установлены станки, не дотрагиваться до станков.

При не соблюдении правил техники безопасности могут быть следующие случаи травматизма:

- захват рук, одежды, волос вращающимися частями станка;

- ожоги, ранения рук, глаз и других частей тела стружкой;

- ушибы и ранения сорвавшимися заготовками или от собственного падения на скользком полу или вследствие наличия на полу стружки;

- электрические удары.

При получении травмы необходимо:

- пострадавшего направить к врачу или вызвать скорую медицинскую помощь по телефону 03;

- при поражении электрическим током немедленно выключить рубильники, вызвать скорую медицинскую помощь, а до прибытия врача пострадавшему делать искусственное дыхание;

- немедленно сообщить о случившемся преподавателю, проводящему занятия, даже в случае незначительных травм (ушибы, ранения рук и т. п.).

### Допуск студентов к выполнению лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы преподавателем проводится контрольный опрос студентов, по результатам которого студент допускается либо не допускается к лабораторной работе. Для подготовки к опросу необходимо прослушать курс лекций по данной теме, а также самостоятельно изучить материал, приведенный в п. 4 настоящих методических указаний. Для дополнительной подготовки к лабораторной работе можно использовать литературу, указанную в рабочей программе дисциплины.

Для выполнения работы преподаватель выдает студентам комплект деталей, входящих в сборочную единицу (рис. 5а или рис.5б), а также измерительные инструменты − электронный штангенциркуль и комплект щупов.

### Постановка задачи.

Считается, что для сборки узла, представленного на рис. 5а или рис.5б, было изготовлено десять комплектов деталей, входящих в состав данного узла. Детали изготовлены с определенным допуском на линейные размеры.

Необходимо определить максимальное количество комплектов деталей, которые удовлетворяют требованиям методов полной и неполной взаимозаменяемости для заданного значения замыкающего звена АΔ.



а) б)

Рисунок 5 − Эскиз сборочной единицы

Составляем схему размерной цепи с указанием увеличивающих и уменьшающих звеньев. Пример схемы размерной цепи представлен на рис. 6.



Рисунок 6 − Схема размерной цепи

Составляем уравнение размерной цепи:

|  |  |
| --- | --- |
| АΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | ( |

Правильность составления схемы и уравнения размерной цепи необходимо проверить у преподавателя. После проверки преподаватель задает значение замыкающего звена АΔ

АΔ = АΔном+ТΔ = 0+ТΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Определяются параметры замыкающего звена:

ТΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

АΔном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

АΔнм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

АΔнб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

ESАΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

EIАΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм;

Определяем координату середины поля допуска замыкающего звена АΔ0:

АΔ0 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(расчетная формула)

АΔ0 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

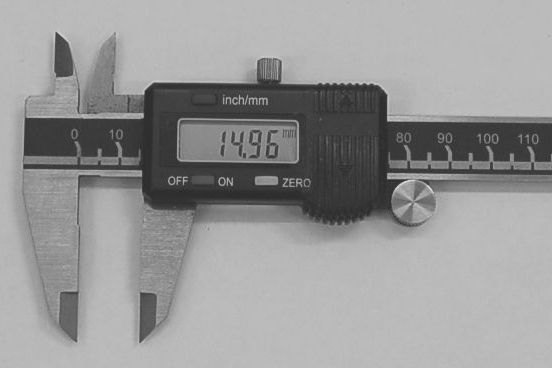
(вычисление и результат)

### Порядок и правила проведения измерений

Измерения размеров деталей в лабораторной работе производятся с помощью электронного штангенциркуля, приведенного на рис. 7. Нижние губки предназначены для измерения охватывающих размеров (для измерения наружных поверхностей), верхние − для измерения охватываемых размеров (для измерения внутренних поверхностей).

Если к моменту проведения измерений на табло не высвечиваются какие-либо цифры, то перед проведением измерений штангенциркуль необходимо включить нажатием на красную кнопку «OFF/ON».

Перед каждым новым измерением показания на табло следует обнулить нажатием на белую кнопку «ZERO».



Ролик

перемещения

губок

Кнопка

обнуления

Рисунок 7 − Электронный штангенциркуль

Для перемещения губок необходимо пользоваться роликом. Одной рукой удерживается измеряемая деталь, штангенциркуль должен находиться в другой руке, при этом большим пальцем этой руки вращается ролик (как показано на рис. 8), вследствие чего губки штангенциркуля перемещаются. После касания губок измеряемой детали следует остановить вращение ролика и снять показания, которые высвечиваются на табло штангенциркуля.

При измерении полых втулок следует добиться такого положения губок штангенциркуля относительно детали, чтобы поверхность губки касалась максимально большей поверхности торца втулки (рис. 9).

Для измерения зазоров в собранных изделиях используется комплект щупов. Измерение зазора следует начинать щупом, имеющим наименьший размер, перебирая щупы (от меньшего к большему) до тех пор, пока не будет подобран щуп, соответствующий величине зазора. При измерении щупом не следует прилагать какие-либо усилия, т. к. это может привести к поломке щупа. Если щуп без усилия не входит в зазор, то следует считать, что щуп предыдущего размера соответствует величине зазора.

При измерении зазора в изделии, эскиз которого приведен на рис. 5а, следует прижать детали №2 и №3 к левому торцу корпуса, и производить измерения зазора между втулкой и правым торцом корпуса.

При сборке и измерении зазора в изделии, эскиз которого приведен на рис. 5б, следует завинчивать гайку «от руки», не прилагая никаких усилий, т. е. при касании гайки торца корпуса следует прекратить завинчивание, после чего производить измерение зазора.

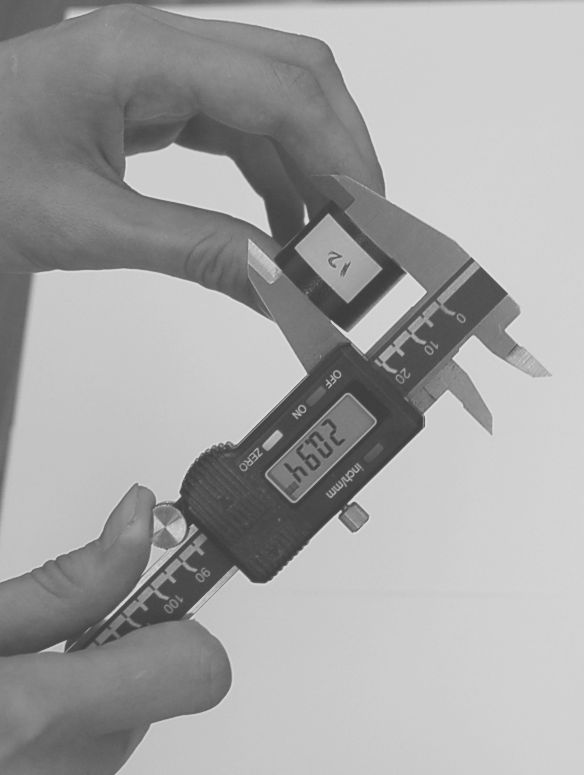


Рисунок 8 − Правильное положение измеряемой детали

и штангенциркуля при проведении измерения



Рисунок 9 − Правильное положение измеряемой детали (втулки) относительно губок штангенциркуля

### Решение задачи методом полной взаимозаменяемости

Таблица 2 – Размеры деталей комплекта

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры детали 1 «Корпус» | | |  | Размеры детали 2 «Втулка высокая» | | |  | Размеры детали 3  «Втулка низкая» | | |
| №  п.п. | № детали | Размер  А1, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А2, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А3, мм |
| 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  |  | 2 |  |  |  | 2 |  |  |
| 3 |  |  |  | 3 |  |  |  | 3 |  |  |
| 4 |  |  |  | 4 |  |  |  | 4 |  |  |
| 5 |  |  |  | 5 |  |  |  | 5 |  |  |
| 6 |  |  |  | 6 |  |  |  | 6 |  |  |
| 7 |  |  |  | 7 |  |  |  | 7 |  |  |
| 8 |  |  |  | 8 |  |  |  | 8 |  |  |
| 9 |  |  |  | 9 |  |  |  | 9 |  |  |
| 10 |  |  |  | 10 |  |  |  | 10 |  |  |

Для определения наибольшего и наименьшего размера деталей в каждом комплекте необходимо измерить все детали электронным штангенциркулем с точностью до двух знаков после запятой. Результаты измерений заносим в табл. 2.

После измерений определяем наибольший и наименьший размеры и поле рассеяния размеров деталей в каждом комплекте.

Определяем среднее значение допуска на составляющие звенья:

Тср = =

(расчетная формула) (вычисление и результат)

Назначаем допуски на составляющие звенья, равные среднему значению допуска:

Т1 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т2 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т3 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Для звеньев А1 и А2 назначаем номинальные размеры (желательно использовать ближайшие целые числа).

А1ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

А2ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Для звена А3 определяем номинальный размер:

А3ном = =

(расчетная формула) (вычисление и результат)

Для звеньев А1 и А2 назначаем координаты середины поля допуска (назначенные величины необходимо согласовать с преподавателем):

А01 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

А02 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Для звена А3 определяем координату середины поля допуска:

А03 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(расчетная формула)

А03 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(вычисление и результат)

Для каждого комплекта деталей определяем наибольший и наименьший размеры, удовлетворяющие условиям рассчитанных допусков, по формулам:

Анб = Аном + А0 + ТА/2; Анм = Аном + А0 - ТА/2;

А1нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А1нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А2нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А2нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А3нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А3нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Из табл. 2 отбираются те детали, размеры которых удовлетворяют рассчитанным значениям наибольшего и наименьшего размеров деталей. Номера отобранных деталей заносятся в табл. 3.

Таблица 3 – Размеры деталей комплекта отобранных по методу полной взаимозаменяемости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры детали 1 «Корпус» | | |  | Размеры детали 2 «Втулка высокая» | | |  | Размеры детали 3  «Втулка низкая» | | |
| №  п.п. | № детали | Размер  А1, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А2, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А3, мм |
| 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  |  | 2 |  |  |  | 2 |  |  |
| 3 |  |  |  | 3 |  |  |  | 3 |  |  |
| 4 |  |  |  | 4 |  |  |  | 4 |  |  |
| 5 |  |  |  | 5 |  |  |  | 5 |  |  |

Из отобранных деталей составляются все возможные комбинации сборки. Количество возможных комбинаций N можно определить по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
| N = n1 \* n2 \* n3 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_, | ( |

где n1, n2, n3 − количество отобранных деталей в комплектах соответствующих деталей.

Если количество возможных комбинаций N превышает 100, то следует обратиться к преподавателю с целью уменьшения количества возможных комбинаций сборки.

Номера деталей, составляющих комбинацию, заносятся в табл. 4. Для перебора всех возможных комбинаций рекомендуется следующий алгоритм.

Таблица 4 − Результаты измерений замыкающего звена

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | № детали | | | АΔ, мм | № п.п. | № детали | | | АΔ, мм | № п.п. | № детали | | | АΔ, мм |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Сначала в соответствующую колонку (там где стоит цифра «1») записываются все номера отобранных деталей №1. В колонку «2» записывается один и тот же номер детали из второго комплекта. Далее следует повторить записанное в колонке «1», при этом в колонку «2» записывается номер следующей детали из второго комплекта и т. д. Когда будет сделан полный перебор номеров деталей из второго комплекта, следует во всех заполненных строках в колонку «3» записать один и тот же номер детали из третьего комплекта. Далее содержимое колонок «1» и «2» дублируется, а в колонку «3» записывается номер следующей детали из третьего комплекта и т. д.

После занесения в табл. 4 всех номеров деталей, составляющих комбинации сборки осуществляется непосредственная сборка узла. Для сборки комплекта №1 необходимо взять детали с номерами, записанными в соответствующей строке табл. 4.

Комплект собирается, после чего измеряется размер замыкающего звена (зазора) с помощью комплекта щупов. Результаты измерений заносятся в табл. 4.

После сборки всех комплектов и измерений необходимо сделать выводы.

Наименьший фактический размер замыкающего звена наблюдается в комплекте № \_\_\_\_\_\_\_ и составляет АΔнм факт = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм.

Наибольший фактический размер замыкающего звена наблюдается в комплекте № \_\_\_\_\_\_\_ и составляет АΔнб факт = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм.

Вывод: Т. к. наименьший и наибольший фактические размеры

замыкающего звена \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ заданных значений,

превышали, не превышали

то точность замыкающего звена \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

была достигнута, не была достигнута

методом полной взаимозаменяемости.

Если точность замыкающего звена не была достигнута методом полной взаимозаменяемости, то необходимо проанализировать причины.

### Решение задачи методом неполной взаимозаменяемости

Необходимо определить максимальное количество комплектов деталей, которые удовлетворяют требованиям метода неполной взаимозаменяемости для заданного значения замыкающего звена АΔ с учетом следующих данных:

- закон распределения составляющих звеньев − равновероятный;

- процент допустимого брака − \_\_\_\_% (назначается преподавателем).

Значение замыкающего звена назначается таким же, что и для решения задачи методом полной взаимозаменяемости, т. е.:

АΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходя из заданного закона распределения определяем коэффициент для каждого звена и среднее значение коэффициента :

==== \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходя из заданного процента допустимого брака определяем значение нормированного параметра точности *tΔ*:

*tΔ* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Определяем среднее значение допуска на составляющие звенья:

Тср = =

(расчетная формула) (вычисление и результат)

Назначаем допуски на составляющие звенья, равные среднему значению допуска:

Т1 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т2 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т3 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Номинальные размеры и координаты середины поля допуска составляющих звеньев принимаем такими же, что и при решении задачи методом полной взаимозаменяемости.

А1ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А2ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А3ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

А01 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А02 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А03 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Для каждого комплекта деталей определяем наибольший и наименьший размеры, удовлетворяющие условиям рассчитанных допусков, по формулам:

Анб = Аном + А0 + ТА/2; Анм = Аном + А0 - ТА/2;

А1нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А1нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А2нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А2нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А3нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А3нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Из табл.2 отбираются те детали, размеры которых удовлетворяют рассчитанным значениям наибольшего и наименьшего размеров деталей. Номера отобранных деталей заносятся в табл. 5 соответственно.

Определяем количество возможных комбинаций N по формуле (22):

N = n1 \* n2 \* n3 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,

Из отобранных деталей составляем 12 произвольных комбинаций сборки и заносим в табл. 6. После этого для отобранных комбинаций осуществляется непосредственная сборка узла и измерение размера замыкающего звена (зазора) с помощью комплекта щупов. Результаты измерений заносим в табл. 6.

Далее следует из табл. 5 отобрать детали, имеющие параметры размеров, указанные в табл. 7, и из этих деталей собрать еще 4 сборочных узла и измерить размер замыкающего звена (зазора). Номера отобранных деталей и результаты измерений заносятся в табл. 7.

Таблица 5 – Размеры деталей комплекта отобранных по методу неполной взаимозаменяемости

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры детали 1 «Корпус» | | |  | Размеры детали 2 «Втулка высокая» | | |  | Размеры детали 3  «Втулка низкая» | | |
| №  п.п. | № детали | Размер  А1, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А2, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А3, мм |
| 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  |  | 2 |  |  |  | 2 |  |  |
| 3 |  |  |  | 3 |  |  |  | 3 |  |  |
| 4 |  |  |  | 4 |  |  |  | 4 |  |  |
| 5 |  |  |  | 5 |  |  |  | 5 |  |  |
| 6 |  |  |  | 6 |  |  |  | 6 |  |  |
| 7 |  |  |  | 7 |  |  |  | 7 |  |  |
| 8 |  |  |  | 8 |  |  |  | 8 |  |  |

Таблица 6 − Результаты измерений замыкающего звена

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | № детали | | | АΔ, мм | № п.п. | № детали | | | АΔ, мм | № п.п. | № детали | | | АΔ, мм |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 7 − Результаты измерений замыкающего звена

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п.п. | № детали, имеющей указанный размер | | | АΔ, мм |
| 1 | 2 | 3 |
| 13 | А1нб= , № | А2нм= , № | А3нм= , № |  |
| 14 | А1нб= , № | А2нм= , № | А3нб= , № |  |
| 15 | А1нб= , № | А2нб= , № | А3нм= , № |  |
| 16 | А1нм= , № | А2нм= , № | А3нм= , № |  |

После сборки всех комплектов и измерений необходимо сделать выводы: при решении задачи методом неполной взаимозаменяемости возможно возникновение ситуации, при которой величина замыкающего звена не будет соответствовать заданному значению, причем вероятность такого события, согласно условиям задачи, составляет \_\_\_\_\_\_\_ %. Т. е. при сборке 1000 сборочных узлов минимальное количество годных сборочных узлов, в которых величина замыкающего звена будет соответствовать заданному значению и составит \_\_\_\_ шт.

В производственных условиях в случае возникновения ситуации, при которой величина замыкающего звена не будет соответствовать заданному значению, необходимо произвести следующие действия: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

В результате данных действий можно получить годное изделие, что было продемонстрировано при сборке узлов №№\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (указать номера годных узлов из табл. 7).

Аналогично следует определить максимальное количество комплектов деталей, которые удовлетворяют требованиям метода неполной взаимозаменяемости для заданного значения замыкающего звена АΔ с учетом других исходных данных:

- закон распределения составляющих звеньев − равновероятный;

- процент допустимого брака − \_\_\_\_\_ % (назначается преподавателем).

АΔ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

==== \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Исходя из заданного процента допустимого брака определяем значение нормированного параметра точности *tΔ*:

*tΔ* = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Определяем среднее значение допуска на составляющие звенья:

Тср = =

(расчетная формула) (вычисление и результат)

Назначаем допуски на составляющие звенья, равные среднему значению допуска:

Т1 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т2 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм Т3 = Тср = \_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

А1ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А2ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А3ном = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

А01 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А02 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм А03 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ мм

Для каждого комплекта деталей определяем наибольший и наименьший размеры, удовлетворяющие условиям рассчитанных допусков:

А1нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А1нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А2нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А2нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

А3нб = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А3нм = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Из табл. 2 отбираются те детали, размеры которых удовлетворяют рассчитанным значениям наибольшего и наименьшего размеров деталей. Номера отобранных деталей заносятся в табл. 8 соответственно.

Определяем количество возможных комбинаций N:

N = n1 \* n2 \* n3 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_,

Результаты решения задачи методами полной и неполной взаимозаменяемости заносим в табл. 9.

Выводы по работе.

Применение метода неполной взаимозаменяемости для решения постав-

ленной задачи \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ расширить поля допусков составляющих

(позволяет, не позволяет)

звеньев по сравнению с методом полной взаимозаменяемости, что является

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ при изготовлении деталей, входящих

(менее экономичным, более экономичным)

в сборочную единицу.

Таблица 8 – Размеры деталей комплекта отобранных по методу неполной взаимозаменяемости с измененными исходными данными

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размеры детали 1 «Корпус» | | |  | Размеры детали 2 «Втулка высокая» | | |  | Размеры детали 3  «Втулка низкая» | | |
| №  п.п. | № детали | Размер  А1, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А2, мм |  | №  п.п. | № детали | Размер  А3, мм |
| 1 |  |  |  | 1 |  |  |  | 1 |  |  |
| 2 |  |  |  | 2 |  |  |  | 2 |  |  |
| 3 |  |  |  | 3 |  |  |  | 3 |  |  |
| 4 |  |  |  | 4 |  |  |  | 4 |  |  |
| 5 |  |  |  | 5 |  |  |  | 5 |  |  |
| 6 |  |  |  | 6 |  |  |  | 6 |  |  |
| 7 |  |  |  | 7 |  |  |  | 7 |  |  |
| 8 |  |  |  | 8 |  |  |  | 8 |  |  |

При решении задачи методом неполной взаимозаменяемости величина среднего допуска составляющих звеньев зависит от коэффициента, характеризующего закон рассеяния составляющих звеньев, и от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

При увеличении заданного процента допустимого брака поля допусков

составляющих звеньев \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

(увеличиваются, уменьшаются)

Таблица 9 − Результаты решения задачи различными методами

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Метод полной взаимозаменяемости | Метод неполной взаимозаменяемости | |
| 1 вариант | 2 вариант |
| Допуск замыкающего звена,  ТΔ, мм |  |  |  |
| Средний допуск составляющих звеньев, Тср, мм |  |  |  |
| Допустимый процент брака, % |  |  |  |
| Нормированный параметр  точности, *tΔ*: |  |  |  |
| Средний коэффициент, характеризующий закон распределения |  |  |  |
| Количество отобранных  деталей №1 |  |  |  |
| Количество отобранных  деталей №2 |  |  |  |
| Количество отобранных  деталей №3 |  |  |  |
| Количество возможных вариантов сборки, N |  |  |  |

# Классификация поверхностей детали и определение технических требований, предъявляемых к детали

## Цель и задачи лабораторной работы

Цель работы − приобретение навыка анализа служебного назначения детали, умения анализировать и определять назначение различных поверхностей детали, а также требований по точности размеров и относительного положения этих поверхностей исходя из служебного назначения детали и узла в целом

Задачи работы:

- ознакомление с методикой и приобретение практических навыков по выполнению деталировки на основе сборочного чертежа;

- приобретение практических навыков классификации поверхностей детали исходя из ее служебного назначения в сборочной единице;

- приобретение практических навыков классификации базовых поверхностей детали по количеству лишаемых степеней свободы;

- ознакомление с методикой установления точности выполнения размеров и шероховатости поверхностей детали на основе изучения ее служебного назначения.

## Материальное обеспечение лабораторной работы

Сборочная единица (узел).

Сборочный чертеж узла и спецификация на нее.

## Теоретические положения

### Служебное назначение изделия и классификация поверхностей деталей

Каждое изделие, в т. ч. машина или механизм, создается для удовлетворения определенной потребности человека, которая находит отражение в служебном назначении изделия. Под служебным назначением изделия понимается максимально уточненная и четко сформулированная задача, для решения которой оно предназначается. Формулировка служебного назначения изделия должна отражать не только общую задачу, для решения которой создается изделие, но и все дополнительные условия и требования, которые эту задачу количественно уточняют и конкретизируют.

В большинстве случаев потребительские свойства изделия, т. е. общие требования по условиям эксплуатации, точности, надежности, долговечности и эстетике, которые определяют будущего потребителя изделия не позволяют еще приступить к разработке конструкции и тем более к разработке технологического процесса изготовления изделия, так как отсутствуют многие технические данные. Для того чтобы приступить к конструированию и изготовлению изделия необходимо общие требования к изделию дополнить техническими требованиями, которым должно удовлетворять изделие. Эти условия должны быть сформулированы так, чтобы на данном этапе развития науки и техники или в условиях конкретного производства их можно было реализовать.

Имея данные по потребительским свойствам и техническим требованиям можно приступить к созданию изделия.

Под служебным назначением детали, входящей в состав какого-либо изделия, также понимают максимально уточненную и четко сформулированную задачу, для решения которой предназначается данная деталь.

Каждое изделие, отдельные механизмы и узлы выполняют свое служебное назначение при помощи ряда поверхностей или их сочетаний, принадлежащим деталям, входящим в состав данного изделия, машины или узла. Данные поверхности называются исполнительными [5].

После того как выявлено и четко сформулировано служебное предназначение изделия, выбирают исполнительные поверхности или заменяющие их сочетание поверхностей надлежащей формы. Затем выбирается закон относительного движения исполнительных поверхностей, обеспечивающий выполнение изделием его служебного назначения, разрабатывается кинематическая схема изделия (машины) и всех составляющих его узлов и механизмов.

Зная служебное назначение каждого звена кинематических цепей машины, закон движения, характер, величину действующих на него сил и ряд других факторов (среда, длительность непрерывной работы и т.д.), выбирают материал для каждого звена, определяют основные конструктивные размеры каждого из звеньев и разрабатывают их конструктивные формы, т.е. превращают их в деталь машины.

Для того чтобы детали, несущие исполнительные поверхности машины и ее механизмов, а также все другие детали, выполняющие функции звеньев и ее кинематических цепей, двигались в соответствии с требуемым законом их относительного движения и занимали требуемые положения относительно друг друга, их соединяют при помощи различного рода других деталей в виде корпусов, станин, коробок, кронштейнов и т.д., получивших название базирующих деталей.

Таким образом, конструктивные формы каждой детали машины и ее механизмов создаются, исходя из ее служебного назначения в машине, путем ограничения необходимого количества выбранного материала различными поверхностями и их сочетаниями [5].

В зависимости от функций, выполняемых различными поверхностями детали при выполнении ее служебного назначения, их можно разделить на три вида: исполнительные, базирующие и связующие.

С помощью исполнительных поверхностей деталь выполняет свое служебное назначение.

Базирующие поверхности детали бывают двух типов:

1) основные базирующие поверхности или основные базы детали;

2) вспомогательные базирующие поверхности или вспомогательные базы детали.

При помощи основных базирующих поверхностей (основных баз) определяется положение самой детали в механизме или в машине. При помощи вспомогательных базирующих поверхностей (вспомогательных баз) определяется положение других деталей, присоединяемых к данной детали.

Третий вид (связующие поверхности) составляют все остальные поверхности, при помощи которых вместе с рассмотренными выше поверхностями детали придаются необходимые конструктивные формы.

Например, предположим, что необходимо разработать конструктивные формы звена 1 (рис. 10) кинематической цепи редуктора, служащего для передачи вращательного движения и крутящего момента от предшествующего вращающегося звена 2 кинематической цепи к последующему звену 3.



Рисунок 10 − Кинематическая

схема редуктора.

Если кинематическое звено 1 должно по своему служебному назначению вращаться и передавать крутящий момент, то оно будет называться «Вал», при этом такое звено должно иметь несущие его опорные поверхности, получаемые вращением образующей прямой или кривой вокруг оси.

С точки зрения изготовления будущей детали «Вал» (рис. 11) использование цилиндрических поверхностей более экономично, поэтому для опорных частей вала выбираем две цилиндрические поверхности 1 и 2, которые будут определять его положение в редукторе, т. е. являться основными конструкторскими базами детали.

Для того чтобы кинематическое звено «Вал» передавало вращательное движение и крутящий момент, на него необходимо (как видно из кинематической схемы на рис. 10) смонтировать два зубчатых колеса 4 и 5. Зубчатые колеса 4 и 5 должны располагаться на требуемом расстоянии друг от друга.

Для выполнения перечисленных требований на валу необходимо иметь, во-первых, две цилиндрические поверхности 3 и 4 (рис. 11), на которых будут смонтированы зубчатые колеса, во-вторых, две плоские поверхности 4, которые будут определять положение зубчатых колес вдоль оси вала. Таким образом поверхности 3, 4, 5 и 6 будут являться вспомогательными конструкторскими базами, т. к. они определяют положение присоединяемых деталей (зубчатых колес).

Кроме этого, у цилиндрических поверхностей, на которые будут устанавливаться зубчатые колеса, необходимо сделать поверхности, образующие пазы под шпонки, передающие крутящий момент с зубчатого колеса на вал и с вала на другое зубчатое колесо. Шпоночные пазы будут являться исполнительными поверхностями, т. к. именно с их помощью деталь «Вал» будет выполнять свое служебное назначение − передавать крутящий момент.

Для придания конструктивных форм детали «Вал» необходимо предусмотреть связующие поверхности: несколько плоских поверхностей - торцов (для ограничения размеров вала вдоль оси), цилиндрические поверхности 9, 10 и 11 (для связи исполнительных и базирующих цилиндрических поверхностей между собой), фаски (для облегчения последующего монтажа деталей в изделии) и т. п. Таким образом, ограничивая кусок материала выбранными поверхностями получают конструктивные формы детали «Вал», как звена кинематической цепи.

 6

5

1

11 2

8 4

10

9 7 3

Рисунок 11 − Конструктивные формы вала редуктора

Однако, выбор поверхностей, которые должны ограничить кусок материала, и придание ему требуемой формы еще не означает, что деталь «Вал» будет правильно выполнять свое служебное назначение в редукторе.

Действительно, если поверхности вала не будут иметь требуемые размеры и расстояния относительно друг друга или требуемую точность относительного поворота, то деталь не будет выполнять свое служебное назначение в редукторе. Например, если поверхности 3 и 4 (вспомогательные конструкторские базы) займут неправильное угловое положение относительно поверхностей 1 и 2 (основных конструкторских баз), как это в несколько усиленном виде показано на рис. 12, то это вызовет неправильное угловое положение зубчатых колес и, как следствие, неправильную работу изделия в целом.

Следовательно, мало выбрать поверхности, предназначенные для получения требуемых конструктивных форм детали, необходимо также чтобы все поверхности заняли вполне определенное положение относительно друг друга.



Рисунок 12 − Возникновение погрешности положения исполнительных   
поверхностей зубчатых колес вследствие погрешности относительного   
положения поверхностей вала

### Основы базирования

В процессе изготовления машин возникают задачи соединения с требуемой точностью двух или большего количества деталей. Такие задачи возникают при сборке и регулировки машин и ее механизмов, при обработке заготовок на различных технологических системах, когда заготовку необходимо установить и закрепить с заданной точностью на столе станка или приспособлении. Аналогичные задачи приходится решать при установке и закреплении режущего инструмента на шпинделе станка, борштанге, резцедержателе или другом виде приспособления, а также при измерении детали или заготовки при помощи любого измерительного инструмента. Задачи взаимной ориентировки деталей и сборочных единиц в машинах при их сборке или заготовок на станках при изготовлении деталей решаются их базированием [1].

Теория базирования – часть учения о точности, занимающаяся взаимными связями поверхностей. Теория базирования является общей и распространяется на все твердые тела, в том числе на изделия машиностроения, как в сборе, так и на всех стадиях производственного процесса (механической обработки, сборки, измерения и т. д.)

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат. При проектировании или сборке под базированием понимают придание детали или сборочной единице требуемого положения относительно других деталей изделия. При механической обработке заготовок на станках базированием принято считать придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траектории движения подачи обрабатывающего инструмента.

Известно, что для полного исключения подвижности твердого тела в пространстве необходимо лишить его шести степеней свободы: трех поступательных перемещений вдоль осей координат и трех вращений вокруг указанных осей. Это достигается наложением шести двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз.

База – это поверхность, сочетание поверхностей, ось или точка, принадлежащая детали и используемая для базирования. Точка, символизирующая одну из связей детали с выбранной системой координат, называется опорной точкой.

По своему назначению базы разделяются на три вида – конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторская база – база, используемая для определения положение детали или сборочной единицы в изделии.

Основная конструкторская база – база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и определяющая ее положения в изделии.

Вспомогательная конструкторская база – база, принадлежащая данной детали или сборочной единице и определяющая положение присоединяемой к ней детали или сборочной единицы.

Технологическая база используется для определения относительного положения заготовки в процессе ее обработки, (например, при установке заготовки в приспособлении или на столе станка).

Измерительная база – используется для определения относительного положения заготовки или изделия и средств измерения или контроля.

По количеству лишаемых степеней свободы различают следующие базы.

1) Установочная база – база, лишающая заготовку или изделие трех степеней свободы – перемещения вдоль координатной оси и поворота вокруг двух других осей. В качестве установочной базы выступает поверхность наибольших габаритных размеров.

2) Направляющая база – база, лишающая заготовку или изделие двух степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой. В качестве направляющей базы выбирают поверхность наибольшей протяженности.

3) Опорная база – база, лишающая заготовку или изделие одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг координатной оси. В качестве опорной базы используют поверхность наименьших габаритных размеров.

4) Двойная направляющая база – база, лишающая заготовку или изделие четырех степеней свободы – перемещения вдоль двух координатных осей и поворота вокруг этих осей. В качестве двойной направляющей базы выбирают поверхность наибольшей протяженности.

5) Двойная опорная база – база, лишающая заготовку или изделие двух степеней свободы – перемещения вдоль двух координатных осей.

По характеру проявления различают явную базу – базу заготовки или изделия в виде реальной поверхности, разметочной риски или точек пересечения рисок и условную или скрытую базу – базу заготовки или изделия в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

При сборке, обработке на станке или измерении базирование конкретных деталей и узлов осуществляется по реальным поверхностям. Однако базирование по реальным поверхностям не может быть идеально точным вследствие неизбежных погрешностей формы и размеров этих поверхностей. В связи с этим часто оказывается удобным рассматривать идеализированные схемы базирования, в которых базами могут являться воображаемые плоскости, оси симметрии и точки. Для таких случаев вводится понятие о скрытых базах.

Таблица 10 − Классификация баз

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| По назначению | По числу лишаемых  степеней свободы | По характеру проявления |
| Конструкторская основная | Установочная | Явная |
| Конструкторская  вспомогательная | Направляющая | Скрытая |
| Опорная |  |
| Технологическая | Двойная направляющая |  |
| Измерительная | Двойная опорная |  |

Явная база − база детали в виде реальной поверхности, разметочной риски или точек пересечения рисок.

Условная или скрытая база − база детали в виде воображаемой плоскости, оси симметрии или точки.

Схематично классификация баз представлена в табл. 10.

## Вопросы для самоконтроля

1. Что понимается под понятием «Служебное назначение изделия»?
2. Почему для изготовлении изделия недостаточно описания его потребительских свойств?
3. Исходя из чего создаются конструктивные формы деталей машин?
4. Назовите виды поверхностей детали в зависимости от их назначения?
5. Какие функции выполняют исполнительные поверхности?
6. Какие функции выполняют базирующие поверхности?
7. Какие функции выполняют связующие поверхности?
8. Какая разница между основными и вспомогательными базами детали?
9. Что такое теория базирования?
10. Для чего служит теория базирования?
11. Что такое базирование?
12. Сколько и каких степеней свободы необходимо лишить деталь для исключения ее подвижности в пространстве?
13. Для чего необходимо создание комплекта баз?
14. Что такое база?
15. Что такое опорная точка?
16. Назовите виды баз по назначению?
17. Для чего служит конструкторская база?
18. Для чего служит технологическая база?
19. Для чего служит измерительная база?
20. Назовите виды баз по количеству лишаемых степеней свободы?
21. Что такое установочная база?
22. Что такое направляющая база?
23. Что такое опорная база?
24. Что такое двойная направляющая база?
25. Что такое двойная опорная база?
26. Какие поверхности следует выбирать для использования их в качестве установочной, направляющей, опорной, двойной направляющей и двойной опорной баз соответственно?
27. Назовите виды баз по характеру проявления?
28. Что такое явная база?
29. Что такое скрытая база?
30. Приведите пример скрытой базы детали?

## Порядок выполнения лабораторной работы

### Допуск студентов к выполнению лабораторной работы

Перед выполнением лабораторной работы преподавателем проводится контрольный опрос студентов, по результатам которого студент допускается либо не допускается к лабораторной работе. Для подготовки к опросу необходимо прослушать курс лекций по данной теме, а также самостоятельно изучить материал, приведенный в п. 4 настоящих методических указаний. Для дополнительной подготовки к лабораторной работе можно использовать литературу, указанную в п. 2 настоящих методических указаний.

Далее проводится инструктаж по технике безопасности. После инструктажа студенты расписываются о получении инструктажа, после чего непосредственно приступают к выполнению работы.

Для выполнения работы студент должен иметь при себе чертежные принадлежности − карандаш, ластик, линейку и циркуль.

Перед выполнением работы преподаватель выдает студентам сборочный чертеж изделия (узла), спецификацию на него и задание на деталировку.

### Постановка задачи

На основании изучения сборочного чертежа изделия (узла) и анализа его служебного назначения необходимо сформировать чертеж заданной детали, разработать технические требования для поверхностей детали и классифицировать поверхности детали на их назначению, а базирующие поверхности дополнительно классифицировать по числу лишаемых степеней свободы.

### Последовательность выполнения лабораторной работы

После получения сборочного чертежа необходимо тщательно проанализировать служебное назначение изделия (узла). На основании анализа сборочного чертежа определить какие соединения в узле являются подвижными, а какие − неподвижными.

С целью выявления точностных требований, предъявляемых к деталям, входящим в изделие (узел), необходимо с помощью табл. 11 проанализировать характер посадок в соединениях.

На основании комплексного анализа сборочной единицы выполняется деталировка − вычерчивается чертеж заданной детали с проставлением размеров, а также с указанием требований по точности выполнения размеров и шероховатости поверхностей.

Для определения размеров детали следует воспользоваться размерными данными, имеющимися в сборочном чертеже, недостающие размеры определяются путем измерения линейкой с учетом масштаба чертежа. Масштаб определяется приблизительно путем сопоставления реальных размеров с размерами, указанными на чертеже.

Точность выполнения размеров (квалитет точности) определяется исходя из служебного назначения поверхностей рассматриваемой детали. Шероховатость поверхностей определяется исходя из табл. 12.

Таблица 11 − Характеристики и ориентировочная применяемость посадок по ГОСТ 25347 при номинальных размерах от 1 до 500 мм

|  |  |
| --- | --- |
| Посадки | Характеристика и ориентировочная применяемость посадок |
| H6/s5  Н6/г5 | Неподвижные соединения с гарантированным, строго регламентированным натягом. Для соединения деталей требуются значительные усилия («»прессовые»). Применяются для высокоточных прочных соединений деталей, сохраняющих неподвижность при значительных усилиях без дополнительного крепления. В общем машиностроении, приборостроении и станкостроении широкого применения не имеют |
| Н6/n5 | Неподвижное соединение с гарантированным минимальным натягом («глухая»). Сборка деталей осуществляется под значительным давлением. Применяется в высокоточных узлах, подвергающимся значительным сотрясениям. Широкого применения не имеет |
| Н6/m5 | Переходная посадка для неподвижных соединений (возможен минимальный зазор) с возможностью частой разборки или при недопустимости деформации сопрягаемых деталей («тугая»). Требуется дополнительное крепление |
| Н6/k5 | Переходная посадка для плотных соединений («напряженная»). Сборка и разборка осуществляется без значительных усилий. Требуется безусловное дополнительное крепление. Применяется для неподвижных посадок, требующих точного центрирования |
| H6/js5 | Переходная посадка с возможностью небольшого натяга («плотная»). Применяется для посадки неподвижных колец высокоточных подшипников качения |
| H6/h5 | Подвижное соединение с минимальными зазорами («скользящая»). Применяется при особо высокой точности сборки прецизионных деталей, требующих подвижности с минимальными зазорами |
| H6/g5 | Подвижное высокоточное соединение с гарантированным минимальным зазором («посадка движения»). Применяется для высокоточного сопряжения деталей при их взаимном перемещении |

Продолжение табл. 11

|  |  |
| --- | --- |
| H6/f6 | Подвижное высокоточное соединение с гарантированным зазором («ходовая»). Применяется для деталей, вращающихся с умеренной скоростью, с зазорами, достаточными для помещения смазки |
| Н7/с8 | Подвижное соединение с большим гарантированным зазором («тепловая ходовая»). Применяется для деталей, вращающихся с большой скоростью, когда требуется обеспечить гарантированный зазор при нагреве сопрягаемых деталей. |
| Н8/u8  H8/s7 | Неподвижные соединения с гарантированным натягом («прессовые»). Для соединения деталей требуются значительные усилия. Применяются для прочных соединений деталей, сохраняющих неподвижность при значительных усилиях без дополнительного крепления. |
| H8/n7 | Неподвижное прочное соединение («глухая»). Область применения та же, что и для посадки Н7/n6, но с более свободными требованиями к допускам. |
| H8/m7  H8/k7  H8/js7 | Переходные посадки для неподвижных соединений («тугая», «напряженная», «плотная»). Области применения те же, что и для посадок H7/m6, H7/k6, H7/is6, но с меньшими требованиями к допускаемым отклонениям. |
| H8/h7  H8/f8 | Подвижные соединения («скользящая» и «ходовая»). Ориентировочная применяемость − см. посадки H7/h6 и Н7/f7 |
| H8/x8  (3-30 мм)  H8/u8  (3-100 мм)  H8/s7  (65-500 мм) | Неподвижные соединения с гарантированным натягом («прессовые»). Применяется в случаях, когда сопряженные детали должны противостоять значительным усилиям без дополнительного крепления, но при условии, что возникающие напряжения не вызовут нарушения прочности деталей, а деформация не имеет значения, например при запрессовке валиков, втулок с толстыми стенками, шрифтов, пальцев кривошипов и т.п. |
| Н8/h8  Н9/h8  H8/h9  H9/h9 | Подвижные соединения с малыми зазорами («скользящие»). Обеспечивают довольно легкое перемещение одной детали относительно другой, невысокой точности. Применяются для тех же целей, что и посадка Н7/h6, но при меньших требованиях к качеству сборки, например для таких деталей, как поршневые штоки, поршни и поршневые золотники, вкладыши разъемных подшипников скольжения, сальники и т.п. |
| H9/f8  H8/f9  Н9/е8  Н9/е9 | Подвижные соединения с гарантированным зазором («ходовые»). Применяются для деталей, требующих легкого вращения при значительных скоростях, невысокой точности, для вращающихся валов с несколькими или далеко расставленными опорами, для валов в длинных подшипниках и т.п. |

Окончание табл. 11

|  |  |
| --- | --- |
| H8/d9  H9/d9  H8/dl0 | Подвижные соединения со значительными гарантированными зазорами («широкоходовые»). Применяются там же, что и посадки H9/f8-Н8/с9, но при меньших требованиях к качеству сборки |
| H10/h10 | Подвижное соединение с малыми зазорами («скользящая»). Применяется для тех же целей, что и посадки H8/h8 - H9/h9, но с более грубыми допусками, дающими возможность вести обработку на автоматах и револьверных станках. |
| H11/h11  H11/d11  H11/c11  H11/b11  H11/a11 | Подвижные соединения со значительными зазорами. Применяются для соединений, требующих больших конструктивных и технологических зазоров, где допустимы их значительные колебания. |
| Н12/h12  Н12/b12 | То же, что в предыдущих соединениях, но в более грубых случаях |

Таблица 12 − Значения допусков (мкм) и шероховатости поверхности (мкм) соответствующих квалитетам точности для размеров до 500 мм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Размер, мм | | Квалитет | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |  | 10 | 11 |  | 12 | 13 |  |  | 14 |  | 15 | 16 | 17 |
| от 3 | Ra 0,32 | 4 | 6 | 10 | 14 | 25 |  | 40 | 60 |  | 100 | 140 |  |  | 250 |  | 400 | 600 | 1000 |
| от 3 до 6 | 5 | 8 | 12 | 18 | 30 |  | 48 | 75 |  | 120 | 180 |  |  | 300 |  | 480 | 750 | 1200 |
| от 6 до 10 | 6 | 9 | 15 | 22 | 36 |  | 58 | 90 |  | 150 | 220 |  |  | 360 |  | 580 | 900 | 1500 |
| от 10 до 18 | 8 | 11 | 18 | 27 | 43 |  | 70 | 110 |  | 180 | 270 |  |  | 430 |  | 700 | 1100 | 1800 |
| от 18 до 30 | 9 | 13 | 21 | 33 | 52 |  | 84 | 130 |  | 210 | 330 |  |  | 520 |  | 840 | 1300 | 2100 |
| от 30 до 50 | Ra 0,63 | 11 | 16 | 25 | 39 | 62 |  | 100 | 160 |  | 250 | 390 |  |  | 620 |  | 1000 | 1600 | 2500 |
| от 50 до 80 | 13 | 19 | 30 | 46 | 74 |  | 120 | 190 |  | 300 | 460 |  |  | 740 |  | 1200 | 1900 | 3000 |
| от 80 до 120 | 15 | 22 | 35 | 54 | 87 |  | 140 | 220 |  | 350 | 540 |  |  | 870 |  | 1400 | 2200 | 3500 |
| от 120 до 180 | | 18 | 25 | 40 | 63 | 100 |  | 160 | 250 |  | 400 | 630 |  |  | 1000 |  | 1600 | 2500 | 4000 |
| от 180 до 250 | | 20 | 29 | 46 | 72 | 115 |  | 185 | 290 |  | 460 | 720 |  |  | 1150 |  | 1850 | 2900 | 4600 |
| от 250 до 315 | | 23 | 32 | 52 | 81 | 130 |  | 210 | 320 |  | 520 | 810 |  |  | 1300 |  | 2100 | 3200 | 5200 |
| от 315 до 400 | | 25 | 36 | 57 | 89 | 140 |  | 230 | 360 |  | 570 | 890 |  |  | 1400 |  | 2300 | 3600 | 5700 |
| от 400 до 500 | | 27 | 40 | 63 | 97 | 155 |  | 250 | 400 |  | 630 | 970 |  |  | 1550 |  | 2500 | 4000 | 6300 |
|  | | Ra 1,25 | Ra 3,2 | | Ra 6,3 | Ra 12,5  Rz 40 | | | Rz 80 | | | | | Rz 160 | | Rz 320 | | | |

Пример сборочного узла представлен на рис. 13, а пример выполнения деталировки − на рис. 14. Для удобства дальнейшего анализа все поверхности детали необходимо пронумеровать.

Для определения технических требований проводится анализ сборочного чертежа, формулируется служебное назначение детали и определяется функциональное назначении каждой из поверхностей. Результаты представляются в виде табл. 13, в которую данные по поверхностям заносятся в соответствии с их функциональным назначением.

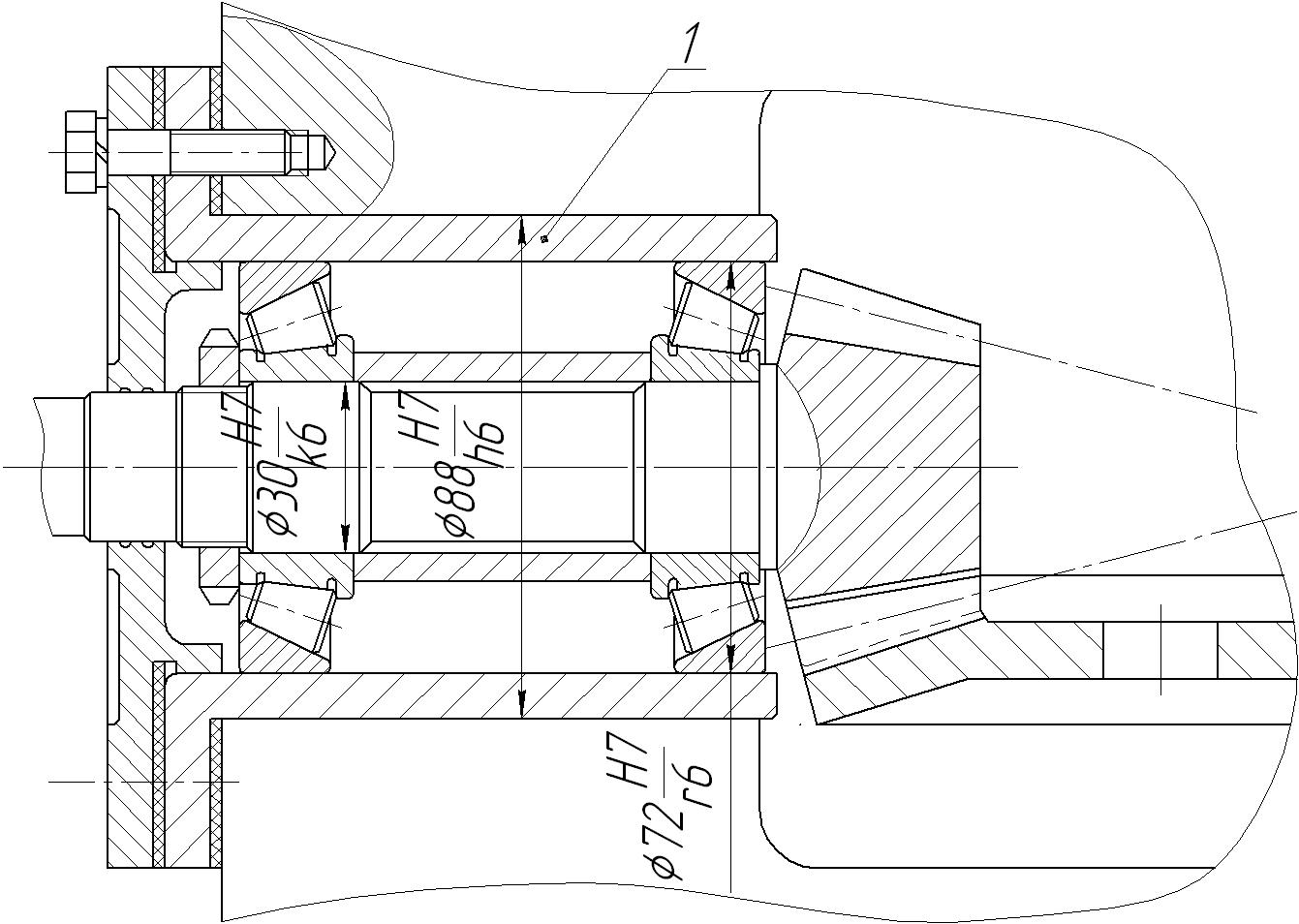


Рисунок 13 − Сборочный узел «Редуктор»

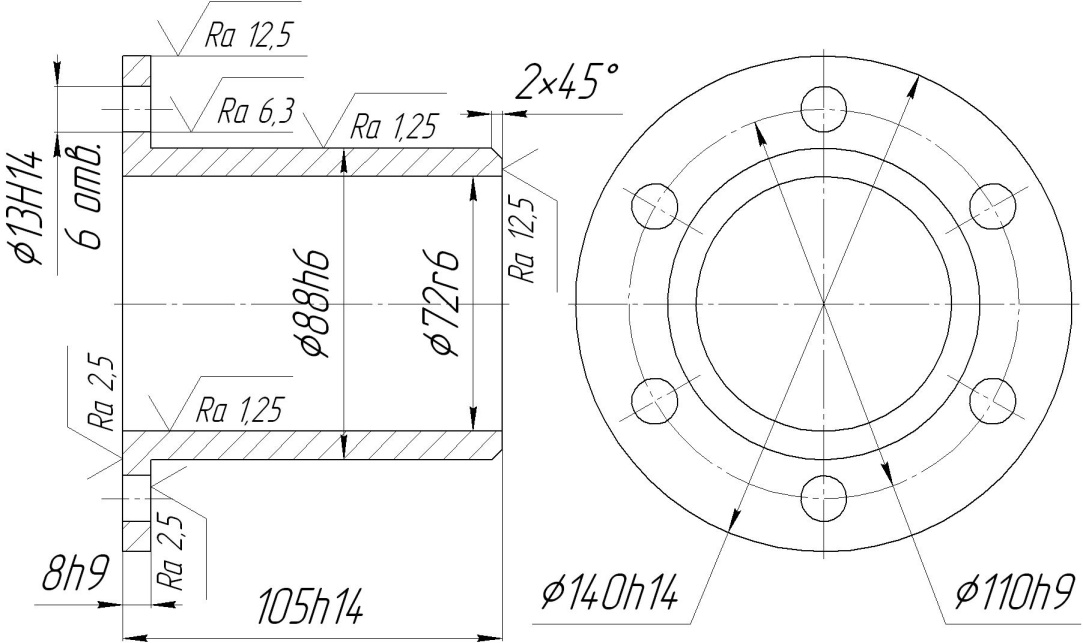


Рисунок 14 − Чертеж детали «Втулка»

Пример формулирования служебного назначения детали: деталь «Втулка» служит для установки подшипников в узле и для установки и удерживания в корпусе вала-шестерни в сборе с подшипниками.

Пример классификации поверхностей детали «Втулка»

Исполнительные поверхности: поверхность 1 (служит для установки подшипников) и поверхность 2 (служит для установки втулки в сборе с валом и подшипниками в корпусе).

Примечание. Поверхности 1 и 2 являются также базирующими, но т. к. служебным назначением детали является установка исполнительных деталей в узле, то данные поверхности являются и базирующими и исполнительными.

Основные конструкторские базы: поверхность 1 (двойная направляющая база) и поверхность 5 (опорная база).

Вспомогательные конструкторские базы: поверхность 2 (двойная направляющая база, определяет положение подшипников), поверхность 6 (опорная база, определяет положение крышки), поверхность 7 (двойная опорная база, определяет положение болтов).

Связующие поверхности: поверхность 3 (наружная цилиндрическая поверхность), поверхность 4 (плоская поверхность, торец).

### Классификация поверхностей детали и определение технических требований, предъявляемых к заданной детали

После получения студентом сборочного чертежа изделия (узла), спецификации на него и задания на деталировку необходимо тщательно проанализировать сборочный чертежа изделия (узла) и определить назначение заданной детали в рассматриваемом изделии. При этом необходимо заполнить в отчете следующие данные.

Наименование детали (по заданию): \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Служебное назначение детали в рассматриваемом изделии (узле):

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Далее необходимо вычертить эскиз заданной детали с указанием номеров поверхностей, размеров и квалитетов точности (пример см. на рис. 14). Также необходимо указать значения шероховатости поверхностей.

После этого по результатам анализа функционального назначения каждой из поверхностей детали заполняется табл. 13. Графа «Характеристика поверхности» заполняется в зависимости от вида поверхности.

Таблица 13 – Классификация поверхностей детали

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид поверх-ностей | | № поверхности | Размер | Характеристика поверхности | | Квалитет | Шероховатость |
| Исполнительные  поверхности | |  |  | Служебное назначение  поверхности |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Базирующие поверхности | Основные базы |  |  | Характеристика баз по количеству  лишаемых степеней свободы |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Вспомогательные. базы |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| Связующие  поверхности | |  |  | Наименование  поверхности |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

# Список литературы

1. Маталин, А.А. Технология машиностроения: учебник / А.А. Маталин. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 512 с.
2. Мельников, А.С. Научные основы технологии машиностроения / А.С. Мельников, М.А. Тамаркин, Э.Э. Тищенко, А.И. Азарова; Под общ. ред. А.С. Мельникова. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 420 с.
3. Основы технологии машиностроения: учеб. пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 330 с.
4. Основы технологии машиностроения: Учебник / Базров Б.М. – 3-е изд. – М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 683 с.
5. Основы технологии машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, Н.М. Султан-заде, В.Ф. Солдатов, А.Г. Схиртладзе. – М. : ИНФРА-М, 2017. – 295 с.