

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации**

**Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический
университет им. И.И. Ползунова»**

Н.С. АЛЕКСЕЕВ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие и задания к курсовой работе по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение» заочной формы обучения

Рекомендовано Рубцовским индустриальным институтом (филиалом) ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Машиностроение» заочной формы обучения

Рубцовск 2022

УДК 621.002

Алексеев Н.С. Учебное пособие и задания к курсовой работе по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение» заочной формы обучения / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск. 2022. – 58 с.

Даны методические указания и составлены варианты задач, связанные с разработкой теоретических схем базирования при обработке заготовок, а также по определению погрешности базирования и закрепления в зависимости от принятой схемы установки заготовки в приспособлении.

Разработаны методические указания и сформированы варианты заданий по расчету элементарной погрешности обработки заготовок, вызванных размерным износом режущего инструмента.

Разработаны задания, связанные с расчётом припусков на отдельные поверхности заготовок. Составлены задания для расчета технологических параметров (усилие пресса, температура нагрева или охлаждения детали и др.), необходимых при проектировании сборочных операций.

Рассмотрены и одобрены на
заседании НМС
Рубцовского индустриального
института
Протокол № 6 от 06.10.2022 г.

Рецензент: генеральный директор
ООО «Алтайтрансмаш-сервис»

И. И. Томашевич

© Рубцовский индустриальный институт, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

1. Разработка схем базирования	4
1.1 Основные понятия и определения	4
2. Расчёт погрешностей базирования и закрепления	11
2.1 Основные теоретические положения	11
3. Расчёт погрешностей обработки, вызванных износом режущих инструментов	22
3.1 Основные теоретические предпосылки	22
4. Расчёт припусков на обработку поверхностей	27
4.1 Общие положения и основные понятия	27
5. Технологические расчёты при проектировании сборочных операций	42
5.1 Основные расчётные формулы	42
6. Правила оформления расчётно-пояснительной записки	54
Список литературы	57
Приложение А. Форма титульного листа курсовой работы	58

1. РАЗРАБОТКА СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Основные сведения для решения первой задачи изложены в подразделе 1.1. Внимательно изучите содержание этого подраздела и только потом приступайте к решению предложенных задач.

1.1 Основные понятия и определения

Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования.

Из теоретической механики известно, что каждое свободное твёрдое тело имеет 6 степеней свободы. Если рассматривать данное тело в прямоугольной неподвижной системе координат $OXYZ$ (рисунок 1.1), то оно может

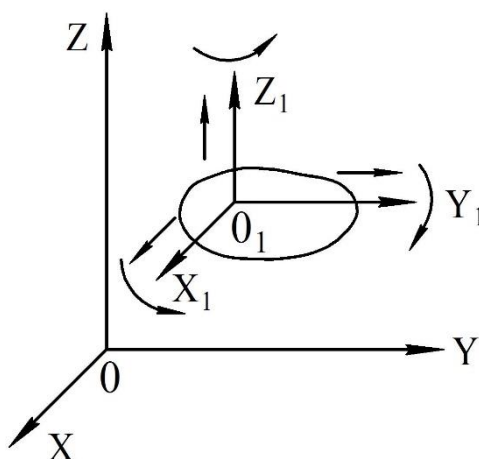


Рисунок 1.1 – Исходное состояние тела в системе координат $OXYZ$

перемещаться параллельно осям и вращаться вокруг каждой из них. Иными словами, любое конечное изменение положения тела можно разложить на 3 вышеупомянутых перемещений и 3 поворота. Чтобы придать данному твёрдому телу требуемое положение относительно выбранной системы координат, необходимо лишить его этих 6 степеней свободы, т.е. наложить 6 геометрических связей.

Обобщая вышеизложенное, можно отметить следующее. Для придания телу определённости положения необходимо и достаточно наложение шести связей. Поверхности или заменяющие их сочетания поверхностей, линии, точки, к которым эти связи приложены, называются базами детали (изделия).

Возможные варианты приложения связей к базам детали подробно изложены в работах [4,5,6,7].

Для практического удобства вводится понятие опорной точки. **Опорная точка** – точка, символизирующая одну из связей заготовки или изделия с

выбранной системой координат. Их условное обозначение на чертежах и эскизах показано на рисунке 1.2. Схема расположения опорных точек на базах

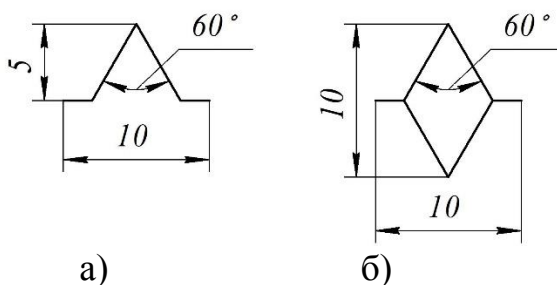


Рисунок 1.2 – Условное изображение опорных точек: а – на виде спереди и сбоку; б - на виде сверху.

заготовки или изделия называется **схемой базирования**. Все опорные точки на схеме базирования изображают указанными условными знаками и нумеруют порядковыми номерами (арабскими цифрами), начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество точек. При наложении в какой-либо проекции одной опорной точки на другую изображается одна точка и около неё проставляются номера совмещённых точек.

Схемы базирования призматической детали, валика и диска, изображённые в соответствии с вышеизложенными правилами, приведены на рисунке 1.3.

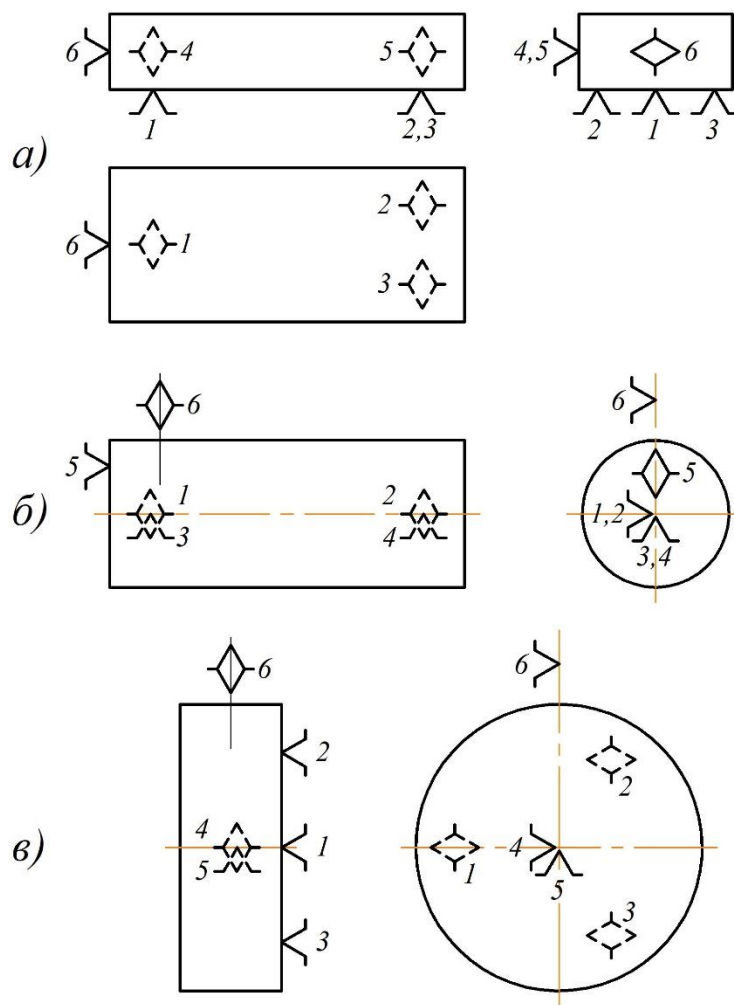


Рисунок 1.3 – Схемы базирования: а – призматической детали; б – валика; в – диска.

Необходимо отметить понятие комплекта баз. Как видно из всех, ранее приведённых примеров, для наложения шести связей (размещения шести опорных точек) необходим комплект баз, состоящий из трёх баз. Под **комплексом баз** понимается совокупность трёх баз, образующих систему координат заготовки или изделия. Так, в приведённых примерах, для призматической детали комплект баз состоит из трёх плоскостей (рисунок 1.3,а); для валика комплект составляют ось, левый торец и условная воображаемая плоскость, проходящая через ось детали, на которой размещена точка б (рисунок 1.3,б); для диска комплект баз состоит из нижней плоскости, оси и воображаемой плоскости на которой размещена точка б (рисунок 1.3,в).

ЗАДАНИЕ 1

На нижеприведенных рисунках показаны эскизы деталей, на которых выделены обрабатываемые поверхности. Для обработки указанных поверхностей необходимо:

- составить теоретическую схему базирования по ГОСТ 21495-76 «Базирование и базы в машиностроении»;
- привести классификацию технологических баз по числу лишаемых степеней свободы и характеру проявления;
- установить, возникает ли погрешность базирования при принятой схеме;
- если да, то сделать вывод формулы для расчета погрешности базирования $\varepsilon_{\text{б}}$.

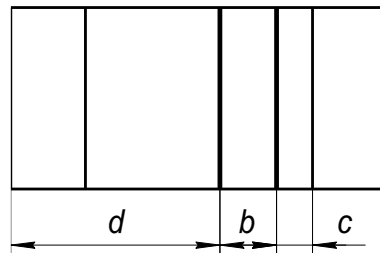
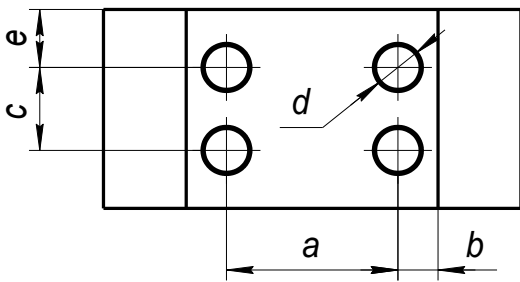
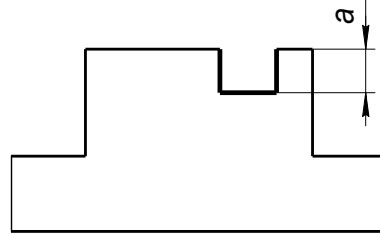


Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

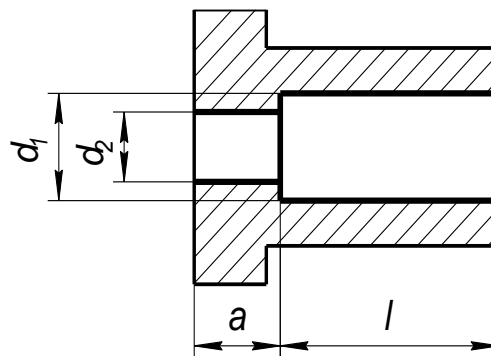
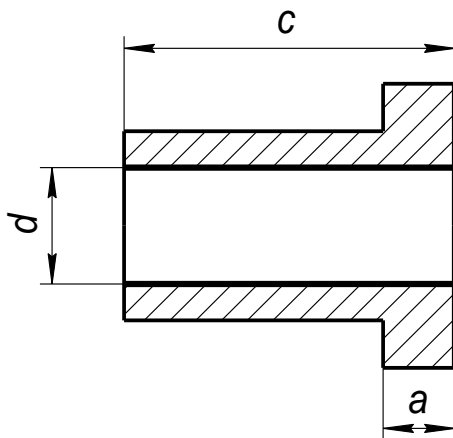


Рисунок 1.3

Рисунок 1.4

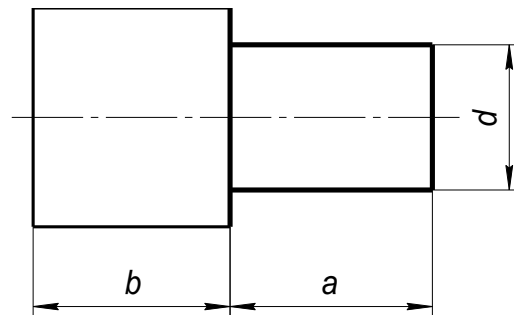
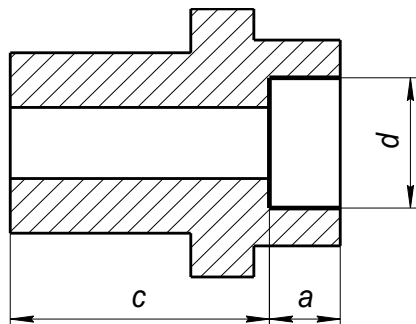


Рисунок 1.5

Рисунок 1.6

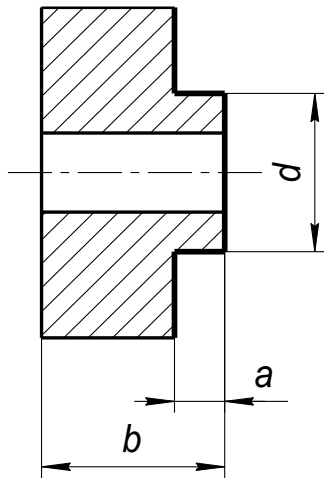


Рисунок 1.7

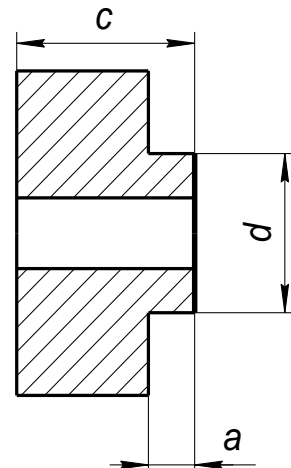


Рисунок 1.8

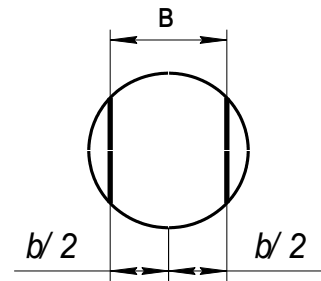
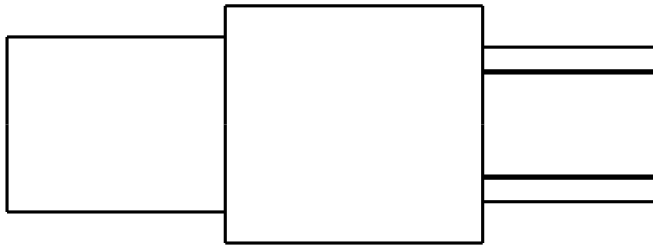


Рисунок 1.9

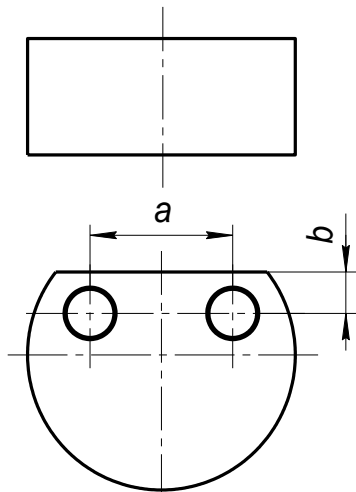


Рисунок 1.10

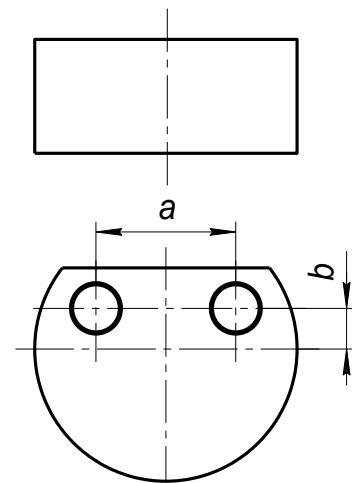


Рисунок 1.11

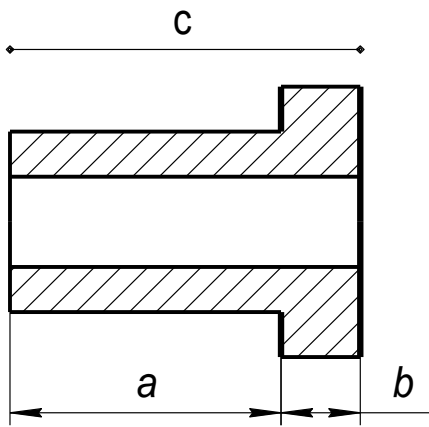


Рисунок 1.12

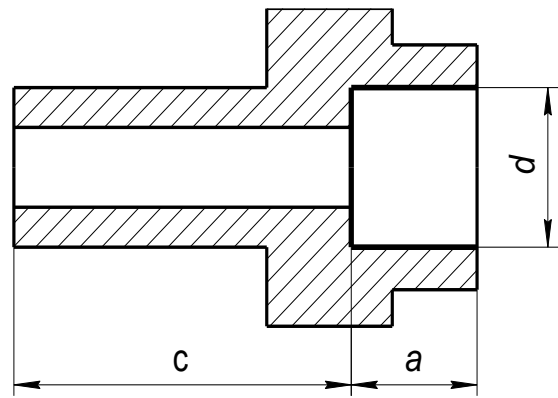


Рисунок 1.13

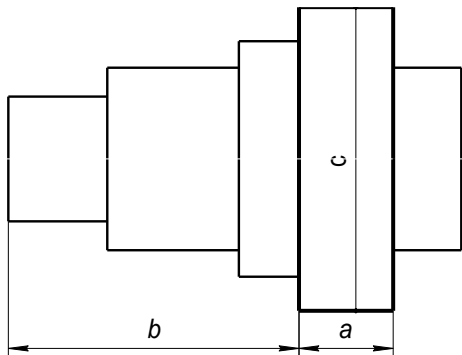


Рисунок 1.14

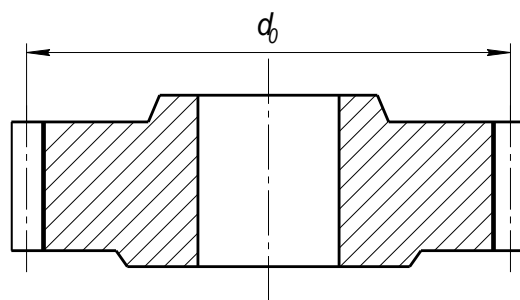


Рисунок 1.15

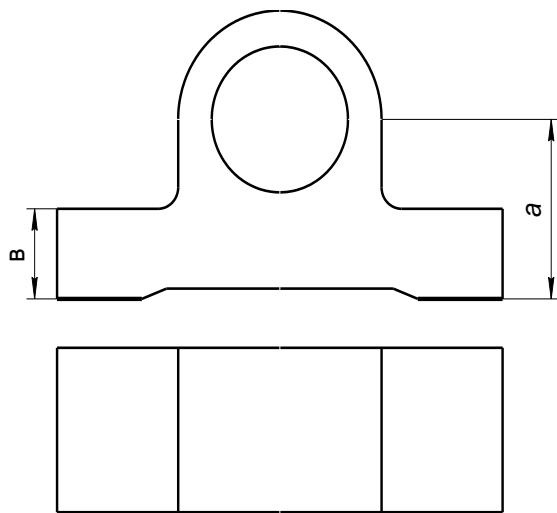


Рисунок 1.16

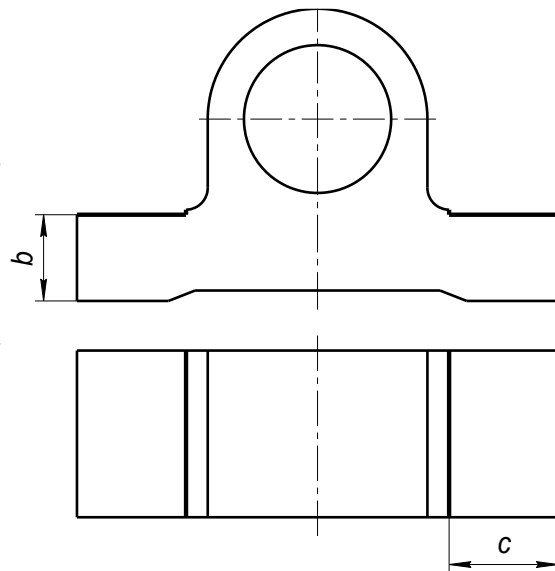


Рисунок 1.17

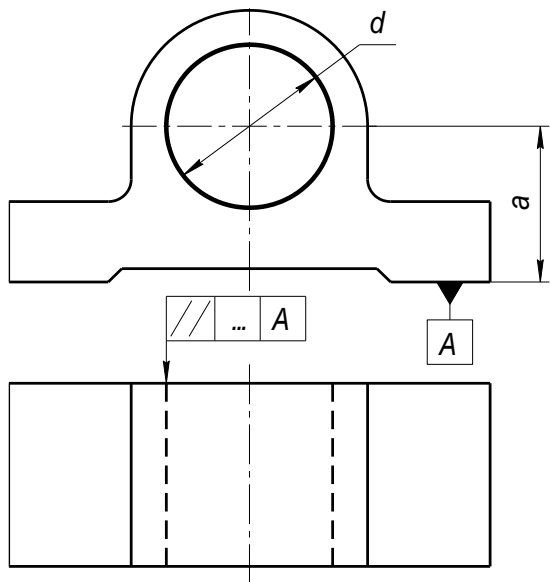


Рисунок 1.18

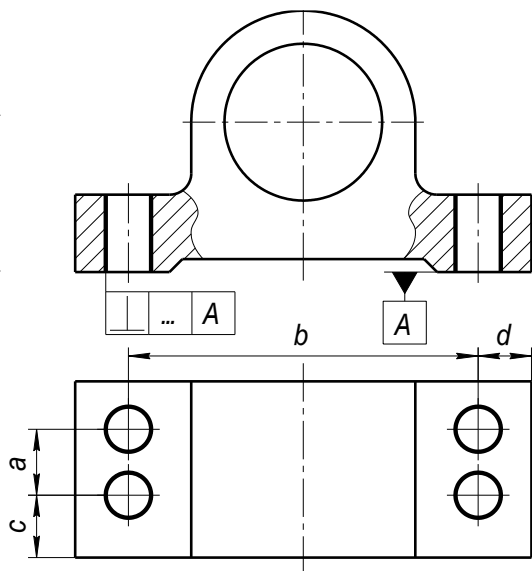


Рисунок 1.19

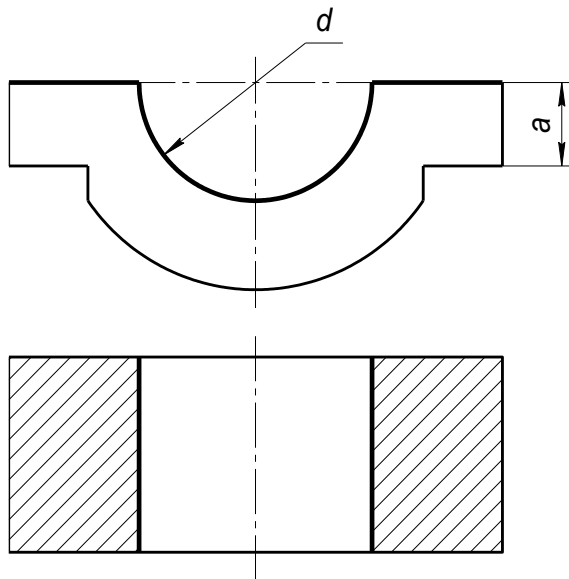


Рисунок 1.20

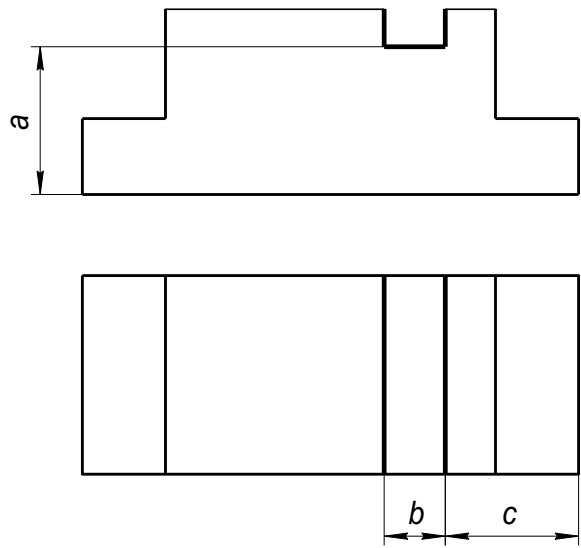


Рисунок 1.21

2. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ БАЗИРОВАНИЯ И ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Все необходимые сведения для решения второй задачи изложены в подразделе 2.1. Внимательно изучите содержание этого подраздела и только потом приступайте к решению предложенных задач.

2.1 Основные теоретические положения

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок (ГОСТ 21495-76). Обработка заготовок в приспособлениях на предварительно настроенных станках (способ автоматического получения размеров) исключает разметку заготовок и последующую выверку их положения на станке. Однако при этом возникает погрешность установки заготовки

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2} + \varepsilon_{n.z}, \quad (2.1)$$

где ε_{δ} – погрешность базирования;

ε_z – погрешность закрепления;

$\varepsilon_{n.z}$ – погрешность положения заготовки;

$$\varepsilon_{n.z} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2}, \quad (2.2)$$

где ε_{yc} – погрешность, вызываемая неточностью изготовления и сборки установочных элементов приспособления;

ε_u – погрешность, вызываемая износом установочных элементов приспособления;

ε_c – погрешность установки приспособления на станке.

Допуск выполнения заданных размеров l может быть определен по формуле

$$T_l = \varepsilon_y + \omega, \quad (2.3)$$

где ω – средняя экономическая точность обработки на металлообрабатывающих станках, данные о которой приведены в работах [1, 2].

Для принятого метода обработки и схемы установки заготовки ожидаемое расчетное значение допуска T_l должно быть меньше заданного $[T_l]$:

$$T_l \leq [T_l]. \quad (2.4)$$

Для выполнения операций обработки резанием на металлорежущих станках часто применяют схему установки заготовок, когда комплект технологических баз состоит из плоской поверхности (поверхностей) и отверстия или плоской и наружной цилиндрической поверхностей. При

этом базирование заготовок производится на опорные пластины, установочные пальцы (цилиндрические и срезанные), центрирующие втулки с гарантированным зазором, а также на цилиндрические оправки (с гарантированным зазором или натягом) [3].

Установочные пальцы (оправки) при установке заготовок с гарантированным зазором изготавливают с полями допусков g5, g6, f6, f7, e7, центрирующие втулки – G5, G6, F7, а цилиндрические оправки для установки заготовок с натягом изготавливают с полями допусков валов p, r, r, s, t по 5-му и 6-му квалитетам. Однако для каждого конкретного случая поле допуска на исполнительные размеры установочных элементов определяется расчетом из условия обеспечения неподвижности заготовки или возможности установки заготовок и обеспечения заданной точности размеров в соответствии с уравнением (2.3).

При установке заготовок на отверстие с гарантированным зазором погрешность базирования является основной составляющей погрешности установки и обуславливается величиной зазора между технологической базой и установочным элементом [1,4]. Максимально возможное значение зазора определяют по уравнению

$$S_{max} = T_D + S_{min} + T_d, \quad (2.5)$$

где T_D – допуск базового отверстия заготовки (или центрирующей втулки),

S_{min} – минимальный зазор в сопряжении;

T_d – допуск на размер установочного элемента (или базовой поверхности заготовки).

ЗАДАНИЕ 2

Задача 2.1

На вертикально-фрезерном станке обрабатывают ступенчатую поверхность втулки, установленную на цилиндрический палец с буртом (рисунок 2.1). Диаметр базового отверстия $D = 30^{+0,039}$ мм, диаметр установочного пальца $d = 30_{-0,016}^{-0,007}$ мм. Требуется определить ожидаемую точность выполнения размеров A_1 и A_2 , если известно, что составляющие погрешности установки (погрешности закрепления и положения заготовки) равны нулю, т.е. $\varepsilon_z = \varepsilon_{n.z} = 0$. Точность метода обработки принять равной $\omega = 0,120$ мм.

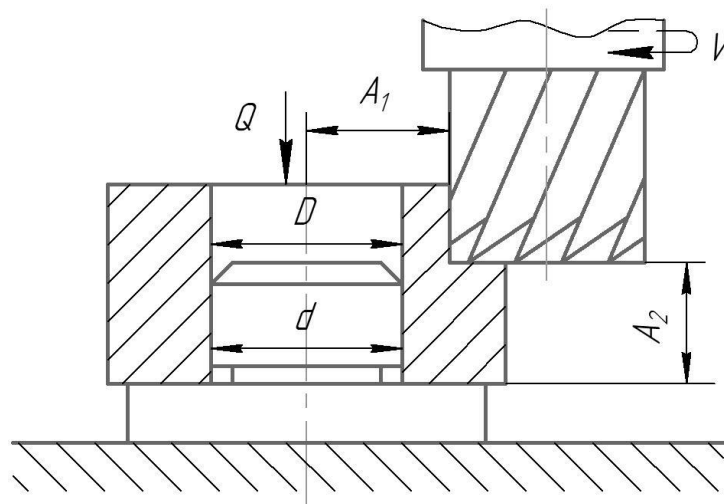


Рисунок 2.1 - Схема фрезерования втулки

Задача 2.2

Обработка наружной цилиндрической поверхности втулок диаметром $d = 115$ мм производится при установке их с зазором на жесткой шпиндельной оправке (рисунок 2.2). Базовое отверстие втулок имеет диаметр $D = 65^{+0,035}$ мм. Цилиндрическая рабочая поверхность оправки диаметром $d_1 = 65_{-0,06}^{-0,03}$ мм имеет радиальное биение относительно ее конусной поверхности $0,020$ мм, а биение шпинделя станка составляет $0,01$ мм. Точность метода обработки $\omega = 0,05$ мм. Определить ожидаемую точность выполнения цилиндрической поверхности втулки и ее возможное отклонение от соосности относительно базового отверстия.

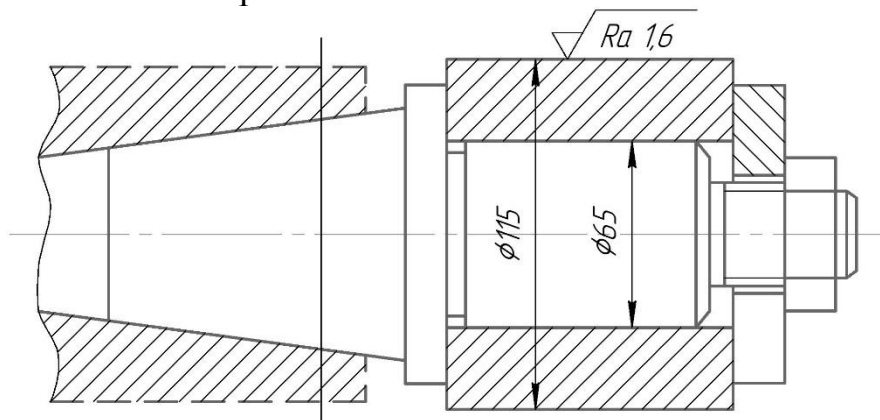


Рисунок 2.2 - Схема установки втулки

Задача 2.3

Для фрезерования паза концевой фрезой рычаг устанавливается в призмах (рисунок 2.3). Найти зависимости погрешности базирования для размеров A_1, A_2, A_3, A_4 . Размер L_0 между осями базовых цилиндрических поверхностей диаметрами d_1 и d_2 выполнен с отклонениями $\pm T_{L_0}/2$.

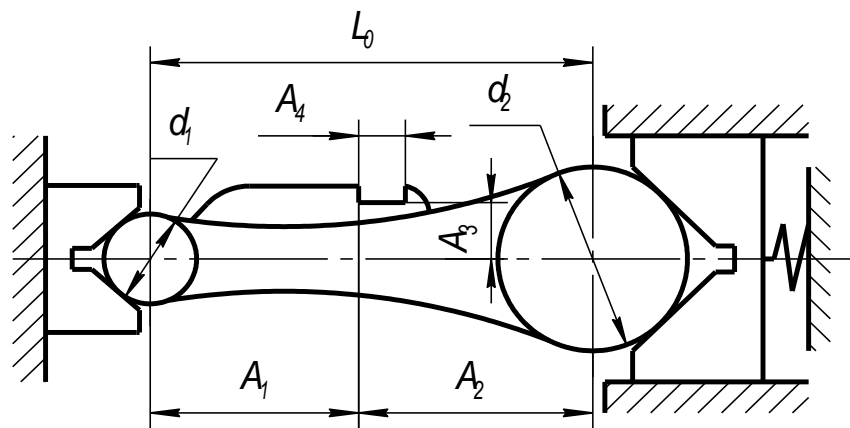


Рисунок 2.3- Схема установки рычага

Задача 2.4

Возможны два варианта установки корпуса для одновременной обработки поверхностей 1 и 2 на продольно-фрезерном станке (рисунок 2.4). Найти зависимости погрешности базирования при выполнении размеров A_1 , A_2 и A_3 для двух схем установки и определить, какая из них обеспечивает наименьшую разность размеров A_1 и A_2 .

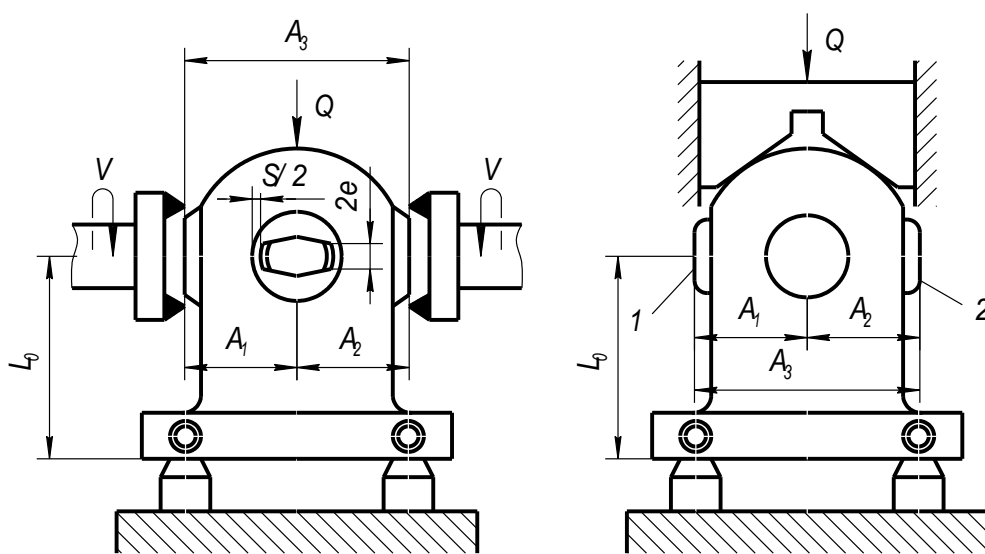


Рисунок 2.4- Схемы обработки поверхностей корпуса

Задача 2.5

На горизонтально-фрезерном станке набором фрез одновременно производят обработку поверхностей 1, 2, 3, 4 (рисунок 2.5). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении размеров A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 и A_6 . Указать размеры, на точность выполнения которых будет оказывать влияние непостоянство силы зажима Q заготовки. Размеры A_7 и A_8 выполнены соответственно с отклонениями $\pm T_{A7}/2$ и $\pm T_{A8}/2$.

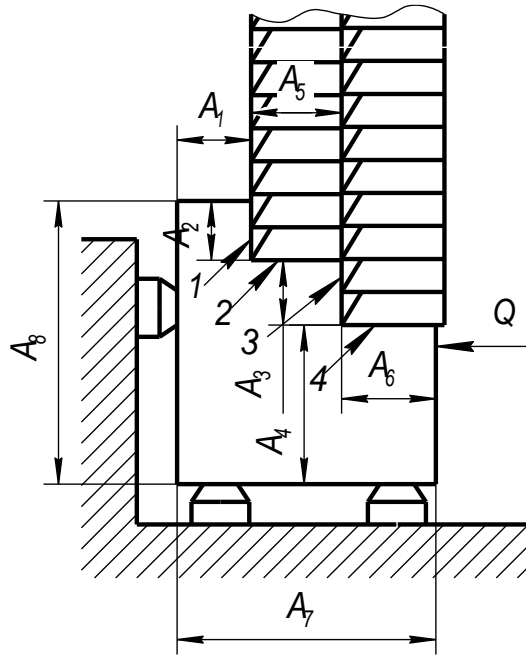


Рисунок 2.5- Схема обработки поверхностей заготовки

Задача 2.6

На вертикально-сверлильном станке производят обработку ступенчатого отверстия комбинированным зенкером (рисунок 2.6). Вывести зависимости для определения погрешности базирования размеров A_1 , A_2 , A_3 , A_5 , D_1 и D_2 .

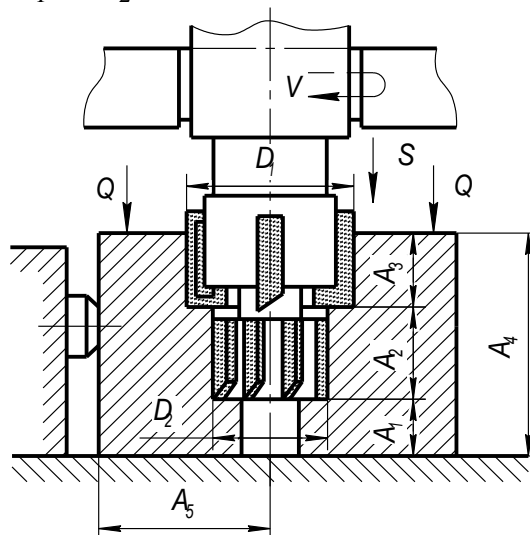


Рисунок 2.6 - Схема обработки отверстия

Задача 2.7

На вертикально-сверлильном станке производят зенкерование отверстия и подрезку торца втулки, выдерживая размеры A_1 , A_2 , A_3 , A_5 и D (рисунок 2.7). Вывести расчетные зависимости для определения погрешности базирования при выполнении указанных размеров. Размер A_4 выполнен с отклонениями $\pm T_{A4}/2$.

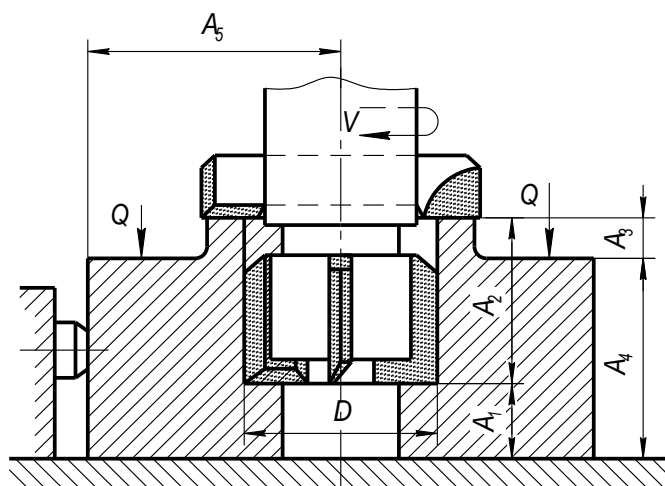


Рисунок 2.7- Схема обработки поверхностей заготовки

Задача 2.8

На горизонтально-фрезерном станке за два установка производят обработку поверхностей головок шатуна, установленного плоскостью и двумя отверстиями на цилиндрический и срезанный пальцы (рисунок 2.8). Базовые отверстия выполнены в размер $D_1 = D_2 = 50^{+0,039}$ мм. Установочные пальцы изготовлены в пределах поля допуска диаметром $50f7(-0,025 / -0,050)$ мм. Определить точность выполнения размера 70 головки шатуна и возможность обработки поверхностей шатуна набором фрез при заданной точности выполнения размеров $45^{+0,4}$ мм. Допуск на размер между осями отверстий $T_L = 0,1$ мм. Точность метода обработки $\omega = 0,050$ мм. Погрешностями закрепления ε_3 и положения заготовки $\varepsilon_{п.з}$ пренебречь.

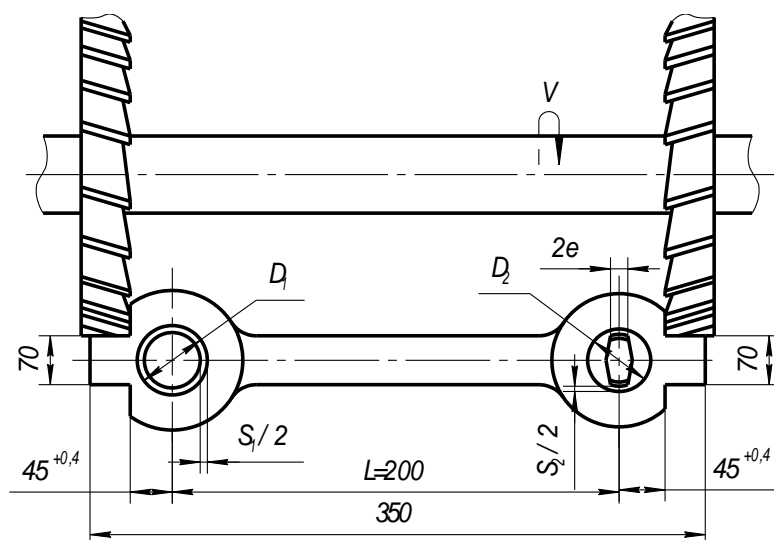


Рисунок 2.8 - Схема обработки шатуна

Задача 2.9

В торце валов, обработанных в размер диаметром $d = 65_{-0,2}$ мм, требуется просверлить отверстие диаметром $D = 12,0$ мм. Положение оси

отверстия определяется размером H , заданным от образующей цилиндрической поверхности вала. При проектировании приспособления возможны три варианта 1, 2, 3 расположения втулок в кондукторной плите относительно призмы, в которую устанавливают вал (рисунок 2.9). Определить, при каком положении кондукторной втулки обеспечивается наименьшая погрешность базирования для размера H . Угол призмы $\alpha = 90^\circ$.

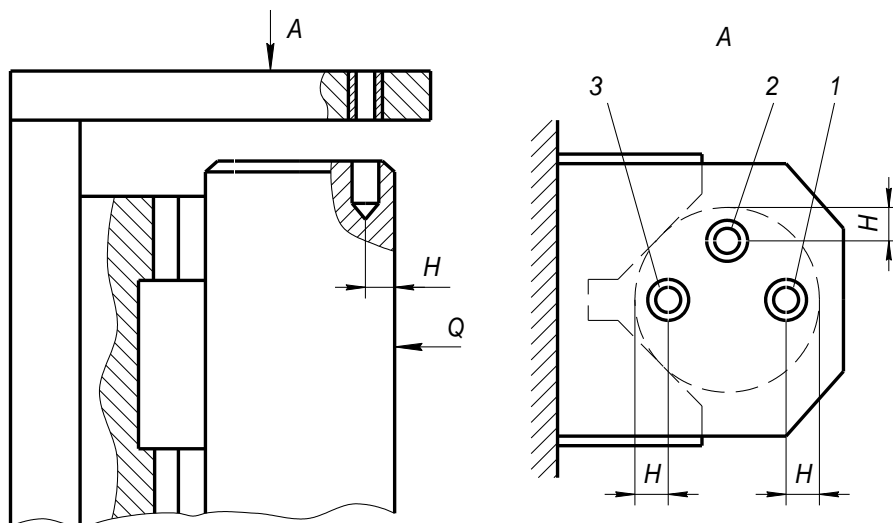


Рисунок 2.9 - Схемы установки кондукторной втулки при сверлении отверстия в торце вала

Задача 2.10

На торцевой поверхности валов, устанавливаемых в призму, сверлятся два отверстия диаметром 10 мм (рисунок 2.10). Требуется, чтобы разность размеров H_1 и H_2 , заданных от образующей цилиндрической поверхности до оси обрабатываемого отверстия, была минимальной. Рассчитать, при каком расположении кондукторных втулок относительно призмы данное требование будет обеспечиваться. Диаметр вала $80^{+0,15}$ мм, угол призмы $\alpha = 90^\circ$.

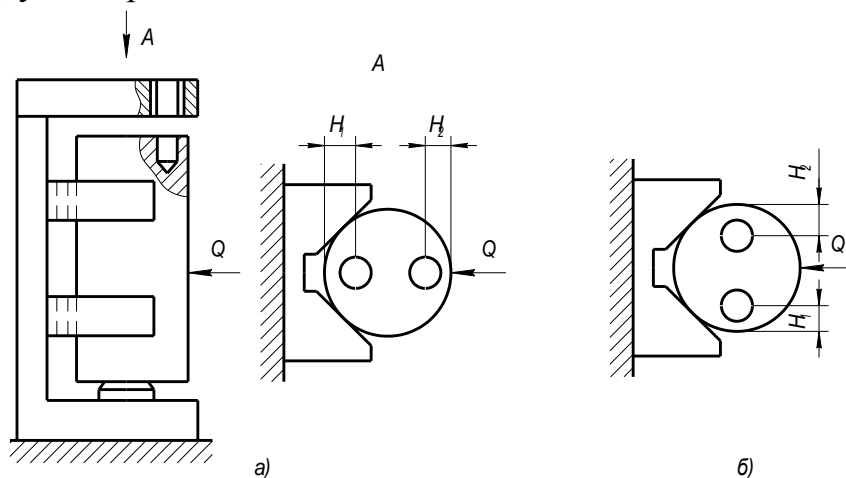


Рисунок 2.10 - Схемы расположения кондукторных втулок относительно призмы

Задача 2.11

Для фрезерования паза заготовку устанавливают в центрирующую втулку (рисунок 2.11). Найти зависимости для определения погрешности базирования для размеров A_1 , A_2 , A_3 , A_4 и A_5 при заданной точности размеров заготовки N , A , d и центрирующей втулки D .

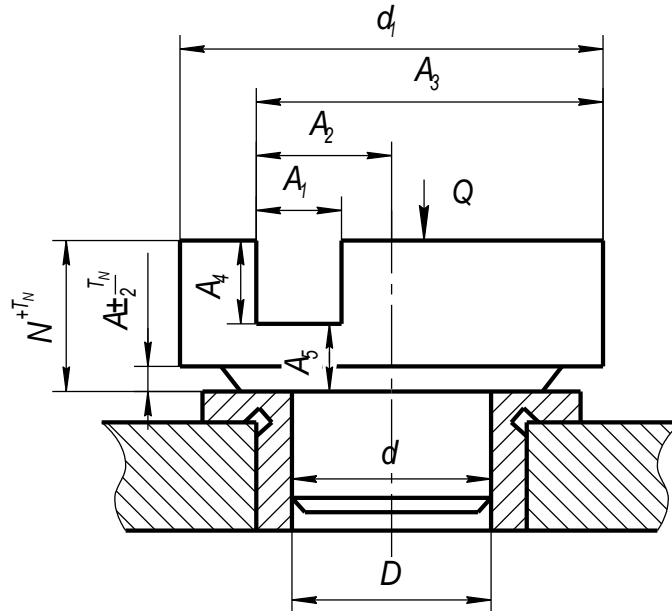


Рисунок 2.11 - Схема установки заготовки при фрезеровании паза

Задача 2.12

На вертикально-фрезерном станке концевой фрезой обрабатывают ступенчатую поверхность крышек, устанавливаемых в центрирующую втулку (рисунок 2.12). Найти зависимости для определения погрешности базирования для размеров A_1 , A_2 и A_3 при заданной точности размеров заготовки d , d_1 и центрирующей втулки D .

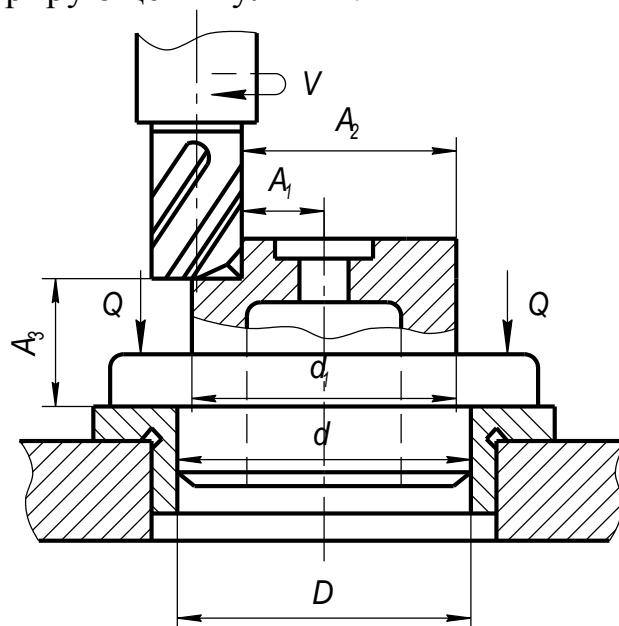


Рисунок 2.12 - Схема установки заготовки при фрезеровании

Задача 2.13

В плите дисковой фрезой фрезеруется паз шириной b на глубину h от верхней плоскости и на расстояние l от боковой плоскости (рисунок 2.13). Установка ведется на две опорные пластины по нижней плоскости и три гладкие опоры по двум боковым сторонам. Определить погрешность базирования для размеров b , h и l при заданной точности размера H .

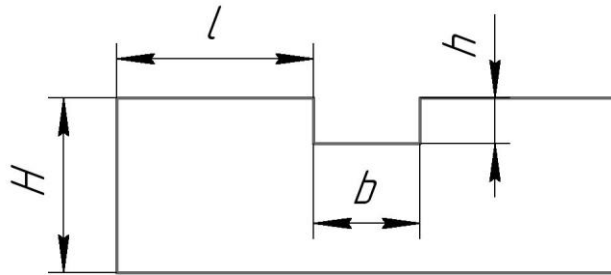


Рисунок 2.13 - Деталь - плита

Задача 2.14

В стальном диске диаметром d сверлится отверстие на расстоянии h от его оси. Установка заготовки ведется на опорные валики (рисунок 2.14). По торцевой поверхности установка ведется на три точечные опоры с плоской головкой. Определить погрешность базирования для размеров h , l и d_0 при заданной точности размеров d и H .

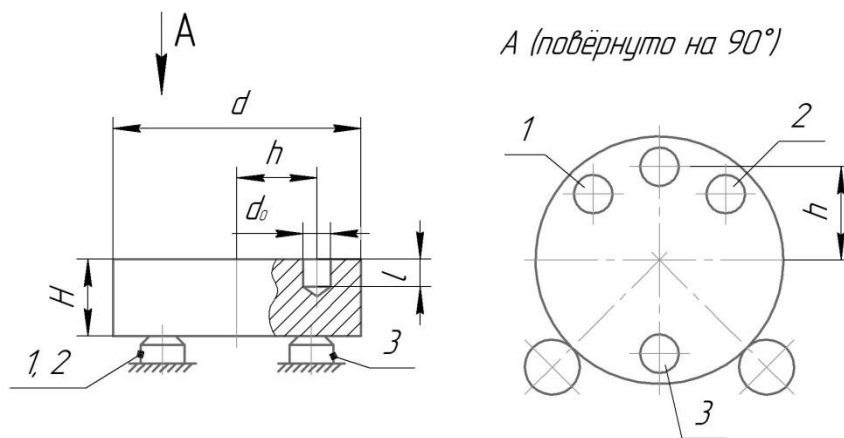


Рисунок 2.14 - Деталь - диск

Задача 2.15

На заготовке типа втулки фрезеруется лыска на расстоянии h от оси отверстия (рисунок 2.15). Заготовка устанавливается в призму с углом $\alpha = 90^\circ$ и упором в верхний торец. Определить погрешность базирования для размеров h и l при заданной точности размеров D и L .

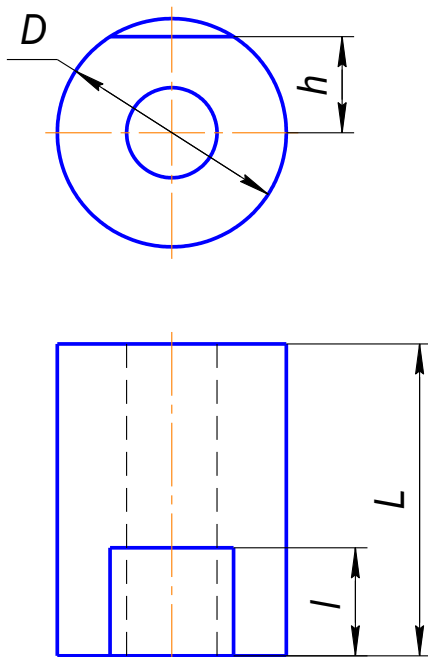


Рисунок 2.15 – Заготовка - втулка

Задача 2.16

Заготовка ступенчатого валика обрабатывается на токарном станке с установкой её в трехкулачковом самоцентрирующем патроне (рисунок 2.16). Определить погрешности базирования для линейных размеров l_1 и l_2 при условии, что подрезание торцов ведется поочередно резцом по упорам для каждого из размеров.

Как изменятся погрешности базирования для размеров l_1 и l_2 , если торцы 1 и 2 обрабатываются одновременно двумя резцами, закрепленными в специальном резцедержателе?

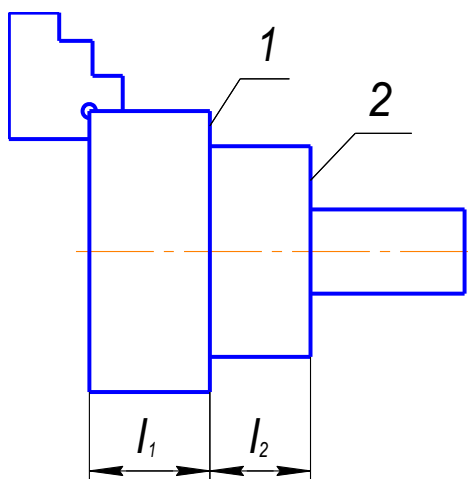


Рисунок 2.16 – Заготовка ступенчатого валика

Задача 2.17

В заготовке типа плиты одновременно фрезеруются два симметрично расположенных паза (рисунок 2.17). Заготовка устанавливается по трем

координатным плоскостям на опорные пластины. Исходные данные: заготовка имеет ширину $l = 400$ мм с допуском $\delta_l = 0,4$ мм. Определить погрешность базирования для размеров h , a и b при заданной точности размера l .

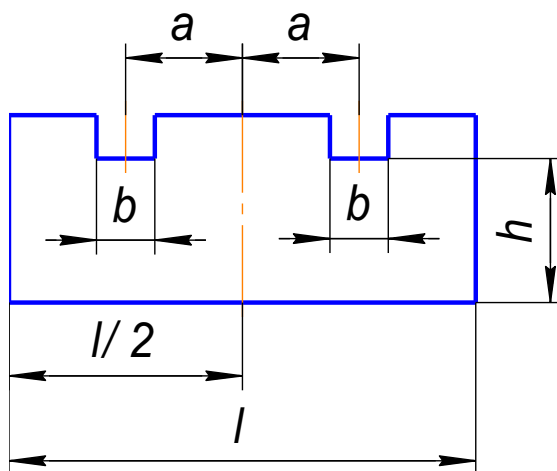


Рисунок 2.17 - Заготовка-плита

Задача 2.18

Гладкий валик диаметром d установлен на две узкие призмы (рисунок 2.18). Угол при вершине призмы $\alpha = 90^\circ$. На валике фрезеруется шпоночный паз на всю его длину. Определить величину погрешности базирования для размеров b и t при заданной точности размера d .

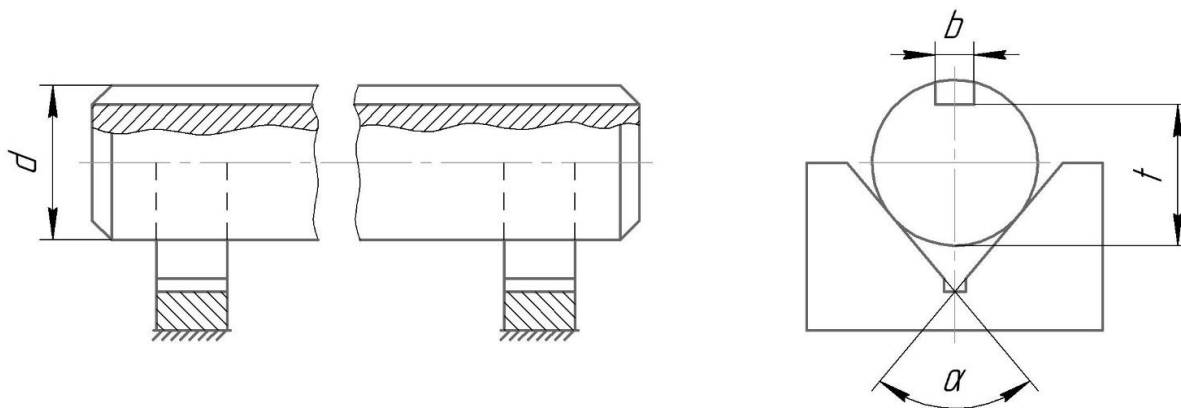


Рисунок 2.18 - Гладкий валик

3. РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ОБРАБОТКИ, ВЫЗВАННЫХ РАЗМЕРНЫМ ИЗНОСОМ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Основные сведения для решения третьей задачи изложены в подразделе 3.1. Внимательно изучите содержание этого подраздела и только потом приступайте к решению предложенных задач.

3.1 Основные теоретические предпосылки

Все погрешности, определяющие точность изготовления деталей машин на металлорежущих станках, могут быть разделены на три категории [1,4,5,6]:

погрешности установки заготовок ε_y ;

погрешности статической настройки станка Δ_n ;

погрешности динамической настройки станка Δ_d , т.е. погрешности, вызываемые непосредственно процессом обработки, к которым относятся:

а) погрешности, вызываемые размерным износом режущих инструментов Δ_u ;

б) погрешности, вызываемые упругими деформациями технологической системы под влиянием силы резания Δ_y ;

в) погрешности обработки, возникающие вследствие геометрических неточностей станка $\Sigma\Delta_{cm}$;

г) погрешности обработки, вызываемые температурными деформациями технологической системы $\Sigma\Delta_m$.

При обработке на станках с ЧПУ дополнительно возникают погрешности позиционирования элементов системы и отработки программ управления.

Расчет точности необходим в основном для операций чистовой обработки, выполняемых по 6...11-му квалитетам.

Суммарные погрешности обработки заготовок на настроенных станках определяют по уравнениям:

для диаметральных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = 2\sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\Sigma\Delta_{cm})^2 + (1,73\Sigma\Delta_m)^2} \quad (3.1)$$

для линейных размеров

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \Delta_y^2 + \Delta_n^2 + (1,73\Delta_u)^2 + (1,73\Sigma\Delta_{cm})^2 + (1,73\Sigma\Delta_m)^2} \quad (3.2)$$

После определения суммарной погрешности Δ_{Σ} проверяется возможность обработки без брака:

$$\Delta_{\Sigma} \leq T_d, \quad (3.3)$$

где T_d – допуск на операционный размер.

В случае несоблюдения этого условия необходимо предложить конкретные мероприятия по снижению Δ_Σ .

При выполнении данной курсовой работы студенты должны рассчитать погрешность динамической настройки станка, вызванной только размерным износом режущего инструмента.

Погрешность Δ_u , вызванная размерным износом режущего инструмента при продольном точении, растачивании, зенкерованием, развертывании партии деталей определяется по формуле [1,4,5,6]

$$\Delta_u = u_n + u_0 \frac{\pi d l N}{10^6 \cdot S}, \quad (3.4)$$

где u_n - начальный износ режущего инструмента, мкм; определяется по справочнику [4,5,6];

u_0 - относительный износ, мкм; определяется по справочнику [1,4,5,6];

d - диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

l - длина обрабатываемой поверхности, мм;

S - подача на оборот, мм/об;

N – число деталей в обрабатываемой партии, шт.

Величина погрешности Δ_u при торцовом фрезеровании партии деталей

$$\Delta_u = \left(1 + \frac{100}{B}\right) u_0 \frac{l_\partial B N}{10^6 S_z Z}, \quad (3.5)$$

при цилиндрическом фрезеровании

$$\Delta_u = \left(1 + \frac{100}{B}\right) u_0 \frac{l_\partial D_{\phi p} N}{10^6 S_{np}}, \quad (3.6)$$

где B – ширина фрезерования, мм;

u_0 – относительный износ, мкм/км; для твердосплавных фрез u_0 выбирают по [1]; для быстрорежущих фрез u_0 принимают равным 15...20 мкм/км;

l_∂ – длина обрабатываемой поверхности, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

Z – число зубьев фрезы, шт;

$D_{\phi p}$ – диаметр фрезы, мм;

S_{np} – продольная подача инструмента или детали, мм/об.

ЗАДАНИЕ 3

Для заданных условий изготовления деталей определить погрешность обработки, вызванную размерным износом режущего инструмента.

Задача 3.1

После какого числа обработанных заготовок необходимо заменить зенкер с пластинками из твердого сплава Т5К10 вследствие его износа при обработке отверстий диаметром $D = 40\text{H}10$, длиной $l = 60$ мм в заготовках из легированной стали. Допустимый износ зенкера не должен превышать $0,4T_D$; подача при зенкероании $S=0,8$ мм/об.

Задача 3.2

Определить величину конусности гладкого вала из легированной стали диаметром $d = 50$ мм и длиной $l = 500$ мм, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т15К6 при чистовом точении с подачей $S = 0,1$ мм/об.

Задача 3.3

Определить величину конусности гладкого вала из углеродистой стали диаметром $d = 100$ мм и длиной $l = 850$ мм, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т30К4 при чистовом точении с подачей $S = 0,15$ мм/об.

Задача 3.4

Определить величину конусности гладкого вала из серого чугуна диаметром $d = 150$ мм и длиной $l = 1400$ мм, вызванную размерным износом резца из твердого сплава ВК6 при чистовом точении с подачей $S = 0,20$ мм/об.

Задача 3.5

Определить величину конусности цилиндровой втулки из легированной стали, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т30К4 при чистовом растачивании отверстия диаметром $D = 60$ мм и длиной $l = 200$ мм с подачей $S = 0,1$ мм/об.

Задача 3.6

Определить величину конусности цилиндровой втулки из закаленного чугуна, вызванную размерным износом резца из режущей керамики ЦМ332 при чистовом растачивании отверстия диаметром $D = 150$ мм и длиной $l = 400$ мм с подачей $S = 0,15$ мм/об.

Задача 3.7

Определить величину конусности цилиндровой втулки из серого чугуна, вызванную размерным износом резца из твердого сплава ВК8 при чистовом растачивании отверстия диаметром $D = 300$ мм и длиной $l = 700$ мм с подачей $S = 0,20$ мм/об.

Задача 3.8

Определить разницу значений диаметров первой и последней заготовки в партии $N = 25$ шт, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т15К6 при чистовом точении гладких валов из углеродистой стали диаметром $d = 40$ мм и длиной $l = 200$ мм с подачей $S = 0,075$ мм/об.

Задача 3.9

Определить разницу значений диаметров первой и последней заготовки в партии $N = 15$ шт, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т15К6 при чистовом точении гладких валов из углеродистой стали диаметром $d = 60$ мм и длиной $l = 350$ мм с подачей $S = 0,125$ мм/об.

Задача 3.10

Определить разницу значений диаметров первой и последней заготовки в партии $N = 8$ шт, вызванную размерным износом резца из твердого сплава Т30К4 при чистовом точении гладких валов из углеродистой стали диаметром $d = 85$ мм и длиной $l = 500$ мм с подачей $S = 0,2$ мм/об.

Задача 3.11

Через какое число обработанных заготовок следует производить поднастройку резца из твердого сплава Т30К4 вследствие его износа при растачивании с подачей $S = 0,075$ мм/об отверстий диаметром $D=60H8$ мм и длиной $l=200$ мм в партии втулок из углеродистой стали, если допустимый износ резца составляет $0,3IT_D$.

Задача 3.12

Через какое число обработанных заготовок следует производить поднастройку резца из твердого сплава Т15К6 вследствие его износа при растачивании с подачей $S = 0,15$ мм/об отверстий диаметром $D = 150H10$ мм и длиной $l = 400$ мм в партии втулок из углеродистой стали, если допустимый износ резца составляет $0,3IT_D$.

Задача 3.13

Через какое число обработанных заготовок следует производить поднастройку резца из твердого сплава Т15К6 вследствие его износа при растачивании с подачей $S = 0,12$ мм/об отверстий диаметром $D = 300\text{H}9$ мм и длиной $l = 700$ мм в партии втулок из углеродистой стали, если допустимый износ резца составляет $0,3IT_D$.

Задача 3.14

Через какое число обработанных заготовок необходимо производить смену разверток вследствие их износа при развертывании двенадцати отверстий диаметром $D = 20\text{H}7$ на длине $l = 30$ мм в чугунных корпусах при допустимом износе развертки $0,5IT_D$? Относительный износ для развертки принять равным $u_0 = 5$ мкм/км, подача $S=0,6$ мм/об.

Задача 3.15

Через какое число обработанных заготовок необходимо производить смену разверток вследствие их износа при развертывании восьми отверстий диаметром $D = 60\text{H}7$ на длине $l = 80$ мм в чугунных корпусах при допустимом износе развертки $0,5IT_D$? Относительный износ для развертки принять равным $u_0 = 5$ мкм/км, подача $S = 1,0$ мм/об.

Задача 3.16

Через какое число обработанных заготовок необходимо производить смену разверток вследствие их износа при развертывании десяти отверстий диаметром $D = 100\text{H}7$ на длине $l = 100$ мм в чугунных корпусах при допустимом износе развертки $0,5IT_D$? Относительный износ для развертки принять равным $u_0 = 5$ мкм/км, подача $S=1,5$ мм/об.

4. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ НА ОБРАБОТКУ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Основные сведения для решения четвёртой задачи изложены в подразделе 4.1. Внимательно изучите содержание этого подраздела и только потом приступайте к решению предложенных задач.

4.1 Основные понятия и общие положения

Припуском называют слой материала, удаляемый в процессе механической обработки заготовки для достижения заданных точности и качества обрабатываемой поверхности [1,4,5,6,7].

Промежуточным припуском Z_i называют слой металла, снимаемый при выполнении отдельного технологического перехода механической обработки.

Промежуточный припуск определяется разностью размеров заготовки, полученных на смежных предшествующем ($i-1$) и выполняемом i переходах технологического процесса обработки данной элементарной поверхности.

Общим припуском называют сумму промежуточных припусков по всему технологическому маршруту механической обработки данной поверхности – от заготовки до готовой детали.

Общий припуск определяется разностью размеров заготовки и готовой детали.

Различают симметричные и асимметричные припуски на обработку.

Симметричные припуски имеют место при обработке внешних и внутренних поверхностей вращения, а также при параллельной обработке противоположащих поверхностей.

Асимметричные припуски получаются в тех случаях, когда противоположащие поверхности обрабатываются независимо одна от другой.

В машиностроении широко применяют два метода установления припусков на обработку – **опытно-статистический** и **расчётно-аналитический**.

При первом методе общие и промежуточные припуски берут по таблицам, которые составляют на основе обобщения и систематизации производственных данных передовых заводов. Недостаток этого метода заключается в том, что припуски назначают без учёта конкретных условий построения ТП.

Второй метод определения припусков основан на учёте конкретных условий выполнения технологического процесса обработки. Он выявляет возможность экономии материала и снижения трудоёмкости механической обработки.

В расчётном задании определение промежуточных припусков по технологическим переходам на обработку указанных в заданиях поверхностей требуется выполнить расчётно – аналитическим методом.

Расчетной величиной припуска является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе или операции и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе.

Минимальный припуск Z_{imin} определяется по следующим формулам:

- при обработке наружных и внутренних поверхностей вращения (двусторонний припуск)

$$2Z_{imin} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}); \quad (4.1)$$

- при последовательной обработке противоположных поверхностей (односторонний припуск)

$$Z_{i min} = (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}); \quad (4.2)$$

- при параллельной обработке противоположных поверхностей (двусторонний припуск)

$$2Z_{i min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}), \quad (4.3)$$

где Rz_{i-1} – высота неровностей профиля на предшествующем переходе;
 T_{i-1} – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);

ρ_{i-1} – суммарные отклонения расположения поверхности (отклонение от параллельности, перпендикулярности, соосности) на предшествующем переходе;

ε_{yi} – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

На основе приведенных общих структурных формул могут быть получены частные расчетные формулы для конкретных случаев обработки. В этих формулах в зависимости от условий выполнения операции исключают те или иные составляющие.

Пример 1. При обтачивании цилиндрической заготовки в центрах погрешность установки $\varepsilon_i = 0$. Тогда припуск на диаметр:

$$2Z_{i min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (4.4)$$

Пример 2. При разворачивании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещения и увод оси не устраняются, а погрешности установки в этом случае нет. Тогда припуск определяется по формуле

$$2Z_{i min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1}) \quad (4.5)$$

Пример 3. При суперфинишировании и полировании цилиндрических поверхностей уменьшается лишь шероховатость

поверхности, поэтому припуск определяется высотой микронеровностей обрабатываемой поверхности:

$$2Z_{i \min} = 2Rz_{i-1} \quad (4.6)$$

Пример 4. При шлифовании заготовок после термической обработки поверхностный слой нужно по возможности сохранить, поэтому слагаемое T_{i-1} нужно исключить из расчетной формулы. Для этих условий при наличии погрешности установки

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}; \quad (4.7)$$

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}); \quad (4.8)$$

Если погрешности установки нет, то

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + \rho_{i-1}; \quad (4.9)$$

$$2Z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (4.10)$$

Суммарное значение ρ определяется как векторная сумма пространственных отклонений

$$\vec{\rho} = \vec{\rho}_1 + \vec{\rho}_2.$$

Для совпадающего направления векторов $\rho = \rho_1 + \rho_2$; для противоположного направления векторов $\rho = \rho_1 - \rho_2$.

В тех случаях, когда нельзя предвидеть направления векторов, их суммируют по правилу квадратного корня

$$\rho = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}. \quad (4.11)$$

Погрешность установки ε_y складывается из погрешности базирования ε_δ и погрешности закрепления ε_3 и определяется как векторная сумма

$$\vec{\varepsilon}_y = \vec{\varepsilon}_\delta + \vec{\varepsilon}_3$$

При совпадающем направлении векторов $\varepsilon_y = \varepsilon_\delta + \varepsilon_3$;

для противоположного направления векторов $\varepsilon_y = \varepsilon_\delta - \varepsilon_3$.

В тех случаях, когда предвидеть направление векторов трудно их суммируют по правилу квадратного корня

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (4.12)$$

При совмещении установочной (технологической) и измерительной баз погрешность базирования $\varepsilon_\delta = 0$.

Составляющие вышеуказанных расчетных формул приведены в технологических справочниках [1,8,9,10] и зависят от конфигурации и размеров

заготовок, материала, метода ее получения и последующей обработки, а также способа установки заготовки на станках.

На основе расчета промежуточных припусков определяют предельные размеры заготовки по всем технологическим переходам.

Предельные размеры заготовки устанавливают в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки данной поверхности, т.е. от размера готовой детали к размеру заготовки.

Исходные формулы для определения предельных размеров заготовки следующие:

$$2Z_{i\min} = D_{i-1\min} - D_{i\min} \quad (4.13)$$

для наружных поверхностей и

$$2Z_{i\min} = D_{i\max} - D_{i-1\max} \quad (4.14)$$

для внутренних поверхностей,

где $D_{i-1\max}$ и $D_{i-1\min}$ - наибольший и наименьший предельные размеры, полученные на смежном предшествующем переходе;

$D_{i\max}$ и $D_{i\min}$ - наибольший и наименьший предельные размеры, получаемые на выполняемом переходе.

Пользуясь исходными формулами (4.13) и (4.14) получаем

$$D_{i-1\min} = D_{i\min} + 2Z_{i\min} \quad (4.15)$$

$$D_{i-1\max} = D_{i-1\min} + IT_{i-1} \quad (4.16)$$

для наружных поверхностей и

$$D_{i-1\max} = D_{i\max} - 2Z_{i\min} \quad (4.17)$$

$$D_{i-1\min} = D_{i-1\max} - IT_{i-1} \quad (4.18)$$

для внутренних поверхностей,

где IT_{i-1} - допуск на размер предшествующего перехода.

Предельные расчетные размеры по всем технологическим переходам определяют путем округления их в сторону увеличения – для наружных поверхностей и в сторону уменьшения - для внутренних поверхностей. Округление производят до того знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода.

Таким образом, исходя из заданных чертежом предельных размеров готовой детали определяем промежуточные предельные размеры по всем технологическим переходам от готовой детали до заготовки.

Максимальные промежуточные припуски на обработку определяются:

$$2Z_{i\max} = D_{i-1\max} - D_{i\max} \quad (4.19)$$

для наружных поверхностей и

$$2Z_{i\max} = D_{i\min} - D_{i-1\min} \quad (4.20)$$

для внутренних поверхностей.

Правильность расчетов производится определением допуска на припуск IT_z по формулам

$$IT_z = Z_{i\max} - Z_{i\min} = IT_{i-1} - IT_i; \quad (4.21)$$

$$IT_z = 2Z_{i\max} - 2Z_{i\min} = IT_{i-1} - IT_i, \quad (4.22)$$

где IT_{i-1} - допуск на размер предшествующего перехода;

IT_i - допуск на размер выполняемого перехода.

Общие припуски $Z_{0\max}$ и $Z_{0\min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку:

$$Z_{0\max} = \sum z_{i\max}; \quad (4.23)$$

$$Z_{0\min} = \sum z_{i\min}. \quad (4.24)$$

Правильность расчетов можно также определить по уравнениям

$$Z_{0\max} - Z_{0\min} = IT_3 - IT_\delta \quad (4.25)$$

$$2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = IT_3 - IT_\delta, \quad (4.26)$$

где IT_3 , IT_δ – допуски на заготовку и размер готовой детали.

Порядок расчета промежуточных припусков на обработку и предельных размеров заготовки по технологическим переходам приведен в методической разработке [10].

Результаты требуемых расчетов следует свести в таблицу, аналогичную таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Карта расчёта припусков на обработку

Технологические переходы	Допуск IT , мкм	Припуски, мкм		Допуск на припуск IT_z , мкм	Предельные размеры, мм	
		$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$		D_{\min}	D_{\max}
0. Заготовка (указать ее вид)						
1.						
2.						
...						
Проверка расчёта: $Z_{0\max} - Z_{0\min} = IT_3 - IT_\delta$; $2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = IT_3 - IT_\delta$.						

В курсовой работе при выполнении всех указанных расчетов рекомендуется пользоваться примерами, изложенными в методической разработке [10].

ЗАДАНИЕ 4

В нижеприведённых задачах для заданных условий обработки заготовки требуется:

- рассчитать припуски на отдельные переходы расчетно-аналитическим методом;
- определить промежуточные размеры и размеры заготовки.

Задача 4.1

Для изготовления втулки принят горячекатаный прокат обычной точности из стали 45. Эскиз детали приведен на рисунке 4.1.

Расчет припусков выполнить: а) для отверстия $\text{Ø}20\text{H}6(^{+0,013})$; б) для наружной поверхности $\text{Ø}32\text{h}7$; в) для торцов по размеру $40\text{h}14$.

Задан следующий порядок обработки.

1. Подрезка торца, зацентровывание коротким сверлом с $2\varphi = 90^\circ$, сверление отверстия на полную длину, предварительное обтачивание наружной поверхности, зенкерование чистовое, снятие наружной фаски, развертывание нормальное, развертывание тонкое, отрезание заготовки в размер L с припуском на обработку. Операция выполняется на токарно-револьверном станке, закрепление прутка производится в 3-кулачковом патроне.

2. Чистовое обтачивание наружной поверхности $\text{Ø}32$ и зачистка торцов в окончательный размер $L = 40$ мм. Операция выполняется на многорезцовом полуавтомате с посадкой заготовки на оправку запрессовкой.

3. Предварительное шлифование $\text{Ø}32$ в окончательный размер. Посадку на оправку с зазором $S_{\min} = 0,01$ мм. Операция выполняется на кругло – шлифовальном станке.

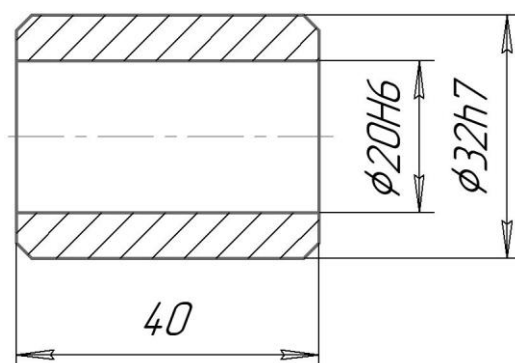


Рисунок 4.1- Эскиз детали - втулка

Задача 4.2

Для изготовления ступенчатого валика принята заготовка, полученная горячей штамповкой на молоте повышенной точности. Упрощенный эскиз детали показан на рисунке 4.2. Материал – сталь 40Х.

Заданы размеры: $\text{Ø}d_1 = 30\text{h}6(^{-0,013})$; $\text{Ø}d_2 = 60\text{h}6$; $\text{Ø}d_3 = 40\text{h}8(^{-0,039})$.

Заготовка подвергается следующей обработке:

- фрезеруются торцы в размер $l = 190$ мм и зацентровываются с двух сторон;

- предварительная токарная обработка одной и другой половин вала;
- чистовая токарная обработка;
- предварительное шлифование поверхностей $\varnothing d_1$, $\varnothing d_2$ и $\varnothing d_3$;
- закалка ТВЧ шеек диаметром d_1 и d_3 ;
- чистовое шлифование шеек диаметром d_1 и d_3 в окончательный размер.

Припуски рассчитать на диаметры d_1 , d_2 и d_3 , а также крайние торцы вала в размер $l = 190$ мм.

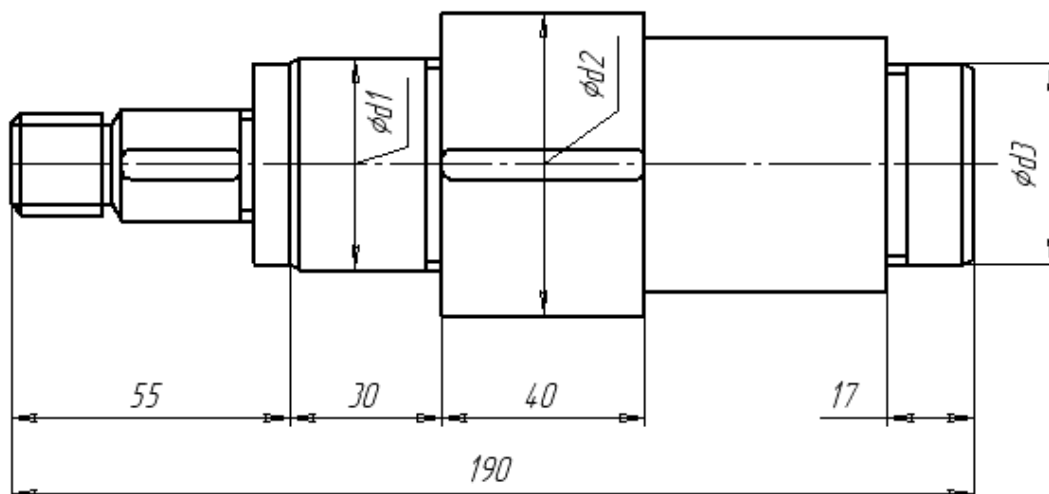


Рисунок 4.2 – Эскиз детали - вал

Задача 4.3

Заготовка шестерни из стали 40ХН получается в 2-х вариантах:

- штамповка на молоте обычной точности;
- штамповка на ГКМ.

Эскиз детали приведен на рисунке 4.3. Припуски рассчитать для следующих поверхностей:

- для наружного диаметра зубчатого венца $\varnothing 160h10$;
- для внутреннего диаметра $\varnothing 42H7^{(+0,025)}$;
- для торцовых поверхностей в размеры 40 и 60 мм.

Последовательность обработки отверстия:

- 1-й вариант: рассверливание, чистовое зенкерование, протягивание.
- 2-й вариант: черновое зенкерование, чистовое зенкерование, протягивание.

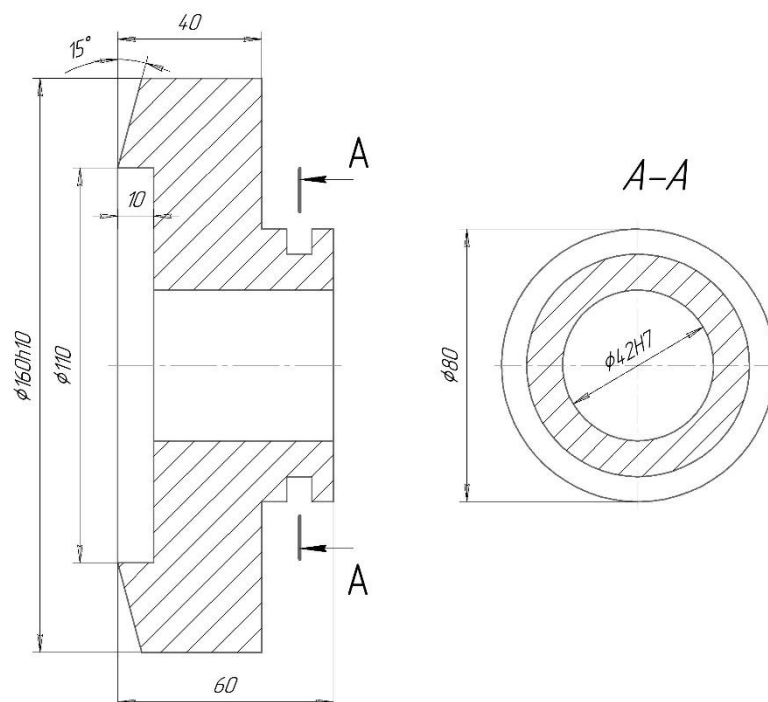


Рисунок 4.3 – Эскиз детали - шестерня

Обработка наружной поверхности $\phi 160_{h10}$ (1-й и 2-й варианты):
черновое обтачивание, чистовое обтачивание.

Обработка торцов (1-й и 2-й варианты): для размера $l = 40$ мм – черновое и чистовое подрезание торцов; для размера $l_1 = 60$ мм – черновое подрезание торцов. Способы установки выбрать самостоятельно на каждой из операций.

Задача 4.4

Заготовка рычага из стали 45 получена горячей штамповкой на молотах (повышенная точность штамповки). Эскиз детали показан на рисунке 4.4.

Рассчитать припуски для $\phi 40_{H6}$, $\phi 27_{H7}$, торцовых поверхностей $\phi 40$, $\phi 27$.

Заданы следующие маршруты обработки поверхностей:

а) $\phi 40_{H6}^{(+0,016)}$ – черновое зенкерование, чистовое зенкерование, тонкое растачивание;

б) $\phi 27_{H7}^{(+0,021)}$ – сверление, чистовое зенкерование, тонкое растачивание;

в) размер $40_{h10}^{(-0,1)}$ – черновое и чистовое фрезерование с одной стороны, после переустановки такая же обработка с другой стороны. Операция выполняется на карусельно – фрезерном станке модели 621.

Сверление и зенкерование черновое и чистовое выполняется на агрегатном станке. Тонкое растачивание производится на алмазно-расточном станке с установкой по отверстиям рычага с помощью калиброванных оправок.

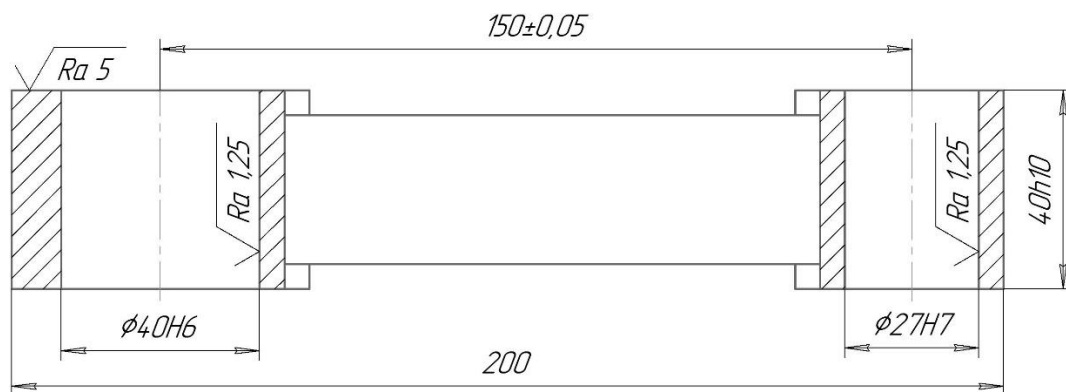


Рисунок 4.4 – Эскиз детали – рычаг

Задача 4.5

Заготовка стакана подшипника из чугуна СЧ15 отливается в постоянную форму (кокиль). Эскиз детали показан на рисунке 4.5.

Рассчитать припуски на отверстие $\text{Ø}72\text{H}6^{(+0,019)}$, наружную поверхность $\text{Ø}100\text{h}8$ ($-0,054$) и торцы фланца – $15\text{h}10$ ($-0,07$).

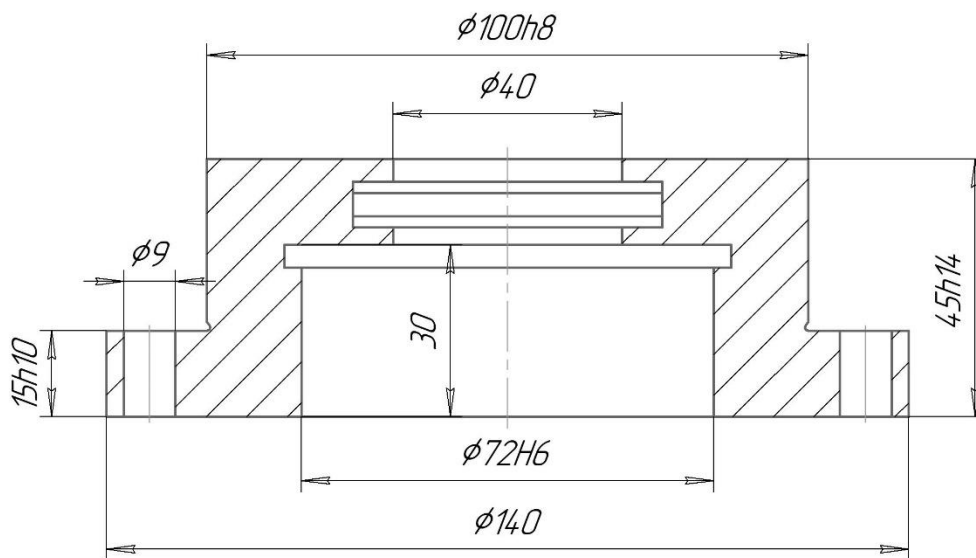


Рисунок 4.5 – Эскиз детали – стакан подшипника

Маршруты обработки поверхностей следующие:

а) отверстия $\text{Ø}72\text{H}6$ – черновое растачивание, чистовое растачивание, тонкое растачивание;

б) наружной поверхности $\text{Ø}100\text{h}8$ – черновое и чистовое обтачивание, шлифование предварительное;

в) торцов фланца – $15\text{h}10$ - точение черновое и чистовое; торцы обрабатываются последовательно. Внутренний торец шлифуется одновременно с $\text{Ø}100\text{h}8$ для обеспечения перпендикулярности торца оси наружной поверхности. Черновая и чистовая обработка поверхностей выполняются на вертикальном 8-ми шпиндельном токарном полуавтомате модели 1К282.

При тонком растачивании заготовка устанавливается на установочную оправку с зазором $S_{min} = 0,01$ мм по отверстию $\text{Ø}72$ с допуском после

чистового растачивания. После закрепления заготовки в приспособлении оправка удаляется и ведется тонкое растачивание этого отверстия.

Задача 4.6

Заготовка бугелей коренных шеек коленвала из чугуна СЧ20 получена литьем в землю по металлическим моделям при машинной формовке (1-й класс точности литья). Эскиз детали показан на рисунке 4.6.

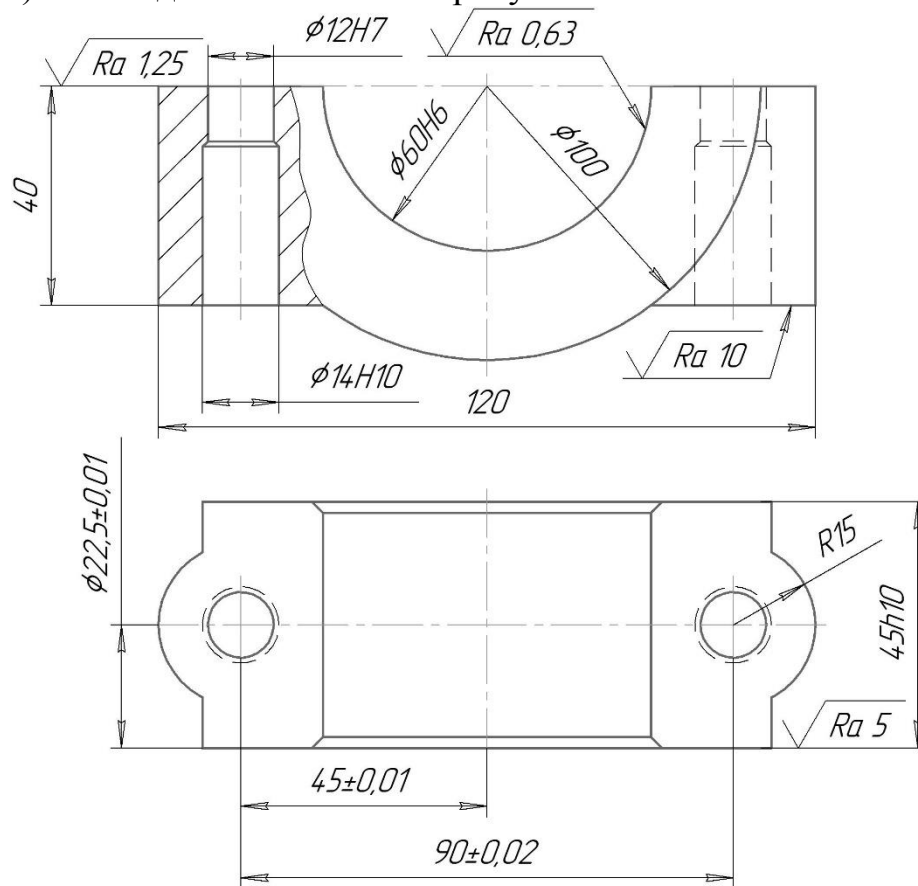


Рисунок 4.6 – Эскиз детали – бугель коренной шейки коленвала

Рассчитать припуски на обработку для следующих поверхностей:
отверстия $\text{Ø}60\text{H}6\left({}^{+0,019}\right)$, торцов в размер $45\text{h}10\left({}_{-0,1}\right)$, плоскостей в размер $40\text{h}12$, отверстия $\text{Ø}12\text{H}7\left({}^{+0,018}\right)$, отверстия $\text{Ø}14\text{H}10$.

Маршруты обработки поверхностей следующие:

- плоскость разъема $40\text{h}12$: черновое и чистовое фрезерование, предварительное шлифование;
- плоскость под гайку $40\text{h}12$ – черновое торцовое зенкерование (цекование);
- торцы $45\text{h}10\left({}_{-0,1}\right)$ - черновое и чистовое фрезерование;
- отверстие $\text{Ø}60\text{H}6$ - черновое и чистовое зенкерование, чистовое растачивание в сборе с блоком цилиндров, тонкое растачивание в сборе.

Примечание 1: при чистовом растачивании учесть возможность несовпадения центров полуотверстий по высоте и в горизонтальной плоскости;

- отверстие $\text{Ø}14\text{H}10$ - сверление, чистовое зенкерование;
- отверстие $\text{Ø}12\text{H}7$ - сверление, зенкерование черновое, зенкерование чистовое в сборе с блоком цилиндров, развертывание чистовое, развертывание тонкое.

Примечание 2: сверление и зенкерование отверстий $\text{Ø}14\text{H}10$ и $\text{Ø}12\text{H}7$, а также торцовое зенкерование ($40\text{h}12$) выполняется на агрегатном многопозиционном станке с поворотным столом.

Задача 4.7

Трехступенчатый вал (сталь 45) изготавливают из штампованной заготовки II класса точности (рисунок 4.7). Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были профрезерованы торцы и зацентрированы отверстия. Базирование заготовки при фрезерно-центровальной операции осуществлялось по поверхностям D_1 и D_3 ($D_1=D_3=25$ мм). Шейка вала с диаметром ступени D_2 имеет размер $\text{Ø}55\text{h}6(-0,019)$.

Маршрут обработки ступени D_2 следующий: черновое обтачивание; чистовое обтачивание; предварительное шлифование; окончательное шлифование.

Вся указанная обработка выполняется с установкой заготовки в центрах. Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_2 .

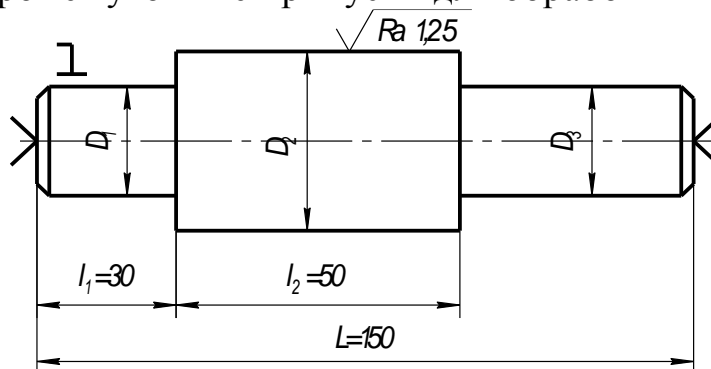


Рисунок 4.7- Эскиз ступенчатого вала

Задача 4.8

Четырехступенчатый вал (рисунок 4.8) длиной $L=250$ мм изготавливают из штампованной заготовки II класса точности. На фрезерно-центровальной операции заготовка базировалась по поверхностям D_1 и D_4

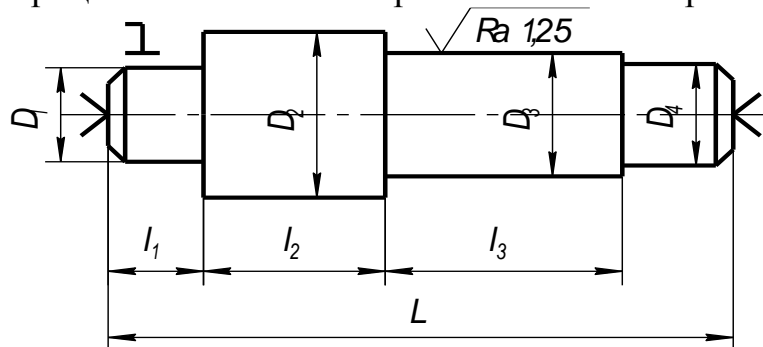


Рисунок 4.8 - Эскиз ступенчатого вала

($D_1 = D_4 = 45$ мм). Шейка вала с диаметром ступени D_3 имеет размер $\text{Ø}55\text{g6}^{(-0,010)}_{(-0,029)}$. Маршрут обработки поверхности D_3 следующий: черновое обтачивание, чистовое обтачивание, предварительное шлифование, окончательное шлифование. Перед предварительным шлифованием предусматривается термообработка заготовки в печах. Допускаемую удельную кривизну после термообработки определить по справочнику [1]. Рассчитать припуски и промежуточные размеры по переходам для обработки шейки D_3 .

Задача 4.9

Трехступенчатый вал (рисунок 4.9,а) длиной $L=300$ мм изготавливают из штампованной заготовки II класса точности на горизонтально-ковочной машине ($D_2=90$ мм; $L_1=100$ мм; $L_2=50$ мм). Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были профрезерованы торцы и зацентрированы отверстия. При дальнейшей обработке установка заготовки выполняется в центрах.

Шейка вала с диаметром ступени D_3 имеет размер $\text{Ø}60\text{h6}^{(-0,019)}$.

Маршрут обработки ступени D_3 следующий: черновое обтачивание; чистовое обтачивание; тонкое обтачивание; окончательное шлифование.

Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_3 .

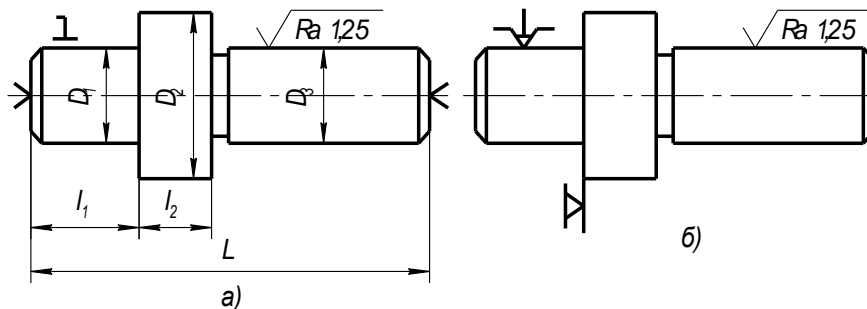


Рисунок 4.9 - Эскизы ступенчатого вала

Задача 4.10

Трехступенчатый вал (рисунок 4.9,б) изготавливают из штампованной заготовки II класса точности на горизонтально-ковочной машине. Токарной операции предшествовала операция фрезерно-центровальная, в результате которой были профрезерованы торцы и зацентрированы отверстия. При дальнейшей обработке установка выполняется в трехкулачковом патроне с упором в торец. Шейка вала с диаметром ступени D_3 имеет размер $\text{Ø}70\text{h6}^{(-0,019)}$.

Маршрут обработки ступени D_3 следующий: черновое обтачивание; чистовое обтачивание; тонкое обтачивание; окончательное шлифование.

Рассчитать промежуточные припуски для обработки шейки D_3 .

Задача 4.11

Диск с центральным отверстием (рисунок 4.10) высотой $L=35$ мм изготавливают из углеродистой стали. Заготовка — поковка II класса (нормальной) точности, ее изготавливают на горизонтально-ковочной машине. Обработка отверстия D_2 размером $\text{Ø}80\text{H}8^{(+0,046)}$ мм осуществляется за два установка по следующему маршруту: черновое растачивание с базированием по наружной необработанной поверхности D_1 в трехкулачковом самоцентрирующем патроне; черновое обтачивание наружной поверхности D_1 с базированием по обработанному отверстию D_2 на оправку; чистовое растачивание отверстия D_2 с базированием по поверхности D_1 ; тонкое растачивание отверстия D_2 в окончательный размер с базированием по той же поверхности. Рассчитать припуски на поверхность D_2 . Наружный диаметр диска $D_1=180$ мм, а его ширина $L=50$ мм.

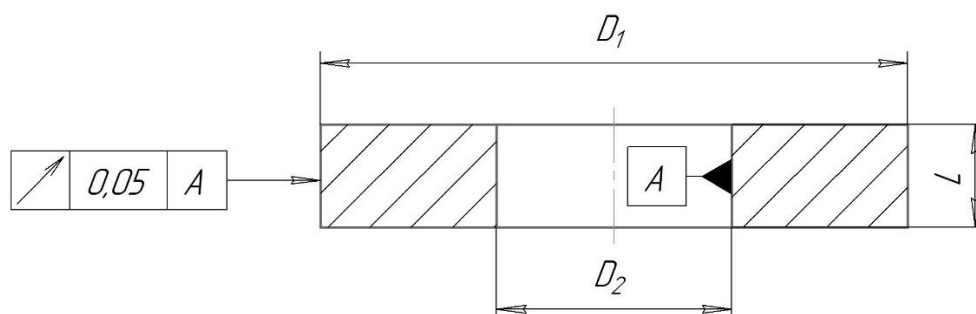


Рисунок 4.10 - Эскиз детали – диск

Задача 4.12

Диск с центральным отверстием (рисунок 4.10) изготавливают из углеродистой стали. Заготовка — поковка II класса (нормальной) точности, ее изготавливают на горизонтально-ковочной машине. Обработка отверстия D_2 размером $\text{Ø}40\text{H}7^{(+0,025)}$ мм осуществляется за один установ по следующему маршруту: черновое зенкерование отверстия с базированием по наружной необработанной поверхности D_1 в трехкулачковом самоцентрирующем патроне; черновое развертывание; чистовое развертывание; тонкое развертывание в окончательный размер. Рассчитать припуски на поверхность D_2 . Наружный диаметр диска $D_1=150$ мм, а его ширина $L=35$ мм.

Задача 4.13

Чугунную втулку (рисунок 4.11) изготавливают центробежным литьем на машинах с вертикальной осью вращения. Отливка 3 класса точности.

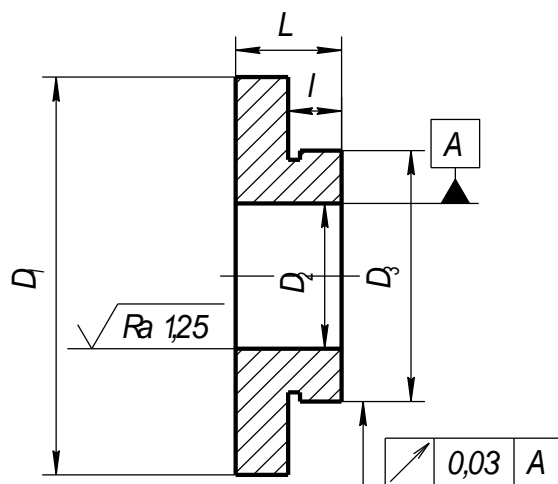


Рисунок 4.11 - Эскиз детали – втулка

Обрабатывают поверхность D_2 размером $\text{Ø}60\text{H}8^{(+0,046)}$ мм. Черновое и получистовое растачивание этой поверхности производят на токарном станке с установкой в трехлачковом патроне с базированием по окончательно обработанной поверхности D_1 . Обработка в окончательный размер производится черновым шлифованием. Для повышения износостойкости перед шлифованием введена закалка ТВЧ поверхности отверстия. Рассчитать припуски на поверхность D_2 .

Задача 4.14

Чугунная заготовка шестерни (рисунок 4.12) получена литьем в кокиль 3 класса точности. Отверстие D_2 имеет размер $\text{Ø}55\text{H}7$ и обрабатывается по следующему маршруту: зенкерование черновое; развертывание черновое; развертывание чистовое; развертывание тонкое.

Базирование осуществляется по обработанной начисто наружной поверхности D_1 . Рассчитать припуски на поверхность D_2 .

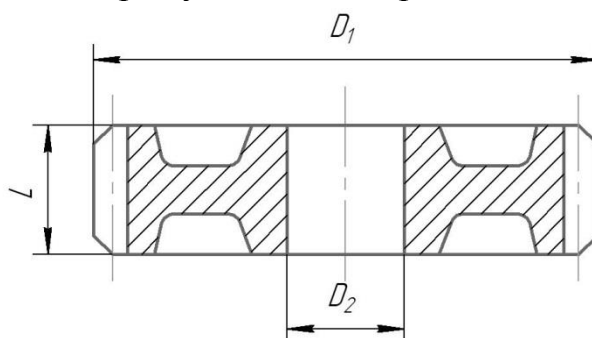


Рисунок 4.12 - Эскиз детали – шестерня

Задача 4.15

У корпусной детали (рисунок 4.13) обрабатывают отверстия D_1 и D_2 с размером $\text{Ø}60\text{H}8^{(+0,046)}$ мм. Заготовкой является чугунная отливка с наибольшим габаритным размером L_{max} , выполненная по 2-му классу точности. При обработке отверстий используют базирование по

обработанной поверхности Б и двум отверстиям, обработанным с точностью по 7-му качеству. Установку заготовок производят в приспособление с пневматическим приводом с прижимом к опорной поверхности.

Обработка отверстий D_1 и D_2 выполняется по следующему маршруту: растачивание черновое; растачивание чистовое; растачивание тонкое. Погрешность установки в результате осадки заготовки определить по справочнику [1].

Произвести расчет промежуточных припусков и промежуточных размеров для отверстий D_1 и D_2 .

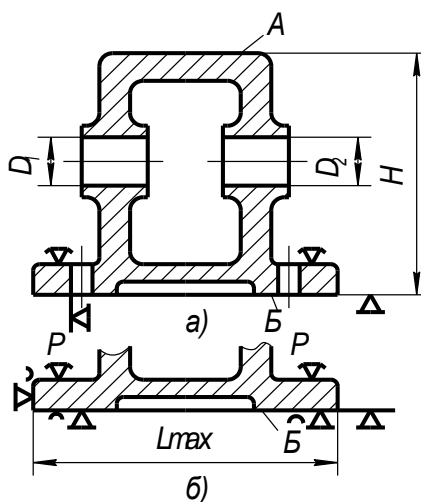


Рисунок 4.13 - Эскиз корпусной детали

Задача 4.16

У корпусной заготовки (рисунок 4.13) обрабатывают поверхность A размером $L \times B$, и при этом необходимо выдерживать размер H равный $450d9_{-0,385}^{-0,230}$. Заготовкой является чугунная отливка, выполненная по 2-му классу точности. Допуск на размер H у заготовки $IT_0 = 1,6$ мм. При обработке поверхности A используют базирование по необработанной нижней поверхности B . Поверхность A обрабатывается по следующему маршруту: черновое фрезерование; чистовое фрезерование. Произвести расчет припусков на обработку поверхности A .

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Решению задач должно предшествовать изучение теоретического материала по данной теме. Основные сведения для решения пятой задачи изложены в подразделе 5.1. Внимательно изучите содержание этого подраздела и только потом приступайте к решению предложенных задач.

5.1 Основные расчётные формулы

При проектировании отдельных сборочных операций выполняют расчеты по определению усилий, необходимых для сборки неразъемных соединений, которые определяют параметры соответствующего оборудования.

Соединения с гарантированным натягом осуществляют запрессовкой (продольно-прессовые соединения) или путем теплового воздействия на сопрягаемые детали (поперечно-прессовые соединения).

При запрессовке наибольшая сила, H , необходимая для сборки определяется по формуле [3,4,11]

$$P_3 = f \pi d l \rho, \quad (5.1)$$

где f – коэффициент трения при запрессовке;

d – номинальный диаметр сопряжения, мм;

l – длина сопрягаемых поверхностей, мм;

ρ – давление на поверхности контакта, МПа.

Коэффициент трения f зависит от материала сопрягаемых деталей, шероховатости обработанных поверхностей, наличия смазки и давления на сопрягаемых поверхностях и определяется по справочнику [12].

Значение ρ можно определить по формуле

$$\rho = \frac{i \cdot 10^{-3}}{d \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (5.2)$$

где i – натяг в сопряжении, мкм;

E_1, E_2 – модуль упругости материалов вала и втулки соответственно, МПа; определяется по справочнику [13];

C_1, C_2 – коэффициенты Ляме.

Коэффициенты Ляме вычисляются по формулам [4]:

$$C_1 = \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \mu_1; \quad C_2 = \frac{d_2^2 + d^2}{d_2^2 - d^2} - \mu_2, \quad (5.3)$$

где d_1 – диаметр отверстия пустотелого вала, мм;

d_2 – наружный диаметр напрессовываемой детали (втулки), мм;

μ_1, μ_2 – коэффициент Пуассона материалов вала и втулки соответственно; определяется по справочнику [13].

Для сплошного вала $d_1 = 0$ и $C_1 = 1 - \mu$.

Расчетный натяг определяется с учетом шероховатости сопрягаемых поверхностей:

$$i = \Delta d - 1,2 (Rz_1 + Rz_2), \quad (5.4)$$

где Rz_1, Rz_2 – высота неровностей профиля по десяти точкам, мкм.

Усилие прессы P_{np} определяется по усилию запрессовки P_3 с учетом коэффициента запаса $k = 1,5 \dots 2$; тогда:

$$P_{np} = k P_3.$$

В соответствии с расчетным усилием прессы P_{np} по справочнику [3] выбирается необходимое прессовое оборудование.

При тепловой сборке температуру T_n нагрева охватываемой детали или температуру охлаждения охватываемой, которая должна быть в начальный момент выполнения соединения, определяют по зависимости [3,4,11]

$$T_n > \frac{\Delta d \cdot 10^{-3}}{\alpha \cdot d}, \quad (5.5)$$

где Δd – наибольшая разность диаметров охватываемой и охватывающей деталей, мкм;

α – температурный коэффициент линейного расширения материала детали $1/^\circ\text{C}$; определяется по справочнику [11,12];

d – номинальный диаметр сопряжения, мм.

$$\Delta d = \delta + i, \quad (5.6)$$

где δ – наибольший натяг для данного соединения, мм;

i – гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при сборке, мм.

При переносе детали из нагревающего или охлаждающего устройства на сборочную позицию неизбежны ее охлаждение или нагрев. Температура T_6 , $^\circ\text{C}$, которую должна иметь деталь в момент ее выгрузки из нагревающего или охлаждающего устройства определяется по формуле [4,11]

$$T_6 = \frac{T - (T - T_n)}{e^{-kt}}, \quad (5.7)$$

где T – температура окружающей среды, $^\circ\text{C}$; $T = 20^\circ\text{C}$;

$e = 2,7172$; – основание натуральных логарифмов;

t – время переноса детали из нагревающего или охлаждающего устройства до сборочной позиции, мин.

Показатель k зависит от размеров и конфигурации детали, ее материала и метода нагрева (охлаждения). Для деталей типа втулок этот показатель определяется по формуле

$$k = \frac{33,3\alpha_1}{C_0\rho} \left(\frac{1}{h} + \frac{1}{l} \right), \quad (5.8)$$

где h и l – соответственно толщина и длина втулки, мм;

α_1 - коэффициент теплопередачи между втулкой и окружающей средой, ккал/(м² °С с); определяется по справочнику [12];

C_d – удельная теплоемкость материала втулки, ккал/(кг °С); определяется по справочнику [14];

ρ - плотность материала втулки, кг/м³;

Потребное количество хладагента m_{xa} , кг, для охлаждения детали до требуемой температуры T_e определяется по формуле

$$m_{xa} = \frac{C_d m_d \Delta t_1}{C_{xa} \Delta t_2}, \quad (5.9)$$

где m_d – масса детали, кг;

Δt_1 - изменение температуры детали за время ее охлаждения, °С;

C_{xa} – удельная теплоемкость хладагента, ккал/(кг·°С); для жидкого азота $C_{xa} = 0,48$ ккал/(кг °С) [14];

Δt_2 – изменение температуры хладагента за время охлаждения детали, °С;

$$\Delta t_1 = |T_{нд} - T_{кд}|,$$

где $T_{нд}$ и $T_{кд}$ – начальная и конечная температура детали, °С;

$$\Delta t_2 = |T_{нх} - T_{кх}|,$$

где $T_{нх}$ – начальная температура хладагента, °С; для жидкого азота $T_{нх} = -196$ °С [14];

$T_{кх}$ – конечная температура хладагента, °С;

При выполнении операций **клепки** усилие $P_k, Н$, необходимое для образования головок заклепок при холодной клепке определяется по формуле [4,11]

$$P_k = K_\phi d^{1,75} \sigma_e^{1,75}, \quad (5.10)$$

где K_ϕ – коэффициент формы замыкающей головки заклепки (таблица 5.1);

d – диаметр стержня заклепки, мм;

σ_e – предел прочности материала заклепки при растяжении, МПа.

Таблица 5.1 - Значения коэффициента формы K_ϕ

Тип заклепок	K_ϕ
Со сферическими головками	28,6
С плоской и потайной головками	26,2
С плоскими головками	15,2
Трубчатые	4,33
Полутрубчатые	4,33

При выполнении операций **развальцовки** сила P_o , необходимая для осадки концов трубки на конус, и сила $P_{отб}$, необходимая для отбортовки трубок, определяются по зависимости

$$P_o = P_{омб} = K \cdot \frac{S \cdot (D+d)}{2} \cdot \frac{D_1}{D} \cdot \sigma_m, \quad (5.11)$$

где K – коэффициент, учитывающий размеры, свойства материала трубок и характер выполняемой операции (таблица 5.2);

Таблица 5.2 - Значения коэффициента K

Материал трубок	Развальцовка	Отбортовка
Медь	45	57
Сталь	55	78

S – толщина стенки, мм;

D, d – наружный и внутренний диаметры трубки, мм;

D_1 – диаметр развальцованного конца трубки, мм;

σ_m – предел текучести материала трубок, МПа.

ЗАДАНИЕ 5.1

Для заданных условий определить усилие запрессовки детали и потребную силу пресса для выполнения соединения с натягом. Подобрать прессовое оборудование. Дать эскиз сборочной технологической наладки.

Задача 5.1.1

Подшипник № 207 запрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 35 \begin{pmatrix} +0,027 \\ +0,009 \end{pmatrix}$ мм, $D = 72$ мм, $B = 17$ мм. Отклонения: вала $d \begin{pmatrix} +0,027 \\ +0,009 \end{pmatrix}$; отверстия $D \begin{pmatrix} -0,027 \end{pmatrix}$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 6,3$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Задача 5.1.2

Подшипник № 212 запрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 60$ мм, $D = 110$ мм, $B = 22$ мм. Отклонения: вала $d \begin{pmatrix} +0,04 \\ +0,02 \end{pmatrix}$; отверстия $D \begin{pmatrix} -0,03 \end{pmatrix}$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 10$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Задача 5.1.3

Подшипник № 220 запрессовать на шейку стального полого вала. Размеры вала: наружный диаметр $d = 100$ мм, диаметр отверстия $d_1 = 60$ мм. Размеры подшипника: $d = 100$ мм, $D = 180$ мм, $B = 34$ мм. Отклонения: вала d

$\left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ +0,012 \end{smallmatrix} \right)$; отверстия $D\left(\begin{smallmatrix} -0,035 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 10$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 1,6$ мкм.

Задача 5.1.4

Подшипник № 304 напрессовать на шейку вала. Размеры подшипника: $d = 20$ мм, $D = 52$ мм, $B = 15$ мм. Отклонения: вала $d\left(\begin{smallmatrix} +0,014 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$; отверстия $D\left(\begin{smallmatrix} -0,023 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 3,2$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 1,6$ мкм.

Задача 5.1.5

Подшипник № 317 напрессовать на шейку стального полого вала. Размеры вала: наружный диаметр $d = 85$ мм, диаметр отверстия $d_1 = 40$ мм. Размеры подшипника: $d = 85$ мм, $D = 180$ мм, $B = 41$ мм. Отклонения: вала $d\left(\begin{smallmatrix} +0,045 \\ +0,028 \end{smallmatrix} \right)$; отверстия $D\left(\begin{smallmatrix} -0,035 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: внутреннего кольца подшипника $Rz_1 = 6,3$ мкм, шейки вала $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Задача 5.1.6

Подшипник № 412 напрессовать на шейку стального вала. Размеры подшипника: $d = 60$ мм, $D = 150$ мм, $B = 35$ мм. Отклонения: вала $d\left(\begin{smallmatrix} +0,05 \\ +0,02 \end{smallmatrix} \right)$; отверстия $D\left(\begin{smallmatrix} -0,03 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: $Rz_1 = 10$ мкм, $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Задача 5.1.7

Подшипник № 209 запрессовать в корпус редуктора из серого чугуна СЧ20. Размеры подшипника: $d = 45$ мм, $D = 85$ мм, $B = 19$ мм. Отклонения отверстия корпуса $D\left(\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,045 \end{smallmatrix} \right)$, кольца подшипника $d\left(\begin{smallmatrix} -0,023 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: $Rz_1 = 1,6$ мкм, $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Задача 5.1.8

Подшипник № 312 запрессовать в стакан из стали 3. Размеры подшипника: $d = 60$ мм, $D = 130$ мм, $B = 31$ мм. Размеры стакана: $D_1 = 130$ мм, $D_2 = 160$ мм. Отклонения отверстия стакана $D_1\left(\begin{smallmatrix} -0,040 \end{smallmatrix} \right)$, наружного кольца подшипника $d\left(\begin{smallmatrix} -0,027 \end{smallmatrix} \right)$. Шероховатость: $Rz_1 = Rz_2 = 1,6$ мкм.

Задача 5.1.9

Подшипник № 406 запрессовать в ступицу зубчатого колеса из стали 45. Размеры подшипника: $d = 30$ мм, $D = 90$ мм, $B = 23$ мм. Отклонения наружного кольца подшипника D $(-0,023)$, отверстия ступицы $D_{ст}$ $(-0,035)$. Шероховатость: $Rz_1 = 1,6$ мкм, $Rz_2 = 3,2$ мкм.

Повторить расчет без учета шероховатости деталей и сравнить результаты.

Задача 5.1.10

Подшипник № 415 запрессовать в отверстие корпуса редуктора из серого чугуна СЧ18. Размеры подшипника: $d = 75$ мм, $D = 190$ мм, $B = 45$ мм. Отклонения кольца подшипника d $(-0,03)$, отверстия корпуса D $(\begin{smallmatrix} -0,015 \\ +0,060 \end{smallmatrix})$. Шероховатость: $Rz_1 = 1,6$ мкм, $Rz_2 = 3,2$ мкм. Определить усилия запрессования без учета шероховатости (максимальное и минимальное).

Задача 5.1.11

Бронзовую втулку запрессовывают в отверстие корпуса из серого чугуна; наружный диаметр втулки $\varnothing 40_{+0,043}^{+0,068}$ мм, внутренний диаметр $\varnothing 30_{-0,2}$ мм, диаметр отверстия корпуса $\varnothing 40_{+0,039}$ мм. Шероховатость сопрягаемых поверхностей втулки и отверстия корпуса $Rz = 6,2$ мкм. Длина запрессовки $L = 40$ мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,10$. Определить необходимое усилие запрессовки.

Задача 5.1.12

На стальной вал диаметром $\varnothing 60h8$ мм и шероховатостью поверхности $Rz = 3,8$ мкм напрессовывают бронзовую втулку с наружным диаметром $\varnothing 80_{+0,3}$ мм и внутренним диаметром $\varnothing 60U8$ мм. Шероховатость внутренней поверхности втулки $Rz = 2,8$ мкм. Длина стержня вала и втулки 30 мм. Коэффициент трения при запрессовке $f = 0,10$. Определить необходимое усилие запрессовки.

ЗАДАНИЕ 5.2

Для заданных условий сопряжения деталей определить температуру нагрева (охлаждения) одной из деталей. В зависимости от потребной температуры выбрать теплоноситель (хладоагент). Коэффициенты линейного расширения (сужения) для различных материалов принимать по справочнику [1].

Задача 5.2.1

В отверстие ступицы шестерни $\varnothing 60H6 \left(\begin{smallmatrix} +0,019 \\ \end{smallmatrix} \right)$ методом охлаждения установить латунную втулку, наружный диаметр которой равен $60S7 \left(\begin{smallmatrix} +0,083 \\ +0,053 \end{smallmatrix} \right)$. Во втулке имеется отверстие $\varnothing 45H8$. Длина втулки 70 мм. Зазор в охлажденном состоянии равен $i = 0,02$ мм. Время перемещения детали от охлаждающего устройства до сборочной позиции 0,7 мин.

Задача 5.2.2

В отверстие шестерни $\varnothing 60H6 \left(\begin{smallmatrix} +0,019 \\ \end{smallmatrix} \right)$ методом охлаждения установить латунную втулку с $\varnothing 60S7 \left(\begin{smallmatrix} +0,083 \\ +0,053 \end{smallmatrix} \right)$. Втулка имеет отверстие $\varnothing 40$ мм. Рассчитать количество сухого льда для охлаждения втулки при ее длине $L = 80$ мм. Зазор в охлажденном состоянии $i = 0,02$ мм. Время переноса детали из охлаждающего устройства до сборочной позиции 1 мин.

Задача 5.2.3

В поршень из сплава АЛ-9 массой 5 кг и диаметром 100 мм за счет его нагрева устанавливается стальной поршневой палец. Палец имеет наружный диаметр $40h6 \left(\begin{smallmatrix} -0,039 \\ -0,064 \end{smallmatrix} \right)$ и внутренний диаметр 30 мм, отверстие в бобышке поршня $\varnothing 40T7 \left(\begin{smallmatrix} -0,039 \\ -0,064 \end{smallmatrix} \right)$. Гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при сборке $i = 0,025$ мм. Время переноса детали из нагревательного устройства до сборочной позиции 0,5 мин.

Задача 5.2.4

Латунный венец червячной шестерни толщиной 30 мм после нагревания в электрической печи устанавливается на чугунный центр. Диаметр посадочного отверстия $\varnothing 150H8 \left(\begin{smallmatrix} +0,063 \\ \end{smallmatrix} \right)$. Наружный диаметр центра $\varnothing 150h6 \left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ \end{smallmatrix} \right)$. Зазор в нагретом состоянии должен быть не менее 0,03 мм. Время перемещения детали от нагревающего устройства до рабочей позиции 1,2 мин.

Определить, какие напряжения возникнут на поверхности контакта после остывания венца и допустимы ли они?

Задача 5.2.5

В расточки головки блока цилиндров устанавливают гнезда клапанов за счет их охлаждения. Наружный диаметр стального гнезда $70h6 \left(\begin{smallmatrix} -0,019 \\ \end{smallmatrix} \right)$, а отверстие имеет $\varnothing 70U8 \left(\begin{smallmatrix} -0,102 \\ -0,148 \end{smallmatrix} \right)$. Внутренний диаметр гнезда $\varnothing 12$ мм и высота $l = 20$ мм. Гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при

сборке $i = 0,025$ мм. Время на перенос детали от охлаждающего устройства до рабочей позиции 0,8 мин.

Задача 5.2.6

Вагонное колесо с наружным диаметром 450 мм и высотой 100 мм после его нагревания устанавливается на шейку оси. Посадочный диаметр шейки вагонной оси равен $150h7(-0,040)$, а отверстие колеса $\text{Ø}150U8 \begin{pmatrix} -0,190 \\ -0,253 \end{pmatrix}$.

Гарантированный зазор, обеспечивающий свободную посадку при сборке $i = 0,045$ мм. Время на перенос детали от нагревающего устройства до рабочей позиции 2,0 мин. Температурный коэффициент линейного расширения α для стали 45 принять по справочнику.

Задача 5.2.7

Зубчатый венец маховика из стали 45 диаметром 470 мм после нагревания устанавливается на посадочный диаметр чугунного маховика. Размер посадочного диаметра $D = 400$ мм, наибольший натяг $\delta = 300$ мкм, зазор в нагретом состоянии должен быть не менее 0,04 мм, ширина маховика $B = 50$ мм. Определить температуру нагрева маховика. Модули упругости материалов E_1 и E_2 определить по справочнику. Время переноса детали из нагревательного устройства до сборочной позиции 2,2 мин.

Задача 5.2.8

Ось цилиндрической шестерни устанавливается в расточку станины пресса путем охлаждения оси. Диаметр посадочной ступени $d = 100 \begin{pmatrix} +0,150 \\ +0,050 \end{pmatrix}$, длина ступени $l = 200$ мм. Диаметр расточки в станине $d = 100 \begin{pmatrix} +0,030 \end{pmatrix}$. Посадочный диаметр под шестерню $d_1 = 140$ мм, длина этой ступени $l_1 = 250$ мм. Зазор в охлажденном состоянии должен быть не менее 0,025 мм. Время переноса детали из охлаждающего устройства до сборочной позиции 1,6 мин. Определить потребляемое количество хладагента для охлаждения оси.

Задача 5.2.9

В верхнюю головку шатуна устанавливается путем охлаждения латунная втулка. Посадочный диаметр $d = 50$ мм, $l = 50$ мм, $h = 5$ мм. Наибольший натяг $\delta = 40$ мкм, зазор в охлажденном состоянии 0,02 мм. Время на перенос детали из охлаждающего устройства до сборочной позиции 1 мин. Остальные необходимые данные принять по справочнику.

Задача 5.2.10

Коническая шестерня с наружным диаметром 250 мм и высотой ступицы 60 мм подвергается индукционному нагреву перед посадкой на шейку вала.

Посадочный диаметр $d = 80$ мм, наибольший натяг $\delta = 60$ мкм, зазор в нагретом состоянии $0,015$ мм. Сборка ведется на сборочном полуавтомате. Время переноса детали из нагревательного устройства до сборочной позиции $1,9$ мин. Остальные данные принять по справочнику.

Задача 5.2.11

Определить температуру, которую должна иметь деталь в момент ее выгрузки из нагревательного устройства для выполнения сборочной операции методом теплового воздействия. Диаметр отверстия охватывающей детали (втулки) $\varnothing 40^{+0,039}$ мм, ее наружный диаметр 60 мм и длина 75 мм; диаметр охватываемой детали (вала) $\varnothing 40^{+0,068}_{+0,043}$ мм. Зазор в нагретом состоянии $0,02$ мм. Материал втулки — бронза. Температура окружающей среды $T=20^{\circ}\text{C}$. Время переноса детали от нагревательного устройства к месту сборки $t=1,2$ мин.

Задача 5.2.12

В отверстие корпуса диаметром $\varnothing 90\text{H}7$ мм необходимо запрессовать методом теплового воздействия втулку из латуни, наружный диаметр которой $\varnothing 90\text{S}7$ мм, внутренний диаметр 70 мм и длина 65 мм. Определить температуру, которую должна иметь втулка в момент ее выгрузки из охлаждающего устройства. Зазор в охлажденном состоянии $0,025$ мм. Температура окружающей среды $T=18^{\circ}\text{C}$. Время переноса втулки от охлаждающего устройства к месту сборки $t = 0,8$ мин.

ЗАДАНИЕ 5.3

Для заданной конструкции узла определить усилие осадки головки заклепки. Выбрать последовательную или одновременную осадку заклепок. Подобрать оборудование для выполнения заклепочного соединения.

Задача 5.3.1

На стальной диск муфты сцепления приклепываются по 6 секторов из феррадо. Каждый сектор закрепляется шестью заклепками из красной меди. Эскиз узла показан на рисунке 5.1. Диаметр заклепки $d_3 = 6$ мм с потайной головкой. Производственная программа – 50000 узлов в год, предел прочности на разрыв для красной меди $\sigma_b = 200$ МПа.

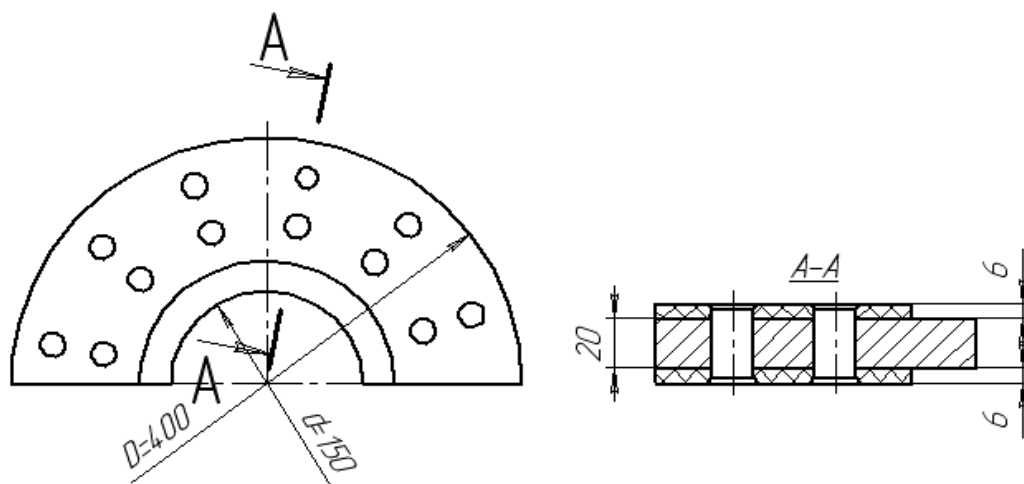


Рисунок 5.1- Фрагмент диска муфты сцепления

Задача 5.3.2

Режущие сегменты приклепываются стальными заклепками $d_3 = 5$ мм с потайной головкой. Каждый сегмент закрепляется четырьмя заклепками, а всего на нож жатки устанавливается 45 режущих элементов. Эскиз узла показан на рисунке 5.2. Годовая программа выпуска – 20000 жаток. Предел прочности на разрыв для стали $\sigma_b = 450$ МПа.

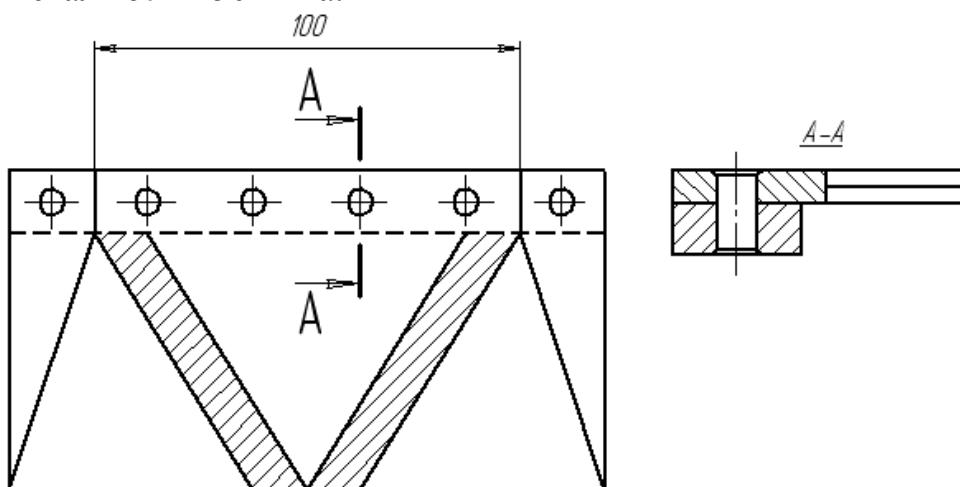


Рисунок 5.2 – Фрагмент ножа жатки

Задача 5.3.3

На патрубков заднего моста устанавливается на стальных заклепках со сферическими заклепками $d_3 = 10$ мм кожух бортовой передачи. Эскиз узла показан на рисунке 5.3. Предел прочности на разрыв для стали $\sigma_b = 400$ МПа.

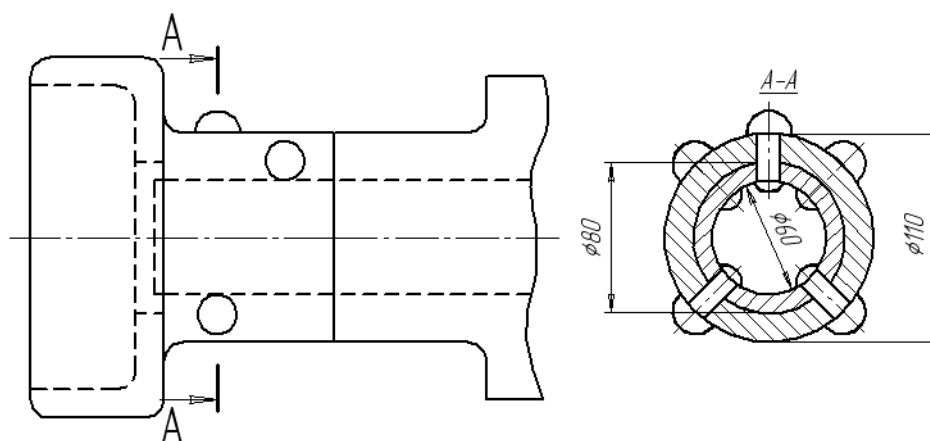


Рисунок 5.3 – Эскиз узла

Задача 5.3.4

Элемент строительной конструкции (рисунок 5.4) состоит из уголков и соединительных раскосов, скрепляемых заклепками из стали ст.3 с диаметром $d_3 = 20$ мм. Предел прочности на разрыв для стали ст. 3 $\sigma_v = 500$ МПа (в холодном состоянии), $(\sigma_v)_T = 100$ МПа.

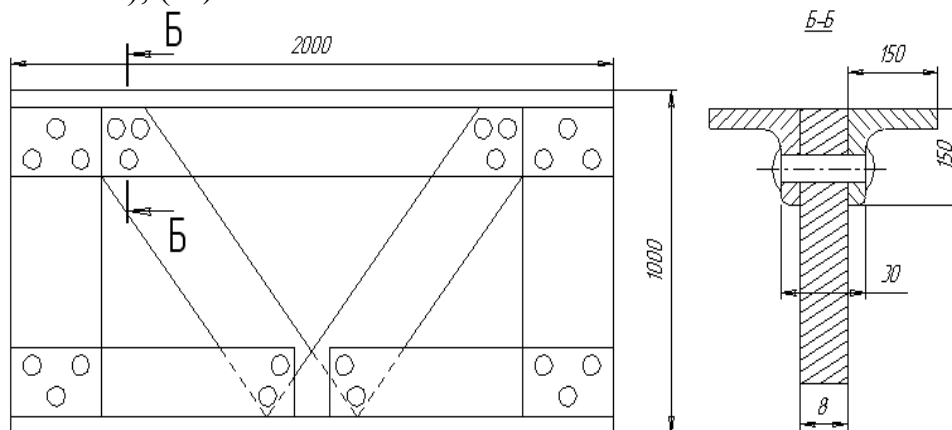


Рисунок 5.4 – Эскиз узла

Задача 5.3.5

Рассчитать усилие P , необходимое для образования головок заклепок при холодной клепке, по данным, приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Исходные данные к задаче

Вариант	Тип заклепок	Материал заклепок	Диаметр стержня, мм
1	Со сферическими головками	Сталь	6
2	С плоской и потайной головками	Медь	10
3	С плоскими головками	Латунь	12
4	Трубчатые	Алюминиевые сплавы	8
5	Полутрубчатые	Медь	16

Задача 5.3.6

Определить усилие, необходимое для выполнения операции развальцовки или отбортовки трубок, по данным таблицы 5.2.

Таблица 5.2 - Исходные данные к задаче

Вариант	Материал трубок	Выполняемая операция	Наружный диаметр D, мм	Внутренний диаметр d, мм
1	Медь	Развальцовка	14	10
2	Медь	Отбортовка	16	12
3	Сталь	Развальцовка	12	8
4	Сталь	Отбортовка	14	10

6. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Основным документом курсовой работы является расчетно-пояснительная записка (РПЗ), которая должна оформляться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам».

РПЗ должна отвечать следующим общим требованиям: логической последовательности изложения материалов; убедительности аргументации; краткости и точности формулировок, исключающих возможности субъективного и неоднозначного толкования; конкретности изложения результатов работы.

Титульный лист РПЗ оформляется так, как показано в приложении А.

Текст пояснительной записки следует набирать на компьютере шрифтом «Times New Roman» или аналогичным ему. Размер шрифта №12. При заполнении таблиц допускается применять соответствующий шрифт меньшего номера, а в формулах - большего. При использовании листов с рамкой и основной подписью, выполняемых в виде колонтитулов, устанавливают следующие параметры:

– в меню «Формат» открыть пункт «Параметры страницы», на вкладке «Поля» установить требуемые значения полей до края страницы: «Верхнее» - 1,5 см; «Левое» - 2,0 см; «Переплет» - 0 см; «Нижнее» - 1,0 см; «Правое» - 0,5 - 0,7 см (в зависимости от настройки области печати принтера, по умолчанию установлен размер формата А4);

– в меню «Формат» открыть пункт «Абзац», в окне «Отступы и интервалы» установить: «Выравнивание» - по ширине; «Уровень» - основной текст; «Отступ слева» - 0,5 см; «Отступ справа» - 0,5 см; «Первая строка» - отступ на 1,25 см; «Междустрочный интервал» - одинарный;

- на вкладке «Положение на странице» установить флажок против функции «Запретить автоматический перенос слов».

Общий объём пояснительной записки рекомендуется в пределах 15...20 страниц машинописного текста.

Текст РПЗ оформляют на листах, имеющих рамку и основную надпись (штамп) в соответствии с ГОСТ 2.104-68 «Основные надписи».

На всех листах пояснительной записки следующие требования к размещению текста. Расстояние от рамки до границ текста в начале и в конце строк – не менее 5 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста, до верхней или нижней рамки – не менее 10 мм. Абзацный отступ в тексте устанавливают равным 12,5 мм.

Нумерация страниц РПЗ должна быть сплошной: первой страницей является титульный лист, второй – содержание. На титульном листе номер страницы не ставят. Список литературы также включают в сквозную нумерацию страниц.

Текст РПЗ делится на разделы, которые нумеруются арабскими цифрами; после номера раздела ставится точка. Раздел «Список литературы» не нумеруют.

Разделы должны иметь заголовки. Подчёркивать заголовки и переносить слова в заголовках не допускается.

Расстояние между заголовком и текстом должно быть равно 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 8 мм.

Каждый раздел РПЗ рекомендуется начинать с нового листа (страницы). На этом листе оформляется основная надпись по ГОСТ 2.104-68 (форма 2). На последующих листах раздела оформляются основные надписи формы 2а.

Иллюстрации обозначают словом «Рисунок» и нумеруют последовательно в пределах раздела. Номер иллюстрации, разделенных точкой, например «Рисунок 1.5» (пятый – рисунок первого раздела). Допускается сквозная нумерация иллюстраций. Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 - Детали прибора.

Цифровой материал, как правило, оформляют в виде таблиц (рисунок 6.1).

Таблица _____
 номер название

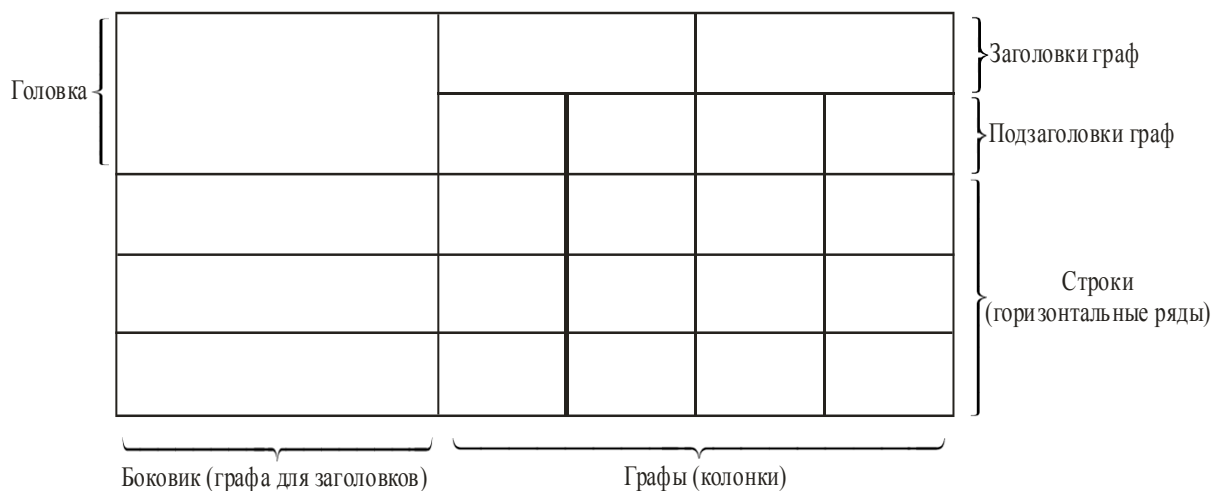


Рисунок 6.1 – Пример построения таблицы

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. В верхнем левом углу таблицы напротив соответствующего заголовка помещают надпись «Таблица» с указанием её номера, который должен состоять из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделённых точкой, например «Таблица 3.4» (четвёртая таблица третьего раздела). Допускается сквозная нумерация таблиц.

Таблицы должны иметь заголовки. Заголовок и слово «Таблица» пишут с прописной буквы. Заголовок не подчёркивают. Делить заголовки таблицы по диагонали не допускается. Графу «№ п/п» в таблицу включать не следует.

Рисунок или таблицу размещают после первого упоминания о них в тексте.

Ссылки в тексте РПЗ на иллюстрации и таблицы указывают их порядковым номером, например «рисунок 5.7», «таблица 1.8». В повторных ссылках на таблицы и иллюстрации следует указывать сокращённо слово «смотри», например «см. таблицу 1.3».

Аналогично рисункам и таблицам нумеруют формулы. Номера формул указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например «(3.2)» (вторая формула третьего раздела).

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов приводят непосредственно под формулой в той же последовательности, в какой они даны в формуле. Первую строку начинают со слова «где» без двоеточия, значение каждого символа и числового коэффициента следует давать с новой строки.

Пример – Плотность каждого образца ρ , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho = m/V, \quad (1)$$

где m - масса образца, кг;

V - объём образца, м³.

Ссылки в тексте РПЗ на литературные источники обозначают порядковым номером списка источников, выделенных квадратными скобками, например «[17]», «[23]».

Во всех материалах курсовой работы необходимо строго соблюдать ГОСТ 8.417-81 «Единицы физических величин». Этот стандарт регламентирует и правила написания обозначений единиц.

Список литературы должен включать все использованные источники, которые следует располагать в порядке появления ссылок в тексте РПЗ. Сведения об источниках, включённых в список, необходимо давать в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа». Примеры наиболее часто встречающихся в курсовых работах библиографических описаний приведены в работе [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник технолога– машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4–е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
2. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. для вузов/Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 295 с.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2 - х т. Т.2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4–е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1985. 496 с.
4. Технология машиностроения: Учебник /Л.В. Лебедев, И.В. Шрубченко, А.А. Погонин, М.С. Чепчуров, А.Ф. Бойко. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 624 с.
5. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.1. Основы технологии машиностроения: Учеб. пособ. для вузов/Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под ред. С.Л. Мурашкина. – М.: Высш. шк., 2003. – 278 с.
6. Технология машиностроения: учебник для студ. высш. учеб. заведений / [Л.В. Лебедев, В.У. Мнацаканян, А.А. Погонин и др.]. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.
7. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. 3-е изд., стер.-СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 512 с.
8. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов/ Я. М. Радкевич, В.А. Тимирязев, А.Г. Схиртладзе, М.С. Островский; Под ред. В.А. Тимирязева. 2-е изд., стер. М.: Высш. шк., 2007. 272 с.
9. Харламов Г.А., Тарапанов А.С. Припуски на механическую обработку: Справочник. М.: Машиностроение, 2006. 256 с.
10. Панов А.А., Хоменко В.В. Расчет припусков на механическую обработку: Методические указания к практическим занятиям, курсовому и дипломному проектированию по технологии машиностроения для студентов машиностроительных специальностей всех форм обучения. /Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. - 44 с.
11. Технология машиностроения: В 2 т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов /В.М. Бурцев, А.С. Васильев, А.М. Дальский и др.; Под ред. А.М. Дальского. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. - 564 с.
12. Основы технологии машиностроения /Под ред. В.С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977. 288 с.
13. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Том 1. 8 - ое изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 1999. 912 с.
14. Енохович А.С. Справочник по физике. М.: Просвещение, 1978. 416 с.
15. Худобин Л.В., Гурьянихин В.Ф., Берзин В.Р. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 1989. 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа курсовой работы

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Алтайский
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

Кафедра «Техника и технологии машиностроения и пищевых
производств»

Курсовая работа защищена с оценкой _____

Преподаватель _____

(подпись)

(и. о. фамилия)

« ____ »

дата

20

г.

Расчёты технологических параметров при проектировании операций

механической обработки и сборки

тема работы

Пояснительная записка
к курсовой работе

по дисциплине Основы технологии машиностроения

наименование дисциплины

КР15.03.01.ХХ.000ПЗ

обозначение документа

Студент группы _____

подпись

и. о. фамилия

РУБЦОВСК 20 —

Алексеев Николай Сергеевич

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Учебное пособие и задания к курсовой работе по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение» заочной формы обучения

Подписано к печати 10.10.22. Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 3,62. Тираж 25 экз. Зак. 221815. Рег. № 16.

Отпечатано в ИТО Рубцовского индустриального института
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.