

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра материаловедения и технологии машиностроения

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Выполнение контрольной работы

Методические указания для студентов заочной формы обучения
по направлению подготовки
15.03.02 — Технологические машины и оборудование

Составитель
И. Д. Соколова

Санкт-Петербург
2025

Утверждено
на заседании кафедры МиТМ
20.12.2024 г., протокол № 4

Рецензент А. А. Таразанов

Методические указания соответствуют программе и учебному плану дисциплины «Основы технологии машиностроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». В методических указаниях представлен порядок выполнения контрольной работы.

Методические указания предназначены для студентов заочной формы обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД
в качестве методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 17.02.2025 г. Рег. № 5010/25

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб, ул. Ивана Черных, 4.

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	4
2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	4
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ	5
3.1. Определение типа машиностроительного производства.....	5
3.2. Расчет размерных цепей.....	8
3.3. Определение погрешности базирования.....	14
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	30
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	31

ВВЕДЕНИЕ

Контрольная работа по дисциплине «Основы технологии машиностроения» выполняется в ходе учебного процесса на этапе изучения дисциплины.

Настоящие методические указания содержат необходимые сведения о выполнении контрольной работы по дисциплине «Основы технологии машиностроения» для студентов заочной формы обучения по направлению подготовки: 15.03.02 – Технологические машины и оборудование.

В методических указаниях отражены цель, содержание и объем контрольной работы, даны краткие методические рекомендации с указанием учебной литературы, указаны варианты индивидуальных заданий для студентов.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы – сформировать компетенции обучающегося в области определения типа машиностроительного производства, выполнения расчетов размерных цепей при решении обратной задачи методом «максимум-минимум», определения погрешности базирования при обработке различных поверхностей деталей машин на настроенных станках.

Задачи контрольной работы:

- определение типа машиностроительного производства;
- расчет размерных цепей при решении обратной задачи методом «максимум–минимум»;
- определение погрешности базирования при обработке различных поверхностей деталей машин на настроенных станках.

2. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа включает расчетно-пояснительную записку (РПЗ) объемом примерно 10 листов, содержащую исходные данные, необходимые расчеты, пояснения и выводы.

Контрольная работа включает три задания, охватывающие различные разделы курса:

1. Расчет типа машиностроительного производства.
2. Расчет размерных цепей.
3. Определение погрешности базирования детали при ее обработке на настроенном станке.

Расчетно-пояснительная записка выполняется на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (210 x 297 мм).

Текст печатается нормальным шрифтом черного цвета. Размер шрифта – 14 (Times New Roman). Межстрочный интервал – 1,5.

Предусматриваются следующие размеры полей:

левое – 30 мм;

правое – 10 мм;

верхнее – 20 мм;

нижнее – 20 мм.

Рекомендуется производить выравнивание текста по ширине.

Абзацы в тексте начинаются отступом от левого поля. Отступ равен 1,25 см.

Вариант заданий (*Приложения 1, 2, 3, 4*) выбирается по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента. Если цифры образуют число более тридцати двух, то вариант выбирается по разности этого числа и числа тридцать два.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ

3.1. Определение типа машиностроительного производства

В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции различают три типа производства: единичное, серийное, массовое (ГОСТ 14.004-83).

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление которых, как правило, не предусматривается.

На рабочих местах в единичном производстве выполняют разнообразные операции без их периодического повторения на универсальном технологическом оборудовании с использованием универсальной, унифицированной и стандартной технологической оснастки (тиски для крепления деталей, угольники, прихваты и т. п.; стандартные резцы, сверла, фрезы и т. п.; универсальные измерительные средства: штангенинструмент, микрометры, нутромеры и т. п.).

Специальную технологическую оснастку применяют лишь в исключительных случаях, когда без нее изготовление деталей невозможно. Универсальность выполнения работ требует высокой квалификации рабочих.

Таким образом, единичное производство должно быть универсальным, очень гибким, обеспечивающим выполнение разнообразных заданий. Оно распространено в тяжелом машиностроении, где изготавливается крупное уникальное металлургическое и химическое оборудование, прокатные станы, а также в опытном производстве.

Серийное производство характеризуется изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями.

Серийное производство является основным типом машиностроительного производства. Примерно 80 % всей продукции машиностроения страны

изготавливается на заводах серийного производства (производство станков, прессов, деревообрабатывающих станков, текстильных машин, насосов, вентиляторов и т. д.). В серийном производстве машины изготавливают сериями, а заготовки обрабатывают партиями.

В серийном производстве процесс изготовления деталей построен по принципу дифференциации операций. Отдельные операции закреплены за определенным рабочим местом. Поэтому для этого типа производства характерна необходимость переналадки технологического оборудования при переходе на изготовление деталей другой партии. Для выполнения различных операций используют универсальные металлорежущие станки, оснащенные как универсальными, так и универсально-сборными и специальными приспособлениями. Находят применение также специализированные, специальные автоматизированные, агрегатные станки. Довольно широко используются станки с числовым программным управлением, в том числе многоцелевые; получают распространение гибкие производственные системы. Целесообразно применение специального режущего инструмента, а также применение специальных мер и измерительных приборов.

При необходимости выбор технологического оборудования и оснастки должен быть обоснован соответствующими технико-экономическими расчетами.

Оборудование может быть расположено по групповому признаку или по потоку (в крупносерийном производстве). В серийном производстве средняя квалификация рабочих ниже, чем в единичном производстве.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция.

В массовом производстве применяется высокопроизводительное оборудование: специальные, специализированные и агрегатные станки, станки для непрерывной обработки, многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, автоматизированные производственные системы, управляемые от ЭВМ, автоматические линии; находят также ограниченное применение станки с ЧПУ. Широко применяется многолезвийный и наборный специальный режущий инструмент, быстродействующие, автоматические и механизированные приспособления, измерительные инструменты и приборы. Характерным для технологических процессов является высокий уровень использования средств автоматизации и комплексной механизации. Типичным примером массового производства являются предприятия, на которых изготавливаются автомобили, тракторы, мотоциклы, подшипники качения, велосипеды, швейные машины и т. д.

Согласно ГОСТ 3.1108-74 ЕСТД и ГОСТ 14.004-74 ЕСТПП одной из основных характеристик типа производства является $k_{з.о.}$ – коэффициент закрепления операций. Этот коэффициент показывает отношение числа всех операций, выполняемых в цехе (на участке) в течение месяца, к числу рабочих

мест. Таким образом, он характеризует число операций, приходящихся в среднем на одно рабочее место в месяц или степень специализации рабочих мест.

При $k_{з.о.} = 1$ производство массовое; если $1 < k_{з.о.} < 10$ – крупносерийное, $10 < k_{з.о.} < 20$ – среднесерийное; $20 < k_{з.о.} < 40$ – мелкосерийное. В единичном производстве $k_{з.о.} > 40$. В соответствии с [1] при расчетах для действующего цеха (участка)

$$k_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{P_{р.м}} = K_{в} \Phi \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum N_i T_i}, \quad (1)$$

где $\sum \Pi_{oi}$ – суммарное число различных операций; $P_{р.м}$ – число рабочих мест; $K_{в}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{в} = 1,3$; Φ – месячный фонд времени рабочего при работе в одну смену, ч; $\sum N_i T_i$ – суммарная трудоемкость программы выпуска, ч; N_i – программа выпуска каждой i -той позиции номенклатуры; T_i – трудоемкость i -той позиции, ч.

Условное число однотипных операций Π_{oi} , выполняемых на одном рабочем месте, может быть определено как

$$\Pi_{oi} = \frac{\eta_n}{\eta_\phi}, \quad (2)$$

где η_n – нормативный коэффициент загрузки рабочего места всеми закрепленными за ним операциями; η_ϕ – фактический коэффициент загрузки данной операцией.

$$\eta_\phi = \frac{T_{ш.к.} N_\Gamma}{60 F_d K_{в}}, \quad (3)$$

где $T_{ш.к.}$ – трудоемкость основных операций технологического процесса; N_Γ – годовая программа выпуска, шт.; F_d – действительный годовой фонд времени работы оборудования, ч.

Приняв по справочным данным $K_{в} = 1,3$; $\eta_n = 0,8$ и $F_d = 4015$ ч и, подставляя формулу (3) в формулу (2), получим:

$$\Pi_{oi} = \frac{60 \eta_n K_{в} F_d}{T_{ш.к.} N_\Gamma}. \quad (4)$$

Подставляя формулу (4) в формулу (1):

$$k_{з.о.} = \frac{250536}{N_\Gamma P_{р.м}} \sum_{i=1}^{P_{р.м}} \frac{1}{T_{ш.к.i}}. \quad (5)$$

Пример 1. Определить условное число однотипных операций Π_{oi} , выполняемых на каждом рабочем месте, коэффициент закрепления операций $k_{з.о.}$ и тип производства при реализации технологических процессов изготовления двух деталей, используя исходные данные (табл. 1).

Таблица 1 – Исходные данные примера 1

Т _{ш.к.} на операцию						N _Г , шт.
005	010	015	020	025	030	
2,7	1,8	4,2	7,8	8,3	8,5	3000

Решение:

$$\begin{aligned}
 P_{01} &= \frac{250536}{3000 \cdot 2,7} = 30,9; P_{02} = \frac{250536}{3000 \cdot 1,8} = 46,4; P_{03} = \frac{250536}{3000 \cdot 4,2} = 19,9; \\
 P_{04} &= \frac{250536}{3000 \cdot 7,8} = 10,7; P_{05} = \frac{250536}{3000 \cdot 8,3} = 10; P_{06} = \frac{250536}{3000 \cdot 8,5} = 9,8. \\
 k_{3.0.} &= \frac{250536}{3000 \cdot 6} \cdot \left(\frac{1}{2,7} + \frac{1}{1,8} + \frac{1}{4,2} + \frac{1}{7,8} + \frac{1}{8,3} + \frac{1}{8,5} \right) = 22,96 \approx 23.
 \end{aligned}$$

В соответствии с тем, что $20 < k_{3.0.} < 40$ – производство мелкосерийное.

Для выполнения задания 1 нужно выполнить следующие действия:

- используя Приложение 1, выбрать вариант задания;
- изучить методику оценки типа производства по изложенным материалам;
- вычислить значение коэффициента закрепления операций и определить тип производства;
- дать краткую характеристику найденного типа машиностроительного производства.

3.2. Расчет размерных цепей

Размерной цепью называется совокупность размеров, расположенных по замкнутому контуру, определяющих взаимное расположение поверхностей или осей поверхностей одной детали (подетальная размерная цепь – рис. 1, в, е) или нескольких деталей в сборочной единице (сборочная размерная цепь – рис. 1, а, б, г, д).

Замкнутость размерного контура – необходимое условие для составления и анализа размерной цепи. Однако на рабочем чертеже размеры следует проставлять в виде незамкнутой цепи; не проставляют размер замыкающего звена, так как он не требуется.

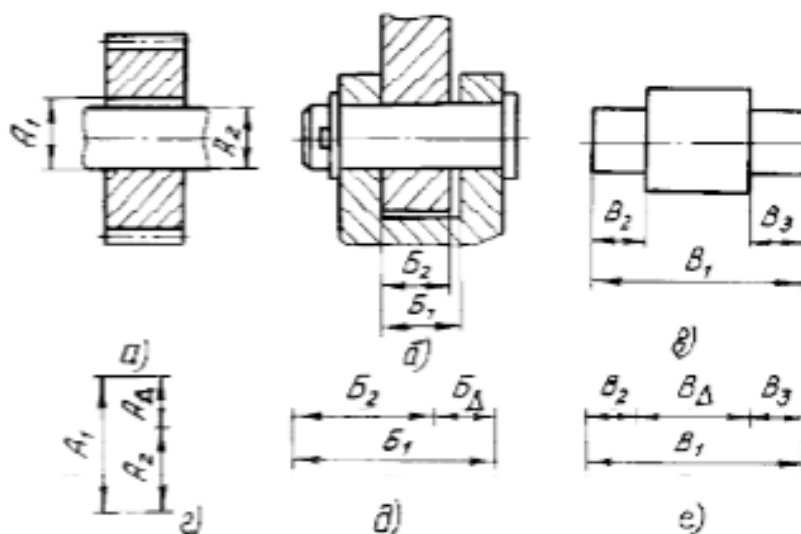


Рисунок 1 – Линейные размерные цепи

Размеры, образующие размерную цепь, называют звеньями размерной цепи. Размерная цепь состоит из составляющих звеньев и одного замыкающего звена.

Замыкающим называют звено размерной цепи, являющееся исходным при постановке задачи или получающееся последним в результате ее решения. В обозначении замыкающее звено отличается от составляющих индексом Δ (A_Δ , B_Δ , V_Δ , рис. 1, z , d , e).

Составляющим звеном называют звено размерной цепи, функционально связанное с замыкающим звеном. Обозначается составляющее звено той же буквой, что и сама размерная цепь, с индексом, соответствующим порядковому номеру составляющего звена.

С точки зрения влияния на значение замыкающего звена, составляющие звенья подразделяются на увеличивающие и уменьшающие.

Увеличивающим называют составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено увеличивается.

Уменьшающим называют составляющее звено размерной цепи, с увеличением которого замыкающее звено уменьшается.

Обозначают увеличивающее звено стрелкой над буквой, обозначающей звено, направленной вправо; уменьшающее звено – стрелкой, направленной влево.

На рисунке 1 приведены: увеличивающие звенья – $\overrightarrow{A_1}, \overrightarrow{B_1}, \overrightarrow{V_1}$, уменьшающие звенья – $\overleftarrow{A_2}, \overleftarrow{B_2}, \overleftarrow{V_2}, \overleftarrow{V_3}$, замыкающие звенья – $A_\Delta, B_\Delta, V_\Delta$.

Исходное звено – звено размерной цепи, заданные номинальный размер и предельные отклонения которого определяют функционирование сборочной единицы и должны быть обеспечены в результате решения размерной цепи. Исходя из предельных значений этого размера, рассчитывают допуски и отклонения всех остальных размеров цепи. В процессе сборки исходный размер, как правило, становится замыкающим. В подетальной размерной цепи размер, исходя из точности которого определяется степень точности остальных размеров, также называют исходным.

Расчету размерных цепей предшествует их выявление по сборочным и детальным чертежам и операционным эскизам технологических процессов механической обработки и сборки.

Замыкающее звено размерной цепи находят, исходя из задачи, возникающей при конструировании изделия, его изготовлении или измерениях.

Поэтому вначале должна быть поставлена и четко сформулирована задача, решение которой необходимо для обеспечения соответствия конструкции изделия его служебному назначению, обеспечения требуемой точности изделия при его изготовлении или оценке точности измерением.

При конструировании изделия переход от формулировки задачи к нахождению замыкающего звена заключается в выявлении такого линейного или углового размера, от значения которого полностью зависит решение конструкторской задачи.

При изготовлении изделия замыкающим звеном размерной цепи является размер, точность которого должна быть обеспечена технологическим процессом. При измерении замыкающим звеном является измеренный размер.

Таким образом, в замыкающем звене заключен смысл решаемой задачи, из чего следует, что **каждая размерная цепь дает решение только одной задачи** и может иметь одно замыкающее звено.

Допуск замыкающего звена устанавливается следующим образом:

- в конструкторских размерных цепях, исходя из служебного назначения изделия или его механизма;

- в технологических размерных цепях в соответствии с допуском на расстояние или относительный поворот поверхностей детали (их осей), или деталей изделия, которые необходимо получить в результате осуществления технологического процесса изготовления детали или сборки;

- в измерительных цепях, исходя из требуемой точности измерения.

Выявив замыкающее звено, можно приступить к нахождению составляющих звеньев размерной цепи.

Построение схемы размерной цепи начинается от одной из поверхностей (осей), ограничивающих замыкающее звено; при этом устанавливаются составляющие звенья размерной цепи, непосредственно участвующих в решении поставленной задачи, и доходят до второй поверхности (оси), ограничивающей замыкающее звено.

Сущность расчета размерной цепи заключается в установлении допусков и предельных отклонений всех ее звеньев, исходя из требований конструкции и технологии. В общем случае целью расчета размерных цепей является решение одной из двух нижеследующих задач:

- прямая задача (проектная). По заданным параметрам замыкающего звена определяются параметры составляющих звеньев. Практически при этом по известным предельным отклонениям и допуску замыкающего звена рассчитываются допуски и предельные отклонения размеров составляющих звеньев;

- обратная задача (проверочная). По известным параметрам составляющих звеньев определяются параметры замыкающего звена. Практически при этом по известным номинальным размерам и их предельным отклонениям, допускам и характеристикам рассеяния размеров составляющих звеньев рассчитываются номинальный размер замыкающего звена, его допуск и предельные отклонения.

В процессе решения обратной задачи определяются также величина, допуск и предельные отклонения одного из составляющих по известным характеристикам других составляющих и замыкающего (исходного) звеньев, а также некоторые другие технологические задачи.

В зависимости от поставленной задачи и производственных условий размерные цепи рассчитываются следующими методами:

- метод расчета на максимум–минимум, который обеспечивает полную взаимозаменяемость;

- теоретико-вероятностный метод;
- методы, обеспечивающие неполную взаимозаменяемость (групповой взаимозаменяемости, пригонки, регулирования).

Метод расчета линейных размерных цепей на максимум–минимум

Этот метод обеспечивает полную взаимозаменяемость. Он учитывает только предельные отклонения звеньев размерной цепи и самые неблагоприятные их сочетания.

Решение обратной задачи

Для решения размерной цепи необходимо составить ее схему (рис. 2).

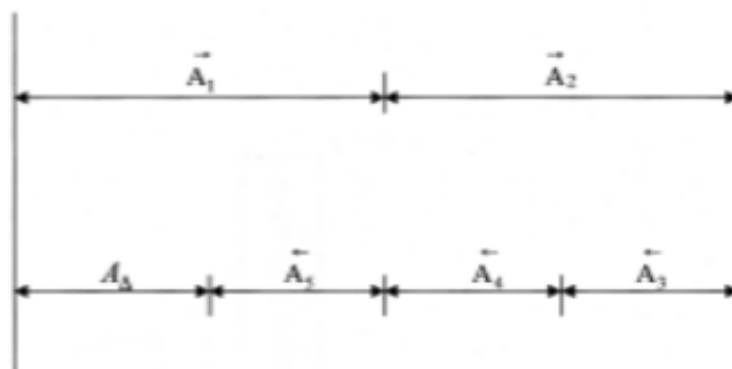


Рисунок 2 – Схема размерной цепи

Используются следующие условные обозначения:

A_i – номинальный размер i -го составляющего звена размерной цепи;

A_Δ – номинальный размер замыкающего звена размерной цепи;

$\vec{A_i}$ – увеличивающее i -е составляющее звено размерной цепи;

$\overleftarrow{A_i}$ – уменьшающее i -е составляющее звено размерной цепи;

TA_i – допуск i -го составляющего звена размерной цепи A ;

$T\vec{A_i}$ – допуск увеличивающего i -го звена размерной цепи A ;

$T\overleftarrow{A_i}$ – допуск уменьшающего i -го звена размерной цепи A ;

TA_Δ – допуск замыкающего звена размерной цепи;

ESA_Δ, EIA_Δ – верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена размерной цепи A ;

$ES\vec{A_i}, EI\vec{A_i}$ – верхнее и нижнее предельные отклонения увеличивающего составляющего звена размерной цепи A ;

$ES\overleftarrow{A_i}, EI\overleftarrow{A_i}$ – верхнее и нижнее предельные отклонения уменьшающего составляющего звена размерной цепи A ;

n – общее количество составляющих звеньев размерной цепи A без замыкающего звена;

m – общее количество увеличивающих составляющих звеньев размерной цепи A ;

k – общее количество уменьшающих составляющих звеньев размерной цепи A .

Из схемы размерной цепи (рис. 2) можно установить номинальный размер замыкающего звена, а также его предельные размеры:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} \overleftarrow{A_i}, \quad (6)$$

$$A_{\Delta max} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_{i max}} - \sum_{i=m+1}^{m+k} \overleftarrow{A_{i min}}, \quad (7)$$

$$A_{\Delta min} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_{i min}} - \sum_{i=m+1}^{m+k} \overleftarrow{A_{i max}}. \quad (8)$$

Учитывая, что разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами определяет величину допуска, получим:

$$TA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m T\overrightarrow{A_i} + \sum_{i=m+1}^{m+k} T\overleftarrow{A_i} = \sum_{i=1}^n TA_i. \quad (9)$$

Из равенства (9) следует, что допуск замыкающего звена равен сумме допуска составляющих звеньев.

Используя равенства (6), (7), (8), можно определить верхнее и нижнее предельные отклонения замыкающего звена:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m ES\overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} EI\overleftarrow{A_i}, \quad (10)$$

$$EIA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m EI\overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} ES\overleftarrow{A_i}. \quad (11)$$

На основании равенства (9) можно определить допуск любого составляющего звена A_q при условии, что известны допуски остальных составляющих звеньев размерной цепи:

$$TA_q = TA_{\Delta} - \sum_{i=1}^n TA_i.$$

В некоторых случаях предельные отклонения замыкающего звена удобно вычислять, используя координату середины поля допуска ($A_c A_i$). Эту координату можно определить для любого составляющего звена:

$$A_c A_i = \frac{ESA_i + EIA_i}{2}.$$

Зная координату середины поля допуска какого-либо составляющего звена ($A_c A_i$), нетрудно определить его предельные отклонения:

$$ESA_i = A_c A_i + \frac{TA_i}{2}, \quad (12)$$

$$EIA_i = A_c A_i - \frac{TA_i}{2}. \quad (13)$$

Равенство (10) с учетом (12) и (13) примет вид:

$$ESA_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \left(A_c A_i + \frac{TA_i}{2} \right) - \sum_{i=m+1}^{m+k} \left(A_c A_i - \frac{TA_i}{2} \right). \quad (14)$$

После выполнения определенных преобразований зависимости (14), координата середины поля допуска замыкающего звена ($E_c A_{\Delta}$) определится по равенству:

$$A_c A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m A_c \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} A_c \overleftarrow{A_i}. \quad (15)$$

С учетом полученных выше зависимостей предельные отклонения замыкающего звена можно рассчитать по следующим формулам:

$$ESA_{\Delta} = (\sum_{i=1}^m A_C \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} A_C \overleftarrow{A_i}) + \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{2}, \quad (16)$$

$$EIA_{\Delta} = (\sum_{i=1}^m A_C \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} A_C \overleftarrow{A_i}) - \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{2}. \quad (17)$$

Пример 2. Для исходных данных построить размерную цепь, указать увеличивающие и уменьшающие звенья, решить обратную задачу методом «максимум–минимум», провести проверку правильности расчетов.

Исходные данные: $A_1 = 150^{+0,3}$ (мм), $A_2 = 50^{+0,1}$ (мм), $A_3 = 200_{-0,4}$ (мм) (рис. 3).

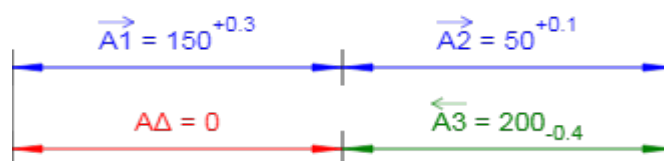


Рисунок 3 – Схема размерной цепи

Решение:

$$A_{1max} = 150 + 0,3 = 150,3 \text{ (мм)}, A_{1min} = 150 + 0 = 150 \text{ (мм)}$$

$$A_{2max} = 50 + 0,1 = 50,1 \text{ (мм)}, A_{2min} = 50 + 0 = 50 \text{ (мм)}$$

$$A_{3max} = 200 + 0 = 200 \text{ (мм)}, A_{3min} = 200 + (-0,4) = 199,6 \text{ (мм)}.$$

Допуск i -х звеньев размерной цепи:

$$TA_1 = 0,3 - 0 = 0,3 \text{ (мм)}, TA_2 = 0,1 - 0 = 0,1 \text{ (мм)},$$

$$TA_3 = 0 - (-0,4) = 0,4 \text{ (мм)}.$$

Середина поля допуска i -х звеньев:

$$A_c A_1 = \frac{0,3+0}{2} = 0,15 \text{ (мм)}, A_c A_2 = \frac{0,1+0}{2} = 0,05 \text{ (мм)}, A_c A_3 = \frac{0+(-0,4)}{2} = -0,2 \text{ (мм)}.$$

Номинальное значение замыкающего звена A_{Δ} определим по формуле (6):

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 - A_3 = 150 + 50 - 200 = 0 \text{ (мм)}.$$

Допуск замыкающего звена A_{Δ} определим по формуле (9):

$$TA_{\Delta} = TA_1 + TA_2 + TA_3 = 0,3 + 0,1 + 0,4 = 0,8 \text{ (мм)}.$$

Координата середины поля допуска замыкающего звена определяется по формуле (15):

$$A_c A_{\Delta} = A_c A_1 + A_c A_2 + A_c A_3 = 0,15 + 0,05 - (-0,2) = 0,4$$

Верхнее отклонение замыкающего звена ESA_{Δ} определим по формуле (16):

$$ESA_{\Delta} = (\sum_{i=1}^m A_C \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} A_C \overleftarrow{A_i}) + \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{2} = (0,15 + 0,05 - (-0,2)) + \frac{0,3+0,1+0,4}{2} = 0,8.$$

Нижнее отклонение замыкающего звена EIA_{Δ} определим по формуле (17):

$$EIA_{\Delta} = \left(\sum_{i=1}^m A_C \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=m+1}^{m+k} A_C \overleftarrow{A_i} \right) - \sum_{i=1}^n \frac{T_i}{2} = (0,15 + 0,05 - (-0,2)) - \frac{0,3+0,1+0,4}{2} = 0.$$

Замыкающее звено имеет размер – $A_{\Delta} = 0^{+0,8}$ (мм).



Рисунок 4 – Схема размерной цепи по результатам расчета

Для выполнения задания 2 нужно выполнить следующие действия:

- используя *Приложение 2*, выбрать вариант задания;
- используя вышеизложенный материал, учебники и учебное пособие, ознакомиться с основными понятиями и определениями теории размерных цепей, методами расчета и решаемыми задачами;
- провести анализ исходных данных, построить размерную цепь (рис. 2), указать увеличивающие и уменьшающие звенья;
- решить обратную задачу методом «максимум–минимум»;
- провести проверку правильности расчетов.

3.3. Определение погрешности базирования

Перед обработкой резанием должно быть осуществлено базирование и закрепление заготовки на станке. Базированием называется придание заготовке требуемого положения относительно системы координат станка. Закреплением называется приложение сил к заготовке для обеспечения постоянства ее положения. Кроме того, в качестве баз могут служить сочетание поверхностей, а также ось и точка, принадлежащие заготовке.

По назначению базы подразделяют на: конструкторские, технологические и измерительные.

Конструкторской называется база, используемая для определения положения детали или сборочной единицы в изделии. Конструкторские базы бывают основные и вспомогательные. Первые используют для определения положения самой детали в изделии, а вторые – для определения положения присоединяемого изделия.

Технологической называется база, используемая для определения положения заготовки в процессе ее обработки или ремонта.

Измерительной базой называется совокупность поверхностей, линий и точек, от которых ведется отсчет выполняемых размеров при обработке заготовок или сборке.

По лишаемым степеням свободы технологические базы подразделяют на: установочные, направляющие и опорные.

Установочная база лишает заготовку 3-х степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг двух других осей. Направляющая база лишает заготовку 2-х степеней свободы – перемещения вдоль одной координатной оси и поворота вокруг другой оси.

Опорная база лишает заготовку одной степени свободы – перемещения вдоль одной координатной оси или поворота вокруг оси.

Погрешностью установки называют отклонение фактически достигнутого положения заготовки или изделия при установке от требуемого.

Применительно к обработке резанием при анализе погрешности установки следует учитывать принятый метод установки заготовок: в специальном приспособлении (без выверки их положения) или с индивидуальной выверкой их положения.

Рассмотрим сначала погрешность установки заготовок первым методом, т. е. в специальном приспособлении. При этом погрешность складывается из погрешности базирования ε_6 , погрешности, вызванной действием зажимной силы при закреплении заготовки ε_3 , и погрешности, обусловленной приспособлением $\varepsilon_{пр.}$.

Отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого определяет собой погрешность базирования.

Погрешность базирования возникает в связи с несовпадением измерительной базы с установочной.

Фрезерование паза призматической детали в размеры A и B с использованием концевой фрезы (рис. 5).

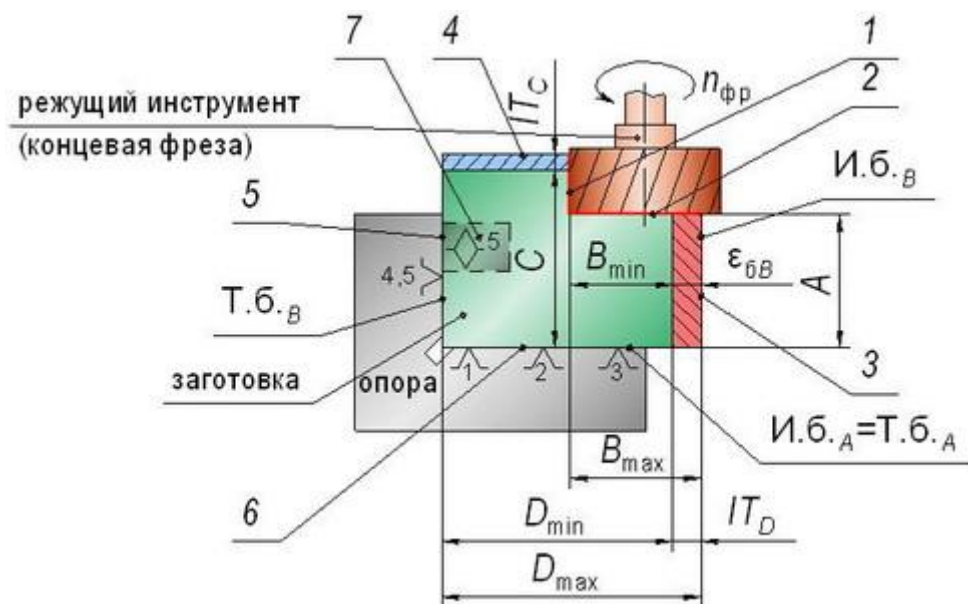


Рисунок 5 – Фрезерование паза призматической детали:

- 1, 2 – обрабатываемые поверхности; A , B – размеры обработки;
 C , D – габаритные размеры заготовки; 3, 4 – свободные поверхности;
 5, 6, 7 – базовые поверхности

Перед механической обработкой заготовки на настроенном станке режущий инструмент настраивается на размеры обработки A и B , а затем проводится обработка всей партии заготовок ($n = 2$ шт.). В результате такой «массовой» обработки погрешность базирования входит в допуск на выполняемый размер. Поэтому важно исключить погрешность базирования из процесса обработки.

При нахождении погрешностей базирования необходимо учитывать выбранную схему базирования. Комплект технологических баз (рис. 6):

- *установочная* технологическая база (т. б.) (опорные точки 1, 2, 3);
- *направляющая* технологическая база (опорные точки 4, 5);
- *опорная* технологическая база (точка 6).

Анализ погрешностей базирования проводится для всех размеров обработки. В данном случае проводится фрезерование паза в размеры A и B .

Анализ погрешностей базирования:

1. Погрешность базирования размера A равняется нулю, т. к. измерительная база (поверхность 6) совпадает с технологической базой (поверхность 6). Краткая форма записи этого выражения:

$$\varepsilon_{6A} = 0.$$

Размер A измеряется между поверхностями 6 и 2, при этом положение поверхности 6 не изменяется, а положение поверхности 2 изменяется при обработке и определяется допуском TA на размер A .

Поверхность 6 – технологическая база, т. е. поверхность, по которой деталь устанавливается в приспособление.

Поверхность 6 – измерительная база, т. е. поверхность, от которой измеряется полученный размер.

2. Погрешность базирования размера B не равняется нулю, т. к. измерительная база (поверхность 3) не совпадает с технологической базой (поверхность 5).

Положение поверхности 5 остается неизменным, а положение измерительной базы (поверхность 3) зависит от размера D и формирует погрешность базирования на размер B :

$$\varepsilon_{6B} = B_{max} - B_{min} = D_{max} - D_{min} = ITD.$$

Следовательно, погрешность базирования равна сумме допусков размеров, связывающих измерительную базу с технологической базой.

Для исключения погрешности базирования на размер необходимо при выборе схемы базирования устанавливать опорные точки на измерительные базы.

Так, на рисунке 6 показаны два варианта назначения схемы базирования: в одном случае погрешность базирования возникает, а в другом нет.

Погрешность базирования может быть допущена технологом, если в итоге погрешность установки меньше допуска на выполняемый размер. При этом нужно учитывать то, что на допуск выполняемого размера влияет набор

факторов помимо погрешности установки: погрешности оборудования, наладки, режущего инструмента и т. д. Поэтому необходимо исключить погрешности базирования на стадии проектирования технологического процесса.

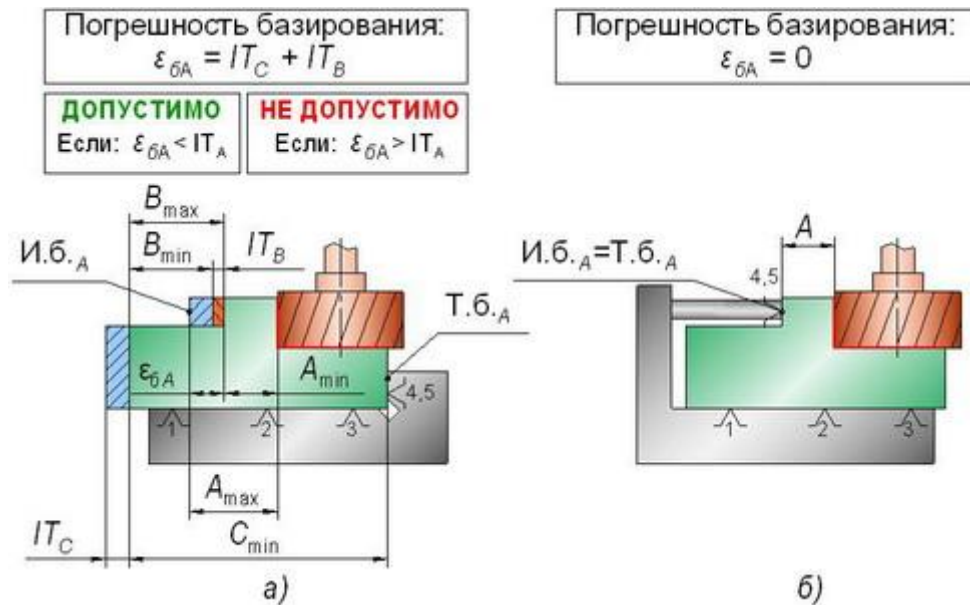


Рисунок 6 – Фрезерование паза призматической детали:
 а – погрешность базирования возникает; б – погрешность базирования отсутствует

Фрезерование паза цилиндрической детали в размер A производится с использованием концевой фрезы. Установка детали производится в призме (рис. 7).

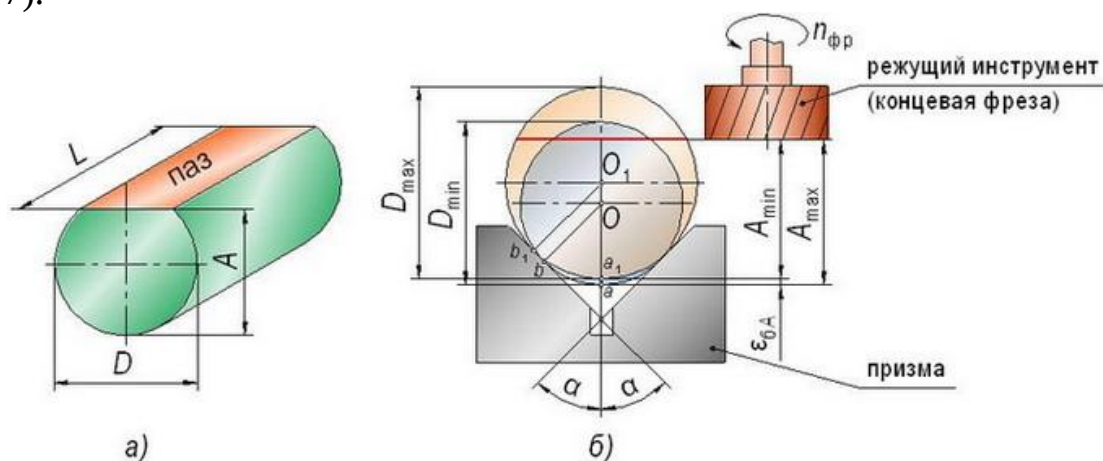


Рисунок 7 – Фрезерование паза цилиндрической детали

При фрезеровании цилиндрической заготовки диаметром D_{min} положение технологической базы определяется точкой b , а при фрезеровании заготовки диаметром D_{max} положение технологической базы переходит в точку b_1 .

При настройке режущего инструмента на размер A проводилось фрезерование заготовки диаметром D_{max} , и положение измерительной базы определялось точкой a_1 .

При фрезеровании заготовки диаметром D_{min} измерительной базой становится точка a .

В конкретном примере погрешность базирования размера A возникает за счет изменения положения измерительной базы:

$$\varepsilon_{6A} = |\overline{aa_1}|.$$

Тогда необходимо рассчитать расстояние aa_1 :

$$|\overline{aa_1}| = |\overline{aO_1}| - |\overline{a_1a_1}| = |\overline{aO_1}| - R_{max},$$

$$|\overline{aO_1}| = |\overline{OO_1}| + R_{min}.$$

Допуск на диаметр D определяется выражением:

$$IT_D = D_{max} - D_{min} = 2 \cdot (R_{max} - R_{min}).$$

Тогда выполняется подстановка выражений:

$$|\overline{aa_1}| = |\overline{OO_1}| + R_{min} - R_{max} = |\overline{OO_1}| - (R_{max} - R_{min}) = |\overline{OO_1}| - \frac{IT_D}{2}.$$

Далее определяется расстояние между центрами окружностей O и O_1 :

$$|\overline{OO_1}| = \frac{R_{max}}{\sin \alpha} - \frac{R_{min}}{\sin \alpha} = \frac{IT_D}{2 \sin \alpha}.$$

Далее выполняется подстановка $|\overline{OO_1}|$ в выражение $|\overline{aa_1}|$:

$$|\overline{aa_1}| = \frac{IT_D}{2 \sin \alpha} - \frac{IT_D}{2} = \frac{IT_D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right),$$

$$\varepsilon_{6A} = \frac{IT_D}{2} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right).$$

Глубина паза A цилиндрической детали, показанной на рисунке 7, задается конструктором от нижней точки, но возможны и другие варианты простановки этого размера: от верхней точки B или от оси детали C . При этом погрешности базирования этих размеров, когда деталь устанавливается в призму по схеме рисунка 8, будут различаться.

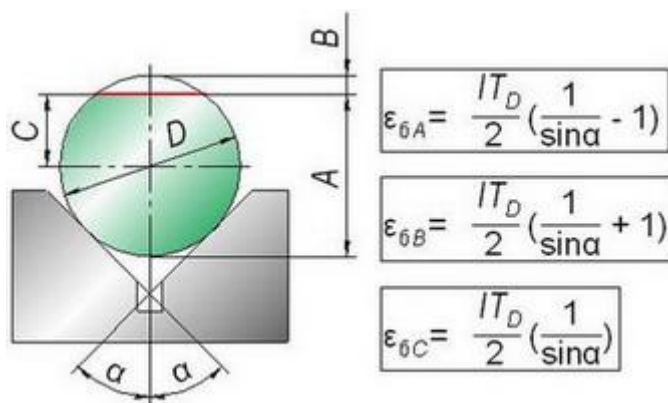


Рисунок 8 – Варианты простановки размеров на глубину паза, отверстия, лыски

Из рисунка 8 видно, что максимальная погрешность базирования возникает в случае простановки глубины паза от верхней точки.

Сверление отверстия ступицы в размер A , установка детали производится на плоскость и цилиндрический палец (рис. 9).

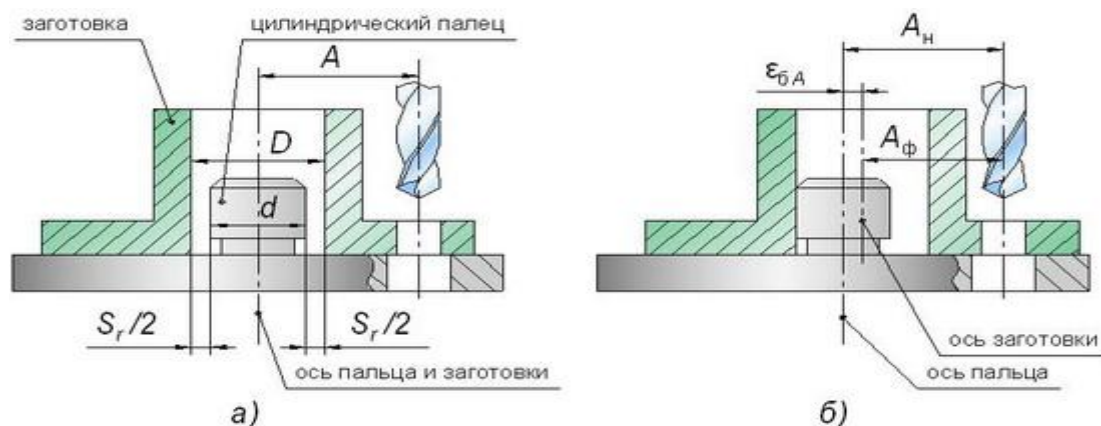


Рисунок 9 – Сверление отверстия ступицы:

a – зазор распределен равномерно; b – зазор распределен с одной стороны; A , A_n – размер наладки сверла; A_f – фактический размер, получаемый при сверлении; d – диаметр цилиндрического пальца; D – диаметр отверстия заготовки

На рисунке 9 два крайних варианта установки заготовки типа «ступица» на плоскость и цилиндрический палец по посадке с зазором:

1. Случай 1 (рис. 9, a): заготовка была установлена рабочим ровно по своей оси, при этом погрешность базирования размера A $\varepsilon_{бA} = 0$.

2. Случай 2 (рис. 9, b): заготовка была сдвинута рабочим к установочной поверхности пальца, при этом возникла погрешность базирования, которая характеризуется несовпадением осей заготовки и пальца при установке:

$$\varepsilon_{бA} = \delta_r + \frac{IT_D}{2} + \frac{IT_d}{2},$$

где δ_r – гарантированный зазор (при посадке H/h $\delta_r = 0$); IT_D – допуск на отверстие заготовки; IT_d – допуск на отверстие пальца.

Пример 3. На рисунке 10, a приведен эскиз заготовки, в которой необходимо фрезеровать уступ в размер 25 мм с допуском 0,3 мм.

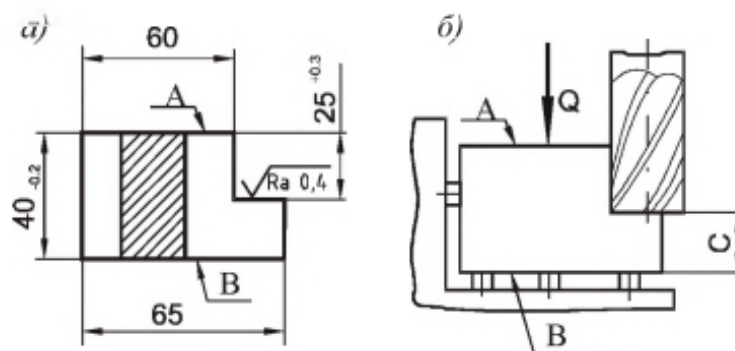


Рисунок 10 – Схемы фрезерования уступа при различных вариантах установки заготовки:

a – операционный чертеж заготовки; *б* – схема установки заготовки при несовмещении измерительной *A* и установочной *B* баз; *Q* – зажимная сила

В рассматриваемом случае измерительной базой является поверхность *A*. Обработка выполняется при постоянной установке фрезы в размер *C* (рис. 10, *б*), причем установочной базой является поверхность *B* заготовки. При данной схеме базирования положение измерительной базы для отдельных заготовок будет колебаться в пределах допуска 0,2 мм на размер 40 мм. Величина 0,2 мм и будет погрешностью базирования ($\varepsilon_{\text{б}} = 0,2 \text{ мм}$).

Для выполнения задания 3 нужно выполнить следующие действия:

- а) ознакомиться с основными положениями, терминами и определениями теории базирования, изучив ГОСТ 21495-76 [2,4,5];
- б) выбрать вариант задания из *Приложения 3*;
- в) провести анализ исходных данных, определив технологическую и измерительную базы обрабатываемой детали;
- г) определить возможную величину погрешности базирования, составив при необходимости размерную цепь.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверченков, В. И. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / В. И. Аверченков [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 756 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-6040281-6-2.
2. Андреев, В. Н. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / В. Н. Андреев [и др.]. – Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 818 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-6040281-7-9.
3. Базров, Б. М. Основы технологии машиностроения: учебник / Б. М. Базров. – М.: Инфра-М, 2019. – 492 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 5-217-03255-3.
4. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения: учебник / В. Ф. Безъязычный. – М.: Машиностроение, 2013. – 568 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-94275-669-7.
5. Боровский, Г. В. Справочник инструментальщика / Г. В. Боровский, С.Н. Григорьев. – М.: Машиностроение, 2007. – 464 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-217-03389-8.
6. Бурцев, В. М. Технология машиностроения. В 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов / В. М. Бурцев. – М.: МГТУ им. Баумана, 2011. – 478 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-7038-3442-8.
7. Вереина, Л. И. Металлорежущее технологическое оборудование: учеб. пособие для вузов / Л. И. Вереина, А. Г. Ягопольский; под. общ. ред. Л. И. Вереиной. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2019. – 542 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-16-013642-4.
8. Фещенко, В. Н. Справочник конструктора. Книга 2. Проектирование машин и их деталей / В. Н. Фещенко. – М.: Инфра-Инженерия, 2015. – 400 с. – Текст: непосредственный. – ISBN 978-5-9729-0085-5.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО РАСЧЕТУ ТИПА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Варианты 1, 2, 3, 4

Исходные данные: деталь – вал, крупных размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – штамповка на ГKM		
05	Фрезерно-центровальная	MP-76	0,9
10	Радиально-сверлильная	2M55	2,3
15	Токарная многорезцовая	1H713	2,5
20	Токарная	1722	3,8
25	Токарная с ЧПУ	16K20Ф3	4,1
30	Вертикально-сверлильная	2C150	1,3
35	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13PФ3	3,0
40	Слесарная	верстак	1,8
45	Моечная	ванна	0,7
50	Контрольная	стол контрольный	2,2
55	Термическая	термический цех	
60	Круглошлифовальная	3M194	4,2
65	Круглошлифовальная	3M194	2,8
70	Моечная	ванна	0,7
75	Контроль окончательный	стол контрольный	1,7

Вариант 1: масса детали 8 кг; годовой объем выпуска (N) = 8000 шт.

Вариант 2: масса детали 4,5 кг; годовой объем выпуска (N) = 12000 шт.

Вариант 3: масса детали 11 кг; годовой объем выпуска (N) = 2400 шт.

Вариант 4: масса детали 29 кг; годовой объем выпуска (N) = 36000 шт.

Варианты 5, 6, 7, 8

Исходные данные: деталь – шестерня, средних размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – штамповка		
05	Токарная п/автоматическая	вертикальный п/а 1Б284	3,2
10	Токарная п/автоматическая	вертикальный п/а 1283	2,4
15	Горизонтально-протяжная	7Б55	1,3
20	Вертикально-сверлильная	2Г135	1,4
25	Горизонтально-фрезерная	6Р82Г	2,2
30	Слесарная	верстак	1,8
35	Моечная	моечная машина	0,5
40	Контрольная	стол контрольный	2,9
45	Зубофрезерная	5М310	8,4
50	Зубофрезерная	5М310	5,0
55	Слесарная	установка специальная	0,8
60	Моечная	моечная машина	0,5
65	Контрольная	стол контрольный	1,8
70	Термическая	термический цех	
75	Внутришлифовальная	3К228А	4,2
80	Круглошлифовальная	3М151	2,4
85	Зубошлифовальная	5В835	9,6
90	Моечная	ванна	0,5
95	Контроль окончательный	стол контрольный	4,5

Вариант 5: масса детали 7 кг; годовой объем выпуска (N) = 24000 шт.

Вариант 6: масса детали 4 кг; годовой объем выпуска (N) = 12000 шт.

Вариант 7: масса детали 6 кг; годовой объем выпуска (N) = 3600 шт.

Вариант 8: масса детали 13 кг; годовой объем выпуска (N) = 1200 шт.

Варианты 9, 10, 11, 12

Исходные данные: деталь – корпус, крупных размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – отливка		
05	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6550Ф2	9,3
10	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13PФ3	7,4
15	Продольно-фрезерная	6Г608	5,1
20	Продольно-фрезерная	6Г608	3,9
25	Агрегатно-сверлильная	спец. агрегатный станок с 3-мя силовыми головками	4,2
30	Радиально-сверлильная	2М57	6,2
35	Горизонтально-фрезерная	6P83	3,9
40	Горизонтально-фрезерная	6P83	2,7
45	Горизонтально-расточная с ЧПУ	2622ВФ1	7,5
50	Горизонтально-расточная	2706А	3,4
55	Слесарная	верстак	4,7
60	Моечная	ванна	1,5
65	Контрольная	стол контрольный	11,4

Вариант 9: масса детали 48 кг; годовой объем выпуска (N) = 6000 шт.

Вариант 10: масса детали 14 кг; годовой объем выпуска (N) = 1200 шт.

Вариант 11: масса детали 20 кг; годовой объем выпуска (N) = 18000 шт.

Вариант 12: масса детали 28 кг; годовой объем выпуска (N) = 36000 шт.

Варианты 13, 14, 15, 16

Исходные данные: деталь – чашка, небольших размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – штамповка		
05	Токарная п/автоматическая	1283	3,4
10	Токарная п/автоматическая	1Б284	2,9
15	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	3,2
20	Горизонтально-протяжная	7Б55У	0,9
25	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6Р11МФ3	4,8
30	Слесарная	верстак	1,4
35	Моечная	ванна	0,7
40	Контрольная	стол контрольный	2,2
45	Термическая	печь закалочная	
50	Внутришлифовальная	3А228	3,2
55	Внутришлифовальная	3А228	2,0
60	Круглошлифовальная	3М150	1,7
65	Моечная	ванна	0,9
70	Контрольная	стол контрольный	1,6

Вариант 13: масса детали 3,7 кг; годовой объем выпуска (N) = 48000 шт.

Вариант 14: масса детали 2,1 кг; годовой объем выпуска (N) = 6000 шт.

Вариант 15: масса детали 1,5 кг; годовой объем выпуска (N) = 12000 шт.

Вариант 16: масса детали 4,8 кг; годовой объем выпуска (N) = 2400 шт.

Варианты 17, 18, 19, 20

Исходные данные: деталь – вал-шестерня, средних размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – штамповка		
05	Фрезерно-центровальная	МР-73	3,2
10	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	4,7
15	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	3,2
20	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	3,7
25	Вертикально-сверлильная	2А135	1,2
30	Вертикально-сверлильная	2118	1,6
35	Горизонтально-фрезерная	6Р82Г	2,4
40	Зубофрезерная	5К32	7,4
45	Зубодолбежная	5М14	5,8
50	Слесарная	верстак	2,1
55	Моечная	моечная машина	0,6
60	Контрольная	стол контрольный	2,9
65	Термическая	печь закалочная	
70	Круглошлифовальная	3М150	3,7
75	Круглошлифовальная	3М150	2,8
80	Моечная	моечная машина	0,6
85	Контрольная	стол контрольный	1,9

Вариант 17: масса детали 6 кг; годовой объем выпуска (N) = 60000 шт.

Вариант 18: масса детали 3 кг; годовой объем выпуска (N) = 1200 шт.

Вариант 19: масса детали 5 кг; годовой объем выпуска (N) = 18000 шт.

Вариант 20: масса детали 4,3 кг; годовой объем выпуска (N) = 4800 шт.

Варианты 21, 22, 23, 24

Исходные данные: деталь – ступица, средних размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин.
00	Заготовительная – отливка		
05	Токарно-револьверная	1П365	5,7
10	Токарно-револьверная	1П365	3,8
15	Токарная с ЧПУ	16K20Ф3	4,1
20	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13PФ3	4,8
25	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13PФ3	3,2
30	Радиально-сверлильная	2M55	3,9
35	Горизонтально-фрезерная	6P83	1,8
40	Горизонтально-расточная	2622	6,3
45	Горизонтально-расточная	2622ВФ1	3,4
50	Токарная	1А62	1,7
55	Слесарная	верстак	2,3
60	Контрольная	стол контрольный	3,2

Вариант 21: масса детали 4,1 кг; годовой объем выпуска (N) = 60000 шт.

Вариант 22: масса детали 8,7 кг; годовой объем выпуска (N) = 24000 шт.

Вариант 23: масса детали 3,3 кг; годовой объем выпуска (N) = 4800 шт.

Вариант 24: масса детали 2,9 кг; годовой объем выпуска (N) = 1200 шт.

Варианты 25, 26, 27, 28

Исходные данные: деталь – корпус, средних размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин
00	Заготовительная – штамповка		
05	Вертикально-фрезерная	6P13	4,1
10	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13РФ3	5,8
15	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6P13РФ3	4,4
20	Вертикально-фрезерная	6P13	2,8
25	Агрегатная	агрегатно-сверлильный станок с 4-мя силовыми головками	3,2
30	Вертикально-сверлильная	2С150	2,7
35	Горизонтально-фрезерная	6P83	2,5
40	Радиально-сверлильная	2М57	4,7
45	Вертикально-сверлильная	2С150	1,9
50	Горизонтально-расточная с ЧПУ	2622ВФ1	6,3
55	Горизонтально-расточная с ЧПУ	2622ВФ1	4,9
60	Слесарная	верстак	2,4
65	Моечная	моечная машина	0,7
70	Контрольная	стол контрольный	2,1

Вариант 25: масса детали 12 кг; годовой объем выпуска (N) = 2400 шт.

Вариант 26: масса детали 4,8 кг; годовой объем выпуска (N) = 60000 шт.

Вариант 27: масса детали 8 кг; годовой объем выпуска (N) = 36000 шт.

Вариант 28: масса детали 3,7 кг; годовой объем выпуска (N) = 12000 шт.

Варианты 29, 30, 31, 32

Исходные данные: деталь – шестерня, небольших размеров			
Технологический процесс изготовления детали			
№ оп.	Наименование операции	Оборудование	Штучное время, мин
00	Заготовительная – штамповка		
05	Токарно-винторезная	1А62	4,3
10	Токарно-винторезная	1К62	3,4
15	Горизонтально-протяжная	7540	1,8
20	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	5,7
25	Токарная с ЧПУ	16К20Ф3	3,7
30	Вертикально-фрезерная с ЧПУ	6Р11МФ3	5,0
35	Зубофрезерная	5К32	6,4
40	Слесарная	верстак	2,3
45	Моечная	ванна	0,5
50	Контрольная	стол контрольный	2,1
55	Термическая	печь закалочная	
60	Внутришлифовальная	3А228	3,6
65	Круглошлифовальная	3М150	2,4
70	Круглошлифовальная	3М150	1,7
75	Зубошлифовальная	5В835	8,9
80	Моечная	ванна	0,5
85	Контрольная	стол контрольный	2,9

Вариант 29: масса детали 1,3 кг; годовой объем выпуска (N) = 12000 шт.

Вариант 30: масса детали 3,8 кг; годовой объем выпуска (N) = 120000 шт.

Вариант 31: масса детали 4,7 кг; годовой объем выпуска (N) = 1200 шт.

Вариант 32: масса детали 2,1 кг; годовой объем выпуска (N) = 7800 шт.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

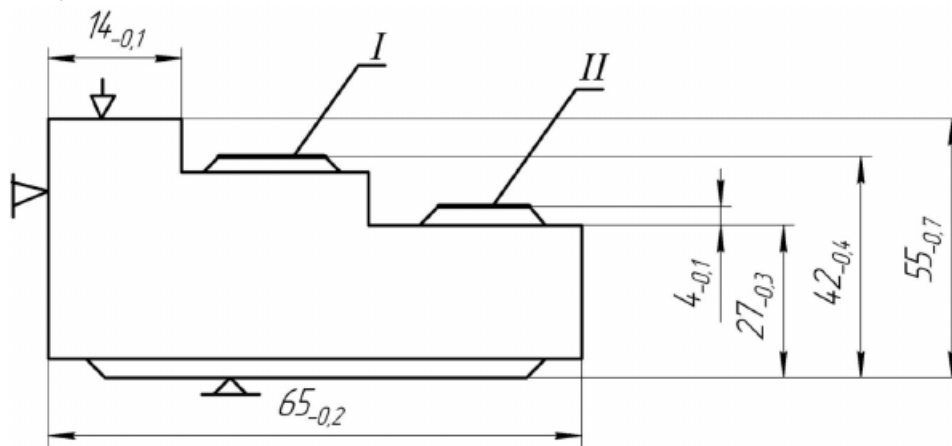
ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО РАСЧЕТУ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

№ вари-анта	Размеры и предельные отклонения увеличивающих звеньев	Размеры и предельные отклонения уменьшающих звеньев
1	$A_2 = 14_{-0,1}; A_3 = 10 \pm 0,1; A_4 = 5_{-0,2}^{+0,1}$	$A_1 = 20^{+0,2}; A_5 = 4_{-0,2}^{-0,1}$
2	$A_2 = 29_{-0,3}^{+0,1}; A_4 = 12_{+0,1}^{+0,3}$	$A_1 = 7_{-0,3}^{-0,1}; A_3 = 8 \pm 0,1; A_5 = 16_{-0,2}$
3	$A_1 = 27_{+0,4}^{+0,6}; A_3 = 16_{-0,3}^{+0,2}; A_5 = 15^{+0,1}$	$A_2 = 35_{-0,5}^{-0,4}; A_4 = 15_{-0,4}$
4	$A_2 = 20^{+0,2}; A_3 = 30_{-0,4}; A_4 = 40_{-0,2}^{+0,4}$	$A_3 = 30_{-0,6}^{-0,2}; A_5 = 50_{+0,2}^{+0,6}$
5	$A_1 = 45_{-0,4}; A_4 = 40_{+0,1}^{+0,3}$	$A_2 = 15_{-0,4}^{-0,3}; A_3 = 20_{-0,3}^{-0,1}; A_5 = 30^{+0,4}$
6	$A_1 = 10_{-0,1}^{+0,2}; A_2 = 4_{-0,1}; A_3 = 6 \pm 0,1$	$A_4 = 7^{+0,1}; A_5 = 9_{-0,2}^{-0,1}$
7	$A_1 = 20 \pm 0,2; A_2 = 18^{+0,1}$	$A_3 = 8_{-0,2}^{-0,1}; A_4 = 7 \pm 0,1; A_5 = 10^{+0,3}$
8	$A_2 = 18_{+0,1}^{+0,3}; A_3 = 22^{+0,3}; A_5 = 15_{-0,1}^{+0,2}$	$A_1 = 15_{-0,3}^{-0,1}; A_4 = 35_{-0,3}^{+0,1}$
9	$A_2 = 28_{-0,3}^{+0,1}; A_4 = 12_{+0,1}^{+0,3}$	$A_1 = 7_{-0,4}^{-0,1}; A_3 = 8 \pm 0,1; A_5 = 18_{-0,2}$
10	$A_2 = 19^{+0,1}; A_5 = 20_{+0,4}^{+0,5}$	$A_1 = 11_{-0,3}; A_3 = 9_{-0,4}^{-0,2}; A_4 = 10_{-0,3}^{+0,1}$
11	$A_2 = 40^{+0,5}; A_3 = 10_{+0,1}^{+0,2}; A_5 = 20_{-0,2}^{+0,3}$	$A_1 = 30_{-0,4}^{-0,1}; A_4 = 30_{-0,2}$
12	$A_1 = 40^{+0,3}; A_5 = 16_{-0,1}^{+0,2}$	$A_2 = 14_{-0,1}; A_3 = 20 \pm 0,1; A_4 = 19_{-0,2}^{+0,1}$
13	$A_1 = 13_{-0,1}^{+0,2}; A_2 = 17^{+0,4}$	$A_3 = 8_{-0,1}; A_4 = 9 \pm 0,1; A_5 = 10_{-0,2}^{+0,1}$
14	$A_1 = 35_{-0,1}^{+0,2}; A_4 = 40_{-0,1}^{+0,4}$	$A_2 = 20_{-0,2}; A_3 = 30_{-0,3}^{-0,1}; A_5 = 17_{-0,2}^{+0,1}$
15	$A_2 = 27_{+0,4}^{+0,6}; A_4 = 15_{-0,2}^{+0,1}$	$A_1 = 13 \pm 0,1; A_3 = 17^{+0,4}; A_5 = 10_{-0,1}$
16	$A_1 = 40^{+0,4}; A_4 = 22 \pm 0,1$	$A_2 = 12_{-0,1}; A_3 = 18_{-0,4}^{-0,2}; A_5 = 30_{-0,3}^{+0,1}$
17	$A_1 = 17^{+0,1}; A_2 = 15_{+0,2}^{+0,4}; A_4 = 10 \pm 0,1$	$A_3 = 20_{-0,4}^{-0,1}; A_5 = 18_{-0,3}$
18	$A_2 = 40^{+0,1}; A_3 = 12_{+0,1}^{+0,2}$	$A_1 = 9_{-0,2}; A_4 = 14_{-0,1}; A_5 = 25_{-0,4}^{-0,1}$
19	$A_1 = 25^{+0,2}; A_5 = 30 \pm 0,2$	$A_2 = 14_{-0,2}^{-0,1}; A_3 = 20_{-0,2}; A_4 = 18 \pm 0,1$
20	$A_2 = 20^{+0,3}; A_3 = 18_{-0,1}^{+0,2}; A_5 = 15 \pm 0,1$	$A_1 = 19_{-0,3}^{-0,1}; A_4 = 26_{-0,3}^{+0,1}$
21	$A_1 = 14 \pm 0,1; A_2 = 11^{+0,1}; A_3 = 18_{-0,1}^{+0,2}$	$A_4 = 24_{-0,4}; A_5 = 26_{-0,6}^{-0,2}$
22	$A_2 = 28^{+0,2}; A_4 = 25_{-0,1}^{+0,2}$	$A_1 = 13 \pm 0,1; A_3 = 20_{-0,2}; A_5 = 18_{-0,3}^{-0,1}$
23	$A_1 = 20^{+0,4}; A_3 = 16 \pm 0,1; A_5 = 10_{-0,1}$	$A_2 = 15_{-0,3}; A_4 = 20_{-0,4}^{-0,1}$
24	$A_1 = 38 \pm 0,2; A_5 = 22_{+0,1}^{+0,4}$	$A_2 = 15_{-0,1}; A_3 = 20_{-0,3}^{-0,1}; A_4 = 15_{-0,2}^{+0,1}$
25	$A_2 = 17_{-0,2}^{+0,1}; A_5 = 35 \pm 0,2$	$A_1 = 20_{-0,2}^{+0,1}; A_3 = 20_{-0,3}; A_4 = 10_{-0,1}$
26	$A_3 = 15^{+0,2}; A_4 = 20 \pm 0,1$	$A_1 = 14_{-0,2}^{+0,1}; A_2 = 10_{-0,1}; A_5 = 9 \pm 0,1$
27	$A_3 = 16_{-0,3}^{+0,1}; A_4 = 14^{+0,2}; A_5 = 20 \pm 0,1$	$A_1 = 21_{-0,4}; A_2 = 26_{-0,6}^{-0,2}$
28	$A_2 = 18^{+0,2}; A_4 = 23 \pm 0,1; A_5 = 19_{-0,1}^{+0,2}$	$A_1 = 32_{-0,4}; A_3 = 22_{-0,4}^{-0,2}$
29	$A_1 = 29 \pm 0,1; A_2 = 22^{+0,4}$	$A_3 = 15_{-0,2}; A_4 = 18_{-0,4}^{-0,2}; A_5 = 12 \pm 0,1$
30	$A_2 = 19^{+0,3}; A_5 = 23_{+0,1}^{+0,4}$	$A_1 = 10_{-0,1}; A_3 = 13 \pm 0,1; A_4 = 15_{-0,3}^{+0,1}$
31	$A_2 = 20^{+0,2}; A_3 = 25 \pm 0,1; A_5 = 13_{-0,2}^{-0,1}$	$A_1 = 30 \pm 0,1; A_4 = 20_{-0,4}^{+0,1}$
32	$A_1 = 14 \pm 0,1; A_2 = 16^{+0,2}; A_4 = 15_{-0,1}^{+0,3}$	$A_3 = 18_{-0,3}^{-0,1}; A_5 = 20_{-0,4}^{+0,1}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОГРЕШНОСТИ БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛИ НА НАСТРОЕННОМ СТАНКЕ

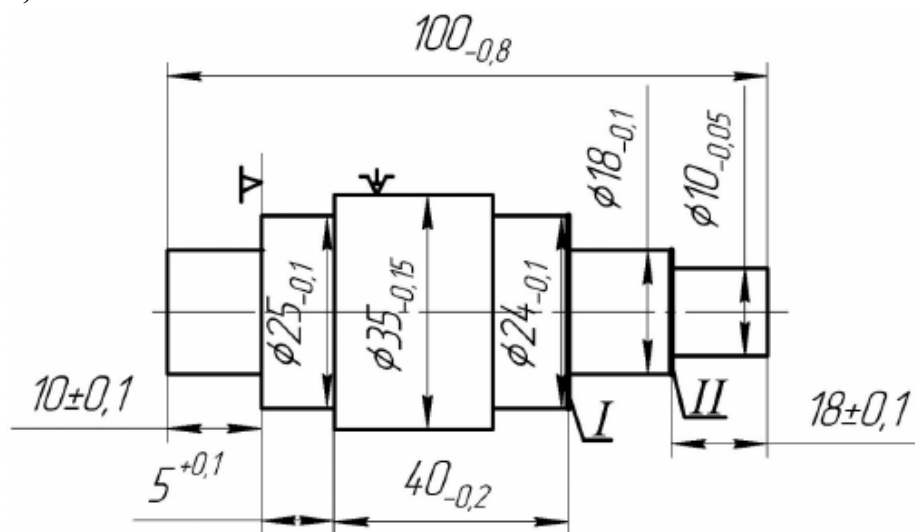
Варианты 1, 2



Вариант 1: обрабатывается поверхность I.

Вариант 2: обрабатывается поверхность II.

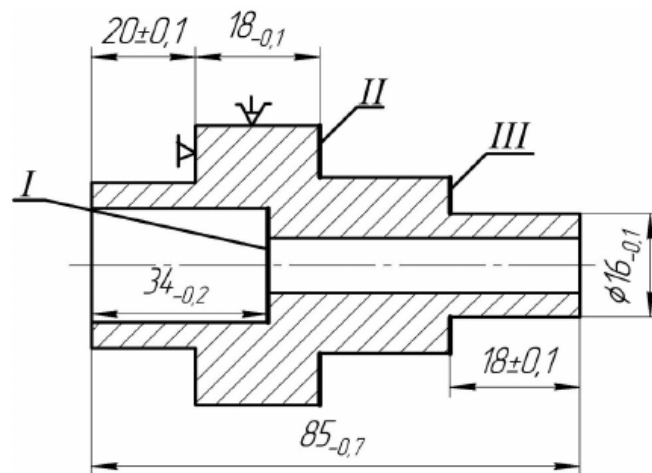
Варианты 3, 4



Вариант 3: обрабатывается поверхность I.

Вариант 4: обрабатывается поверхность II.

Варианты 5, 6, 7

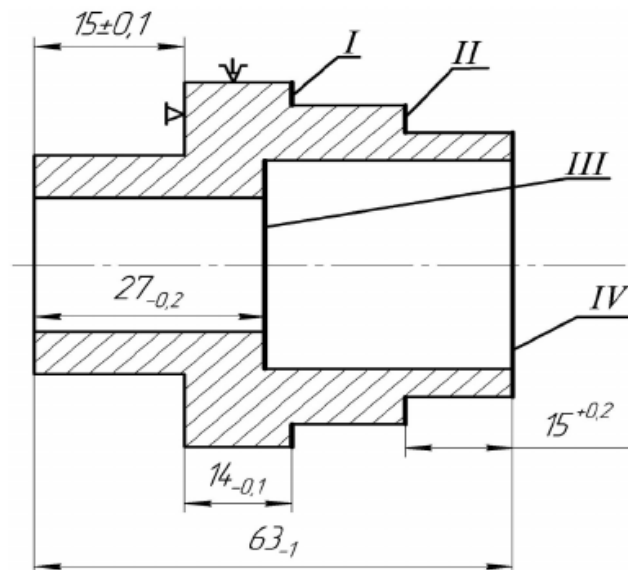


Вариант 5: обрабатывается поверхность I.

Вариант 6: обрабатывается поверхность II.

Вариант 7: обрабатывается поверхность III.

Варианты 8, 9, 10, 11



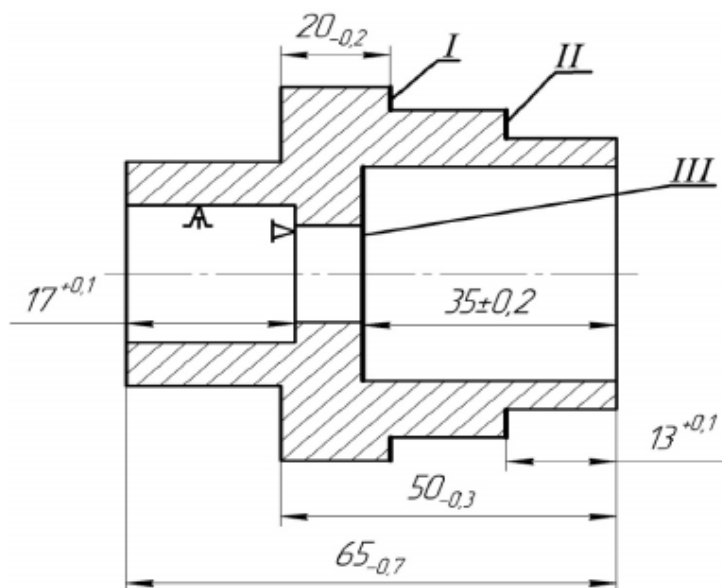
Вариант 8: обрабатывается поверхность I.

Вариант 9: обрабатывается поверхность II.

Вариант 10: обрабатывается поверхность III.

Вариант 11: обрабатывается поверхность IV.

Варианты 12, 13, 14

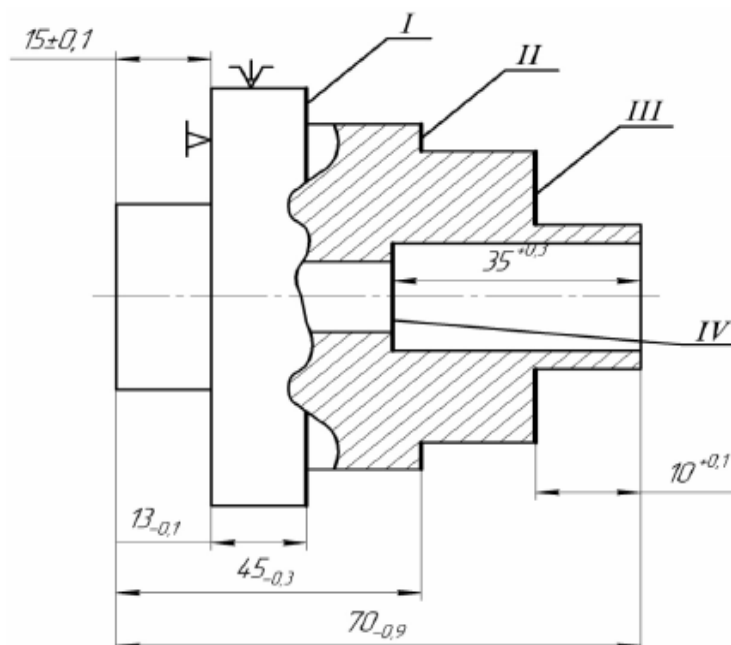


Вариант 12: обрабатывается поверхность I.

Вариант 13: обрабатывается поверхность II.

Вариант 14: обрабатывается поверхность III.

Варианты 15, 16, 17, 18



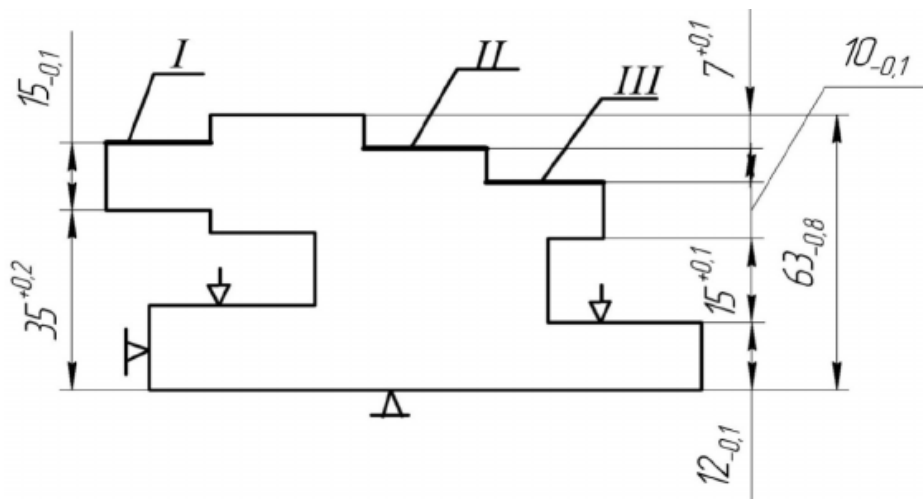
Вариант 15: обрабатывается поверхность I.

Вариант 16: обрабатывается поверхность II.

Вариант 17: обрабатывается поверхность III.

Вариант 18: обрабатывается поверхность IV.

Варианты 19, 20, 21

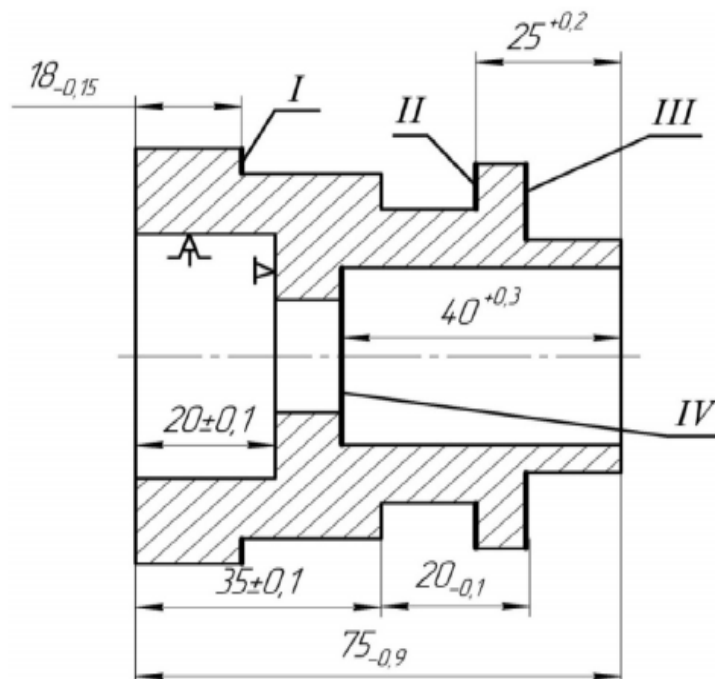


Вариант 19: обрабатывается поверхность I.

Вариант 20: обрабатывается поверхность II.

Вариант 21: обрабатывается поверхность III.

Варианты 22, 23, 24, 25



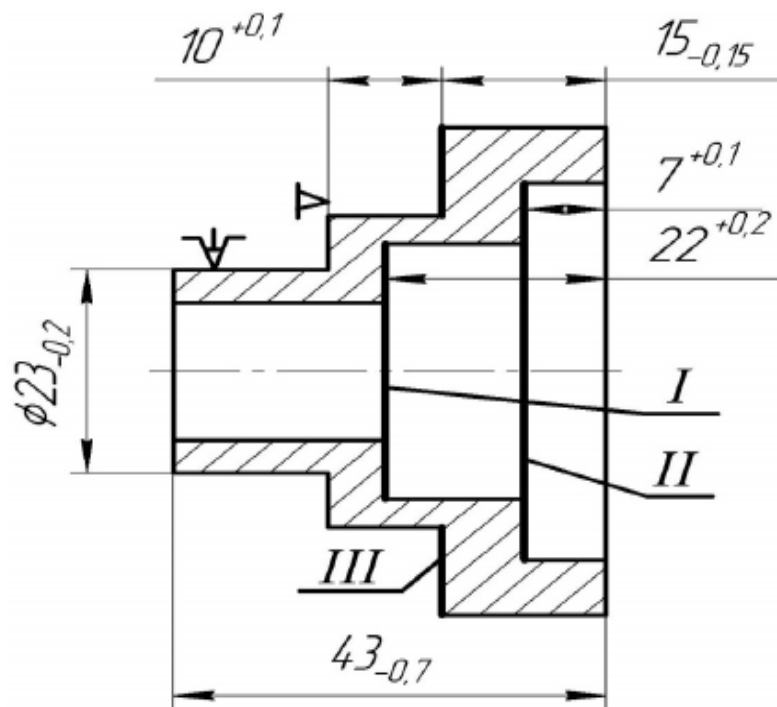
Вариант 22: обрабатывается поверхность I.

Вариант 23: обрабатывается поверхность II.

Вариант 24: обрабатывается поверхность III.

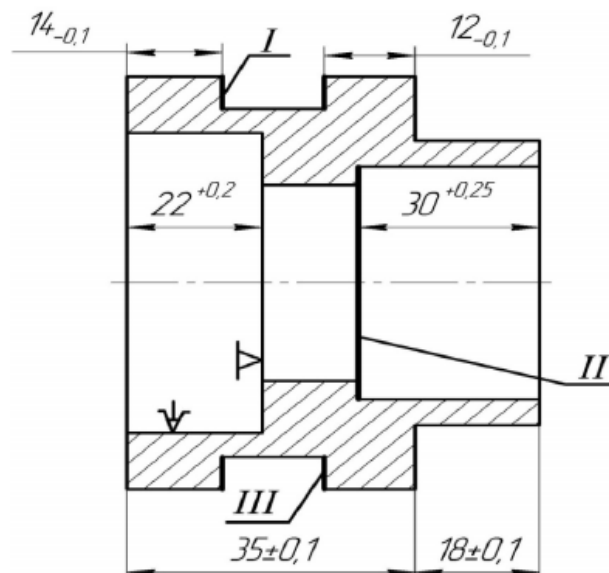
Вариант 25: обрабатывается поверхность IV.

Варианты 26, 27, 28



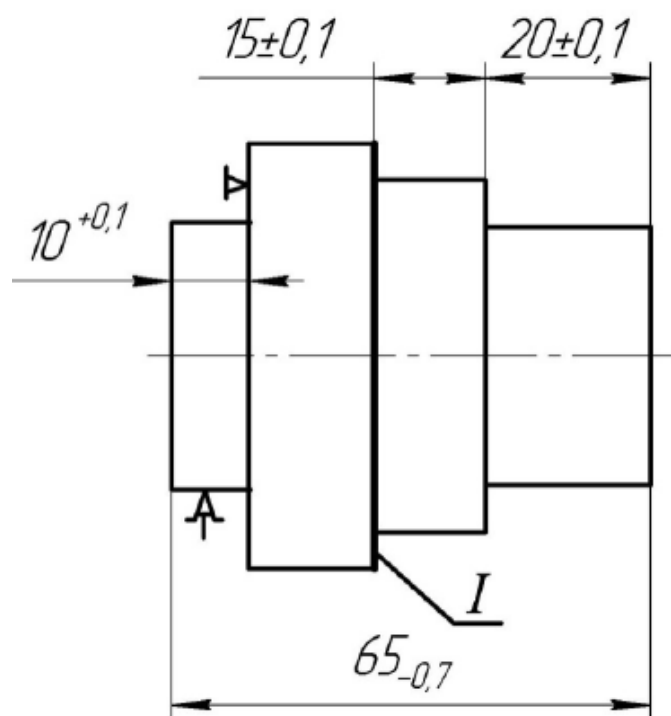
Вариант 26: обрабатывается поверхность I.
 Вариант 27: обрабатывается поверхность II.
 Вариант 28: обрабатывается поверхность III.

Варианты 29, 30, 31



Вариант 29: обрабатывается поверхность I.
 Вариант 30: обрабатывается поверхность II.
 Вариант 31: обрабатывается поверхность III.

Вариант 32



Вариант 32: обрабатывается поверхность I.