

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт	ИК
Направление подготовки	15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра	Технология машиностроения и промышленная робототехника

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления ступенчатого вала

УДК 621.81-233.1.002:658.524

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Саванович Степан Андреевич		

Руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.ТМСПр	Козлов Виктор Николаевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гаврикова Надежда Александровна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭБЖ	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор тех.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСПр	Вильнин Александр Данилович			

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт	ИК
Направление подготовки	15.03.01 «Машиностроение»
Кафедра	Технология машиностроения и промышленная робототехника

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. зав. кафедрой ТМСРР

_____ Вильнин А.Д.
 (подпись) (дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Л31	Саванович Степан Андреевич

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления ступенчатого вала	
Утверждена приказом директора ИК	« » . 2017 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы	
---	--

Техническое задание:

Исходные данные к работе:	Чертеж детали; годовая программа выпуска $N_z=2000$ шт
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	
1. Технологическая часть:	Выполнить анализ технологичности детали; обосновать выбор заготовки; спроектировать технологический процесс; рассчитать припуски на обработку всех поверхностей; выполнить размерный анализ технологического процесса и рассчитать технологические размеры; рассчитать режимы резания и требуемую мощность станков, рассчитать время выполнения каждой операции и всего технологического процесса
2. Конструкторская часть:	Спроектировать специальное приспособление для одной из операций; определить необходимую силу зажима; сделать описание конструкции.

Перечень графического материала:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чертёж детали – формат А3; 2. Операционные карты технологического процесса – формат А1; 3. Комплексная схема размерного анализа – формат А1; 4. Сборочный чертёж приспособления – формат А2; 5. Спецификация приспособления – формат А4;
---	---

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Технологическая часть	Доц. каф. ТМСПР Козлов В.Н.
Конструкторская часть	Доц. каф. ТМСПР Козлов В.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Ст. преподаватель каф. менеджмента Гаврикова Н.А.
Социальная ответственность	Профессор каф. ЭБЖ Федорчук Ю.М.
Аннотация на английском языке	Доц. каф. ТМСПР Козлов В.Н.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном (английском) языках
Аннотация

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.01.17
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТМСПР	Козлов В.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Саванович Степан Андреевич		

Оглавление

Техническое задание	7
1. Технологическая часть	7
1.1. Определение типа производства.....	7
1.2. Расчет количества деталей в партии.....	8
1.3. Назначение и конструкция детали.....	8
1.4. Анализ технологичности конструкции детали.....	9
1.5. Выбор исходной заготовки.....	11
1.6. Маршрут изготовления детали	11
1.7. Определение допусков на технологические размеры.....	23
1.8. Расчет минимальных припусков на обработку	24
1.9. Расчет технологических размеров.....	30
1.10. Расчет режимов резания	44
1.11. Выбор средств технического оснащения	52
1.12. Нормирование технологических операций.....	55
1.12.1. Расчет основного времени.....	55
1.12.2. Определение вспомогательного времени.....	57
1.12.3. Определение штучно-калькуляционного времени.....	58
2. Конструкторская часть	61
2.1. Анализ исходных данных	62
2.2. Описание приспособления	62
2.3. Схема приспособления.....	62
2.4. Расчет усилия зажима	62
3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	66
3.1. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»	66
3.2. Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»	66
3.3. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих».....	67
3.4. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»	67
3.5. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды».....	68
3.6. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»	68
3.7. Расчет затрат по статье «Общепеховые расходы».....	71
3.8. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»	72
3.9. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»	72
3.10. Расчет прибыли.....	72
3.11. Расчет НДС.....	72
3.12. Цена изделия	73
4. Социальная ответственность	74
4.1. Описание рабочего места	76
4.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	76
4.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	82
4.3.1. Факторы электрической природы.....	82
4.3.2. Факторы пожарной и взрывной природы	84
4.4. Охрана окружающей среды.....	85
4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	87
Список литературы.....	88

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 88 _____ с., _____ 15 _____ рис., _____ 23 _____ табл.,
_____ 10 _____ источников, _____ 7 _____ прил.

Ключевые слова: _____ технологический процесс, приспособление, проект _____

Цель работы – _____ Разработка технологического процесса изготовления ступенчатого
вала _____

В процессе исследования проводились _____ проверки обеспечения размеров при заданных
режимах и технологическом процессе изготовления детали _____

В результате исследования _____ выяснилось что все размеры выдерживаются _____

Степень внедрения: _____ данный технологический процесс может быть введен в
производство _____

Область применения: _____ машиностроительное производство _____

Экономическая эффективность/значимость работы _____ цена детали 1 205 рублей _____

В будущем планируется _____ внедрить данный технологический процесс в производство _____

АННОТАЦИЯ

Целью выпускной квалификационной работы является разработка технологического процесса для подтверждения квалификации «бакалавр техники и технологии» по направлению 15.03.01 «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств».

Выпускная квалификационная работа включает в себя разработка технологического процесса изготовления ступенчатого вала и содержит: анализ чертежа и технологичности детали; способ получения заготовки; расчет припусков на обработку; разработку технологического процесса, размерный анализ технологического процесса; выбор и расчет режимов резания; расчёт и проектирование специального приспособления для фрезерования шпоночного паза; расчёт времени на обработку детали для каждой операции, расчёт технологической себестоимости изготовления детали; решение вопросов производственной безопасности, эргономики, пожарной безопасности и охраны окружающей среды.

Приложение содержит эскиз детали, сборочный чертёж приспособления и спецификацию. В графической части работы представлены операционные карты разработанного технологического процесса, лист комплексной схемы обработки с размерным анализом, сборочный чертёж приспособления.

THE SUMMARY

The purpose of final qualification paper (Diploma Thesis) is working out of a master schedule for qualification affirming «the bachelor of engineering and technique» in a major 15.03.01 "Technology, the equipment and automation of engineering manufactures».

Diploma Thesis includes the development of a technological process for the manufacture of a stepped shaft and contains: the assaying of the drawing and manufacturability of the part; a choice of method of initial workpiece manufacturing; calculation of allowances in machining; master schedule working out, the dimensional analysis of the master schedule; a choice and calculation of cutting mode; calculation and design of a special device for milling a keyway; calculation of time for workpiece machining for each process, calculation of the technological cost price of the part manufacture; the decision of questions of industrial safety, ergonomics, fire safety and preservation of the environment.

The application contains the part sketch, an assembly drawing of workholding device and the specification. In a graphic part of Diploma Thesis there are cards of the designed master schedule, sheet of the complex circuit of part machining with the dimensional analysis, the assembly drawing of workholding device with the membrane pneumatic chamber for workpiece fixing on turning process, sheet of calculation of the technological cost price of the part manufacturing.

Техническое задание

Разработать технологический процесс изготовления ступенчатого вала. Чертеж представлен на формате А3. Годовая программа выпуска: 2000 деталей.

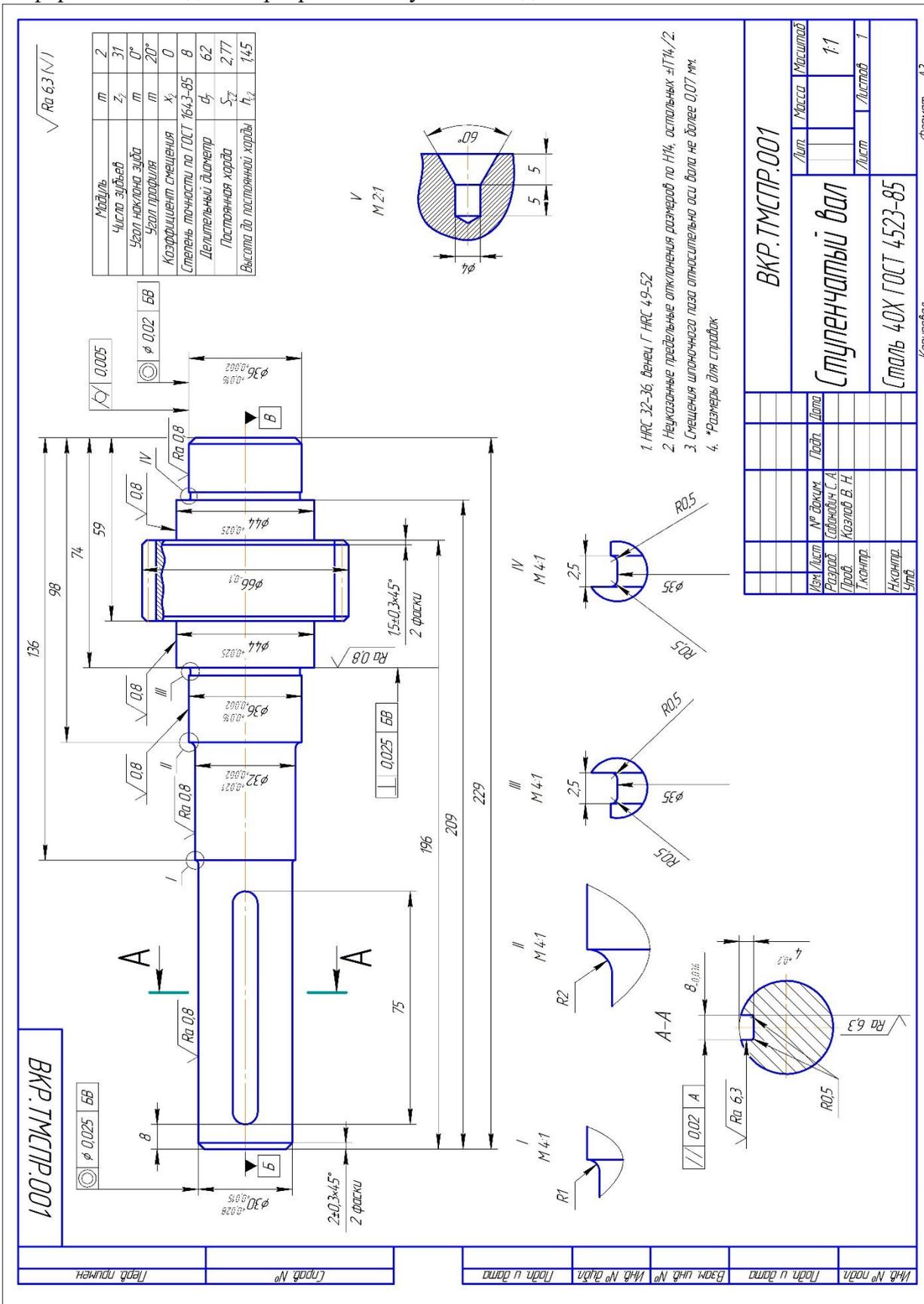


Рис 1. Чертеж детали

1. Технологическая часть

1.1 Определение типа производства

Годовая программа изделий $N = 2000 \text{ шт.}$

Действительный годовой фонд времени работы оборудования определяем из рекомендаций по таблице 4 [1, стр.23]: $F_{\partial} = 4015 \text{ ч/см.}$

Определяем такт выпуска деталей:

$$t_{\partial} = \frac{F_{\partial} \cdot 60}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{1000} = 120,45 \left(\frac{\text{мин}}{\text{шт}} \right), \quad (1.1.)$$

где F_{∂} – действительный фонд времени работы оборудования.

Данные по существующему (аналогичному) заводскому технологическому процессу или по укрупненному нормированию операций в табл. 1.

Табл. 1. Продолжительность операций существующего заводского технологического процесса

№п/п	Наименование операции	Тшт, мин
1	Фрезерно-центровальная	1,5
2	Токарная черновая	4
3	Токарная получистовая	2
4	Зубофрезерная	7
5	Фрезерная	6
6	Круглошлифовальная	20

Число операций $n=6$.

Суммарное штучное время по всем операциям:

$$\sum T_{\text{шт}} = 40,5 \text{ мин.}$$

Среднее штучное время определим по формуле:

$$T_{\text{шт. ср}} = \sum T_{\text{шт}} / n = 40,5 / 6 = 6,75 \text{ мин} \quad (1.2.)$$

Коэффициент серийности определим по формуле:

$$k_c = t_{\partial} / T_{\text{шт. ср}} = 120,45 / 6,75 = 17,8 \quad (1.3)$$

Т.к. $17,8 \leq k_c \leq 20$, то тип производства – среднесерийное производство.

1.2 Расчет количества деталей в партии

Годовая программа выпуска $N = 2000 \text{ шт.}$; $T_{\text{шт. ср}} = 6,75 \text{ мин.}$

Периодичность запуска-выпуска изделий, $a = 6 \text{ дней.}$

Число рабочих дней в году $F = 240 \text{ дней.}$

Расчетное количество деталей в партии определим по формуле:

$$n = N \cdot a / F = 2000 \cdot 6 / 240 = 50 \text{ шт.} \quad (1.4)$$

Расчетное число смен на обработку партии деталей на участке определяется по формуле:

$$c = (T_{\text{шт. ср}} \cdot n) / (240 \cdot 0,8) = (6,75 \cdot 50) / (240 \cdot 0,8) = 1,5. \quad (1.5.)$$

Принятое число смен на обработку партии деталей на участке: $c_{\text{пр}}=2$ смена.

Принятое число деталей в партии:

$$n_{\text{пр}} = c_{\text{пр}} \cdot 240 \cdot 0,8 / T_{\text{шт. ср}} = 2 \cdot 240 \cdot 0,8 / 6,75 = 56,88 \text{ шт} \approx 57 \text{ шт.} \quad (1.6.)$$

1.3 Назначение и конструкция детали

Ступенчатый вал служит для передачи крутящего момента, а также для удержания установленных на нее зубчатых колес, шкивов и т. д., представляет собой тело вращения. Вал-шестерня в основном используется в редукторах, а также может является звеном машины для приведения в движение вспомогательных агрегатов и узлов. В процессе эксплуатации деталь испытывает сложные деформации, такие как изгиб, кручение, растяжение и сжатие. Химико-термическим воздействиям во время работы не подвергается.

Конструкция изделия имеет довольно сложную конструкцию и состоит из следующих элементов:

- 1 – цапфа, часть вала, опирающаяся на подшипник;
- 2 – прямобочные шлицы, необходимы для образования шлицевого соединения и служат для передачи крутящего момента;
- 3 – шпоночный паз, необходим для предотвращения проворота зубчатого колеса;
- 4 – галтели, предназначены для уменьшения концентраций напряжений в месте резкого перехода от меньшего диаметра к большему.

Также на торцах вала имеются две фаски, служащие для упрощения монтажа и два центровочных отверстия.

Деталь изготовлена из легкообрабатываемой стали 40Х, которая применяются для изготовления осей, валов, штоков, втулок, коленчатых и кулачковых валов. Исходя из области применения выбранной марки стали, можно сделать вывод, что для данных условий работы детали в узле, выбор такого материала целесообразен и в замене его другими марками нет необходимости.

Табл. 2. Химический состав стали 40Х (ГОСТ 4543 – 71), %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
				не более			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,3	0,035	0,035	0,8-1,1	0,3

Табл. 3. Механические свойства стали 40Х (ГОСТ 4543 – 71)

$\sigma_T, \text{МПа}$	$\sigma_{sp}, \text{МПа}$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/м ²	НВ (не более)	
					горячекатаной	отожженной
не менее						
785	980	10	45	590	179	217

1. 4 Анализ технологичности конструкции детали

Вал-шестерня имеет простую геометрическую форму и представляет собой тело вращения. Изделие имеет большой перепад диаметров, поэтому целесообразно в качестве заготовки использовать штамповку. Материал детали сталь 40Х позволяет получить заготовку методом штамповки. Технологической базой при её обработке служат центровые отверстия, они помогают избежать погрешности обработки в радиальном направлении и служат для размерной и установочной баз.

Обработку детали можно производить на универсальных станках или на станках с ЧПУ стандартным инструментом, так как обрабатываемые поверхности доступны для инструмента. Предварительную обработку наружных поверхностей предусматривается произвести на токарном станке с ЧПУ, получить закрытый шпоночный паз фрезерованием на вертикально-фрезерном станке в специальном приспособлении, нарезать шлицы червячной фрезой на зубофрезерном станке методом обката. Для получения требуемого качества поверхности с указанной шероховатостью Ra 6,3 мкм необходимо провести черновую и чистовую обработку данных поверхностей. Окончательная обработка должна производиться на шлифовальных станках, так как диаметральные размеры должны быть выполнены с жесткими допусками (по седьмому качеству) и с малой шероховатостью поверхностей ($Ra \leq 0,8$ мкм).

Форма детали удобна для изготовления и автоматического контроля, но требует разных приспособлений при обработке шпоночного паза и шлицевого соединения. В связи с этим обработка производится на разных операциях. Конфигурация изделия обеспечивает легкое удаление стружки. Штампованная заготовка позволяет вести обработку в универсальном трехлапчатом самоцентрирующемся патроне на черновых и чистовых операциях.

Также необходимо обеспечить требования, касающиеся погрешностей формы и расположения.

Допуск цилиндричности и допуск соосности обеспечиваются торцевкруглошлифовальной операцией при обработке цилиндрических поверхностей диаметром $\varnothing 30_{+0,015}^{+0,028}$ и $\varnothing 36_{-0,002}^{+0,016}$. Допуск параллельности обеспечивается при фрезеровании шпоночного паза. Допуск перпендикулярности обеспечивается при шлифовании торцов при торцевкруглошлифовальной операции. Допуск симметричности обеспечивается при

фрезеровании шпоночного паза.

Требуется термическая операция, для обеспечения требуемой твердости детали HRC_Э 32 – 36 и твердости венцов HRC_Э 49 – 52 шлицевого соединения. Материал детали позволяет произвести закалку с указанной твердостью.

Окончательная обработка – шлифование, должна проводиться после термической операции для устранения возможного коробления детали. При этом на окончательную обработку должен оставаться достаточный припуск с учетом возможного коробления детали.

На рассматриваемом шлицевом соединении применен способ центрирования по наружному диаметру, он является наиболее простым и экономичным.

Оценим конструкцию детали на технологичность:

1. Жесткость вала допускает получение высокой точности обработки т.к.

$$\frac{l}{d} = \frac{229}{32} = 7 < 10.$$

2. Деталь состоит из стандартных и унифицированных конструктивных элементов: диаметральных и линейных размеров, зубчатого венца. Это способствует использованию стандартных режущих и измерительных инструментов.

3. Деталь имеет точность и шероховатость, которые можно получить стандартным унифицированным инструментом при стандартном технологическом процессе.

4. Материал заготовки отвечает требованиям технологии изготовления: при изготовлении нет необходимости применять сложные технологические процессы изготовления детали; для хранения материала нет необходимости создавать определенные условия хранения и транспортировки.

5. Шероховатость базовых поверхностей удовлетворяет требованиям точности установки детали, ее обработки и контроля.

6. Деталь симметрична относительно своей оси.

7. На детали имеются канавки и фаски, причем все эти элементы являются унифицированными, что способствует повышению технологичности конструкции детали.

8. Все обрабатываемые поверхности имеют свободный подвод и отвод режущего инструмента, за исключением шпоночного паза, который является закрытым. Для его обработки можно использовать шпоночную фрезу.

9. Все шероховатости, обозначенные на чертеже, соответствуют данным квалитетам точности, а это также является одним из условий технологичности.

Предварительный анализ технологичности детали показал, что деталь технологична.

1.5 Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали, её габаритов и массы, требований к механическим свойствам, а также типа производства, выбираем в качестве исходной заготовки – штамповку по ГОСТ 7505-89.

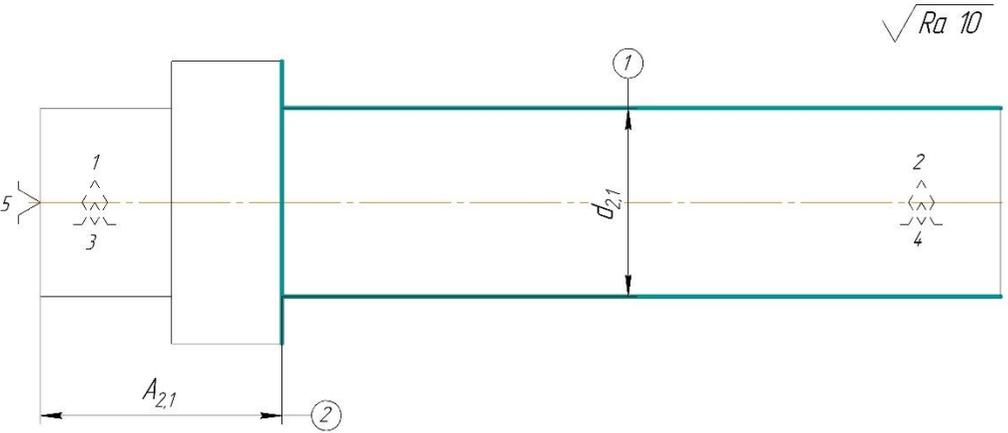
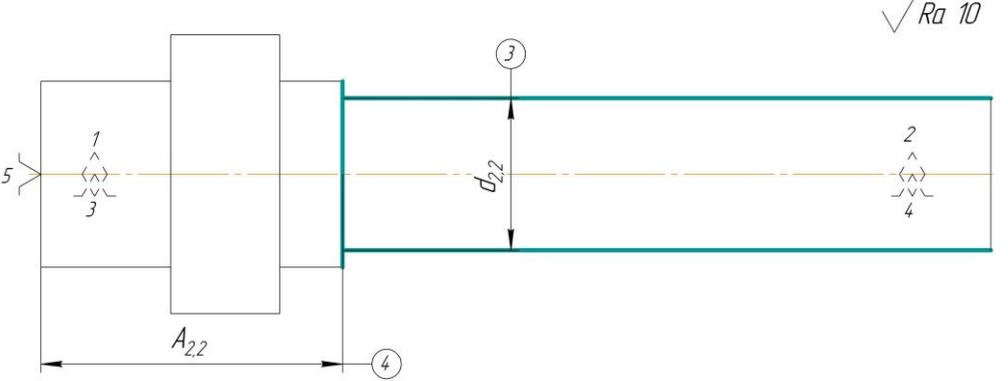
1.6 Маршрут изготовления детали

Маршрут технологии изготовления ступенчатого вала представлен в таблице 4.

Табл. 4. Маршрут изготовления детали

Номер		Наименование операций и содержание переходов	Операционный эскиз
Операции	Переход		
1	2	3	4
0		Заготовительная	<p>The sketch shows a stepped shaft with three distinct diameters. The total length is $A_{0,1}$. The first section has diameter $d_{0,1}$ and length $A_{0,2}$. The second section has diameter $d_{0,2}$ and length $A_{0,3}$. The surface roughness is indicated as $\sqrt{Ra\ 40}$.</p>

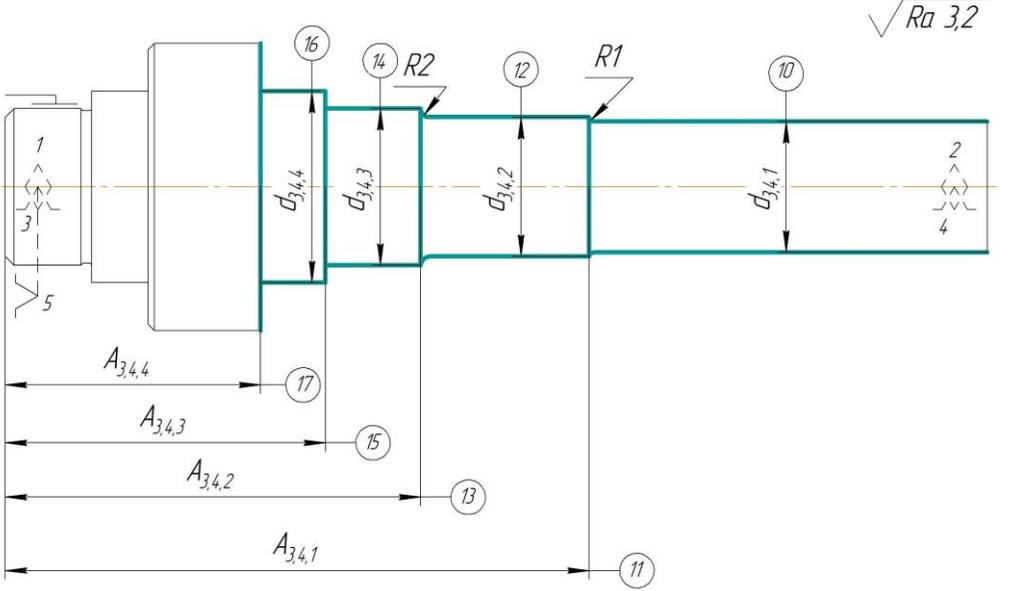
	<p>А</p> <p>1</p>	<p>Фрезерно-центровальная</p> <p>Установ А</p> <p>Закрепить заготовку в тиски. Снять заготовку после обработки.</p> <p>Подрезать торцы, выдержав размер 1.</p>	
<p>1</p>	<p>2</p>	<p>Сверлить два центровых отверстия выдерживая размеры 2, 3, 4.</p>	

2	A 1	<p>Токарная с ЧПУ черновая</p> <p>Установ А</p> <p>Установить заготовку в трехкулачковый патрон, поджать задним центром.</p> <p>Обточить поверхность в размеры 1 и 2.</p>	 <p>Technical drawing showing a cylindrical part with diameter $d_{2,1}$ and length $A_{2,1}$. The drawing includes a three-jaw chuck on the left and a lathe tool on the right. Dimensions 1 and 2 are indicated on the diameter, and 3 and 4 on the length. A surface texture symbol is present. A roughness symbol $\sqrt{Ra 10}$ is in the top right corner.</p>
2	2	<p>Обточить поверхность в размеры 3 и 4.</p>	 <p>Technical drawing showing a cylindrical part with diameter $d_{2,2}$ and length $A_{2,2}$. The drawing includes a three-jaw chuck on the left and a lathe tool on the right. Dimensions 3 and 4 are indicated on the diameter, and 1 and 2 on the length. A surface texture symbol is present. A roughness symbol $\sqrt{Ra 10}$ is in the top right corner.</p>

2	3	<p>Точить поверхности по управляющей программе выдерживая размеры 5,7 на длину 6,8.</p>	
	Б	<p>Установ Б</p> <p>Переустановить заготовку в трехкулачковый патрон, поджать задним центром. Снять заготовку после обработки.</p> <p>4 Обточить поверхность в размеры 9 и 10.</p> <p>5 Точить поверхность напролет выдерживая размер 11.</p>	

2	6	Обточить поверхность в размеры 12 и 13.	<p>Technical drawing of a shaft with a diameter of $d_{2,6}$ and a length of $A_{2,6}$. The drawing shows a shaft with several diameters and a chamfered end. The diameter $d_{2,6}$ is highlighted in green. The length $A_{2,6}$ is indicated by a dimension line. The surface finish is specified as $\sqrt{Ra\ 10}$. The drawing includes callouts 1, 2, 3, 4, 5, 12, and 13.</p>
3	А	<p>Токарная с ЧПУ чистовая</p> <p>Установ А</p> <p>Установить заготовку в центрах. После обработки снять заготовку.</p> <p>1 Точить поверхности в размеры 1, 3, 5 на длину 2 и 4.</p>	<p>Technical drawing of a shaft with diameters $d_{3,13}$, $d_{3,12}$, and $d_{3,11}$. The drawing shows a shaft with several diameters and a chamfered end. The diameters $d_{3,13}$, $d_{3,12}$, and $d_{3,11}$ are highlighted in green. The length $A_{3,12}$ is indicated by a dimension line. The surface finish is specified as $\sqrt{Ra\ 3,2}$. The drawing includes callouts 1, 2, 3, 4, 5 and dimension lines $A_{3,11}$ and $A_{3,12}$.</p>

3	2	Точить канавку выдерживая размеры 6, 7, 8.	<p>Technical drawing of a shaft with a groove. The drawing includes a side view and a cross-sectional view. The side view shows a shaft with a groove of width $A_{3,2,1}$ and depth $A_{3,3,2} \times 45^\circ$. The groove has a surface roughness of $Ra\ 6,3$. The shaft has a diameter of $d_{3,2,1}$ and a radius of $R0,5$. The cross-sectional view shows the groove with a width of $A_{3,2,2}$ and a depth of $A_{3,3,1} \times 45^\circ$. The groove has a surface roughness of $Ra\ 3,2$. The shaft has a diameter of $d_{3,2,1}$ and a radius of $R0,5$. The drawing is labeled with circled numbers 1 through 10.</p>
	3	Точить фаски выдерживая размеры 9 и 10.	

3	Б	<p>Установ Б</p> <p>Переустановить заготовку в центрах. После обработки снять заготовку.</p>	 <p>The drawing shows a stepped shaft with the following features: - Diameter $d_{3,4,4}$ at the largest section (callout 16). - Diameter $d_{3,4,3}$ at the second section (callout 14). - Diameter $d_{3,4,2}$ at the third section (callout 12). - Diameter $d_{3,4,1}$ at the smallest section (callout 10). - Lengths $A_{3,4,4}$, $A_{3,4,3}$, $A_{3,4,2}$, and $A_{3,4,1}$ are indicated from the left end. - Radii $R2$ and $R1$ are shown at the transitions between diameters. - Callouts 1, 2, 3, 4, 5 indicate specific surface features. - A surface texture symbol $\sqrt{Ra\ 3,2}$ is present in the top right corner.</p>
	4	<p>Точить поверхности по управляющей программе выдерживая размеры 10, 12, 14, 16 на длины 11, 13, 15, 17.</p>	

4		Зубофрезерная	
	A	Установ А	
	A	Закрепить деталь в оправку. Снять после обработки.	
	1	Нарезать зубья, выдерживая размеры, приведенные в таблице 5.	

Табл. 5. Параметры зубьев		
Модуль	m	2
Число зубьев	z_2	31
Угол наклона зуба	t	0°
Угол профиля	t	20°
Коэффициент смещения	x_2	0
Степень точности по ГОСТ 1643-85		8
Делительный диаметр	d_2	62
Постоянная хорда	S_{c2}	2,77
Высота до постоянной хорды	d_{c2}	1,45

5	<p>Установ А</p> <p>А</p> <p>1</p>	<p>Фрезерная</p> <p>Закрепить деталь в специальное приспособление. Снять после обработки.</p> <p>Фрезеровать шпоночный паз выдерживая размеры 1,2,3,4.</p>	
6		Термическая	Закалить и отпустить заготовку до HRC 32 – 36.
7		Термическая ТВЧ	Закалить заготовку до HRC 49 – 52.

8	<p>Установ А</p> <p>Установ А</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p>	<p>Круглошлифовальная</p> <p>Установ А</p> <p>Установить заготовку в центрах. Снять после обработки.</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 1 на длину 2.</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 3 на длину 4.</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 5 на длину 6</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 7 на длину 8.</p>	
9	<p>Установ А</p> <p>Установ А</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>Круглошлифовальная</p> <p>Установ А</p> <p>Установить заготовку в центрах. Снять после обработки.</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 1 на длину 2.</p> <p>Шлифовать поверхность выдерживая размер 3 на длину 4.</p>	
10		Контрольная	

1.7. Определение допусков на технологические размеры

Назначим допуски на осевые и диаметральные размеры. В допуски на осевые технологические размеры будут входить: ω_{ci} - статистическая погрешность; ρ_H - пространственное отклонение; ε_6 - погрешность базирования. Допуски на диаметральные размеры принимаем равными статистической точности.

Допуски на диаметральные технологические размеры:

$$\begin{aligned}TD_{0.1} &= 2,5 \text{ мм}; & TD_{3.2.1} &= 0,16 \text{ мм}; \\TD_{0.2} &= 2,2 \text{ мм}; & TD_{3.4.1} &= 0,1 \text{ мм}; \\TD_{2.1} &= 0,16 \text{ мм}; & TD_{3.4.2} &= 0,1 \text{ мм}; \\TD_{2.2} &= 0,16 \text{ мм}; & TD_{3.4.3} &= 0,1 \text{ мм}; \\TD_{2.3.1} &= 0,16 \text{ мм}; & TD_{3.4.4} &= 0,1 \text{ мм}; \\TD_{2.3.2} &= 0,16 \text{ мм}; & TD_{3.5.1} &= 0,16 \text{ мм}; \\TD_{2.4} &= 0,19 \text{ мм}; & TD_{8.1} &= 0,013 \text{ мм}; \\TD_{2.5} &= 0,19 \text{ мм}; & TD_{8.2} &= 0,016 \text{ мм}; \\TD_{2.6} &= 0,16 \text{ мм}; & TD_{8.3} &= 0,016 \text{ мм}; \\TD_{1.7} &= 0,1 \text{ мм}; & TD_{8.4} &= 0,016 \text{ мм}; \\TD_{3.1.1} &= 0,1 \text{ мм}; & TD_{9.1} &= 0,016 \text{ мм}; \\TD_{3.1.2} &= 0,1 \text{ мм}; & TD_{9.2} &= 0,016 \text{ мм}. \\TD_{3.1.3} &= 0,12 \text{ мм};\end{aligned}$$

Допуски на продольные технологические размеры:

$$\begin{aligned}TA_{0.1} &= 2,8 \text{ мм}; & TA_{3.4.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,17 = 0,28 \text{ мм}; \\TA_{0.2} &= 2,8 \text{ мм}; & TA_{3.4.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,17 = 0,28 \text{ мм}; \\TA_{0.3} &= 2,2 \text{ мм}; & TA_{3.4.3} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; \\TA_{1.1} &= 1 \text{ мм}; & TA_{3.4.4} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; \\TA_{2.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,20 = 0,28 \text{ мм}; & TA_{3.5.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; \\TA_{2.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,20 = 0,28 \text{ мм}; & TA_{3.5.2} &= 0,25 \text{ мм}; \\TA_{2.3.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,25 = 0,33 \text{ мм}; & TA_{3.6.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; \\TA_{2.3.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,25 = 0,33 \text{ мм}; & TA_{3.6.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; \\TA_{2.4} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,25 = 0,33 \text{ мм}; & TA_{5.1.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,06 + 0,2 = 0,26 \text{ мм}; \\TA_{2.6} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,08 + 0,25 = 0,33 \text{ мм}; & TA_{5.1.2} &= 0,74 \text{ мм}; \\TA_{3.1.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,17 = 0,28 \text{ мм}; & TA_{8.1} &= 0,1; \\TA_{3.1.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,17 = 0,28 \text{ мм}; & TA_{8.2} &= 0,1; \\TA_{3.2.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,17 = 0,28 \text{ мм}; & TA_{8.3} &= 0,1; \\TA_{3.2.2} &= 0,25 \text{ мм}; & TA_{8.4} &= 0,1; \\TA_{3.3.1} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; & TA_{9.1} &= 0,1; \\TA_{3.3.2} &= \varepsilon_y + \omega_c = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ мм}; & TA_{9.2} &= 0,1.\end{aligned}$$

1.8. Расчет минимальных припусков на обработку

Определим минимальные припуски на обработку поверхностей вращения. Расчеты для каждой поверхности сводим в отдельную таблицу.

Табл. 6. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности $\varnothing 66h10$

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				$2z_{\min}$, мкм	$d_{\text{расч}}$, мм	Td, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R_z	h	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	150	250	849			72h16	2 500	69,2	71,7		
Черновое обтачивание	80	50	51	21	2 500	66,7h12	300	66,362	66,662	2 800	5 600
Получистовое обтачивание	25	30			362	66h10	120	65,88	66	400	820

Пространственные отклонения заготовки найдем по формуле:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_\phi^2 + \rho_u^2}. \quad (1.7.)$$

Погрешность формы:

$$\rho_\phi = \Delta_k l = 1,5 \cdot 230 = 345 \text{ мкм}; \quad (1.8.)$$

Погрешность зацентровки при установке на призме с односторонним прижимом:

$$\rho_u = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{3}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{\left(\frac{2,2}{3}\right)^2 + 0,25^2} = 0,776 \text{ мм} = 776 \text{ мкм}; \quad (1.9.)$$

Находим

$$\rho_3 = \sqrt{345^2 + 776^2} = 849 \text{ мкм}. \quad (1.10.)$$

Найдем погрешность установки ε_y из условия закрепления заготовки:

$\varepsilon_y = \varepsilon_{3,n}$ - погрешность закрепления заготовки, поджатой в заднем центре, в трехкулачковом патроне, рис. 2.

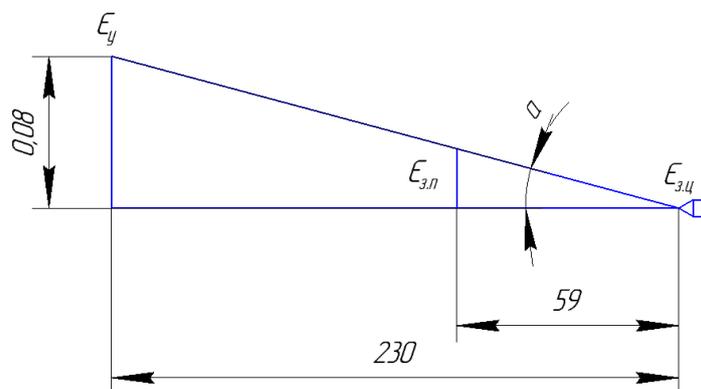


Рис. 2. Погрешность закрепления заготовки

$$\frac{\varepsilon_y}{l_3} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,08}{230} = 0,00035; \quad (1.11.)$$

$$\varepsilon_{3,n} = 61 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,021 \text{ мм} = 21 \text{ мкм}; \quad (1.12.)$$

Остаточные пространственные отклонения:

после чернового обтачивания $\rho_1 = 0,06 \cdot 849 = 51 \text{ мкм}$.

Минимальные значения припусков на диаметр находим, пользуясь основной формулой

$$2z_{i \text{ min}} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right); \quad (1.13.)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного на предшествующем переходе (операции) обработки данной поверхности, мкм;

ρ_{i-1} – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\rho_{\phi-1}$ – погрешность формы обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм;

ε_{yi} – погрешность установки на выполняемом переходе.

Минимальный припуск:

под черновое обтачивание

$$2z_{1 \text{ min}} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{849^2 + 21^2} \right) = 2 \text{ 500 мкм};$$

под полукриволинейное обтачивание

$$2z_{2 \text{ min}} = 2 \cdot (80 + 50 + 51) = 362 \text{ мкм}.$$

Предельные размеры диаметров:

$$d_{\min 1} = d_{\text{расч}2} + 2z_{\min 2} = 66 + 0,362 = 66,362 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = d_{\min 1} + Td_1 = 66,362 + 0,3 = 66,662 \text{ мм};$$

$$d_{\min 3} = d_{\text{расч}2} + 2z_{\min 2} = 66,7 + 2,5 = 69,2 \text{ мм};$$

$$d_{\max 3} = d_{\min 3} + Td_3 = 69,2 + 2,5 = 71,7 \text{ мм};$$

Предельные значения припусков:

$$2z_{\max 2}^{np} = d_{\max 1} - d_{\min 2} = 66,7 - 65,880 = 0,820 \text{ мм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = d_{\max 3} - d_{\min 1} = 72 - 66,4 = 5,600 \text{ мм};$$

$$2z_{\min 2}^{np} = d_{\min 1} - d_{\max 2} = 66,4 - 66 = 0,400 \text{ мм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = d_{\min 3} - d_{\max 1} = 69,5 - 66,7 = 2,800 \text{ мм}.$$

Табл. 7. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности $\varnothing 44h7$.

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				$2z_{\min}$, мкм	$d_{\text{расч}}$, мм	Td, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм		
	R_z	h	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$	
Заготовка	150	250	849			50h16	2 200	47,637	49,837			
Черновое обтачивание	50	50	51	184	2 537	45,1h11	160	44,902	45,062	2 700	4 740	
Получистовое обтачивание	25	30	34		202	44,7h9	62	44,58	44,642	240	338	
Термическая	30	60	100									
Шлифование	Предварительное	10	20	17		380	44,2h8	39	44,094	44,133	438	461
	Чистовое	5	15			94	44h7	25	43,975	44	161	175

Аналогично рассчитываем припуски и предельные отклонения на обработку поверхности $\varnothing 44h7$ и заносим в таблицу 7.

$$\rho_{\phi} = 345 \text{ мкм}; \rho_{\psi} = 776 \text{ мкм};$$

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{345^2 + 776^2} = 849 \text{ мкм}.$$

Найдем погрешность установки ε_y из условия закрепления заготовки:

$\varepsilon_y = \varepsilon_{\Sigma, n}$ - погрешность закрепления заготовки, поджатой в заднем центре, в трехкулачковом патроне, рис. 3.

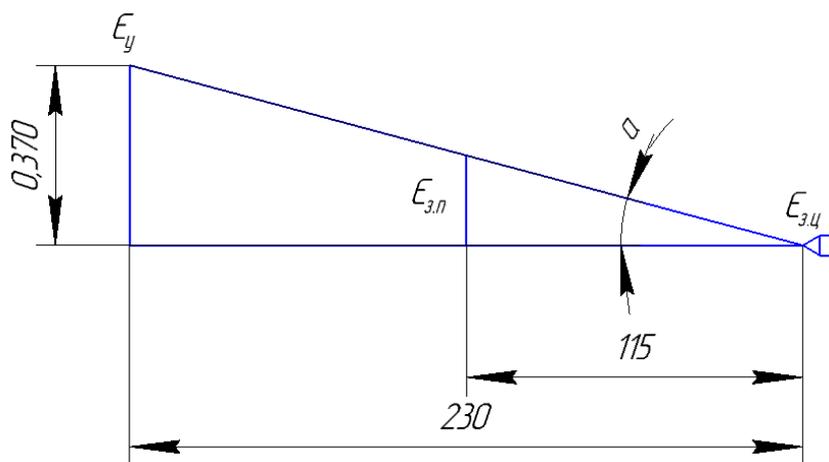


Рис. 3. Погрешность закрепления заготовки

$$\frac{\varepsilon_y}{l_3} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{0,370}{230} = 0,0016;$$

$$\varepsilon_{3,n} = 115 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 0,184 \text{ мм} = 184 \text{ мкм};$$

Остаточные пространственные отклонения:

после чернового обтачивания $\rho_1 = 0,06 \cdot 849 = 51 \text{ мкм};$

после получистового обтачивания $\rho_2 = 0,04 \cdot 849 = 34 \text{ мкм};$

после термообработки $\rho_3 = 100 \text{ мкм};$

после предварительного шлифования $\rho_4 = 0,02 \cdot 849 = 17 \text{ мкм}.$

Минимальный припуск:

под черновое обтачивание

$$2z_{1 \text{ min}} = 2 \cdot \left(150 + 250 + \sqrt{849^2 + 184^2} \right) = 2 \cdot 537 \text{ мкм};$$

под получистовое обтачивание

$$2z_{2 \text{ min}} = 2 \cdot (50 + 50 + 51) = 302 \text{ мкм};$$

под предварительное шлифование

$$2z_{2 \text{ min}} = 2 \cdot (30 + 60 + 100) = 380 \text{ мкм};$$

под чистовое шлифование

$$2z_{2 \text{ min}} = 2 \cdot (10 + 20 + 17) = 94 \text{ мкм}.$$

Табл. 8. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности Ø36к6.

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				2z _{min} , мкм	d _{расч} , мм	Td, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм		
	R _Z	h	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{np}	2z _{max} ^{np}	
Штамповка												
Черновое обтачивание	50	50	51		напуск	37,2h11	160	37,002	37,162			
Получистовое обтачивание	25	30	34		302	36,7h9	62	36,580	36,642	340	438	
Термическая	30	60	100									
Шлифование	Предварительное	10	20	17		380	36,2h7	25	36,112	36,137	438	475
	Чистовое	5	15			94	36к6	16	36,002	36,018	157	198

Минимальный припуск:

под получистовое обтачивание

$$2z_{2 \min} = 2 \cdot (50 + 50 + 51) = 302 \text{ мкм};$$

под предварительное шлифование

$$2z_{2 \min} = 2 \cdot (30 + 60 + 100) = 380 \text{ мкм};$$

под чистовое шлифование

$$2z_{2 \min} = 2 \cdot (10 + 20 + 17) = 94 \text{ мкм}.$$

Табл. 9. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности Ø32k7.

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				2z _{min} , мкм	d _{расч} , мм	Td, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм		
	R _Z	h	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{np}	2z _{max} ^{np}	
Штамповка					напуск							
Черновое обтачивание	50	50	51			33,2h11	160	33,002	33,162			
Получистовое обтачивание	25	30	34		302	32,7h9	62	32,58	32,642	340	438	
Термическая	30	60	100									
Шлифование	Предварительное	10	20	17		380	32,2h8	39	32,121	32,160	438	461
	Чистовое	5	15			94	32k7	25	32,002	32,027	134	198

Табл. 10. Расчет припусков и предельных размеров по технологическим переходам на обработку поверхности Ø30n7.

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				2z _{min} , мкм	d _{расч} , мм	Td, мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	R _Z	h	ρ	ε				d _{min}	d _{max}	2z _{min} ^{np}	2z _{max} ^{np}
Штамповка					напуск						
Черновое обтачивание	50	50	51			31,2h11	160	31,002	31,162		
Получистовое обтачивание	25	30	34		302	30,7h9	62	30,58	30,642	340	438
Термическая	30	60	100								

Шлифование	Предварительное	10	20	17		380	30,2h8	39	30,130	30,169	438	461
	Чистовое	5	15			94	30n7	21	30,015	30,036	125	185

Определим минимальные припуски на обработку в продольном направлении, результаты вычислений отобразим в таблице 11.

Табл. 11. Определение минимальных припусков на обработку в продольном направлении

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				2Z _{min} , мкм
	R _Z	h	ρ	ε	
Заготовка	150	250	849		
Подрезка торцов – а, з	80	50	300	120	1 369
					1 249
Черновое обтачивание торца – д, е	80	50	140	80	1 329
Получистовое обтачивание торцов – г, ж	25	30	30	110	380
Точение канавок	16	25	5		85
Получистовое обтачивание торцов – д, е	25	30	30	110	380
Получистовое обтачивание торцов – б, в	25	30	30	110	380
Предварительное шлифование торцов – г, ж	10	20	15	110	195
Окончательное шлифование торцов – г, ж	5	15	9		45
Предварительное шлифование торцов – д, е	10	20	15	110	195
Окончательное шлифование торцов – д, е	5	15	9		45

Припуски на подрезку торцов – а, з:

$$z_{1,1,1 \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi} = 150 + 250 + 849 + 120 = 1\,369 \text{ мкм};$$

$$z_{1,1,2 \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 150 + 250 + 849 = 1\,249 \text{ мкм}.$$

Припуски на черновое обтачивание торцов – д, е:

$$z_{2,1 \min} = z_{2,4 \min} = 150 + 250 + 849 + 80 = 1\,329 \text{ мкм}.$$

Припуски на полуцистовое обтачивание торцов – ж, з:

$$z_{3,1,1 \min} = z_{3,4,3 \min} = 80 + 50 + 140 + 110 = 380 \text{ мкм.}$$

Припуски на точение канавок:

$$z_{3,2,1 \min} = z_{3,5,1 \min} = 25 + 30 + 30 = 85 \text{ мкм.}$$

Припуски на полуцистовое обтачивание торцов – д, е:

$$z_{3,1,2 \min} = z_{3,4,4 \min} = 80 + 50 + 140 + 110 = 380 \text{ мкм.}$$

Припуски на полуцистовое обтачивание торцов – б, в:

$$z_{3,4,1 \min} = z_{3,4,2 \min} = 80 + 50 + 140 + 110 = 380 \text{ мкм.}$$

Припуски на предварительное шлифование торцов – з, ж:

$$z_{9,1,1 \min} = z_{8,3,1 \min} = 25 + 30 + 30 + 110 = 195 \text{ мкм.}$$

Припуски на окончательное шлифование торцов – з, ж:

$$z_{9,1,2 \min} = z_{8,3,2 \min} = 10 + 20 + 15 + = 45 \text{ мкм.}$$

Припуски на предварительное шлифование торцов – д, е:

$$z_{9,2,1 \min} = z_{8,4,1 \min} = 25 + 30 + 30 + 110 = 195 \text{ мкм.}$$

Припуски на окончательное шлифование торцов – д, е:

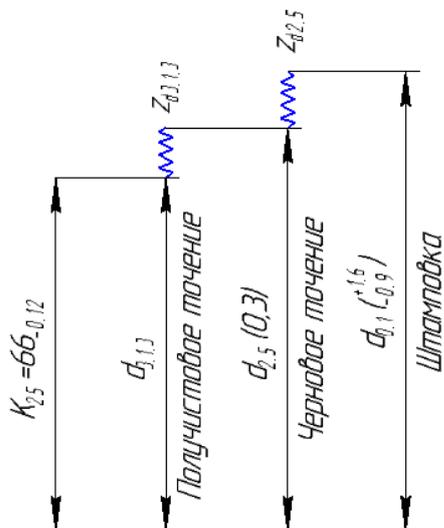
$$z_{9,2,2 \min} = z_{8,4,2 \min} = 10 + 20 + 15 + = 45 \text{ мкм.}$$

1.9. Расчет технологических размеров

Расчет диаметральных технологических размеров

Расчет технологических размеров определяем из размерного анализа технологического процесса обработки, для чего составляем размерные цепи.

Расчет технологических размеров при обработке **Ø66h10**.



Вычерчиваем размерную цепь при обработке наружной поверхности Ø66h10, рис. 4.

Находим $d_{2,5}$, для этого определяем

$$d_{3,1,3}^c = d_{3,1,3} + \frac{es + ei}{2} = 66 + \frac{0 - 0,120}{2} = 65,94 \text{ мм.}$$

Рис. 4. Размерная схема при обработке Ø66h10

$$z_{d3,1,3}^c = z_{d3,1,3\min} + \frac{Td_{3,1,3} + Td_{2,5}}{2} = 0,400 + \frac{0,120 + 0,3}{2} = 0,610 \text{ мм};$$

$$d_{2,5}^c = d_{3,1,3}^c + z_{d3,1,3}^c = 65,94 + 0,610 = 66,55 \text{ мм};$$

$d_{2,5} = 66,6_{-0,3}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после черного точения.

Находим диаметр штамповки $d_{0,1}$, для этого определяем

$$z_{d2,5}^c = z_{d2,5\min} + \frac{Td_{2,5} + Td_{0,1}}{2} = 2,800 + \frac{0,3 + 2,5}{2} = 4,200 \text{ мм};$$

$$d_{0,1}^c = d_{2,5}^c + z_{d2,5}^c = 66,55 + 4,200 = 70,75 \text{ мм};$$

$$d_{0,1} = d_{0,1}^c - \frac{es + ei}{2} = 70,75 - \frac{1,6 - 0,9}{2} = 71,4 \text{ мм}.$$

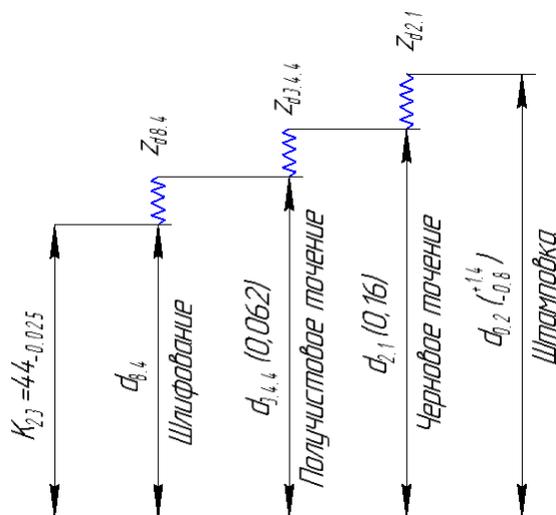
Принимаем диаметр штамповки $d_{0,1} = 72_{-0,9}^{+1,6}$ мм.

Пересчитаем припуск на черновое точение:

$$z_{d2,5} = d_{0,1} - d_{2,5} = 72_{-0,9}^{+1,6} - 66,6_{-0,3} = 5,4_{-0,9}^{+1,9}.$$

Расчет технологических размеров при обработке Ø44h7.

Вычерчиваем размерную цепь при обработке наружной поверхности Ø44h7 рис. 5.



Находим $d_{3,4,4}$, для этого определяем

$$d_{8,4}^c = d_{8,4} + \frac{es + ei}{2} = 44 + \frac{0 - 0,025}{2} = 44,0125 \text{ мм}.$$

Рис. 5. Размерная схема при обработке Ø44h7

$$z_{d8,4}^c = z_{d8,4\min} + \frac{Td_{8,4} + Td_{3,4,4}}{2} = 0,599 + \frac{0,025 + 0,062}{2} = 0,6425 \text{ мм};$$

$$d_{3,4,4}^c = d_{8,4}^c + z_{d8,4}^c = 44,0125 + 0,6425 = 44,655 \text{ мм};$$

$d_{3,4,4} = 44,7_{-0,062}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после получистового точения.

Находим $d_{2,1}$, для этого определяем

$$z_{d_{3,4,4}}^c = z_{d_{3,4,4\min}} + \frac{Td_{3,4,4} + Td_{2,1}}{2} = 0,240 + \frac{0,062 + 0,16}{2} = 0,351 \text{ мм};$$

$$d_{2,1}^c = d_{3,4,4}^c + z_{d_{3,4,4}}^c = 44,655 + 0,351 = 45,006 \text{ мм};$$

$d_{2,1} = 45,1_{-0,16}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после черного точения.

Определим диаметр штамповки $d_{0,2}$, для этого находим

$$z_{d_{2,1}}^c = z_{d_{2,1\min}} + \frac{Td_{2,1} + Td_{0,2}}{2} = 2,700 + \frac{0,16 + 2,2}{2} = 3,880 \text{ мм};$$

$$d_{0,2}^c = d_{2,1}^c + z_{d_{2,1}}^c = 45,006 + 3,880 = 48,886 \text{ мм};$$

$$d_{0,2} = d_{0,2}^c - \frac{es + ei}{2} = 48,886 - \frac{1,4 - 0,8}{2} = 49,186 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр штамповки $d_{0,1} = 50_{-0,8}^{+1,4}$ мм.

Пересчитаем припуск на черновое точение:

$$z_{d_{2,1}} = d_{0,2} - d_{2,1} = 50_{-0,8}^{+1,4} - 45,1_{-0,16} = 4,9_{-0,8}^{+1,56}.$$

Расчет технологических размеров при обработке Ø36к6.

Вычерчиваем размерную цепь при обработке наружной поверхности Ø36к6, рис. 6.

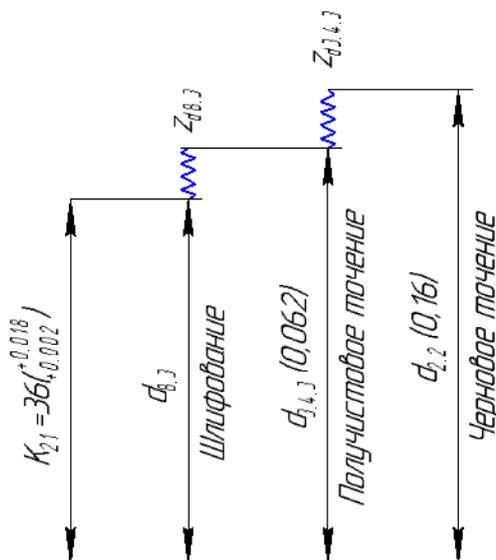


Рис. 6. Размерная схема при обработке Ø36к6

Находим $d_{3,4,3}$, для этого определяем $d_{8,3}^c = d_{8,3} + \frac{es + ei}{2} = 36 + \frac{0,018 + 0,002}{2} = 36,010$ мм.

$$z_{d_{8,3}}^c = z_{d_{8,3\min}} + \frac{Td_{8,3} + Td_{3,4,3}}{2} = 0,595 + \frac{0,016 + 0,062}{2} = 0,634 \text{ мм};$$

$$d_{3,4,3}^c = d_{8,3}^c + z_{d_{8,3}}^c = 36,010 + 0,634 = 36,644 \text{ мм};$$

$d_{3,4,3} = 36,7_{-0,062}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после получистового точения.

Находим $d_{2,2}$, для этого определяем

$$z_{d_{3,4,3}}^c = z_{d_{3,4,3\min}} + \frac{Td_{3,4,3} + Td_{2,2}}{2} = 0,340 + \frac{0,062 + 0,16}{2} = 0,451 \text{ мм};$$

$$d_{2,2}^c = d_{3,4,3}^c + z_{d_{3,4,3}}^c = 36,644 + 0,451 = 37,095 \text{ мм};$$

$d_{2,2} = 37,1_{-0,16}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после чернового точения.

Найдем припуск на черновое точение, из размерной цепи, показанной на рис. 7.

$$z_{d_{2,2}} = d_{2,1} - d_{2,2} = 45,1_{-0,16} - 37,1_{-0,16} = 8_{-0,16}^{+0,16} \text{ мм}.$$

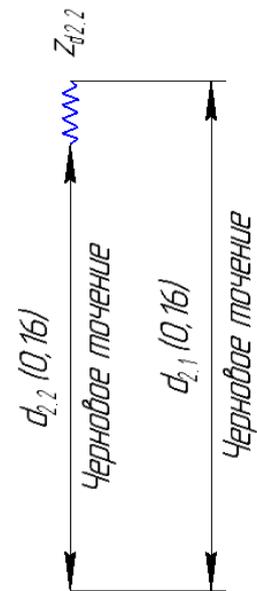


Рис. 7. Размерная схема для определения припуска на черновое точение

Расчет технологических размеров при обработке Ø32k7.

Вычерчиваем размерную цепь при обработке наружной поверхности Ø32k7 рис. 8.

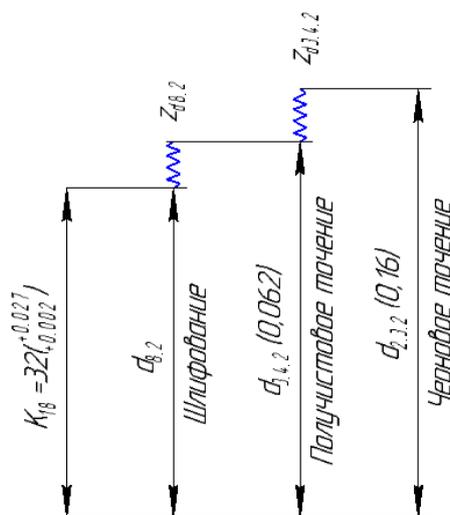


Рис. 8. Размерная схема при обработке Ø32k7

Находим $d_{3,4,2}$, для этого определяем $d_{8,2}^c = d_{8,2} + \frac{es + ei}{2} = 32 + \frac{0,027 + 0,002}{2} = 32,0145 \text{ мм}.$

$$z_{d_{8,2}}^c = z_{d_{8,2\min}} + \frac{Td_{8,2} + Td_{3,4,2}}{2} = 0,572 + \frac{0,025 + 0,062}{2} = 0,6155 \text{ мм};$$

$$d_{3,4,2}^c = d_{8,2}^c + z_{d_{8,2}}^c = 32,0145 + 0,6155 = 32,63 \text{ мм};$$

$d_{3,4,2} = 32,7_{-0,062}$ мм – принятый технологический размер, получаемый после получистового точения.

Находим $d_{2,3,2}$, для этого определяем

$$z_{d_{3,4,2}}^c = z_{d_{3,4,2\min}} + \frac{Td_{3,4,2} + Td_{2,3,2}}{2} = 0,340 + \frac{0,062 + 0,16}{2} = 0,451 \text{ мм};$$

$$d_{2,3,2}^c = d_{3,4,2}^c + z_{d_{3,4,2}}^c = 32,63 + 0,451 = 33,081 \text{ мм};$$

$d_{2,3,2} = 33,1_{-0,16} \text{ мм}$ – принятый технологический размер, получаемый после чернового точения.

Найдем припуск на черновое точение, из размерной цепи, показанной на рис. 9.

$$z_{d_{2,3,2}} = d_{2,2} - d_{2,3,2} = 37,1_{-0,16} - 33,1_{-0,16} = 4_{-0,16}^{+0,16} \text{ мм}.$$

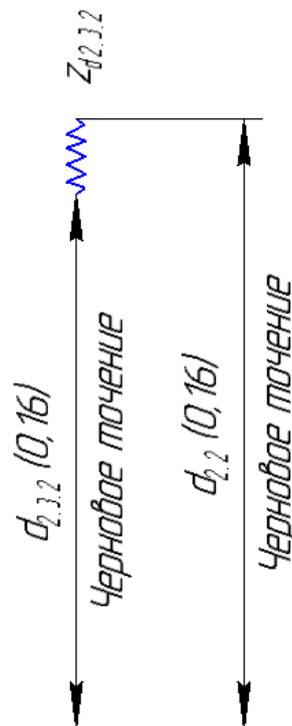


Рис. 9. Размерная схема для определения припуска на черновое точение

Расчет технологических размеров при обработке Ø30n7.

Вычерчиваем размерную цепь при обработке наружной поверхности Ø30n7 рис. 10.

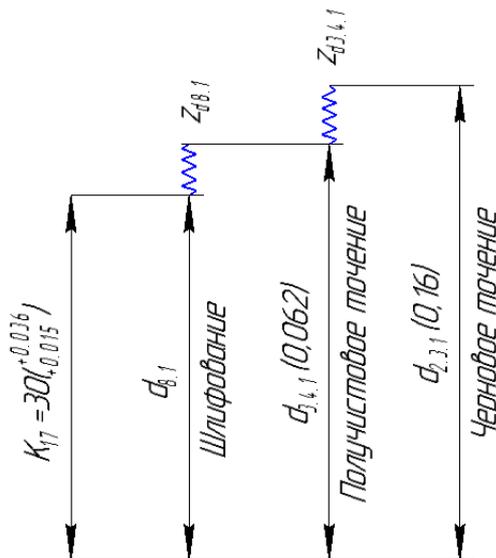


Рис. 10. Размерная схема при обработке Ø30n7

Находим $d_{3,4,1}$, для этого определяем $d_{8,1}^c = d_{8,1} + \frac{es + ei}{2} = 30 + \frac{0,036 + 0,015}{2} = 30,0255 \text{ мм}.$

$$z_{d_{8,1}}^c = z_{d_{8,1\min}} + \frac{Td_{8,1} + Td_{3,4,1}}{2} = 0,563 + \frac{0,021 + 0,062}{2} = 0,6045 \text{ мм};$$

$$d_{3,4,1}^c = d_{8,1}^c + z_{d8,1}^c = 30,0255 + 0,6045 = 30,63 \text{ мм};$$

$d_{3,4,1} = 30,7_{-0,062} \text{ мм}$ – принятый технологический размер, получаемый после полустого точения.

Находим $d_{2,3,1}$, для этого определяем

$$z_{d3,4,1}^c = z_{d3,4,1\min} + \frac{Td_{3,4,1} + Td_{2,3,1}}{2} = 0,340 + \frac{0,062 + 0,16}{2} = 0,451 \text{ мм};$$

$$d_{2,3,1}^c = d_{3,4,1}^c + z_{d3,4,1}^c = 30,63 + 0,451 = 31,081 \text{ мм};$$

$d_{2,3,1} = 31,1_{-0,16} \text{ мм}$ – принятый технологический размер, получаемый после чернового точения.

Найдем припуск на черновое точение, из размерной цепи, показанной на рис. 11.

$$z_{d2,3,1} = d_{2,2} - d_{2,3,1} = 37,1_{-0,16} - 31,1_{-0,16} = 6_{-0,16}^{+0,16} \text{ мм}.$$

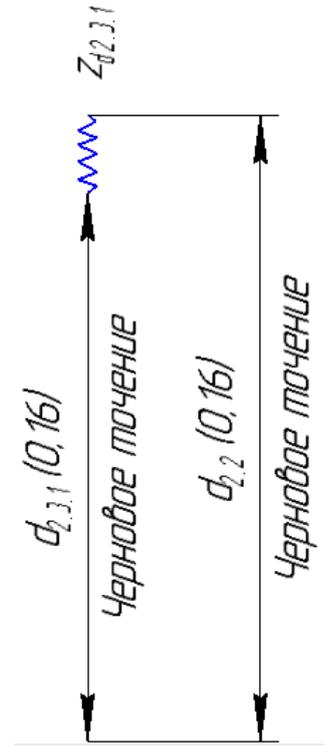


Рис. 11. Размерная схема для определения припуска на черновое точение

Расчет продольных технологических размеров

Граф – дерево технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении вала показаны на рис. 12. Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении вала, отображены на рис. 13.

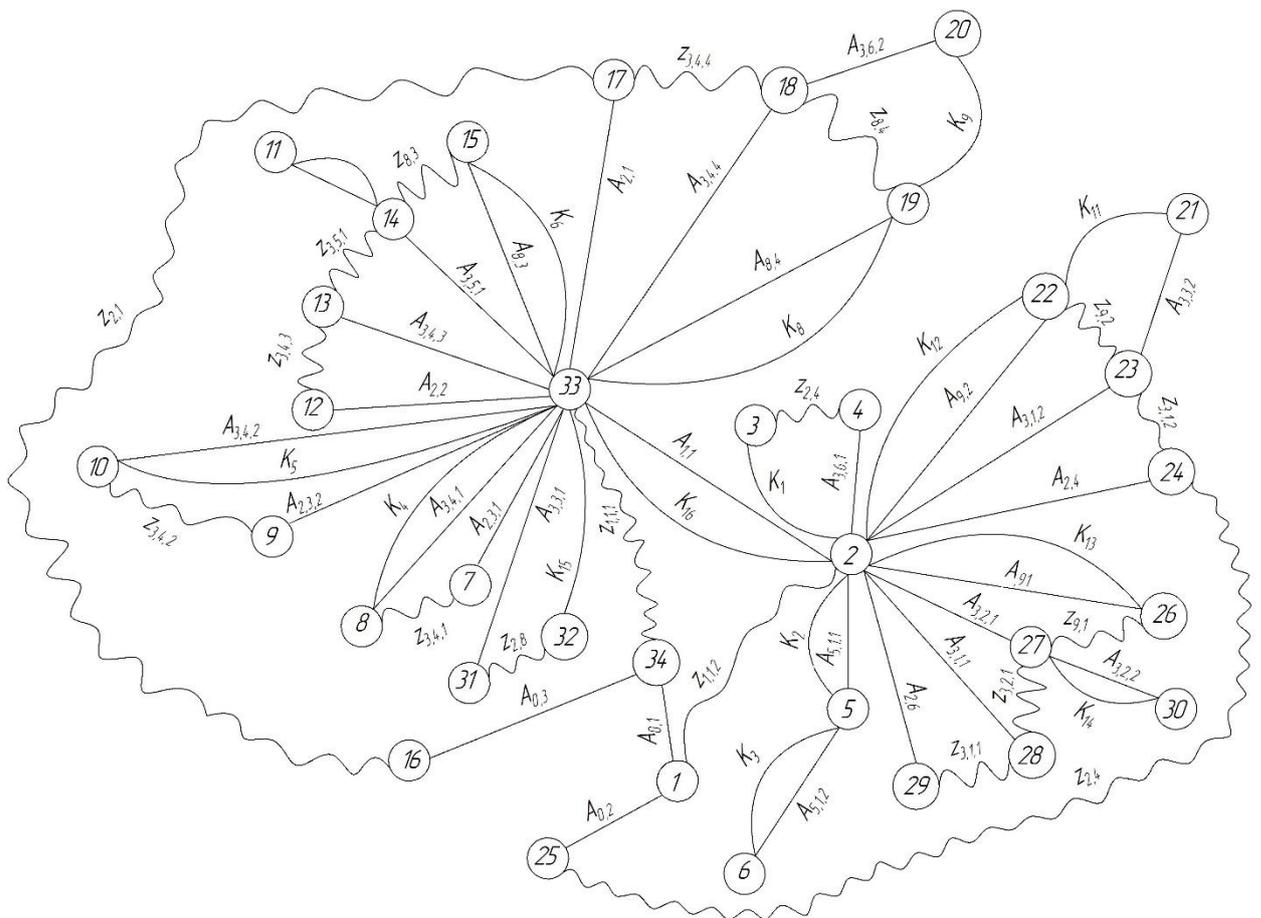


Рис. 12. Граф – дерево технологических размерных цепей

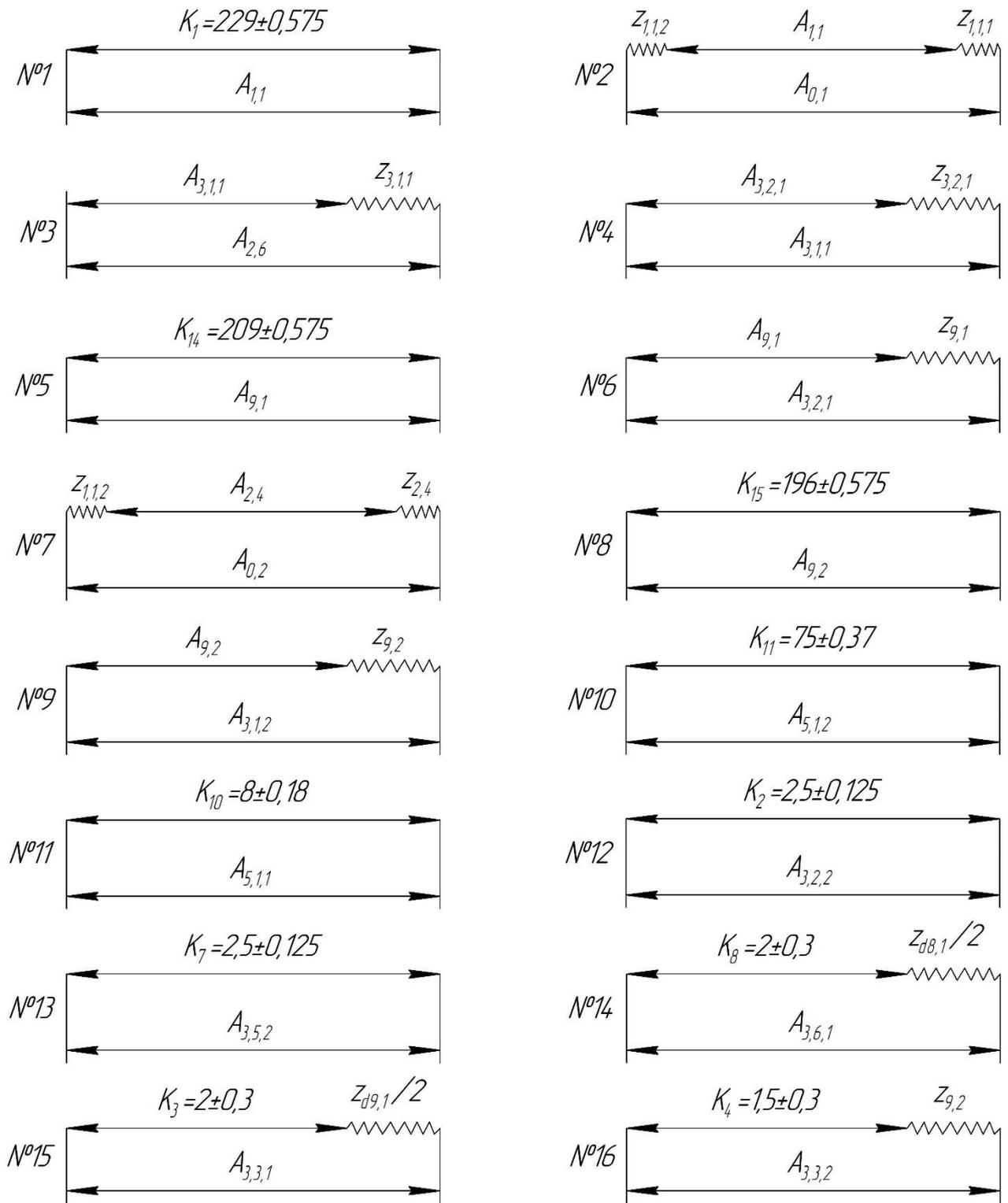


Рис. 13. Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении вала

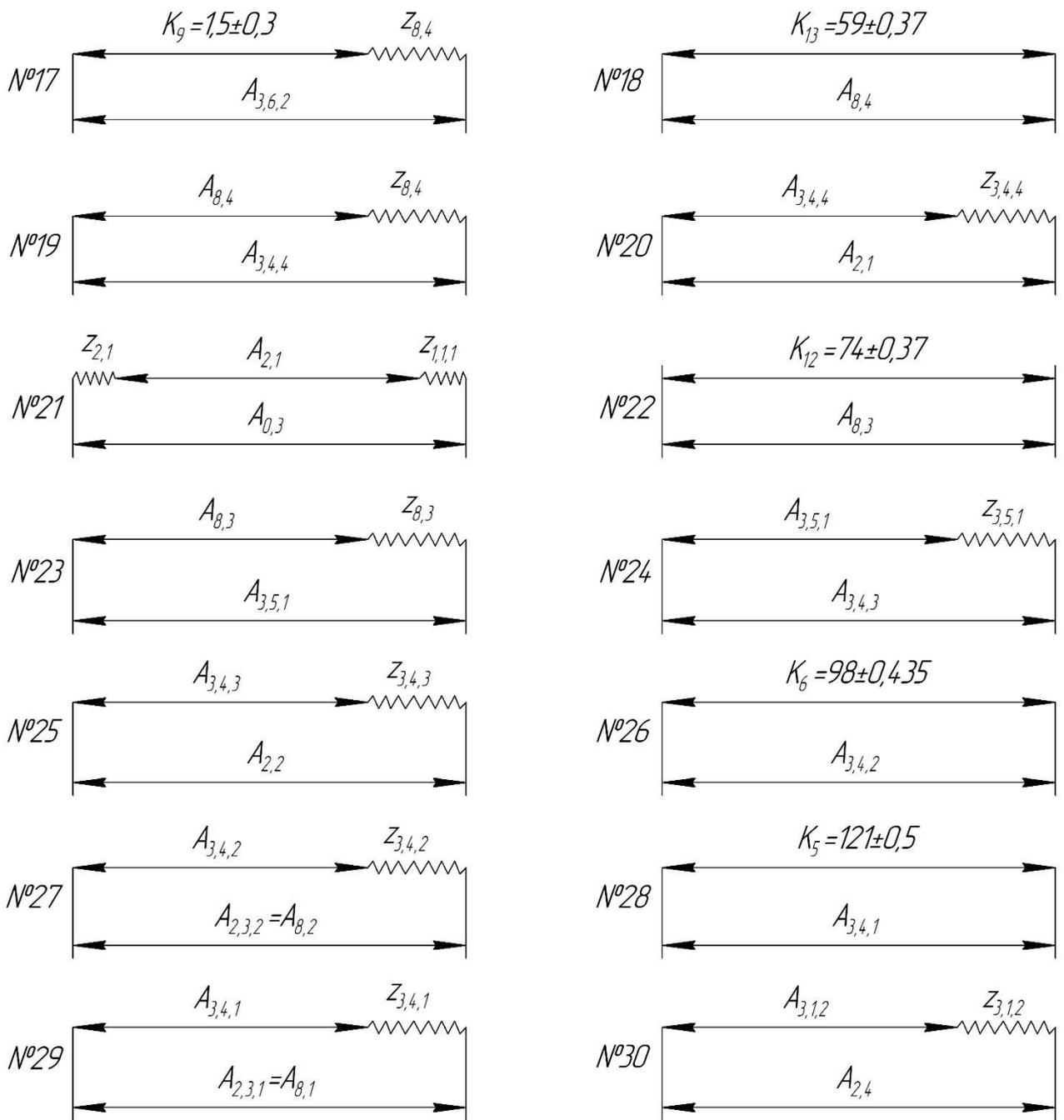


Рис. 13. Продолжение

Перед началом расчета технологических размеров проверим обеспечение точности конструкторских размеров исходя из условия $TK_i \geq \sum TA_i$.

Для размерной цепи №1

$$TK_1 = TA_{1.1} = 1,15 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №5

$$TK_{14} > TA_{9.1} \\ 1,15 \text{ мм.} > 0,1 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №8

$$TK_{15} > TA_{9.2} \\ 1,15 \text{ мм.} > 0,1 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №10

$$TK_{11} = TA_{5.1.2} = 0,74 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №11

$$TK_{10} > TA_{5.1.1} \\ 0,36 \text{ мм.} > 0,26 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №12

$$TK_2 = TA_{3.2.2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №13

$$TK_7 = TA_{3.5.2} = 0,25 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №14

$$TK_8 = 0,6 > 0,26 = 0,23 + 0,03 = TA_{3.6.1} + T_{z_{d8.1/2}}$$

Для размерной цепи №15

$$TK_3 = 0,6 > 0,2505 = 0,23 + 0,0205 = TA_{3.3.1} + T_{z_{d9.1/2}}$$

Для размерной цепи №16

$$TK_4 = 0,6 > 0,294 = 0,23 + 0,064 = TA_{3.3.2} + T_{z_{9.2}}$$

Для размерной цепи №17

$$TK_9 = 0,6 > 0,294 = 0,23 + 0,064 = TA_{3.6.2} + T_{z_{8.4}}$$

Для размерной цепи №18

$$TK_{13} > TA_{8.4} \\ 0,74 \text{ мм.} > 0,1 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №22

$$TK_{12} > TA_{8.3} \\ 0,74 \text{ мм.} > 0,1 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №26

$$TK_6 > TA_{3.4.2}$$

$$0,87 \text{ мм.} > 0,28 \text{ мм.}$$

Для размерной цепи №28

$$TK_5 > TA_{3.4.1}$$

$$1 \text{ мм.} > 0,28 \text{ мм.}$$

Все конструкторские размеры могут быть обеспечены с заданной точностью, так как условие выполняется для каждой размерной цепи.

Рассмотрим двухзвенные размерные цепи. Из этих цепей имеем

$$A_{1.1}=K_1=229\pm 0,575 \text{ мм;}$$

$$A_{3.5.2}=K_7=2,5\pm 0,125 \text{ мм;}$$

$$A_{9.1}=K_{14}=209\pm 0,575 \text{ мм;}$$

$$A_{8.4}=K_{13}=59\pm 0,37 \text{ мм;}$$

$$A_{9.2}=K_{15}=196\pm 0,575 \text{ мм;}$$

$$A_{8.3}=K_{12}=74\pm 0,37 \text{ мм;}$$

$$A_{5.1.2}=K_{11}=75\pm 0,37 \text{ мм;}$$

$$A_{3.4.2}=K_6=98\pm 0,435 \text{ мм;}$$

$$A_{5.1.1}=K_{10}=8\pm 0,18 \text{ мм;}$$

$$A_{3.4.1}=K_5=121\pm 0,5 \text{ мм.}$$

$$A_{3.2.2}=K_2=2,5\pm 0,125 \text{ мм;}$$

После этого последовательно рассматриваем размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером, используя способ средних значений, определяем его номинальное значение и предельные отклонения.

Из цепи №2 найдем длину заготовки $A_{0.1}$. Для этого подсчитаем среднее значение припусков

$$z_{1.1.1}^c = z_{1.1.1 \text{ min}} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1}}{2} = 1,369 + \frac{2,8 + 1,15}{2} = 3,344 \text{ мм;}$$

$$z_{1.1.2}^c = z_{1.1.2 \text{ min}} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1}}{2} = 1,249 + \frac{2,8 + 1,15}{2} = 3,224 \text{ мм.}$$

Затем определим среднее значение $A_{0.1}$

$$A_{0.1}^c = A_{1.1}^c + z_{1.1.1}^c + z_{1.1.2}^c = 229 + 3,344 + 3,224 = 235,568 \text{ мм.}$$

Округлим номинальное значение и примем длину заготовки $A_{0.1} = 236_{-1,0}^{+1,8} \text{ мм.}$

Из цепи №6 найдем технологический размер $A_{3.2.1}$. Для этого сначала подсчитаем

$$z_{9.1}^c = z_{9.1 \text{ min}} + \frac{TA_{9.1} + TA_{3.2.1}}{2} = 0,240 + \frac{1,15 + 0,28}{2} = 0,955 \text{ мм.}$$

Затем определим среднее значение этого технологического размера

$$A_{3.2.1}^c = A_{9.1}^c + z_{9.1}^c = 209 + 0,955 = 209,955 \text{ мм.}$$

Окончательно примем $A_{3.2.1} = 210 \pm 0,14 \text{ мм}$ (размер не относится ни к отверстиям, ни к валам).

Из размерной цепи №4 найдем технологический размер $A_{3.1.1}$.

Определим

$$z_{3.2.1}^c = z_{3.2.1 \min} + \frac{TA_{3.2.1} + TA_{3.1.1}}{2} = 0,085 + \frac{0,28 + 0,28}{2} = 0,365 \text{ мм.}$$

Подсчитаем

$$A_{3.1.1}^c = A_{3.2.1}^c + z_{3.2.1}^c = 210 + 0,365 = 210,365 \text{ мм.}$$

Окончательно примем $A_{3.1.1} = 210,4 \pm 0,14 \text{ мм.}$

Из размерной цепи №3 найдем технологический размер $A_{2.6}$. Для этого подсчитаем

$$z_{3.1.1}^c = z_{3.1.1 \min} + \frac{TA_{3.1.1} + TA_{2.6}}{2} = 0,380 + \frac{0,28 + 0,33}{2} = 0,685 \text{ мм.}$$

Вычислим

$$A_{2.6}^c = A_{3.1.1}^c + z_{3.1.1}^c = 210,4 + 0,685 = 211,085 \text{ мм.}$$

Окончательно примем $A_{2.6} = 211,1 \pm 0,16 \text{ мм.}$

Из размерной цепи №9 найдем технологический размер $A_{3.1.2}$. Найдем средний припуск

$$z_{9.2}^c = z_{9.2 \min} + \frac{TA_{9.2} + TA_{3.1.2}}{2} = 0,240 + \frac{1,15 + 0,28}{2} = 0,955 \text{ мм.}$$

Найдем

$$A_{3.1.2}^c = A_{9.2}^c + z_{9.2}^c = 196 + 0,955 = 196,955 \text{ мм.}$$

Окончательно примем $A_{3.1.2} = 197 \pm 0,14 \text{ мм.}$

Из размерной цепи №30 найдем технологический размер $A_{2.4}$.

$$z_{3.1.2}^c = z_{3.1.2 \min} + \frac{TA_{3.1.2} + TA_{2.4}}{2} = 0,380 + \frac{0,28 + 0,33}{2} = 0,685 \text{ мм.}$$

$$A_{2.4}^c = A_{3.1.2}^c + z_{3.1.2}^c = 197 + 0,685 = 197,685 \text{ мм.}$$

Окончательно примем $A_{2.4} = 197,7 \pm 0,16 \text{ мм.}$

Из цепи №7 найдем продольный размер заготовки $A_{0.2}$. Для этого подсчитаем среднее значение припусков

$$z_{2.4}^c = z_{2.4 \min} + \frac{TA_{0.2} + TA_{2.4}}{2} = 1,329 + \frac{2,8 + 0,33}{2} = 2,894 \text{ мм;}$$

$$z_{1.1.2}^c = z_{1.1.2 \min} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1}}{2} = 1,249 + \frac{2,8 + 1,15}{2} = 3,224 \text{ мм.}$$

Затем определим среднее значение $A_{0.2}$

$$A_{0.2}^c = A_{2.4}^c + z_{1.1.2}^c + z_{2.4}^c = 197,7 + 3,224 + 2,894 = 203,818 \text{ мм.}$$

Окончательно примем продольный размер заготовки $A_{0.2} = 204_{-1,0}^{+1,8} \text{ мм.}$

Из цепи №14 найдем технологический размер $A_{3.6.1}$ для точения фаски. Так как угол фаски равен 45° , то изменение фаски в продольном направлении после шлифования поверхности будет равно половине припуска на диаметр при шлифовании этой поверхности.

Вычислим

$$z_{d8.1}^c / 2 = z_{d8.1 \min} / 2 + \frac{TK_8 + TA_{3.6.1}}{2} = 0,565 / 2 + \frac{0,6 + 0,23}{2} = 0,6975 \text{ мм};$$

$$A_{3.6.1}^c = K_8^c + z_{d8.1}^c / 2 = 2 + 0,6975 = 2,6975 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3.6.1} = 2,7 \pm 0,125 \text{ мм}$.

Из цепи №15 найдем технологический размер $A_{3.3.1}$ аналогично расчету размерной цепи №14.

$$z_{d9.1}^c / 2 = z_{d9.1 \min} / 2 + \frac{TK_3 + TA_{3.3.1}}{2} = 0,578 / 2 + \frac{0,6 + 0,23}{2} = 0,7 \text{ мм};$$

$$A_{3.3.1}^c = K_3^c + z_{d9.1}^c / 2 = 2 + 0,7 = 2,7 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3.3.1} = 2,7 \pm 0,125 \text{ мм}$.

Из цепи №16 найдем технологический размер $A_{3.3.2}$.

$$A_{3.3.2}^c = K_4^c + z_{9.2}^c = 1,5 + 0,955 = 2,455 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3.3.2} = 2,5 \pm 0,125 \text{ мм}$.

Из цепи №17 найдем технологический размер $A_{3.6.2}$.

$$z_{8.4}^c = z_{8.4 \min} + \frac{TK_9 + TA_{3.6.2}}{2} = 0,240 + \frac{1,15 + 0,23}{2} = 0,93 \text{ мм};$$

$$A_{3.6.2}^c = K_9^c + z_{8.4}^c = 1,5 + 0,93 = 2,43 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3.6.2} = 2,5 \pm 0,125 \text{ мм}$.

Из цепи №19 найдем технологический размер $A_{3.4.4}$.

$$A_{3.4.4}^c = A_{8.4}^c + z_{8.4}^c = 59 + 0,93 = 59,93 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3.4.4} = 60 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Из цепи №20 найдем технологический размер $A_{2.1}$.

$$z_{3.4.4}^c = z_{3.4.4 \min} + \frac{TA_{3.4.4} + TA_{2.1}}{2} = 0,380 + \frac{0,23 + 0,28}{2} = 0,635 \text{ мм};$$

$$A_{2.1}^c = A_{3.4.4}^c + z_{3.4.4}^c = 60 + 0,635 = 60,635 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{2.1} = 60,7 \pm 0,14 \text{ мм}$.

Из цепи №21 найдем продольный размер заготовки $A_{0.3}$.

$$z_{2.1}^c = z_{2.1 \min} + \frac{TA_{2.1} + TA_{0.3}}{2} = 1,329 + \frac{0,28 + 2,2}{2} = 2,569 \text{ мм};$$

$$A_{0.3}^c = A_{2.1}^c + z_{2.1}^c + z_{1.1.1}^c = 60,7 + 2,569 + 3,344 = 66,613 \text{ мм}.$$

Окончательно примем продольный размер заготовки $A_{0.2} = 67_{-0.8}^{+1.4} \text{ мм}$.

Из цепи №23 найдем технологический размер $A_{3.5.1}$.

$$z_{8,3}^c = z_{8,3 \min} + \frac{TA_{8,3} + TA_{3,5.1}}{2} = 0,240 + \frac{0,74 + 0,23}{2} = 0,725 \text{ мм};$$

$$A_{3,5.1}^c = A_{8,3}^c + z_{8,3}^c = 74 + 0,725 = 74,725 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3,5.1} = 74,8 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Из цепи №24 найдем технологический размер $A_{3,4.3}$.

$$z_{3,5.1}^c = z_{3,5.1 \min} + \frac{TA_{3,5.1} + TA_{3,4.3}}{2} = 0,085 + \frac{0,23 + 0,23}{2} = 0,315 \text{ мм};$$

$$A_{3,4.3}^c = A_{3,5.1}^c + z_{3,5.1}^c = 74,8 + 0,315 = 75,115 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{3,4.3} = 75,2 \pm 0,1 \text{ мм}$.

Из цепи №25 найдем технологический размер $A_{2,2}$.

$$z_{3,4.3}^c = z_{3,4.3 \min} + \frac{TA_{3,4.3} + TA_{2,2}}{2} = 0,380 + \frac{0,23 + 0,28}{2} = 0,635 \text{ мм};$$

$$A_{2,2}^c = A_{3,4.3}^c + z_{3,4.3}^c = 75,2 + 0,635 = 75,835 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{2,2} = 75,9 \pm 0,14 \text{ мм}$.

Из цепи №27 найдем технологический размер $A_{2,3.2}$.

$$z_{3,4.2}^c = z_{3,4.2 \min} + \frac{TA_{3,4.2} + TA_{2,3.2}}{2} = 0,380 + \frac{0,28 + 0,33}{2} = 0,685 \text{ мм};$$

$$A_{2,3.2}^c = A_{3,4.2}^c + z_{3,4.2}^c = 98 + 0,685 = 98,685 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{2,3.2} = 98,7 \pm 0,15 \text{ мм}$.

Из цепи №29 найдем технологический размер $A_{2,3.1}$.

$$z_{3,4.1}^c = z_{3,4.1 \min} + \frac{TA_{3,4.1} + TA_{2,3.1}}{2} = 0,380 + \frac{0,28 + 0,33}{2} = 0,685 \text{ мм};$$

$$A_{2,3.1}^c = A_{3,4.1}^c + z_{3,4.1}^c = 121 + 0,685 = 121,685 \text{ мм}.$$

Окончательно примем $A_{2,2} = 121,7 \pm 0,14 \text{ мм}$.

1.10. Расчет режимов резания

Обработка наружной поверхности вала Ø37,1h11

Предварительное (черновое) точение Ø37,1h11

Глубина резания $t=4$ мм.

Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6.

Размер державки резца: 16×25 мм.

Подача $s=0,4$ мм/об.

Расчет скорости резания Ø37,1h11

Воспользуемся расчетом по формуле. При наружном продольном и поперечном точении и растачивании скорость резания V , м/мин, рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V, \quad (1.14)$$

где T – стойкость инструмента (период работы инструмента до затупления). Среднее значение стойкости T принимают 30-60 мин.

Значения коэффициента C_V и показателей степени приведены в табл.17 [1, стр. 422]. При наружном продольном точении проходным резцом из материала Т15К6 при подаче $s=0,4$ мм/об.

$$C_V=290; x=0,15; y=0,35; m=0,20.$$

K_V - поправочный коэффициент, для получения действительного значения скорости резания.

$$K_V = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Hv}, \quad (1.15)$$

где $K_{Mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_\delta} \right)^{nv}$ - коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств

обрабатываемого материала на скорость резания. Для стали 40Х предел прочности на

растяжение $\sigma_\delta=750$ МПа, $K_\Gamma=1$, $nv=1$ $K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1$;

$K_{Iv} = 1$ - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{Hv} = 1$ - коэффициент, учитывающий материал режущей части.

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Рассчитаем скорость резания

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{290}{(40^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,4^{0,35})} \cdot 1 = 155 \text{ м / мин.}$$

Расчет силы и мощности резания Ø37,1h11

Силу резания P раскладывают на составляющие силы, направленные по осям координат станка (P_z, P_y, P_x).

При наружном продольном точении:

$$P_{z,y,x} = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (1.16.)$$

где C_p – коэффициент, зависящий от обрабатываемого и режущего материала;

K_p – поправочный коэффициент.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.17.)$$

где K_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силу резания;

$K_{\varphi p}$ - коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане φ на силу резания;

$K_{\gamma p}$ - коэффициент, учитывающий влияние главного переднего угла в главной секущей плоскости γ на силу резания;

$K_{\lambda p}$ - коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки λ на силу резания;

K_{rp} - коэффициент, учитывающий влияние радиуса при вершине резца R на силу резания.

Коэффициенты и показатели степеней, найденные в табл. 23 [1, стр. 374], заносим в табл. 12.

Табл. 12. Расчет составляющих сил резания при черновом
обтачивание до диаметра Ø37,1h11

Сила	C_p	x	y	n	K_{mp}	$K_{\varphi p}$	$K_{\gamma p}$	$K_{\lambda p}$	K_{rp}	K_p	$P_{z,y,x}, H$
P_z	300	1	0,75	-0,15	1	0,89	1	1	1	1	2 736
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	1	0,5	1	1	1	1	1 062
P_x	339	1	0,5	-0,4	1	1,17	1	1	1	1	1 126

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 155^{-0,15} \cdot 0,89 = 2\,435 \text{ H};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,4^{0,6} \cdot 155^{-0,3} \cdot 0,5 = 531 \text{ H};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 4^1 \cdot 0,4^{0,5} \cdot 155^{-0,4} \cdot 1,17 = 1\,317 \text{ H}.$$

Мощность резания рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ [кВт]}, \quad (1.18.)$$

где P_z – тангенциальная составляющая силы резания (совпадающая по направлению с вектором скорости резания), H ; V – скорость резания, $м/мин$.

В нашем случае при черновой обточке Ø37,1h11:

$$N = \frac{2435 \cdot 155}{1020 \cdot 60} = 6,16 \text{ кВт}.$$

Рассчитываем **число оборотов шпинделя** $n_{расч}$:

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 155}{\pi \cdot 37,1} = 1331 \text{ об / мин.} \quad (1.19.)$$

где d_{max} – наибольший диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

В техническом паспорте станка находим ближайшее **меньшее** число оборотов шпинделя (**меньшее** – т.к. даже при незначительном увеличении скорости резания может произойти существенное уменьшение стойкости режущего инструмента): $n_{пр} = 1300 \text{ об/мин}$.
Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{пр}}{1000}, \text{ [м / мин]}. \quad (1.20.)$$

В нашем случае действительная скорость резания V_{δ} :

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot 37,1 \cdot 1300}{1000} = 151,4 \text{ м / мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания N_{δ} :

$$N_{\delta} = \frac{2736 \cdot 151,4}{1020 \cdot 60} = 6,77 \text{ кВт.}$$

Получистовое точение Ø36,7h9

Глубина резания $t=0,35 \text{ мм}$.

Резец - проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава T15K6.

Размер державки резца: $16 \times 25 \text{ мм}$.

При радиусе при вершине резца $1,6 \text{ мм}$ и требуемой шероховатости определяем подачу $S=0,49 \text{ мм/об}$.

Расчет скорости резания Ø36,7h9

По формуле 1.14:

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot S^y)} \cdot K_V,$$

При наружном продольном точении проходным резцом из материала T15K6 при подаче $s=0,49 \text{ мм/об}$ по табл.17 [1, стр. 368].

$$C_V=290; x=0,15; y=0,35; m=0,20.$$

$$K_V = K_{M_V} \cdot K_{П_V} \cdot K_{П_V},$$

$$K_{M_V} = 1 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1, K_{П_V} = 1, K_{П_V} = 1:$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Рассчитаем скорость резания

$$V = \frac{C_V}{(T^m \cdot t^x \cdot s^y)} \cdot K_V = \frac{290}{(40^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,49^{0,35})} \cdot 1 = 209 \text{ м / мин.}$$

Расчет силы и мощности резания Ø36,7h9

При наружном продольном точении, также используем формулу 1.16:

$$P_{z,y,x} = 10C_P \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_P,$$

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP},$$

Коэффициенты и показатели степеней, найденные в табл. 23 [1, стр 376.], заносим в табл. 13.

Таблица 13. Расчет составляющих сил резания при полуступовом
обтачивание до диаметра Ø36,7h9

Сила	C_P	x	y	n	K_{MP}	$K_{\varphi P}$	$K_{\gamma P}$	$K_{\lambda P}$	K_{rP}	K_P	$P_{z,y,x} \text{ Н}$
P_z	300	1	0,75	-0,15	1	0,89	1	1	1	1	2 736
P_y	243	0,9	0,6	-0,3	1	0,50	1	1	1	1	1 062
P_x	339	1	0,5	-0,4	1	1,17	1	1	1	1	1 126

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,49^{0,75} \cdot 209^{0,15} \cdot 0,89 = 240,8 \text{ Н};$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 0,35^{0,9} \cdot 0,49^{0,6} \cdot 209^{-0,3} \cdot 0,5 = 61,7 \text{ Н};$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 0,35^1 \cdot 0,49^{0,5} \cdot 209^{-0,4} \cdot 1,17 = 109,7 \text{ Н}.$$

Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{240,8 \cdot 209}{1020 \cdot 60} = 0,82 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем число оборотов шпинделя $n_{расч}$:

$$n_{расч} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{max}} = \frac{1000 \cdot 209}{\pi \cdot 36,7} = 1813 \text{ об / мин.}$$

Принимаем $n_{пр} = 1800 \text{ об/мин.}$

Рассчитываем действительную (уточненную) скорость резания при принятом числе оборотов шпинделя:

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot 36,7 \cdot 1800}{1000} = 207,4 \text{ м / мин.}$$

Уточненная (действительная) мощность резания N_{δ} :

$$N_{\delta} = \frac{240,8 \cdot 207,4}{1020 \cdot 60} = 0,816 \text{ кВт.}$$

Шлифование круглое Ø36k6

Предварительное шлифование

Глубина шлифования $t=0,237$ мм.

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

ПП 22А 40 СТ2 К5 6 ГОСТ 2424-83,

где 22А – марка абразивного зерна (электрокорунд белый); 40 – зернистость круга (размер зерна 400 мкм); СТ2 – твердость круга (среднетвердый 2); К5 – марка связки (керамическая 5); 6 – структура круга.

По выбранному диаметру круга и паспортным данным станка определяем скорость вращения круга:

$$V_K = \frac{\pi \cdot D_K \cdot n_K}{1000 \cdot 60}, \quad (1.21.)$$

где D_K - диаметр круга; n_K - частота вращения шпинделя.

Тогда

$$V_K = \frac{3,14 \cdot 500 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 33,28 \text{ м/с.}$$

Скорость детали принимаем в соответствии с рекомендациями приведенными в таблице 55 [4, с. 301]: $v_3 = 30$ м/мин.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi D_3} = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 36} = 265,4 \text{ об/мин.} \quad (1.22.)$$

Принимаем $n_3 = 250$ об/мин, тогда:

$$v_3 = \frac{\pi D_3 n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 36 \cdot 250}{1000} = 28,26 \text{ м/мин.} \quad (1.23.)$$

Глубину резания выбираем по таблице 130 [1, с. 438]: $t = 0,05$ мм. (предварительное) на один двойной ход. Общее количество двойных ходов 5.

Продольную подачу выбираем по таблице 130 [1, с. 438]: $s = 0,7$ м/мин.

Эффективная мощность, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, \text{ [кВт]}; \quad (1.24.)$$

где значение коэффициента C_N и показателей степени по табл. 131 [1, стр. 441].

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 28,26^{0,75} \cdot 0,0028^{0,85} \cdot 36^{0,7} = 1,3 \text{ кВт.}$$

Проверка по мощности:

$$N \leq N_{cm} \cdot \eta \quad (1.25.)$$

где $N_{cm} = 7,5 \text{ кВт}$ – мощность главного электродвигателя в кВт ;

$\eta = 0,9$ – КПД привода.

$$1,3 < 6,75.$$

Окончательное шлифование

Глубина шлифования $t=0,1 \text{ мм}$.

Выбираем шлифовальный круг на основе электрокорунда белого:

ПП 22А 20 СМ2 К5 6 ГОСТ 2424-83,

где: 22А – марка абразивного зерна (электрокорунд белый); 20 – зернистость круга; СМ2 – твёрдость круга (среднемягкий 2); К5 – марка связки (керамическая 5); 6 – структура круга.

Глубину резания выбираем по таблице 130 [1, с. 438]: $t = 0,015 \text{ мм}$. на один двойной ход. Общее количество двойных ходов 7.

Продольную подачу выбираем по таблице 130 [1, с. 438]: $s = 0,3 \text{ м/мин}$.

Эффективная мощность, при шлифовании периферией круга:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q, [\text{кВт}];$$

$$C_N = 1,3; r = 0,75; x = 0,85; y = 0,7.$$

Тогда:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q = 1,3 \cdot 28,26^{0,75} \cdot 0,0012^{0,85} \cdot 36^{0,7} = 0,64 \text{ кВт}.$$

Фрезерование шпоночного паза

Шпоночная фреза из быстрорежущей стали.

Характеристики фрезы: $D_{fp} = 8 \text{ мм}$, $z = 2$.

По табл. 80 [1, стр.406] определяем:

$s_z=0,007 \text{ мм}$. - осевое врезание на глубину шпоночного паза;

$s_z=0,022 \text{ мм}$. - продольное движение фрезы.

Глубина фрезерования $t=4,4 \text{ мм}$.

Определим скорость осевого врезания по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, [\text{м/мин}]; \quad (1.25.)$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [1, с.407]:

$$C_v=12; q=0,3; x=0,3; y=0,25; u=0; p=0; m=0,26.$$

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Iv} = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \quad (1.26.)$$

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 80 \text{ мин}$.

Найдем скорость фрезерования шпоночного паза:

$$v = \frac{12 \cdot 8^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 4,4^{0,3} \cdot 0,022^{0,25}} = 11,7 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 11,7}{3,14 \cdot 8} = 465,7 \text{ об / мин.}$$

Принимаем $n = 450 \text{ об / мин.}$

Силу резания продольного фрезерования определим по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, [H]; \quad (1.27.)$$

где z – число зубьев фрезы;

n – частота вращения фрезы, об/мин.

Значение коэффициентов C_p и показателей степени найдем по табл. 83 [1, 411]:

$$C_p = 68,2; q = 0,86; x = 0,86; y = 0,72; u = 1; w = 0.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 4^{0,86} \cdot 0,022^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 2}{8^{0,86} \cdot 450^0} \cdot 1 = 408,7 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{kp} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{408,7 \cdot 8}{200} = 16,3 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (1.28.)$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{408,7 \cdot 11,7}{1020 \cdot 60} = 780 \text{ Вт.} \quad (1.29.)$$

Фрезерование торцов заготовки

Торцевая фреза, оснащенная пластинами из твердого сплава.

Характеристики фрезы: $D_{fp} = 63 \text{ мм.}, z = 10.$

По табл. 75 [1, стр.403] определяем подачу на зуб фрезы:

$$s_z = 0,1 \text{ мм.}$$

Глубина фрезерования $t = 4,6 \text{ мм.}$

Определим скорость резания:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} K_v, [м / мин]; \quad (1.30.)$$

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 81 [1, с.407]:

$$C_v = 332; q = 0,2; x = 0,1; y = 0,4; u = 0,2; p = 0; m = 0,2.$$

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Iv} \cdot K_{Iv} = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8$$

Стойкость фрезы определяем по таблице 82 [4, с. 411]: $T = 180$ мин.

Тогда скорость осевого врезания будет равна:

$$v = \frac{332 \cdot 63^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 4,6^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 50^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,8 = 212,6 \text{ м / мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 212,6}{3,14 \cdot 63} = 1075 \text{ об / мин.}$$

Силу резания продольного фрезерования определим по формуле

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{Mp}, [H]; \quad (1.31.)$$

Значение коэффициентов C_p и показателей степени найдем по табл. 83 [1, 411]:

$$C_p = 825; x = 1; y = 0,75; u = 1,1; q = 1,3; w = 0,2.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,6^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 50^{1,1} \cdot 10}{63^{1,3} \cdot 1075^{0,2}} = 5632 \text{ Н.}$$

Крутящий момент на шпинделе

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{5632 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 1774 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Мощность резания

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{5632 \cdot 212,6}{1020 \cdot 60} = 19,56 \text{ кВт.}$$

Нарезание цилиндрических зубьев

Червячная фреза из быстрорежущей стали.

Характеристики фрезы: $D_{фр} = 90$ мм., $z = 10$.

Расчет длины рабочего хода $L_{р.х} = 26$ мм;

Подача $S_0 = 2$ мм / об;

Скорость резания по табл. 196 [5, стр.305] $v_{табл} = 70$ м / мин.

Найдем частоту вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_\phi} = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 90} = 247 \text{ об / мин.}$$

Исходя из возможных характеристик станка, максимальное предельное число оборотов фрезерного шпинделя которого составляет 192 об/мин.

Уточним скорость резания по принятой частоте вращения шпинделя

$$v = \frac{\pi \cdot d_\phi \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 192}{1000} = 54,2 \text{ м / мин.}$$

1.11. Выбор средств технологического оснащения

1) Фрезерно-центровальный станок МР-73М.

Табл. 14. Технические характеристики фрезерно-центровального станка МР-73М.

Наименование параметра	Величина
Диаметр обрабатываемой заготовки, мм	25...125
Длина обрабатываемой заготовки, мм	500...1250
Число скоростей шпинделя фрезы	6
Частота вращения шпинделя фрезы, мин ⁻¹	249, 358,
Рабочая подача фрезы (бесступенчатое регулирование), мм/мин	20...400
Мощность всех электродвигателей, кВт	13
Габариты станка, мм	3790x1575

2) Токарный станок с ЧПУ 16ГС25Ф3.

Табл. 15. Технические характеристики токарного станка с ЧПУ 16ГС25Ф3

Наименование параметра	Величина
Показатели заготовки, обрабатываемой на станке	
Наибольший диаметр заготовки, устанавливаемый над станиной, мм	500
Диаметр обрабатываемой заготовки над станиной / над суппортом, мм, не более	320/200
Наибольшая высота резца, устанавливаемого в резцедержателе, мм	25
Показатели рабочих и установочных перемещений	
Наибольший ход суппорта по оси X / по оси Z, мм, не более	210 / 905
Количество управляемых осей координат/количество одновременно управляемых осей координат	2/2
Скорость быстрых ходов продольных / поперечных, мм/мин, не более	10000 / 7500
Показатели основных движений станка	
Пределы частот вращения шпинделя, оборотов/минуту	20-2500
Пределы рабочих подач, мм/минуту - продольных - поперечных	20-5000 10-2500
Показатели силовой характеристики станка	
Наибольший крутящий момент, кНм, не менее	0,8
Наибольшее усилие подачи суппорта, кН, не менее	10
Показатели габарита и массы станка	
Длина, мм,	3220
Ширина, мм,	2260
Высота, мм,	1750
Масса станка, кг,	3800
Характеристики электрического оборудования	
Мощность электродвигателя главного движения, кВт	11
Суммарная мощность установленных на станке электродвигателей, кВт	19,6
Класс точности станка по ГОСТ 8-82	II

3) Зубофрезерный станок 5Д32.

Табл. 16. Технические характеристики зубофрезерного станка 5Д32

Наименование параметра	Величина
<i>Основные параметры станка</i>	
Наибольший модуль нарезаемого колеса по стали, мм	2..6
Наибольший диаметр нарезаемых цилиндрических прямозубых колес (0°), мм	800
Расстояние между осями стола и фрезы, мм	30..500
Расстояние от плоскости стола до оси фрезы, мм	200..510
Диаметр стола, мм	475
Наибольший диаметр режущего инструмента - фрезы, мм	120
<i>Механика станка</i>	
Пределы оборотов фрезы, об/мин	47,5..192
Пределы вертикальных (продольных) подач фрезы, мм/об	0,5..3
Пределы радиальных подач подвижной стойки, мм/об	0,1..1,0
<i>Привод и электрооборудование станка</i>	
Электродвигатель главного привода, кВт	2,8
Электродвигатель насоса охлаждения, кВт	0,15
<i>Габаритные размеры и масса станка</i>	
Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм	2395 x 1210 x 1975
Масса станка с электрооборудованием и охлаждением, кг	3660

4) Вертикально - фрезерный станок 6К11.

Табл. 17. Технические характеристики вертикально – фрезерного станка 6К11

Наименование параметра	Величина
Размеры рабочей поверхности стола, мм	250 x 1000
Наибольшее перемещение стола, мм	
продольное	710
поперечное	250
вертикальное	400
Пределы подач стола, мм/минуту	
продольной	35-1020
поперечной	27-790
вертикальной	9-264
Количество частот вращения шпинделя	12
Пределы частот вращения шпинделя, мин ⁻¹	16-1600
Мощность электродвигателей приводов, кВт	
подач	1,5
шпинделя	5,5
Габаритные размеры станка, мм	2135 x 1725 x 2290

5) Круглошлифовальный станок 3С120В

Табл. 18. Технические характеристики круглошлифовального станка 3С120В

Наименование параметра	Величина
Размеры устанавливаемой заготовки, тах, мм:	
- в центрах: диаметр / длина	125/400
- в патроне: диаметр / длина	125/250
Размеры шлифования, тах, мм	
-в центрах: диаметр / длина	125/360
-в патроне при наружном шлифовании: диаметр/длина	125/150
-в патроне при внутреннем шлифовании: диаметр/длина	50/75
Масса устанавливаемой заготовки, тах, кг: в центрах / в патроне	15/8
Класс точности по ГОСТ 8	В
Шероховатость обработанных поверхностей образцов-изделий, Ra:	
- цилиндрической наружной	0.16
- цилиндрической внутренней	0.32
- плоской торцовой	0.63
Размеры шлифовального круга, тах, мм	
для наружного шлифования:	
-основной круг-наружный диам/высота	350/40
-наружный диаметр / высота	32/25
Окружная скорость вращения шлиф. круга, не более, м/с	35
Суммарная мощность эл/двигател., кВт	5,18
Габаритные размеры с отдельно расположенным оборудованием, мм:	
- длина	2020
- ширина	1900
- высота	1600
Масса нетто, кг	2700

1.12. Нормирование технологических операций

1.12.1. Расчет основного времени

Токарная операция.

Основное время для токарных операций определяем по формуле:

$$T_o = L \cdot i / (n \cdot S), \text{ мин}; \quad (1.32.)$$

где L – расчётная длина обработки, мм;

i - число рабочих ходов;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

S – подача, мм/об.

Расчётная длина обработки:

$$L = l + l_{\epsilon} + l_{\text{пер}} + l_{\text{под}}, \quad (1.33.)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_{ϵ} – длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – длина перебега инструмента, мм;

$l_{\text{под}}$ – длина подвода инструмента к заготовке, мм.

Принимаем $l_{\text{под}} = 1$ мм; $l_{\text{пер}} = 2$ мм;

Величина врезания инструмента:

$$l_{\text{вп}} = t / \text{tg} \phi, \quad (1.34.)$$

где t – глубина резания, мм;

ϕ - угол в плане.

Так как $\phi = 90^\circ$, то $l_{\text{вп}} = 0$.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$T_o = \frac{(l + l_{\text{под}} + l_{\text{пер}}) \cdot i}{n \cdot S}, \text{ [мин]}. \quad (1.35.)$$

Переход 1: черновое точение поверхности Ø44 справа от торца a ;

$$T_o = \frac{(l + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(168,3 + 1) \cdot 1}{1100 \cdot 0,4} = 0,38 \text{ мин.}$$

Переход 2: черновое точение поверхности Ø36 справа от торца a ;

$$T_o = \frac{(l + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(153,1 + 1) \cdot 1}{1300 \cdot 0,4} = 0,3 \text{ мин.}$$

Переход 3: черновое точение поверхностей Ø32, Ø30;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(130,3+1) \cdot 1}{1500 \cdot 0,4} = 0,22 \text{ мин.}$$

Переход 4: черновое точение поверхности Ø44 слева от торца з;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(31,3+1) \cdot 1}{1100 \cdot 0,4} = 0,073 \text{ мин.}$$

Переход 5: черновое точение поверхности Ø66;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}+l_{неп}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(26+1+2) \cdot 1}{700 \cdot 0,4} = 0,1 \text{ мин.}$$

Переход 6: чистовое поверхностей Ø36, Ø44, Ø66 слева от торца з;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}+l_{неп}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(60+1+2) \cdot 1}{1800 \cdot 0,49} = 0,07 \text{ мин.}$$

Переход 7: точение канавки;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(0,82+1) \cdot 1}{1800 \cdot 0,2} = 0,005 \text{ мин.}$$

Переход 8: точение фаски 36

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(2,7+1) \cdot 1}{1800 \cdot 0,2} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 9: точение фаски 66

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(2,5+1) \cdot 1}{1800 \cdot 0,2} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход 10: чистовое Ø30, Ø32, Ø36, Ø44

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(170+1) \cdot 1}{1800 \cdot 0,49} = 0,2 \text{ мин.}$$

Зубофрезерная операция.

Основное время на выполнение зубофрезерной операции назначим по рекомендации [3, стр.230]

$$T_o = 5 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция.

Переход 1: врезания шпоночной фрезы;

$$T_o = \frac{(l+l_{нод}) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n} = \frac{(4,4+1) \cdot 1}{0,007 \cdot 2 \cdot 450} = 0,86 \text{ мин.}$$

Переход 2: фрезерования шпоночного паза;

$$T_o = \frac{(l+l_{nod}) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n} = \frac{(75+0) \cdot 1}{0,022 \cdot 2 \cdot 450} = 3,8 \text{ мин.}$$

Фрезерно-центровая операция

Переход 1: фрезерование торцов;

$$T_o = \frac{(l+l_{nod}+l_{пер}+l_{сп}) \cdot i}{s_z \cdot z \cdot n} = \frac{(50+2+3+3) \cdot 1}{0,1 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,06 \text{ мин.}$$

Шлифовальная операция

Переход 1: шлифования поверхности Ø30;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(93+5) \cdot 12}{300} = 7,84 \text{ мин.}$$

Переход 2: шлифования поверхности Ø32;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(38+5) \cdot 12}{300} = 3,44 \text{ мин.}$$

Переход 3: шлифования поверхности Ø36 справа от торца в;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(24+5) \cdot 12}{300} = 2,32 \text{ мин.}$$

Переход 4: шлифования поверхности Ø44 справа от торца з ;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(15+5) \cdot 12}{300} = 1,6 \text{ мин.}$$

Переход 5: шлифования поверхности Ø36 слева от торца з;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(20+5) \cdot 12}{300} = 2 \text{ мин.}$$

Переход 6: шлифования Ø44 слева от торца ж;

$$T_o = 2 \cdot \frac{(l+l_{nod}) \cdot 12}{s_m} = 2 \cdot \frac{(13+5) \cdot 12}{300} = 1,44 \text{ мин.}$$

1.12.2. Определение норм вспомогательного времени

Для определения норм вспомогательного времени воспользуемся имеющимися рекомендациями [Общемашиностроительные нормативы].

Вспомогательное время для заготовительной операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, время на перемещение частей станка, а также время на измерение детали.

Вспомогательное время:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} \quad (1.36.)$$

Фрезерно-центровая операция:

$$t_{всп} = (t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм}) \cdot K = (0,15 + 0,1 + 0,8 + 0,09) \cdot 1,15 = 1,31 \text{ мин.}$$

При установке с выверкой отливок, имеющих необработанную установочную поверхность, время умножаем на коэффициент $K=1,15$.

Токарная черновая операция :

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{м.в} + t_{изм} = 2 \cdot 0,55 + 0,2 + 7 \cdot 0,14 = 2,28 \text{ мин.}$$

Токарная получистовая операция:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{м.в} + t_{изм} = 2 \cdot 0,46 + 0,5 + 0,2 = 1,62 \text{ мин.}$$

Зубофрезерная операция:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{изм} = 0,7 + 0,4 + 0,2 = 1,3 \text{ мин.}$$

Фрезерная операция:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} = 0,6 + 0,2 + 0,1 + 0,12 = 1,02 \text{ мин.}$$

Круглошлифовальная операция:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} = 2 \cdot 0,46 + 0,4 + 0,8 + 7 \cdot 0,33 = 3,47 \text{ мин.}$$

1.12.3. Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{пз}}{N}, \quad (1.37.)$$

где $t_{шт.}$ - штучное время, мин;

$t_{пз}$ - подготовительно заключительное время, мин;

N - число деталей в партии, шт.

В свою очередь штучное время определим:

$$t_{шт.} = t_{осн} + t_{всп} + t_{оо} + t_{то} + t_{пер}, \quad (1.38.)$$

где $t_{оо}$ - время на организационное обслуживание, мин;

$t_{то}$ - время на техническое обслуживание, мин;

$t_{пер}$ - время перерывов, мин.

Время на организационное обслуживание расходуется на пуск и опробывание станков в начале смены, уборку и смазку станков в конце смены.

Под временем на техническое обслуживание понимается в первую очередь на подналадку станка и смену затупившегося инструмента, а также на уборку стружки.

Время перерывов расходуется на отдых и личные надобности.

Оперативное время рассчитывают по формуле:

$$t_{оп} = \sum t_o + t_{всп}. \quad (1.39.)$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{оп}^1 = \sum t_o + t_{всп} = 0,16 + 1,31 = 1,47 \text{ мин;}$$

$$t_{оп}^2 = \sum t_o + t_{всп} = 1,07 + 2,28 = 3,35 \text{ мин;}$$

$$t_{оп}^3 = \sum t_o + t_{всп} = 0,32 + 1,62 = 1,94 \text{ мин;}$$

$$t_{оп}^4 = \sum t_o + t_{всп} = 5 + 1,3 = 6,3 \text{ мин};$$

$$t_{оп}^5 = \sum t_o + t_{всп} = 4,66 + 1,02 = 5,68 \text{ мин};$$

$$t_{оп}^6 = \sum t_o + t_{всп} = 18,64 + 3,47 = 22,11 \text{ мин.}$$

Время перерывов, организационного и технического обслуживания обычно принимается в процентном отношении к оперативному времени. Для среднесерийного производства эта величина составляет 3..5%.

В таком случае формула расчета штучного времени принимает вид:

$$t_{шт.} = t_{оп} * \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}, \quad (1.40.)$$

где α - процент времени на техническое обслуживание;

β - процент времени на организационное обслуживание;

γ - процент времени перерывов.

Принимаем время перерывов: $\gamma = 4\%$, время на организационное и техническое обслуживание $\alpha + \beta = 8\%$.

Тогда штучное время по формуле определим как:

$$t_{шт.}^1 = t_{оп}^1 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^1 = 1,47 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 1,47 = 1,65 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^2 = t_{оп}^2 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^2 = 3,35 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 3,35 = 3,75 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^3 = t_{оп}^3 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^3 = 1,94 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 1,94 = 2,17 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^4 = t_{оп}^4 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^4 = 6,3 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 6,3 = 7,05 \text{ мин.}$$

$$t_{шт.}^5 = t_{оп}^5 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^5 = 5,68 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 5,68 = 6,36 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^6 = t_{оп}^6 \cdot \left(\frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп}^6 = 22,11 \cdot \left(\frac{8 + 4}{100\%} \right) + 22,11 = 24,76 \text{ мин.}$$

Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций:

$$t_{пз}^1 = 21 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^2 = 15 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^3 = 20 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^4 = 24 \text{ мин.}$$

$$t_{пз}^5 = 13 \text{ мин.}$$

$$t_{пз}^6 = 11 \text{ мин.}$$

Тогда величину штучно-калькуляционного времени по формуле определим как:

$$t_{\text{шт.к.}}^1 = t_{\text{шт.}}^1 + \frac{t_{\text{пз}}^1}{n} = 1,65 + \frac{21}{57} = 2,02 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^2 = t_{\text{шт.}}^2 + \frac{t_{\text{пз}}^2}{n} = 3,75 + \frac{15}{57} = 4,01 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^3 = t_{\text{шт.}}^3 + \frac{t_{\text{пз}}^3}{n} = 2,17 + \frac{20}{57} = 2,52 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^4 = t_{\text{шт.}}^4 + \frac{t_{\text{пз}}^4}{n} = 7,05 + \frac{24}{57} = 7,47 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^5 = t_{\text{шт.}}^5 + \frac{t_{\text{пз}}^5}{n} = 6,36 + \frac{13}{57} = 6,59 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^6 = t_{\text{шт.}}^6 + \frac{t_{\text{пз}}^6}{n} = 24,76 + \frac{11}{57} = 24,95 \text{ мин.}$$

2. Конструкторская часть

2.1 Анализ исходных данных

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана фрезерная операция. Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице 19.

Табл. 19. Техническое задание для проектирования специального приспособления

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Зажимное устройство для фрезерования шпоночного паза вала на вертикально – фрезерном станке модели 6К11.
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки ступенчатого вала.
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – среднесерийный Программа выпуска - 2000 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели 6К11.
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация.

2.2 Описание приспособления

Приспособление устанавливается на стол станка. Пневмоцилиндр связан с рычагами, посредством которых передается зажимное усилие на заготовку. Рабочим органом служит сжатый воздух в цилиндре. Зажим заготовки происходит путем сжатия пневмоцилиндра, а при его выдавливании напротив. Приспособление универсально и подходит для многих типов вертикально-фрезерных станков. К достоинствам такого зажимного устройства относится, простота эксплуатации, небольшая стоимость, ремонтпригодность и простота конструкции.

2.3 Схема приспособления

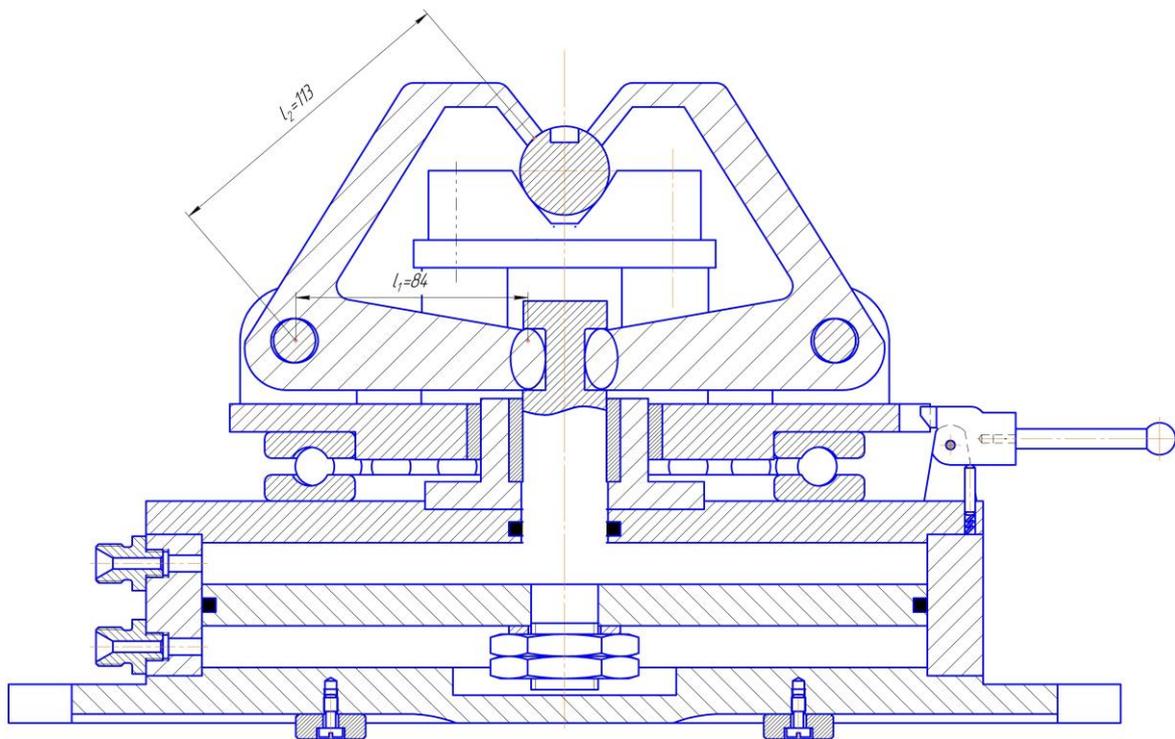


Рис. 14. Схема приспособления

2.4 Расчет усилия зажима

Исходные данные для расчета: материал обрабатываемой детали – конструкционная углеродистая сталь 40Х; операция № 5 – фрезерование шпоночного паза; сила резания $P_z=408 \text{ Н}$; диаметр закрепленной части $d_0=32\text{мм}$; диаметр обрабатываемой части $d=30\text{мм}$. Рассчитаем усилие зажима приспособления.

$$N = \frac{P_h \cdot 2,5}{2f}$$

$$P_h = 0,4 \cdot P_z = 0,4 \cdot 408 = 163,2 \text{ Н.}$$

Тогда

$$N = \frac{P_h \cdot 2,5}{2f} = \frac{163,2 \cdot 2,5}{2 \cdot 0,1} = 2040 \text{ Н.}$$

f – коэффициент трения, принимаем равным 0,1.

Плечи рычагов

$$l_1 = 84 \text{ мм};$$

$$l_2 = 113 \text{ мм}.$$

$$Q = \frac{2N \cdot l_2}{l_1} = \frac{2 \cdot 2040 \cdot 0,113}{0,084} = 5489 \text{ Н}.$$

Найдем диаметр цилиндра, пользуясь формулой

$$Q = \left(\frac{\pi D_{\text{ц}}^2 \cdot l_2}{4} - \frac{\pi d_{\text{шт}}^2}{4} \right) \cdot p;$$

где p – давление в пневмоцилиндре;

$D_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндра;

$d_{\text{шт}}$ – диаметр штока цилиндра.

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{Q}{p} + \frac{\pi d_{\text{шт}}^2}{4} \right)}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \left(\frac{5489}{0,4} + \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} \right)}{3,14}} = 133 \text{ мм}.$$

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛЗ1	Саванович Степан Андреевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<p>1. Стоимость ресурсов для изготовления детали «Ступенчатый вал»</p>	<p>1. Стоимость основных материалов определить на основе данных прайс-листов организаций-продавцов материалов 2. Часовые тарифные ставки по разрядам работ: 1 разряд - 40 руб./час. 2 разряд - 51 руб./час. 3 разряд - 65 руб./час. 4 разряд - 82,96 руб./час. 5 разряд - 105,81 руб./час. 6 разряд - 135 руб./час. Разряды работ определить исходя из ЕТКС, раздел «Механическая обработка металлов и других материалов» 3. Тариф на электроэнергию - 5.8 руб/кВт.ч.</p>
<p>3. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p>	<p>Для расчетов принять следующие пределы нормативов расходования ресурсов: -коэффициент транспортно-заготовительных расходов - 0.06 -затраты на содержание рабочих занятых обслуживанием машин и оборудования, непосредственно не занятых изготовлением продукции - 40 % от полной зарплаты и отчислений от нее основных рабочих -затраты на материалы, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается - 20% от величины амортизации -затраты на ремонт оборудования -100-120% от основной зарплаты основных рабочих. -общецеховые расходы - 50 - 80 %, от основной зарплаты основных рабочих -общехозяйственные расходы -50% от основной зарплаты основных рабочих. -расходы на реализацию - 1% от производственной себестоимости</p>
<p>4. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>Ставка отчислений на социальные нужды - 30% от ФОТ Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве - 0.7% от ФОТ Налог на добавленную стоимость - 18% от цены изделия.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Расчет себестоимости изготовления детали «Ступенчатый вал»	<p>1.Провести расчет затрат на основные и вспомогательные материалы (за вычетом возвратных отходов)</p> <p>2.Провести расчет затрат на основную и дополнительную заработную плату основных производственных рабочих, отчислений на социальные нужды.</p> <p>3.Провести расчет величины расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.</p> <p>4. Провести расчет величины общецеховых, общехозяйственных, внепроизводственных расходов.</p> <p>5.Провести расчет себестоимости.</p>
2. Расчет цены детали «Ступенчатый вал» с НДС	Расчет произвести с использованием нормативного метода ценообразования. Норму рентабельности принять в пределах 5-20%
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Калькуляция себестоимости детали «Ступенчатый вал»	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Гаврикова Н.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л31	Саванович Степан Андреевич		

3. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Целью данного раздела является расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях.

3.1. Расчет затрат по статье «Сырье и материалы»

Статья включает стоимость основных материалов, входящих непосредственно в состав изготавливаемого изделия (детали), а также вспомогательных материалов, используемых на технологические цели. Затраты на основные материалы для каждого (i -го) вида в отдельности рассчитываются по формуле

Стоимость материала: на изготовления 1 шт. составит:

$$C_{\text{мо}} = w \cdot \Pi_{\text{м}} \cdot (1 + k_{\text{тз}}) = 4 \cdot 32,7 \cdot (1 + 0,06) = 137 \text{ руб.}$$

где w – норма расхода материала на деталь;
 $\Pi_{\text{м}}$ – цена материала, ден. ед./кг.; $k_{\text{тз}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тз}} = 0,06$).

Вспомогательные материалы на тех. цели: примем 15% от стоимости материала

$$C_{\text{мв}} = C_{\text{мо}} \cdot 0,15 = 0,15 \cdot 137 = 20,55 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные расходы: примем 15% от стоимости материала

$$C_{\text{тр.з}} = C_{\text{мо}} \cdot 0,15 = 0,15 \cdot 137 = 20,55 \text{ руб.}$$

Полные затраты, включаемые в данную статью, равны сумме:

$$C_{\text{м}} = C_{\text{мо}} + C_{\text{мв}} + C_{\text{тр.з}} = 137 + 20,55 + 20,55 = 178,1 \text{ руб.}$$

3.2. Расчет затрат по статье «Возвратные изделия и полуфабрикаты»

Данная статья включает стоимость отходов по цене их реализации на сторону, данная величина исключается из производственной себестоимости продукции.

$$C_{\text{от}} = M_{\text{от}} \cdot \Pi_{\text{от}} = (V_{\text{чр}} - V_{\text{чст}}) \cdot (1 - \beta) \cdot \Pi_{\text{от}}$$

где $M_{\text{от}}$ – количество отходов в физических единицах, получаемых при изготовлении единицы продукции;

$\Pi_{\text{от}}$ – цена отходов, $\Pi_{\text{от}} = 6,7$ руб/кг;

$V_{\text{чр}}$ – масса заготовки;

$V_{\text{чст}}$ – чистая масса детали;

β – доля безвозвратных потерь (принять 0.02).

$$C_{от} = (4 - 2,45) \cdot (1 - 0,02) \cdot 6,7 = 10,18 \text{ руб.}$$

3.3. Расчет затрат по статье «Основная заработная плата производственных рабочих»

В данную статью включаются затраты на оплату труда рабочих, связанных с изготовлением продукции.

$$C_{озп} = \sum_{i=1}^{K_0} \frac{t_i^{\text{шт.к.}}}{60} \cdot \text{ЧТС}_i \cdot K_{пр}$$

где $t_i^{\text{шт.к.}}$ – штучное время выполнения i -й операции, мин;

K_0 – количество операций в процессе;

ЧТС_i – часовая тарифная ставка на i -й операции;

$K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий доплаты, выплаты и премии, предусмотренные законодательством о труде. При проектировании следует принять его равным 1.4.

Для производства детали типа «Ступенчатый вал» потребуется 6 рабочих.

Разряды производственного персонала

- 1) Фрезерно-центровальная операция – 1 рабочий 5-го разряда;
- 2) Токарная с ЧПУ – 1 рабочий 5-го разряда;
- 3) Фрезерная и зубофрезерная – 1 рабочий 5-го разряда;
- 4) Шлифовальная – 1 рабочий 5-го разряда.

$$C_{озп} = \frac{2,02 + 4,01 + 2,52 + 7,47 + 6,59 + 24,95}{60} \cdot 105,81 \cdot 1,4 = 117,42 \text{ руб.}$$

3.4. Расчет затрат по статье «Дополнительная заработная плата производственных рабочих»

Данная статья учитывает предусмотренные законодательством о труде выплаты за непроработанное на производстве время: оплата очередных, дополнительных и учебных отпусков; оплата времени, связанного с прохождением медицинских осмотров и выполнением государственных обязанностей и т.п. Расчет дополнительной зарплаты выполняется по формуле:

$$C_{дзп} = C_{озп} \cdot k_d;$$

где $C_{озп}$ – основная зарплата, ден. ед.;

k_d – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату. При проектировании следует принять его равным 0,1.

$$C_{дзп} = 117,42 \cdot 0,1 = 11,74 \text{ руб.}$$

3.5. Расчет затрат по статье «Налоги, отчисления в бюджет и внебюджетные фонды»

Здесь включаются отчисления по установленным законодательством нормам в фонд социальной защиты населения, пенсионный фонд, медицинское страхование и на др. соц. нужды.

$$C_n = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}}) \cdot (C_{\text{с.н.}} + C_{\text{стр}}) / 100;$$

где $C_{\text{озп}}$ – основная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{\text{дзп}}$ – дополнительная зарплата производственных рабочих, ден. ед.;

$C_{\text{с.н.}}$ – ставка социального налога (принять 30 %);

$C_{\text{стр}}$ – ставка страховых взносов по прочим видам обязательного страхования (принять 0,7%).

$$C_n = \frac{(117,42 + 11,74) \cdot (30 + 0,7)}{100} = 39,65 \text{ руб.}$$

3.6. Расчет затрат по статье «Расходы по содержанию и эксплуатации машин и оборудования»

Данная статья включает следующие виды расходов:

- 1) Амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки), обозначение C_a ;
- 2) Эксплуатация оборудования (кроме расходов на ремонт);
- 3) Ремонт оборудования;
- 4) Внутризаводское перемещение грузов;
- 5) Погашение стоимости инструментов и приспособлений общего назначения;
- 6) Прочие расходы.

$$A_{\text{год}} = \sum_{i=1}^T \Phi_i \cdot H_{ai} + \sum_j^m \Phi_j \cdot H_{aj}$$

где Φ_i – первоначальная (балансовая) стоимость ед-цы оборуд-ия i -го типа, $i=1, \dots, T$;

T – количество типов используемого оборудования;

Φ_{jj} – то же для j -го типа оснастки $j=1, \dots, m$;

m – количество типов используемой оснастки;

$H_{обi}$ и $H_{оснj}$ – соответствующие нормы амортизации.

Табл. 20. Оборудование и его стоимость.

Станок	Балансовая стоимость, руб
Фрезерно-центровальный полуавтомат МР-73М	300 000
Зубофрезерный вертикальный полуавтомат 5Д32	750 000
Вертикальный консольно-фрезерный станок 6К11	2 400 000
Токарный станок с ЧПУ 16ГС25Ф3	3 200 000
Круглошлифовальный станок 3С120В	700 000

Норма амортизации в общем виде определяется по формуле):

$$H_a = \frac{1}{T_{\text{ти}}}$$

где $T_{\text{ти}}$ – срок полезного использования, лет.

Для всех станков примем:

$$H_a = \frac{1}{10} = 0,1.$$

Подсчитаем стоимость амортизации оборудования:

$$A_{\text{год}} = (300\,000 + 750\,000 + 2\,400\,000 + 3\,200\,000 + 700\,000) \cdot 0,1 = 735\,000 \text{ руб.}$$

Ожидаемая средняя загрузка используемого :

$$l_{\text{кр}} = \frac{N_{\text{в}} \cdot \sum_{i=1}^P t_i^{\text{шт.к.}}}{\sum_{i=1}^P F_i}$$

где $N_{\text{в}}$ – годовой объем выпуска изделия (детали), шт.;

P – количество операций в технологическом процессе;

$t_i^{\text{шт.к.}}$ – штучно-калькуляционное время на i -й операции

процесса, $i = 1, \dots, P$;

F_i – действительный годовой фонд времени работы оборудования, используемого на i -й операции с учетом принятого количества рабочих смен.

Для металлорежущих станков 1–30 категорий ремонтной сложности при односменной работы $F_i = 1160$ часов, при двухсменном режиме работы $F_i = 4029$ часов, при более высокой сложности – 3904 часа.

$$l_{\text{кр}} = \frac{2000 \cdot (2,02 + 4,01 + 2,52 + 7,47 + 6,59 + 24,95)/60}{4029 \cdot 6} = 0,065$$

Если $l_{\text{кр}} < 0,6$, то амортизация оборудования и ценного инструмента (оснастки)

$$C_a = \left(\frac{A_{\text{г}}}{N_{\text{в}}} \right) \cdot \left(\frac{l_{\text{кр}}}{\eta_{\text{з.н.}}} \right)$$

где $\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования (для среднесерийного – 0,8).

$$C_a = \frac{735\,000}{2000} \cdot \frac{0,065}{0,8} = 29,86 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{экс}} = (C_{\text{озп}} + C_{\text{дзп}} + C_{\text{н}}) \cdot 0,4 = (117,42 + 11,74 + 39,65) \cdot 0,4 = 67,52 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов, расходуемых для обеспечения работы оборудования, принимается в размере 20% от величины амортизации, т.е.

$$C_{\text{мэкс}} = C_a \cdot 0,2 = 29,86 \cdot 0,2 = 6 \text{ руб.}$$

Расход энергии равен сумме затрачиваемой мощности всех переходов умноженной на штучное время.

$$C_{\text{эл.п}} = C_{\text{э}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \sum_{i=1}^P (W_i \cdot K_{\text{Вi}} \cdot t_i^{\text{шт.к.}})$$

$$P_{\text{тэ}} = \sum_{i=1}^P (W_i \cdot K_{\text{Вi}} \cdot t_i^{\text{шт.к.}})$$

$$P_{\text{тэ}} = 13 \cdot \frac{2,02}{60} + 17 \cdot \frac{4,01}{60} + 17 \cdot \frac{2,52}{60} + 3 \cdot \frac{7,47}{60} + 7 \cdot \frac{6,59}{60} + 5,1 \cdot \frac{24,95}{60}$$

$$= 5,54 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Тариф на электроэнергию $C_{\text{тэ}} = 5,8 \text{ руб/кВтч}$;

Тогда:

$$C_{\text{эл.п}} = 5,8 \cdot 1,05 \cdot 5,54 = 33,74 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{рем}} = C_{\text{озп}} \cdot 1 = 117,42 \cdot 1 = 117,42 \text{ руб.}$$

Погашение стоимости инструмента и остнастки

$$C_{\text{ион}} = \frac{(1 + k_{\text{тэ}}) \cdot \sum_{i=1}^P C_{\text{иi}} \cdot t_{\text{рез.i}} \cdot m_i}{T_{\text{ст.и.i}} \cdot n_i}$$

где $C_{\text{иi}}$ – цена инструмента, используемого на i -й операции, $i = 1, \dots, P$;

$t_{\text{рез.i}}$ – время работы инструмента, применяемого на i -й операции, мин.;

m_i – количество одновременно используемых инструментов;

$T_{\text{ст.и.i}}$ – период стойкости инструмента, мин.;

n_i – возможное количество переточек (правок) инструмента;

$k_{\text{тэ}}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов ($k_{\text{тэ}} = 0,06$).

Табл. 21. Приспособление и его стоимость

Приспособление	Балансовая стоимость, руб	Срок эксплуатации, лет	Затраты в год, руб.	Затраты на ед. продукции, руб.
Зажимное устройство для фрезерования шпоночного паза	35 000	5	7 000	3,5
Ремонтный комплект	5 000	5	1 000	0,5

Табл. 22. Стоимость инструмента.

Наименование инструмента	Время работы, мин	Стойкость, мин	Цена, руб	$\frac{C_{и} \cdot t_{рез} \cdot m}{T_{ст.и} \cdot n}$
Торцевая фреза Ø63 с СМП из твердого сплава	0,06	55	4 050	8,83
Резец проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6	1,073	60	150	2,68
Резец проходной прямой с режущей пластиной из твердого сплава Т15К6	0,27	60	150	0,675
Фасонный резец	0,01	20	50	0,025
Резец подрезной отогнутый ВК8 16 × 10 × 100 мм	0,04	18	28	0,062
Фреза червячная 80 × 60 × 32 Р6М5	5	50	1480	74
Шпоночная фреза Ø8 из быстрорежущей стали	4,66	8	85	16,5
Шлифовальный круг ПП 22А 40 СТ2 К5	18,64	40	600	27,96

$$C_{ион} = (1 + 0,06) \cdot (8,83 + 2,68 + 0,675 + 0,025 + 0,062 + 74 + 16,5 + 27,9) = 127,7 \text{ руб.}$$

$$C_{аоб} = 3,5 + 0,5 = 4 \frac{\text{руб}}{\text{шт}}$$

3.7. Расчет затрат по статье «Общеховые расходы»

Общеховые расходы распределяются между выпускаемыми изделиями пропорционально основной зарплате производственных рабочих с помощью нормативного коэффициента $k_{оц}$, рассчитываемого отдельно по каждому цеху. При отсутствии конкретных заводских данных его следует принять равным 50 – 80 %, от основной зарплаты

производственных рабочих, т.е.

$$C_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{оп}} = C_{\text{озп}} \cdot 0,7 = 117,42 \cdot 0,7 = 82,19 \text{ руб.}$$

Приближенно можно дифференцировать значения $k_{\text{оп}}$ в зависимости от типа производства: среднесерийное – 0,7.

3.8. Расчет затрат по статье «Общехозяйственные расходы»

На данную статью относятся затраты по общему управлению предприятием, не связанные непосредственно с процессом производства и включающие в себя затраты на содержание административно-управленческого персонала; амортизационные отчисления и расходы на содержание и ремонт основных средств управленческого и общехозяйственного назначения (офисного оборудования, зданий и сооружений); расходы на отопление, освещение и оплату предприятия; плату за воду и землю и т.д. Расчет производится с помощью коэффициента $k_{\text{ох}}$, устанавливающего нормативное соотношение между величиной данных затрат и основной зарплатой производственных рабочих. Рекомендуемое значение $k_{\text{ох}} = 0,5$, т.е.

$$C_{\text{ох}} = C_{\text{озп}} \cdot k_{\text{ох}} = 117,42 \cdot 0,5 = 58,71 \text{ руб.}$$

3.9. Расчет затрат по статье «Расходы на реализацию»

Статья включает затраты, связанные с реализацией изготовленной продукции: хранение и упаковка на складах готовой продукции; доставку продукции на станции и в порты отправления; рекламу и сбытовую сеть; комиссионные сборы посреднических организаций и пр. Эти расходы рекомендуется принять равными 1% от производственной себестоимости.

$$C_{\text{рлз}} = \sum C_i \cdot 0.01 = (178,1 - 10,18 + 117,42 + 11,74 + 39,65 + 29,86 + 67,52 + 6 + 33,74 + 117,42 + 127,7 + 4 + 82,19 + 58,71) \cdot 0.01 = 8,64 \text{ руб.}$$

3.10. Расчет прибыли

Прибыль следует принять в размере 5-20% от полной себестоимости проекта.

$$П = \sum C_i \cdot 0.2 = (178,1 - 10,18 + 117,42 + 11,74 + 39,65 + 29,86 + 2.1 \quad 67,52 + 6 + 33,74 + 117,42 + 127,7 + 4 + 82,19 + 58,71 + 8,64) \cdot 0,2 = 174,5 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{поли}} = 873 \text{ руб.}$$

3.11. Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы полной себестоимости изделия и прибыли.

$$\text{НДС} = C_{\text{поли}} \cdot 0.18 = 873 \cdot 0.18 = 157,14 \text{ руб.}$$

3.12. Цена изделия

Цена равна сумме полной себестоимости + прибыли + НДС.

$$\text{Цена} = C_{\text{поли}} + П + \text{НДС} = 873 + 174,5 + 157,14 = 1\,205 \text{ руб.}$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛЗ1	Саванович Степан Андреевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТМСИР
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Тема дипломной работы: Разработка технологического процесса изготовления ступенчатого вала

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Целью данной работы является создание модели технологического бюро и находящееся в нем оборудование (ПК)
2. Описание рабочего места на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды
(для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, токсичными веществам., которые могут образовываться в процессе работы оборудования, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от станков, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей от ПК);
 - опасных проявлений факторов производственной среды
(в связи с присутствием электричества для питания ПК и освещенности лаборатории, наличии горючих (СО) материалов необходимо предусмотреть, если есть, то перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);
 - необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от оборудования, парниковые и токсичные газы, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;
- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - а) приводится перечень всех используемых в работе вредных веществ, их агрегатное состояние, класс опасности (токсичности), механизм воздействия их на организм человека, единицы измерения количества (концентрации); приводится перечень средств коллективной и индивидуальной защиты персонала, а также защиты окружающей среды;
 - б) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);
 - в) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;
 - г) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;
 - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
 - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ; – б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожаробнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации оборудования, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия – разрабатываются превентивные меры по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);
<p>Перечень графического материала:</p> <p>1) Пути эвакуации</p> <p>2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛЗ1	Саванович Степан Андреевич		

4.1. Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрено технологическое бюро и находящееся в оборудовании (ПК).

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании бюро необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

4.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

В бюро, где находятся различные электроустановки, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) не комфортных метеоусловий; б) вредных веществ; в) производственного шума; г) недостаточной освещенности; д) электромагнитного излучения;

Метеоусловия

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к.

происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\varphi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Табл. 23. Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

Вредные вещества

Среди химических веществ, выделяющихся при работе оргтехники, наибольший вред приносят краски копиров и принтеров. Эти краски называются тонерами. Представляют они собой мелкодисперсную смесь, в состав которой входят композитные полимеры или уголь. Во время печати, копирования выделяются всевозможные (нередко токсичные) органические вещества. Наиболее опасным веществом является озон.

Во время работы копировальной техники выделяется большое количество озона. Небольшое содержание этого газа в воздухе оказывает благоприятный эффект на организм человека. Только при работе копиров озона выделяется намного больше, чем после грозы.

В больших концентрациях озон очень опасен. Дело в том, что озон – сильный окислитель. Поступая в избыточном количестве в организм человека, этот газ ускоряет окислительные процессы, происходящие в клетках. Неправильное развитие клеток может стать толчком к

возникновению новообразований. Длительное воздействие больших доз озона способствует преждевременному старению.

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.1313-03", утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, озон относится к 1-му классу опасности (1 класс - чрезвычайно опасные), величина ПДК = 0,1 мг/м³, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – пар и/или газ.

Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;

- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения. Использование отдельного помещения для компьютеров, серверной;
 - применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения. Использование специальных материалов, например, мягкие материалы для изоляции. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %;
- СИЗ
- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в офисе должно быть не менее 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$S = A \times B$, где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{п} = 70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_z = 1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z = 1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛХБ-40, световой поток которой равен $\Phi_{лц} = 2700$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД – 2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1230 мм, ширина – 266 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле: $h = h_n - h_p$,

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР:

$h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 2 = 2,2 \text{ м}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7 + 6)} = 1,6$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при $\rho_{п} = 70\%$, $\rho_{с} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$.

Найдем количество ламп, которое нам требуется:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{л} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2700 \cdot 0,47} = 16 \text{ ламп.}$$

Общее количество светильников $n=8$.

Световой поток определим по формуле:

$$\Phi_{п} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{16 \cdot 0,47} = 2764,6 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2700 - 2764,6}{2700} \cdot 100\% = 2,4\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 2,4\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 1 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

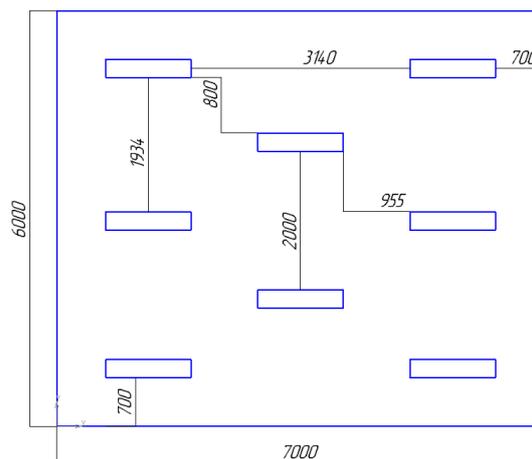


Рис. 15. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Электромагнитные поля

В бюро используются электроприборы, которые создают электромагнитные поля.

Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей на организм человека.

Основным источником неблагоприятных воздействий на организм является видео дисплейный терминал (ВДТ), который также называют дисплеем или монитором.

Для предотвращения неблагоприятного влияния на здоровье человека вредных факторов производственной среды и трудового процесса при работе с ПЭВМ необходимо руководствоваться Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормами "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы", разработанными в соответствии с Федеральным законом "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения" и "Положением о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании".

Мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса ВДТ (на электронно-лучевой трубке) при любых положениях регулировочных устройств не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать возможность поворота корпуса в горизонтальной

и вертикальной плоскости с фиксацией в заданном положении для обеспечения фронтального наблюдения экрана ВДТ. Дизайн ПЭВМ должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света. Корпус ПЭВМ, клавиатура и другие блоки и устройства ПЭВМ должны иметь матовую поверхность с коэффициентом отражения 0,4 - 0,6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики.

Конструкция ВДТ должна предусматривать регулирование яркости и контрастности.

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

- уменьшение излучения от источника;
- экранирование источника излучения и рабочего места;
- установление санитарно-защитной зоны;
- поглощение или уменьшение образования зарядов статического электричества;
- устранение зарядов статического электричества;
- применение средств индивидуальной защиты.

СИЗ

Поглощение электромагнитных излучений осуществляется поглотительным материалом путем превращения энергии электромагнитного поля в тепловую. В качестве такого материала применяют каучук, поролон, пенополистирол, ферромагнитный порошок со связывающим диэлектриком, волосяные маты, пропитанные графитом.

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”.

Экраны из металлической сетки и металлических прутков в виде навесов, козырьков применяют для защиты от излучений промышленной частоты (рис. 8.1). Они должны быть заземлены. Допустимая величина защитного сопротивления заземления экранирующих устройств не должна быть более 10 Ом.

4.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

4.3.1. Факторы электрической природы

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды

(помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.
3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Бюро относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте. Также необходимо заземлять и занулять электрические приборы.

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках.

Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В.

Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.

Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

Безопасные номиналы: $U=12-36\text{В}$, $I=0,1\text{ А}$, $R_{\text{заз}}=4\text{ Ом}$.

4.3.2. Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , V_n , G_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 бюро относится к категории В - Горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без

наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например, ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок 2).

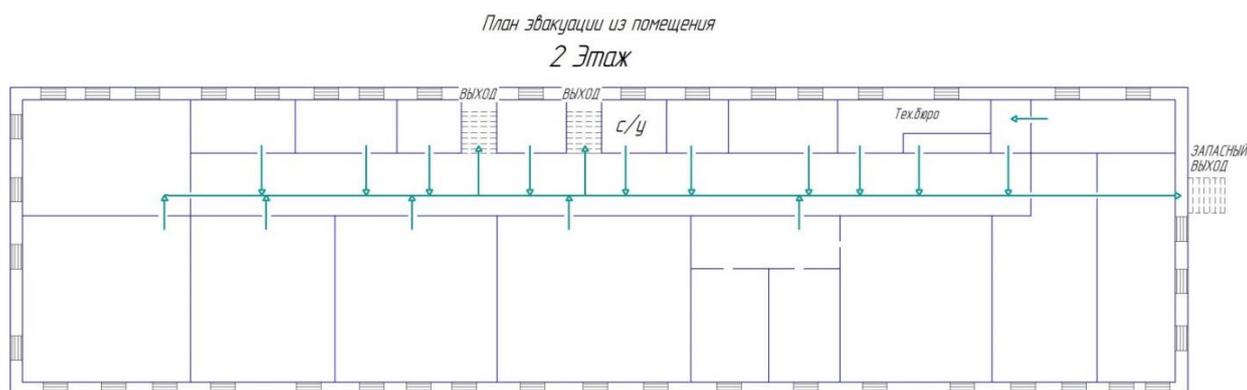


Рис 2. Пути эвакуации.

4.4. Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Металлическую стружку необходимо спрессовывать и пересылать на новокузнецкий Новокузнецкий металлургический комбинат. Для защиты от абразивной пыли устанавливается установка для очистки воздуха от абразивной пыли, после чего абразивная пыль идет на переработку. СОЖ после истечения эксплуатационных свойств фильтруют, смешивают с эмульсией в пропорциях, указанных на таре.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Все эти бытовые отходы необходимо расфасовывать только по бытовому характеру. В отдельные

мусорные баки, которые установлены на специальной площадке около здания. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

4.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Обогреватели должны независимые от центрального отопления, то есть, например, на газу или электричестве их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. В случаи обрыва линий электропередач должны быть предусмотрены электрогенераторы, которые и будем использовать для электрообогревателей и другого вида оборудования. Нужно иметь запасы воды для сотрудников и для технических нужд. Заключить договоры с транспортными компаниями, что переложит ответственность в случаи ЧС на них.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии, предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи. Также необходимо исключить распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, Должностные лица должны раз в полгода проводить тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

4.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
2. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
11. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
12. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
13. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
14. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры
15. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

Список литературы

- 1) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 944 с.
- 2) Обработка металлов резанием: Справочник технолога. А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
- 3) Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – Томск: издательство Томского политехнического университета, 2006. – 99с.
- 4) Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1974, 421с. (ЦБПНТ при НИИТруда).
- 5) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 912 с.
- 6) Горбацевич А.Ф, Шкред В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015. – 256 с.
- 7) Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2002. – 357с.
- 8) Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. – М., 1996
- 9) Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, А.М. Плахов – Томск: Изд-во Томского политехнического универ-та, 2014. – 11 с. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
- 10) Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.