

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: ИнЭО

Направление подготовки: 15.03.01. «Машиностроение»

Кафедра: ТМСПР

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Совершенствование технологического процесса изготовления шлицевого вала»

УДК 621.824.4-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Матинин Юрий Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мухолзоев А.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю.М.	Доктор технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТМСПР	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р2	Применять глубокие знания в области современных технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой материалов и изделий, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов машиностроения
Р4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий обработки материалов, нанотехнологий, создания новых материалов в сложных и неопределенных условиях
Универсальные компетенции	
Р11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: ИнЭО

Направление подготовки: 15.03.01. «Машиностроение»

Кафедра: ТМСПР

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ТМСПР

_____ Вильнин А.Д.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Матинину Юрию Сергеевичу

Тема работы:

«Совершенствование технологического процесса изготовления
шлицевого вала»

Утверждена приказом директора (дата, номер)

18.04.2017 №2771/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Деталь – вал шлицевой; материал - 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71; масса – 80,1 кг; годовая программа выпуска – 1000 шт.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Совершенствование технологического процесса изготовления детали вал шлицевой. Разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.
Перечень графического материала	Чертёж детали; чертёж приспособления; карта технологического процесса; размерная схема и граф технологического процесса.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
1. Технологический	Мухолзоев Андрей Владимирович
2. Конструкторский	Мухолзоев Андрей Владимирович
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Шулинина Юлия Игоревна
4. Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мухолзоев А.В.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Матинин Юрий Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Матинину Юрию Сергеевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСНР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема: «Совершенствование технологического процесса изготовления шлицевого вала»

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 17000 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженера 30%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценочная карта конкурентных технических решений*
2. *График Гантта*
3. *Расчет бюджета затрат НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Шулинина Ю.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Матинин Юрий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л22	Матинину Юрию Сергеевичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ТМСР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема: «Совершенствование технологического процесса изготовления шлицевого вала»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	<i>Объектом исследования является деталь «Вал» Материал детали – сталь марки 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71 Рабочая зона расположена в производственном цеху завода ООО «Анжеромаш».</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды:	<i>Вредные и опасные факторы : 1.движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования; 2.недостаточная освещенность рабочей зоны; расчёт освещения на рабочем месте. 3. повышенный уровень шума на рабочем месте; 4. отклонение параметров микроклимата; 5. электробезопасность; 6. загазованность и запылённость. 7. пожарная безопасность</i>
2. Экологическая безопасность:	<i>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду: наличие отходов – стружка, СОЖ, абразивная пыль.</i>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Защита в чрезвычайных ситуациях: - Приводятся возможные для Сибири ЧС: сильные морозы, предполагаемая 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</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<i>Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л22	Матинин Юрий Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115 стр, 10 рис., 22 табл., 15 источников, 2 прил.

Ключевые слова:

Технология машиностроения, технологический процесс, режущие инструменты, режимы резания, прокат, металлообрабатывающие станки, приспособление, социальная ответственность, финансовый менеджмент.

Объектом изучения является:

Технология изготовления шлицевого вала, входящего в силовой узел забойного скребкового конвейера серии «Анжера»

Цель работы:

- совершенствование технологического процесса изготовления шлицевого вала.
- разработка приспособления, назначение режимов резания и инструмента для обработки, расчет экономических показателей.

В процессе изучения проводились:

- расчет заготовки;
- расчет технологических размеров, общих и операционных припусков;
- размерный анализ техпроцесса;
- расчет режимов резания и норм времени для операций техпроцесса.
- расчет точности приспособления.

В результате изучения:

- рассчитаны уточненные технологические размеры;
- даны рекомендации по выбору режимов резания, режущего инструмента и оборудования;

Степень внедрения:

На стадии обсуждения с технологическим отделом СКБ.

Область применения:

Изделие общего машиностроения, входящее в силовой узел забойного скребкового конвейера серии «Анжера».

Содержание

Введение.....	10
1. Технологическая часть	11
1.1. Исходные данные. Назначение детали и её конструкторско- технологическое описание.	11
1.2. Определение типа, форм и методов организации работ.	13
1.3. Анализ технологичности конструкции детали.	20
1.4. Анализ базового техпроцесса.	22
1.5. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления.....	23
1.6. Проектирование технологического процесса изготовления детали.	28
1.6.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.....	28
1.6.2. Размерный анализ технологического процесса: расчёт допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки.	29
1.7. Выбор оборудования и технологической оснастки.....	49
1.8. Расчет режимов резания.	53
1.9 Нормирование технологического процесса	65
1.10. Технико-экономическое обоснование и показатели технологического процесса изготовления детали.	71
2. Конструкторская часть	73
2.1 Анализ технологической операции.....	73
2.2 Принципиальная схема закрепления.....	74
2.3 Описание и принцип работы приспособления.....	75
2.4 Расчет точности приспособления	75
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	76
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования	76
3.2 Анализ конкурентных технических решений	76
3.3 Структура работы в рамках научного исследования	79
3.4 Определение трудоемкости выполнения работ	80
3.5 Разработка графика проведения научного исследования	83

3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	87
3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	87
3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	88
3.6.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала	91
3.6.4 Отчисления на социальные нужды	91
3.6.5 Накладные расходы.....	91
3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	92
3.7 Определение эффективности исследования.....	92
4. Социальная ответственность	94
4.1 Производственная безопасность.....	94
4.1.1 Движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования	94
4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	95
4.1.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте	99
4.1.4 Отклонение параметров микроклимата	100
4.1.5 Электробезопасность	101
4.1.6 Загазованность и запылённость	103
4.1.7 Пожарная безопасность	105
4.2 Экологическая безопасность.....	107
4.3 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях	111
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	112
Заключение	114
Список литературы	115
Приложение А	
Приложение Б	

Введение

Машиностроение - это главная отрасль мировой промышленности, на него приходится около 35% стоимости продукции. Развитие машиностроения осуществляется за счет разработки принципиально новых конструкций машин и технологий их изготовления.

Современное машиностроение значительно отличается от машиностроения пяти - десятилетней давности. В настоящее время данная отрасль основывается на наукоемких, компьютерных технологиях. Появилась возможность производства с применением специализированных машин и роботов, имеющих высокую эффективность, разнообразные настройки. Применение современных приводов и электроники позволяет не только ускорить производственные процессы, но и сократить используемые площади.

Технология изготовления деталей и машин, а также технологичность их конструкции влияет на стоимость изделия. Экономичность производства зависит от качества разрабатываемого технологического процесса.

Целью данной работы является усовершенствование технологического процесса изготовления детали – вал шлицевой.

Предложенный технологический процесс может быть использован на ООО «Анжеромаш» с целью повышения экономической эффективности производства.

1. Технологическая часть

1.1. Исходные данные. Назначение детали и её конструкторско-технологическое описание.

Забойные скребковые конвейеры серии «Анжера» предназначены для транспортирования угля и горной массы в составе очистных и механизированных комплексов отечественных и зарубежных производителей. На них используются редукторы двух типов, в зависимости от необходимой мощности и условий эксплуатации: редукторы типа РПК (3-х ступенчатые) и РПП (2-х ступенчатые). В редукторе типа РПК установлен вал 301А. [рис.1]



Рис. 1 – Вал 301А

Вал 301А имеет шейки с наименьшей шероховатостью $Ra=1,25$ для посадки подшипников. Твёрдость вала 53...62 HRC. Это достигается путём цианирования с последующей закалкой. Так как данная сталь плохо прокаливается, поэтому предварительное цианирование необходимо для

одновременного насыщения стали углеродом и азотом с целью повышения твердости, износостойкости и коррозионной стойкости изделия.

Классификация поверхностей детали по служебному назначению:

[рис.2, табл.1]

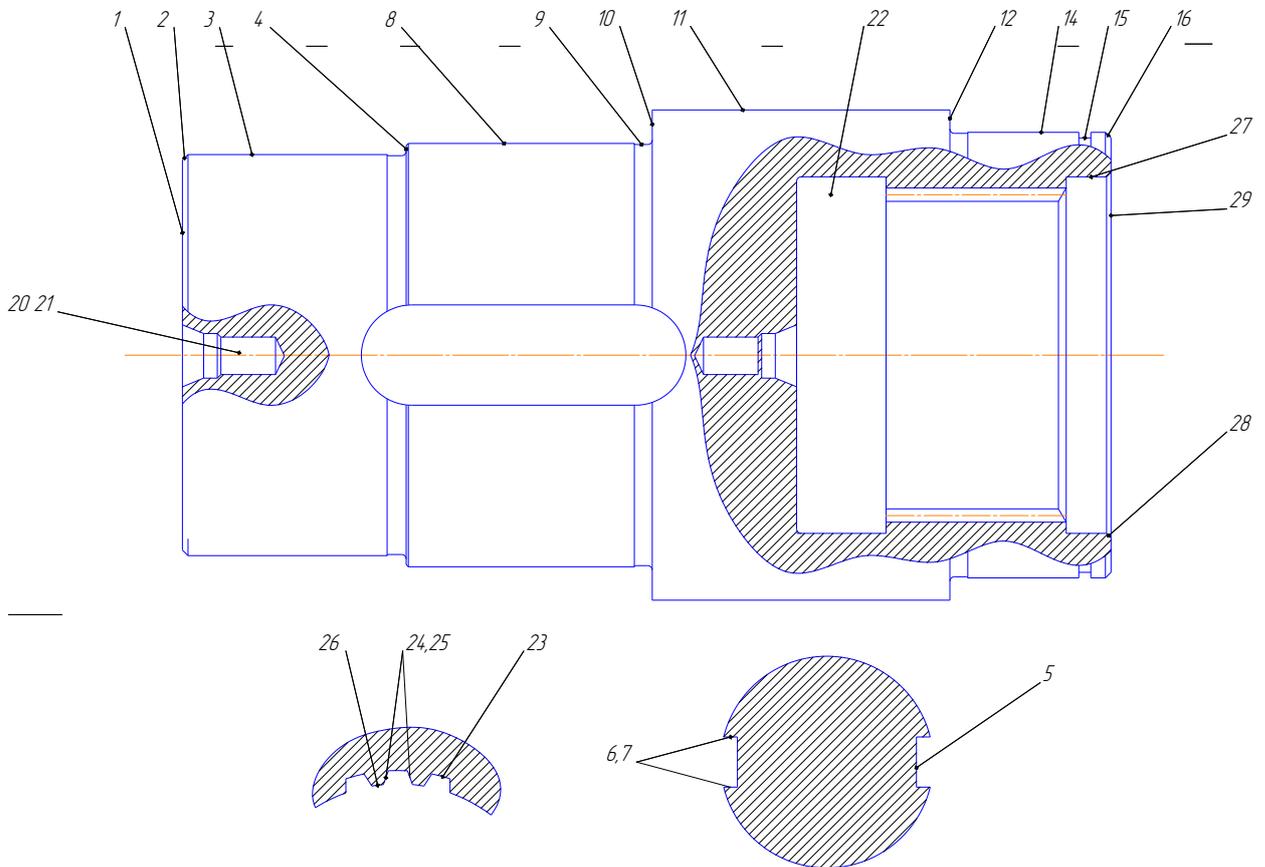


Рис.2 – Систематизация поверхностей

Табл.1 - Классификация поверхностей по служебному назначению

	Вид поверхностей	Номера поверхностей
1	Исполнительные	24,25,5,6,7
2	Основные конструкторские базы (ОКБ)	3,4,12,14
3	Вспомогательные конструкторские базы (ВКБ)	20,21,26
4	Свободные	остальные

Вал выполнен из стали 20X2H4A ГОСТ 4543-71 - легко поддается обработке резанием.

Табл.2 - Химический состав стали 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71

C,%	Mn,%	Si,%	Cr,%	S,%	P,%	Ni, %	Cu, %
0,16- 0,22	0,3-0,6	0,17- 0,37	1.25- 1.65	до 0.025	до 0.025	3.25 - 3.65	до 0,3

Легирующие элементы влияют на свойства стали следующим образом:

(Si) кремний - повышает упругие свойства стали;

(Mn) марганец - увеличивает прочность и ударную вязкость стали;

(Cr) хром в сочетании с (Ni) никелем повышают прочность, жаростойкость и коррозионную стойкость стали;

(Cu) медь - стойкость стали к атмосферной коррозии.

Табл. 3 - Механические свойства при $t=20^{\circ}\text{C}$ стали 20Х2Н4А

ГОСТ 4543-71

Предел текучести σ_{T} , Мпа	Предел прочности σ_{B} , Мпа	Относительное удлинение δ_3 ,%	Ударная вязкость a_{H} , КДж/м ²
720	860	9 - 12	780

1.2. Определение типа, форм и методов организации работ.

В машиностроении различают три основных типа производства: массовое, серийное, единичное. В свою очередь серийное производство подразделяется на: крупносерийное, среднесерийное, мелкосерийное.

Тип производства характеризуется коэффициентом закрепления операций, который показывает число различных операций, закреплённых в среднем по цеху (участку) за каждым рабочим местом в течение месяца.

По ГОСТ 3.1121-84 приняты следующие коэффициенты закрепления операций $k_{3,0}$:

массовое производство - $k_{3,0} = 1$;

крупносерийное - $k_{3,0} = 2 \dots 10$;

среднесерийное - $k_{3.o.} = 10 \dots 20$;

мелкосерийное - $k_{3.o.} = 20 \dots 40$;

единичное - $k_{3.o.} > 10$.

Для расчёта коэффициента закрепления операций составляем таблицу 4:

Табл. 4 – Коэффициенты закрепления операций.

Операция	$T_{шт.к.}$ мин	M_p	P	$\eta_{з.ф.}$	O
05 Пило-отрезная	17,29	0,09	1	0,09	8,9
10 Фрезерно - центровая	1,85	0,009	1	0,009	88,9
15 Токарно – фрезерная с ЧПУ	67,09	0,34	1	0,34	2,35
25 Зубодолбёжная	36,4	0,19	1	0,19	4,21
45 Круглошлифовальная	25,07	0,13	1	0,13	6,15

Штучно-калькуляционное время i -ой основной операции определяем по формуле [2,стр.147]:

$$T_{шт.к.i} = \varphi_{к.i} * T_{o.i},$$

где $\varphi_{к.i}$ – коэффициент i -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства [2,стр.147];

$T_{o.i}$ – основное технологическое время i -ой операции, мин [2,стр.146].

005 Пило-отрезная

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_0 = 0,00019 \cdot D^2 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = 1,72 \cdot 0,00019 \cdot 230^2 = 17,29 \text{ мин}$$

010 Фрезерно-центровая

Фрезеровать два торца одновременно

$$\varphi_k = 1,84$$

$$T_0 = 0,004 \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{шт.к.} = 1,84 \cdot 0,004 \cdot 230 = 1,69 \text{ мин}$$

Сверлить два центровых отверстия типа В одновременно

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,00052 \cdot 8 \cdot 22 = 0,16 \text{ мин}$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

Точить предварительно

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,00017 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,00017 \cdot 70,8 \cdot 200 = 4,77 \text{ мин}$$

Точить контур начерно

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,00017 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,00017 \cdot 190 \cdot 343 = 21,94 \text{ мин}$$

Точить контур начисто

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 190 \cdot 343 = 12,9 \text{ мин}$$

Точить канавки

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 8,5 \cdot 179 = 0,3 \text{ мин}$$

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 8 \cdot 189 = 0,3 \text{ мин}$$

Фрезеровать два шпоночных паза

$$\varphi_k = 1,84$$

$$T_0 = 0,007 \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = (1,84 \cdot 0,007 \cdot 145) \cdot 2 = 3,73 \text{ мин}$$

Точить контур начисто

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 200 \cdot 72 = 2,85 \text{ мин}$$

Точить канавки

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 8 \cdot 199 = 0,31 \text{ мин}$$

$$\varphi_k = 1,98$$

$$T_0 = 0,0001 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,98 \cdot 0,0001 \cdot 5,4 \cdot 195 = 0,21 \text{ мин}$$

Сверлить отверстие

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,00052 \cdot 65 \cdot 138 = 8,16 \text{ мин}$$

Рассверлить отверстие

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,00031 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,00031 \cdot 80 \cdot 138 = 5,99 \text{ мин}$$

Расточить контур начерно

$$\varphi_k = 3,25$$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,25 \cdot 0,00018 \cdot 57 \cdot 138 = 4,6 \text{ мин}$$

Расточить контур начисто

$$\varphi_k = 3,25$$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,25 \cdot 0,00018 \cdot 1 \cdot 138 = 0,08 \text{ мин}$$

Расточить канавки

$$\varphi_k = 3,25$$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,25 \cdot 0,00018 \cdot 10 \cdot 40 = 0,23 \text{ мин}$$

$$\varphi_k = 3,25$$

$$T_0 = 0,00018 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 3,25 \cdot 0,00018 \cdot 160 \cdot 3,4 = 0,01 \text{ мин}$$

Сверлить центровое отверстие типа В

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,00052 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,00052 \cdot 8 \cdot 22 = 0,16 \text{ мин}$$

Рассверлить центровое отверстие

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,00031 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,00031 \cdot 20 \cdot 22 = 0,24 \text{ мин}$$

Нарезать резьбу

$$\varphi_k = 1,75$$

$$T_0 = 0,0004 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,75 \cdot 0,0004 \cdot 20 \cdot 22 = 0,31 \text{ мин}$$

025 Зубодолбёжная

$$\varphi_k = 1,66$$

$$T_0 = 0,0022 \cdot D \cdot b \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 1,66 \cdot 0,0022 \cdot 127,8 \cdot 78 = 36,4 \text{ мин}$$

040 Круглошлифовальная

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_0 = 0,00015 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 2,10 \cdot 0,00015 \cdot 200 \cdot 72 = 4,54 \text{ мин}$$

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_0 = 0,00015 \cdot d \cdot l \text{ мин}$$

$$T_{\text{шт.к.}} = 2,10 \cdot 0,00015 \cdot 190 \cdot 343 = 20,53 \text{ мин}$$

Рассчитываем заготовительную операцию.

Исходные данные: $N = 1000$ деталей; $F_{\partial}=4060$ ч; $h_{з.н.}=0,8$; $T_{шт-к} = 17,29$ мин.

Расчётное количество станков определяем по формуле [1,стр.16]:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}}$$

где: N – годовой объём выпуска деталей, $N = 1000$ шт;

$t_{шт-к}$ – штучно – калькуляционное время, $t_{шт-к} = 17,29$ мин;

F_{∂} – действительный годовой фонд времени, $F_{\partial} = 4060$ ч;

$\eta_{з.н.}$ – нормативный коэффициент загрузки оборудования, $\eta_{з.н.} = 0,8$.

$$m_p = \frac{1000 \cdot 17,29}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,09$$

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле [1,стр.17]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,09}{1} = 0,09$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле [1,стр.17]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,09} = 8,9$$

Рассчитываем фрезерно-центровальную операцию.

Расчётное количество станков определяем по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_{\partial} \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{1000 \cdot 1,85}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,009$$

где: $t_{шт-к}$ – штучно – калькуляционное время, $t_{шт-к} = 1,85$ мин.

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,009}{1} = 0,009$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,009} = 88,9$$

Рассчитываем токарно – фрезерную операцию с ЧПУ.

Расчётное количество станков определяем по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{1000 \cdot 67,09}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,34$$

где: $t_{шт-к}$ – штучно – калькуляционное время, $t_{шт-к} = 67,09$ мин.

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,34}{1} = 0,34$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,34} = 2,35$$

Рассчитываем зубодолбёжную операцию.

Расчётное количество станков определяем по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{1000 \cdot 36,4}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,19$$

где: $t_{шт-к}$ – штучно – калькуляционное время, $t_{шт-к} = 36,4$ мин.

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,19}{1} = 0,19$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,19} = 4,21$$

Рассчитываем круглошлифовальную операцию.

Расчётное количество станков определяем по формуле:

$$m_p = \frac{N \cdot t_{шт-к}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}} = \frac{1000 \cdot 25,07}{60 \cdot 4060 \cdot 0,8} = 0,13$$

где: $t_{шт-к}$ – штучно – калькуляционное время, $t_{шт-к} = 25,07$ мин.

Принятое число рабочих мест $P = 1$.

Коэффициент загрузки станка определяем по формуле:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P} = \frac{0,13}{1} = 0,13$$

Количество операций, выполняемых на рабочем месте, определяем по формуле:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}} = \frac{0,8}{0,13} = 6,15$$

Коэффициент закрепления операций рассчитываем по формуле [1,стр.17]:

$$k_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{110,51}{5} = 22,1$$

Следовательно, производство «вала» будет мелкосерийным.

Размер партии деталей рассчитываем по формуле [1,стр.18]:

$$\Pi = \frac{N \cdot a}{\Phi}$$

где: a – количество дней запаса деталей на складе, $a = 23$;

Φ – количество рабочих дней в году, $\Phi = 255$;

$$\Pi = \frac{1000 \cdot 23}{255} = 90,19 \text{ шт}$$

Такт выпуска рассчитываем по формуле [1,стр.19]:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N} = \frac{60 \cdot 4060}{1000} = 243,6$$

1.3. Анализ технологичности конструкции детали.

В процессе выполнения работы, так же как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление

недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Табл. 5 - Анализ технологичности конструкции детали «вал» по геометрической форме и конфигурации

№ пп	Требования технологичности	Характеристика технологичности
1	2	3
1	Возможность использования рациональных методов получения заготовок	Конструкция детали технологична, т.к. в качестве заготовки используется прокат
2	Свойства материала детали должны удовлетворять существующей технологии изделия, покрытия и термообработки	Сталь 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71 высококачественная легированная хорошо и производительно обрабатывается резанием.
3	Конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых, или стандартных технологических процессов	Изготовление детали обеспечивается применением стандартных технологических процессов и оборудования.
4	Убывание диаметральных размерных шеек к концам вала, либо к одной его стороне.	Конструкция детали технологична, т.к. диаметральные размеры убывают к концам вала
6	Достаточная точность базирующих поверхностей при зубодолблении	Конструкция детали технологична, т.к. точность обработки Н11.
7	Твердость материала (исходного или после термообработки) не должна превышать 53...62 HRC	Конструкция детали технологична, т.к. HB 250 – 280; шлицы 53...62 HRC

Деталь представляет собой ступенчатый вал с наибольшим диаметром 250 мм. Отсутствуют сложные и криволинейные поверхности. Диаметральные размеры шеек вала уменьшаются к концам вала. Достижению необходимой точности при обработке жесткости вала обеспечивает соотношение длины l (415 мм) к диаметру d (220 мм) и составляет $1,8 < 10 \dots 12$ [1, стр.14].

Вал имеет стандартные унифицированные поверхности: два центровочных отверстия, два шпоночных паза, две поверхности под подшипник и шлицевое отверстие. Шлицевое отверстие глухое, шлицы получают методом долбления. Размеры и поверхности детали имеют оптимальные степени точности и шероховатости, все поверхности доступны для обработки и измерения. Поэтому конструкция детали обеспечивает применение стандартной технологической оснастки и инструмента. Также отметим, что большинство конструкторских баз совпадают с измерительными базами, что исключает погрешность базирования.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод о технологичности данной детали «вал».

1.4. Анализ базового техпроцесса.

Рассмотрим маршрутную карту базового технологического процесса [Приложение А].

Табл. 6 – Маршрутная технология базового технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
005	Пило - отрезная	8Г663-100
010	Транспортирование	Автотранспорт
015	Горизонтально - расточная	2620В
020	Токарно - винторезная	1Н65-3

025	Токарно - винторезная	1Н65-3
030	Вертикально - фрезерная с ЧПУ	ФП27
035	Слесарная	
040	Зубодолбёжная	5В150П
045	Термообработка	Жидкие ванны
050	Круглошлифовальная	3М174
055	Финишный контроль	Стол контрольный

В соответствии с существующим технологическим процессом, детали со станка на станок передаются партиями. Время механической обработки партии деталей складывается из времени обработки партии на первом, втором и третьем станке, времени транспортировки партии между станками.

На точность механической обработки оказывает значительное влияние погрешность базирования на станках. Достоинством этого технологического процесса является то, что для обработки используется универсальное оборудование и универсальная оснастка. В свою очередь недостаток этого технологического процесса очевиден: очень длительный цикл обработки, большое количество станков.

1.5. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления

При выборе метода получения заготовки решающими факторами являются: форма детали, масса, материал, объём выпуска деталей. Выбрать заготовку - значит установить способ ее получения, наметить припуски на обработку каждой поверхности, рассчитать размеры и указать допуски на неточность изготовления. От правильного выбора заготовки зависит трудоемкость и себестоимость обработки.

Заготовками для деталей класса «вал» наиболее часто служит либо сортовой прокат, либо штамповка, поковка. Отливка применяется в редких случаях: при изготовлении крупных валов из чугуна. Сортовой прокат применяется для изготовления средних и мелких деталей с небольшим переходом диаметров по ступеням вала (до 20–25 мм / 100 мм длина). Штамповка применяется для изготовления средних и крупных валов сложной конфигурации, с большим перепадом диаметров, а также при специальных требованиях к структуре металла и при достаточно больших объемах выпуска.

Исходные данные:

- деталь – вал;
- материал - 20Х2Н4А ГОСТ 4543-71
- масса – 80,1 кг;
- годовая программа выпуска – 1000 шт;

Наиболее рациональными методами получения заготовки из вышеперечисленных для данной детали, с учетом материала, массы, конфигурации, габаритов детали и годовой программы выпуска, являются прокат и поковка.

Рассчитываем вариант заготовки – прокат. [1,стр.21], [рис.3]

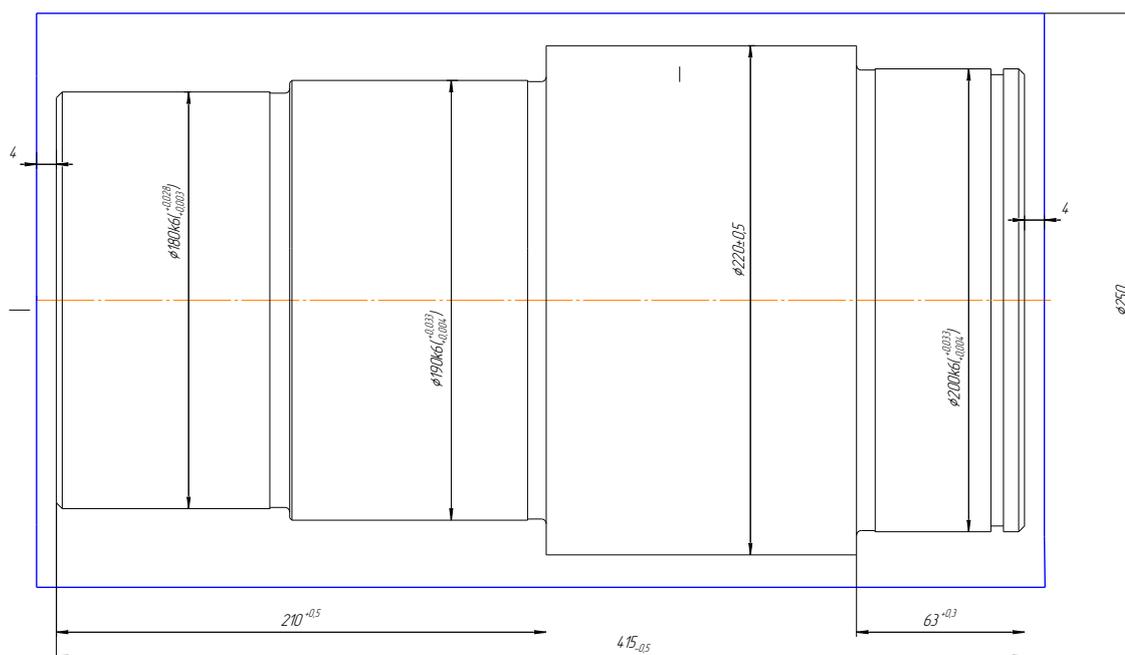


Рис.3 – Заготовка прокат

Стоимость заготовки рассчитываем по формуле:

$$S_{\text{заг 1}} = M + \Sigma C_{\text{о.з.}}$$

где: M – затраты на материал заготовки, р.;

$\Sigma C_{\text{о.з.}}$ - технологическая себестоимость правки, калибрования, резки, р.

Расчёты затрат на материалы и технологической себестоимости выполняем по формуле:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}}$$

где: Q – масса заготовки (рассчитываем через объём и плотность материала заготовки), кг;

S – цена 1 кг материала заготовки, $S=118$ р.;

q – масса детали, $q=80,1$ кг;

$S_{\text{отх}}$ - цена 1 кг отходов, $S_{\text{отх}} = 28$ р.

Технологическую себестоимость правки, калибрования, резки рассчитываем по формуле:

$$\Sigma C_{\text{о.з.}} = \frac{C_{\text{п.з.}} \cdot t_{\text{шт.к}}}{60}$$

где: $C_{\text{п.з.}}$ – приведённые затраты на рабочем месте, $C_{\text{п.з.}}=70,13$ р/ч;

$t_{\text{шт.к}}$ – штучно-калькуляционное время выполнения заготовительной операции, $t_{\text{шт.к}}=17,29$ мин.

Производим вычисления:

$$\Sigma C_{\text{о.з.}} = \frac{70,13 \cdot 17,29}{60} = 20,2 \text{ р.}$$

$$V = \pi R^2 \cdot l = 3,14 \cdot 125^2 \cdot 423 = 20753437,5 \text{ мм}^3$$

$$Q = V \cdot \rho = 20753437,5 \cdot 0,00785 = 162,9 \text{ кг}$$

$$M = 162,9 \cdot 118 - (162,9 - 80,1) \cdot 28 = 16903,8 \text{ р.}$$

$$S_{\text{заг 1}} = 16903,8 + 20,2 = 16924 \text{ р.}$$

Коэффициент использования материала рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q} = \frac{80,1}{162,9} = 0,49$$

Рассчитываем вариант заготовки – поковка. [рис.4]

Для заготовок из поковки по ГОСТ 7505-89 устанавливаем следующие конструктивные характеристики [3,стр.45]:

- группа материала – М1;
- класс точности – Т4;
- степень сложности – С2;
- исходный индекс – 16.

По исходному индексу в том же стандарте определяем припуски на обрабатываемые поверхности. Припуск на сторону равен 3,8 мм.

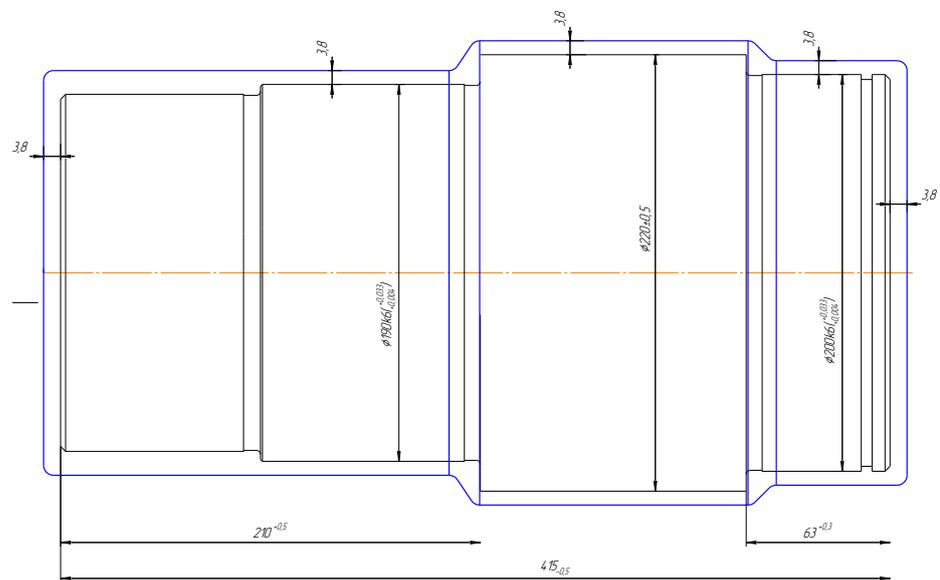


Рис. 4 – Заготовка поковка

Рассчитываем объём заготовки по формуле:

$$V_{\text{заг}} = \pi R^2 \cdot l, \text{ мм}^3$$

где: R^2 – радиус заготовки;

l – длина заготовки.

Подставляем значения:

$$V_1 = 3,14 \cdot 98,8^2 \cdot 213,8 = 6553167,04 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 113,8^2 \cdot 148,6 = 6042727,1 \text{ мм}^3$$

$$V_3 = 3,14 \cdot 103,8^2 \cdot 66,8 = 2259960,34 \text{ мм}^3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 6553167,04 + 6042727,1 + 2259960,34 = 15474758,38 \text{ мм}^3$$

Рассчитываем массу заготовки по формуле:

$$Q = V_{\text{заг}} \cdot \rho, \text{ кг}$$

где: ρ – плотность материала, $\rho = 0,00785$

$$Q = 15474758,38 \cdot 0,00785 = 121,1 \text{ кг}$$

Расчёт затрат на материалы и технологической себестоимости выполняем по формуле:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}}$$

где: Q – масса заготовки, $Q=121,1$ кг;

S – цена за 1кг материала заготовки, $S=167$ р;

q – масса детали, $q=80,1$ кг;

$S_{\text{отх}}$ - цена 1кг отходов, $S_{\text{отх}}=28$ р.

Подставляем значения:

$$M = 121,1 \cdot 167 - (121,1 - 80,1) \cdot 28 = 19075,7 \text{ р}$$

В данном случае стоимость заготовки равна затратам на материалы и технологической себестоимости: $S_{\text{заг}2} = 19075,7 \text{ р}$.

Коэффициент использования материала рассчитываем по формуле:

$$K_{\text{им}} = \frac{q}{Q} = \frac{80,1}{121,1} = 0,66$$

Рассчитываем экономический эффект:

$$\Delta_{\text{заг}} = (S_{\text{заг}2} - S_{\text{заг}1}) \cdot N = (19075,7 - 16924) \cdot 1000 = 2151700 \text{ р}$$

где: S_1 и S_2 – стоимость заготовок из проката и поковки соответственно, $S_1=16924$ р, $S_2=19075,7$ р.

N – годовой объём выпуска деталей, $N=1000$ шт.

Результаты расчетов по данной зависимости представлены в таблице 7.

Табл. 7 – Техничко-экономическое обоснование способа получения заготовки

Показатель	Обозначение	Единицы измерения	Вариант	
			1	2
Масса заготовки	Q	кг	162,9	121,1
Коэффициент использования материала	$K_{\text{им}} = M_{\text{д}}/M_{\text{з}}$		0,49	0,66
Себестоимость заготовок	$S_{\text{заг}}$	тыс.руб.	16924	19075,7

В результате расчётов метода получения заготовки выбираем прокат, т.к. хоть и коэффициент использования материала $K_{им}$ заготовки поковка лучше, чем при заготовке прокат, но себестоимость заготовки $S_{заг}$ проката и рассчитанный экономический эффект показывают, что экономически выгоднее использовать прокат.

1.6. Проектирование технологического процесса изготовления детали.

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки является определение такой ее последовательности, при которой наиболее полно используются технологические возможности станков, приспособлений и инструментов, а деталь изготавливается с наименьшими материальными затратами. Технологический процесс должен быть разработан с учетом производственных возможностей предприятия и передового опыта.

1.6.1. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.

Рассмотрим маршрутную карту на предлагаемый технологический процесс [Приложение Б]. Маршрутная карта технологического процесс представлена в таблице 8.

Табл. 8 - Маршрутная технология предлагаемого технологического процесса

Номер операции	Наименование операции	Оборудование
005	Пило-отрезная	8Г663-100
010	Фрезерно-центровальная	MP-77
015	Токарно-фрезерная с ЧПУ	Victor Vturn X200

020	Слесарная	
025	Зубодолбёжная	5В150П
030	Слесарная	
035	Химикотермическая	Жидкие ванны
040	Круглошлифовальная	ЗМ-174
045	Технический контроль	Стол контрольный

Более полный технологический процесс представлен в приложении Б.

1.6.2. Размерный анализ технологического процесса: расчёт допусков, припусков, промежуточных и исходных размеров заготовки.

Размерный анализ – это комплекс расчётно-аналитических процедур с целью назначения операционных размеров, их допусков, а так же проверки обеспечения точности размеров, указанных на чертеже.

Прежде чем приступить к расчетам технологических размеров, выполняются следующие действия:

- построение размерной схемы на основе технологического процесса;
- построение граф–дерева технологического процесса;
- выявление отдельных размерных цепей.

Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Для проверки обеспечения точности конструкторских размеров необходимо построить размерную схему отдельно в осевом и радиальном направлениях. На данную схему наносят все технологические размеры, припуски на обработку, а также конструкторские размеры. На основании построенной размерной схемы выделяют размерные цепи, замыкающими звеньями в которых являются конструкторские размеры или припуски на обработку. Радиальная и осевая размерные схемы представлены на рисунках 5 и 6 соответственно.

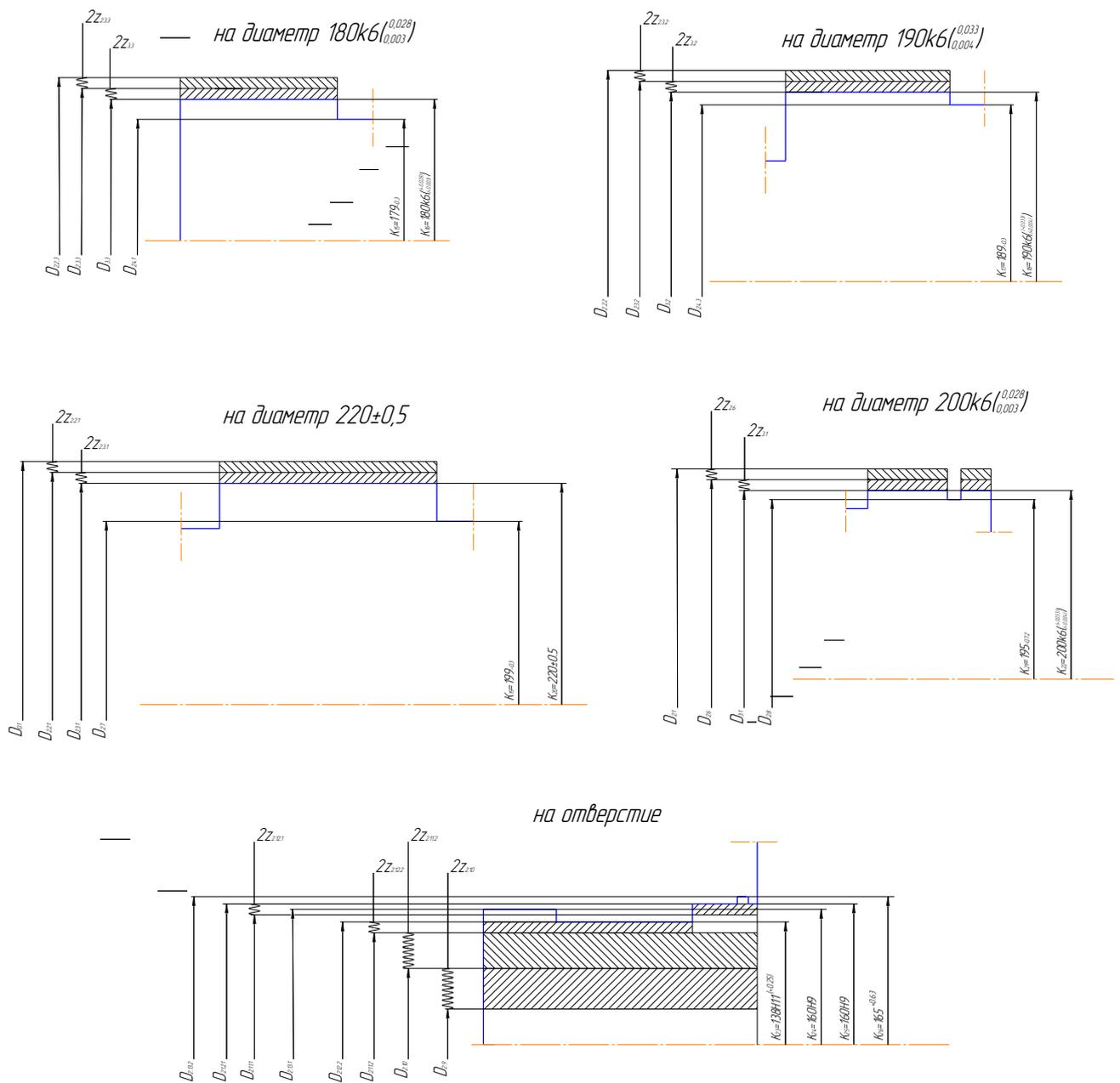


Рис. 5—Размерная схема технологического процесса изготовления вала в радиальном направлении.

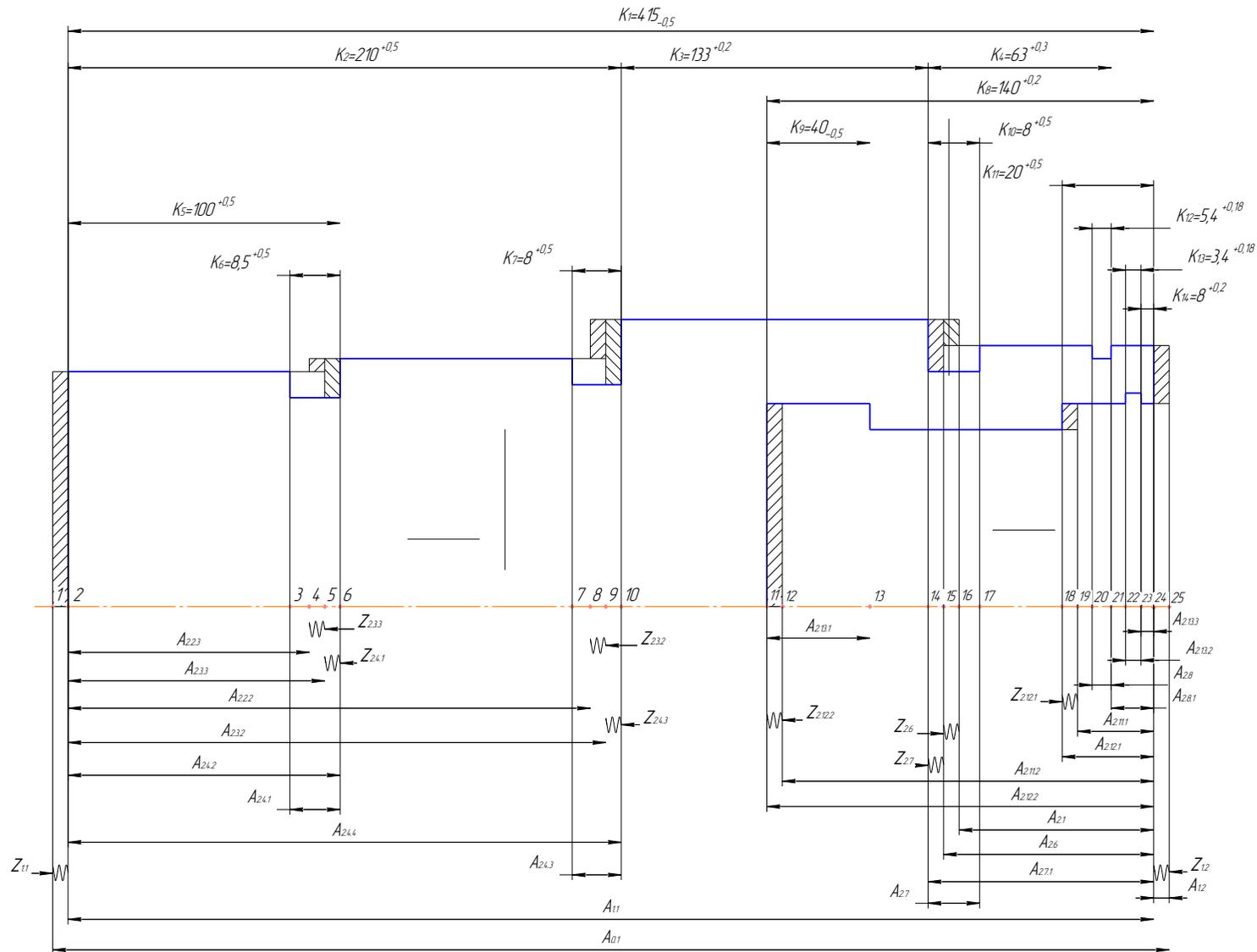


Рис. 6 – Размерная схема технологического процесса изготовления вала в осевом направлении.

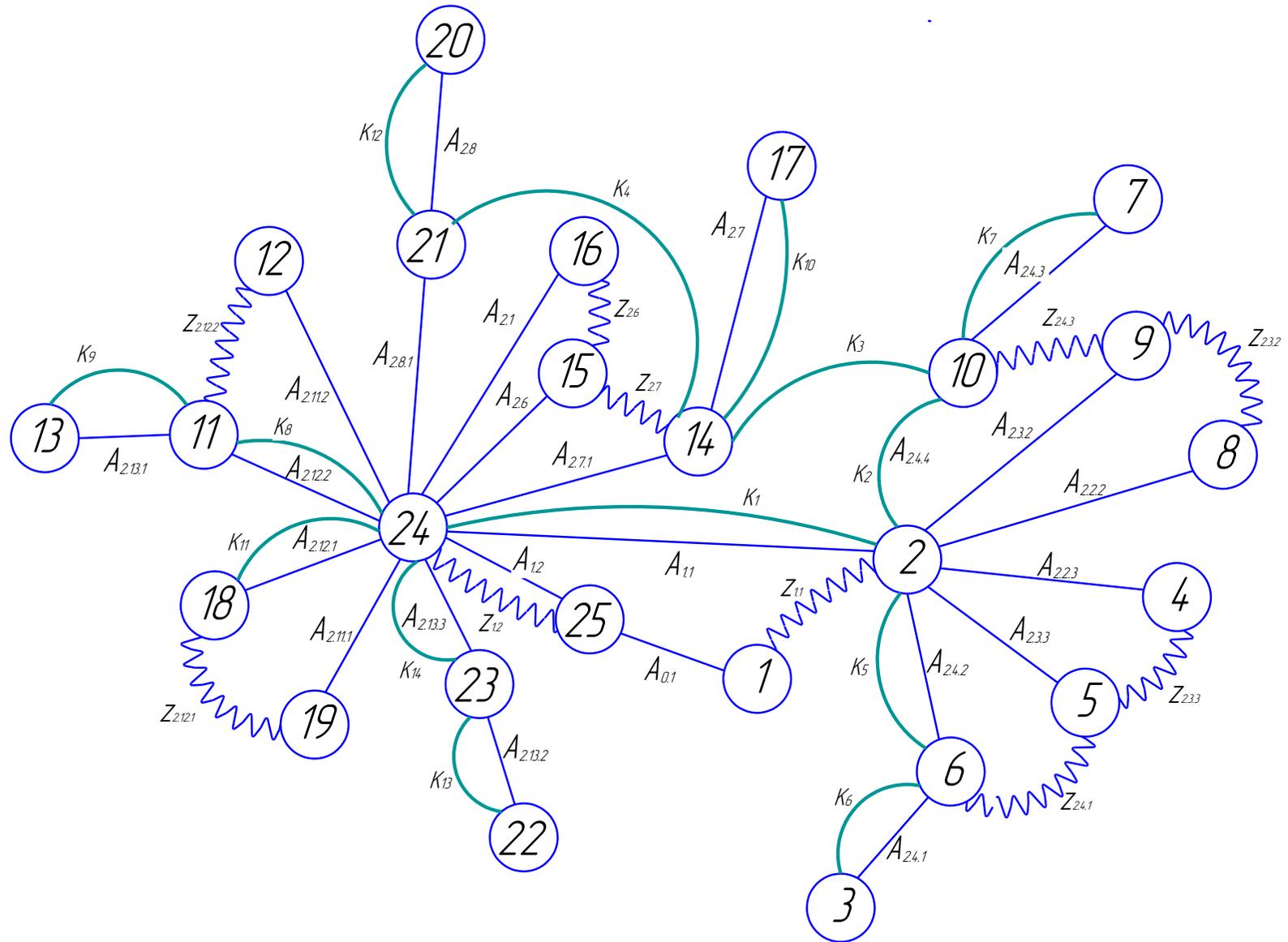


Рис. 7 – Граф технологических размерных цепей.

Существует два метода определения минимальных припусков на обработку: нормативный и расчетно-аналитический.

При нормативном методе значения $z_{i \min}$ находят непосредственно по таблицам, которые составлены путем обобщения и систематизации производственных данных.

При расчетно-аналитическом методе $z_{i \min}$ находят путем суммирования отдельных составляющих, что позволяет наиболее полно учесть конкретные условия обработки. При этом выделяют следующие факторы, определяющие значение минимального припуска:

- шероховатость поверхности Rz_{i-1} , полученная на предыдущем переходе;
- толщина дефектного слоя h_{i-1} , сформированная на предыдущем переходе;
- погрешность формы и расположения обрабатываемой поверхности, полученная на предшествующем переходе ее обработки ρ_{i-1} ;
- погрешность установки заготовки на выполняемом переходе ε_i .

Минимальный припуск для обработки тел вращения определяем на основании формулы (1), а на обработку плоскости по формуле (2) [4,стр.42]:

$$2z_i^{min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1)$$

$$z_i^{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (2)$$

где Rz_{i-1} – шероховатость поверхности, полученная на предыдущем переходе или операции, мкм;

h_{i-1} – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предыдущем переходе или операции, мкм;

ρ_{i-1} – результирующее пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предыдущем переходе или операции, мкм;

ε_i – погрешность установки заготовки на рассматриваемом переходе, мкм.

Расчёт припусков на диаметральные размеры:

$$2z_{2.2.1}^{min} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{60^2 + 160^2}) = 601,76 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.3.1}^{min} = 2 \cdot (15 + 20 + \sqrt{60^2 + 160^2}) = 411,76 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.3.2}^{min} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{60^2 + 160^2}) = 601,76 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.3.3}^{min} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{60^2 + 160^2}) = 601,76 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.6}^{min} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{60^2 + 80^2}) = 460 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.10}^{min} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{60^2 + 80^2}) = 460 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.11.2}^{min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{60^2 + 80^2}) = 380 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.12.1}^{min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{60^2 + 80^2}) = 380 \text{ мкм}$$

$$2z_{2.12.2}^{min} = 2 \cdot (40 + 50 + \sqrt{60^2 + 80^2}) = 380 \text{ мкм}$$

$$2z_{3.1}^{min} = 2 \cdot (15 + 20 + \sqrt{40^2 + 80^2}) = 248,88 \text{ мкм}$$

$$2z_{3.2}^{min} = 2 \cdot (15 + 20 + \sqrt{40^2 + 160^2}) = 399,85 \text{ мкм}$$

$$2z_{3.3}^{min} = 2 \cdot (10 + 20 + \sqrt{40^2 + 160^2}) = 389,85 \text{ мкм}$$

Расчёт припусков на осевые размеры

$$z_{1.1}^{min} = 80 + 50 + 4000 = 4130 \text{ мкм}$$

$$z_{1.2}^{min} = 80 + 50 + 4000 = 4130 \text{ мкм}$$

$$z_{2.3.2}^{min} = 80 + 50 + 50 = 180 \text{ мкм}$$

$$z_{2.3.3}^{min} = 80 + 50 + 130 = 260 \text{ мкм}$$

$$z_{2.4.1}^{min} = 15 + 20 + 500 = 535 \text{ мкм}$$

$$z_{2.4.3}^{min} = 15 + 20 + 10 = 45 \text{ мкм}$$

$$z_{2.6}^{min} = 80 + 50 + 50 = 180 \text{ мкм}$$

$$z_{2.7}^{min} = 15 + 20 + 10 = 45 \text{ мкм}$$

$$z_{2.12.1}^{min} = 40 + 50 + 10 = 100 \text{ мкм}$$

$$z_{2.12.2}^{min} = 40 + 50 + 10 = 100 \text{ мкм}$$

Определение допусков на технологические размеры

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на

операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размерам заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

Следуя из выбранного маршрута обработки детали, назначаем допуски на все технологические размеры и заносим их в таблицу 9.

Табл. 9 – Допуски технологических размеров

$TA_{0.1}=8$ мм	Заготовительная (пило-отрезная)
$TD_{0.1}=4,2$ мм	Заготовительная (пило-отрезная)
$TA_{1.1}=0,5$ мм	Фрезерно-центровальная
$TA_{1.2}=0,5$ мм	Фрезерно-центровальная
$TA_{2.1}=0,15$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить предварительно)
$TD_{2.1}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить предварительно)
$TA_{2.2.2}=0,17$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TA_{2.2.3}=0,17$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TD_{2.2.1}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TD_{2.2.2}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TD_{2.2.3}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TA_{2.3.2}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TA_{2.3.3}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.3.1}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.3.2}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.3.3}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TA_{2.4.1}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)
$TA_{2.4.2}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)
$TA_{2.4.3}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)

$TA_{2.4.4}=0,13$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)
$TD_{2.4.1}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)
$TD_{2.4.3}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавки)
$TA_{2.6}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.6}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TA_{2.7}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TA_{2.7.1}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TD_{2.7}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TA_{2.8}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TA_{2.8.1}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TD_{2.8}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить канавку)
$TD_{2.9}=0,46$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (сверлить отверстие)
$TD_{2.10}=0,46$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (рассверлить отверстие)
$TA_{2.11.1}=0,15$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TA_{2.11.2}=0,15$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TD_{2.11.1}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TD_{2.11.2}=0,05$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начерно)
$TA_{2.12.1}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TA_{2.12.2}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.12.1}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TD_{2.12.2}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (точить контур начисто)
$TA_{2.13.1}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (расточить канавки)
$TA_{2.13.2}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (расточить канавки)
$TA_{2.13.3}=0,11$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (расточить канавки)
$TD_{2.13.1}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (расточить канавки)
$TD_{2.13.2}=0,01$ мм	Токарно-фрезерная с ЧПУ (расточить канавки)

$TD_{3,1}=0,01$ мм	Круглошлифовальная
$TD_{3,2}=0,01$ мм	Круглошлифовальная
$TD_{3,3}=0,01$ мм	Круглошлифовальная

Размерный анализ техпроцесса.

Руководствуясь правилом, что при расчете размерных цепей методом максимума-минимума допуск замыкающего звена равен сумме допусков составляющих звеньев, проверим обеспечение допусков конструкторских размеров. [рис.8]

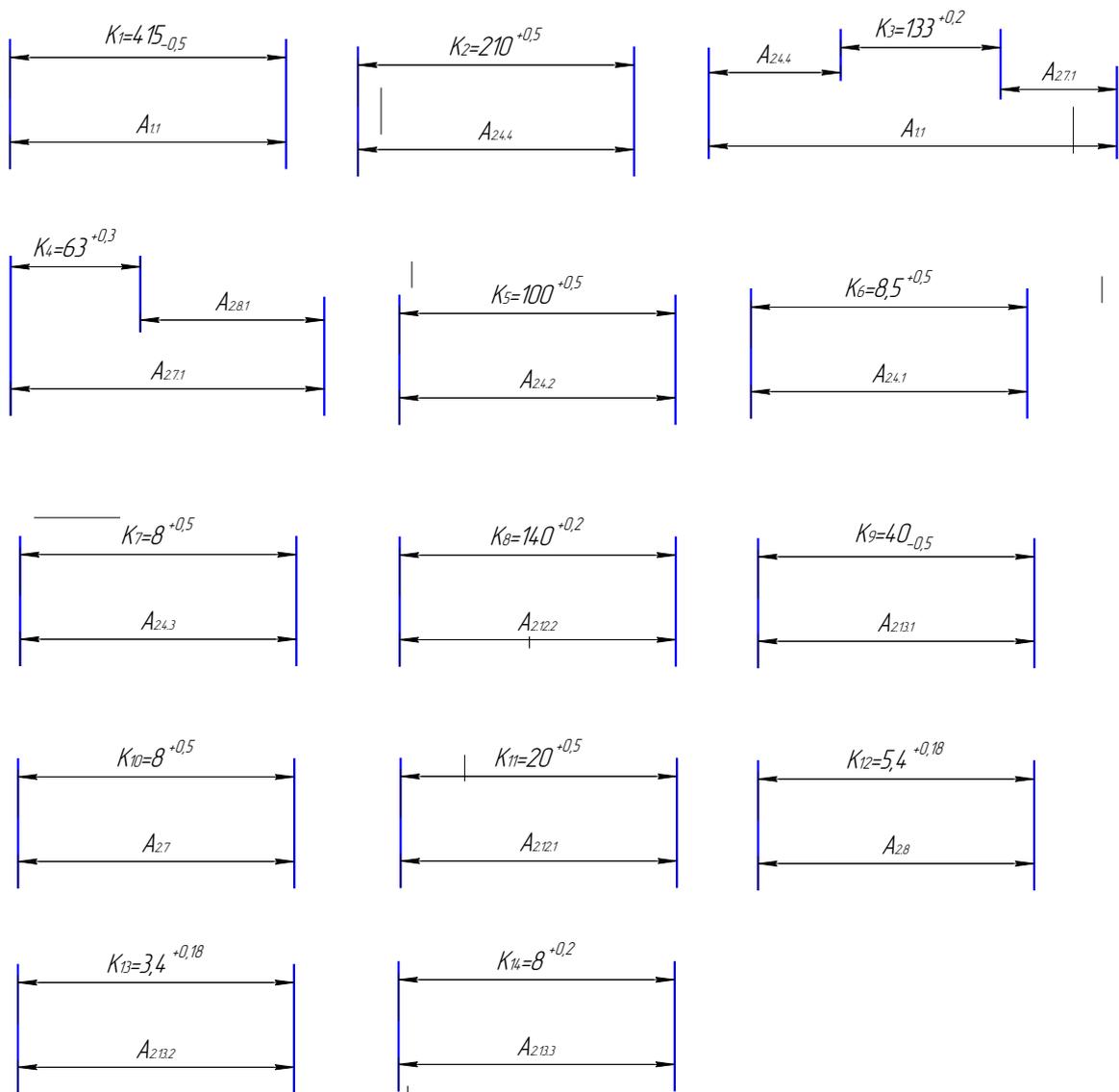


Рис. 8 – Технологические размеры, равные конструкторским.

При анализе выделенных размерных цепей можно отметить, что почти все конструкторские размеры выдерживаются непосредственно. В первую очередь это стало возможным благодаря использованию станков с числовым программным управлением, позволяющим обрабатывать большое количество поверхностей за один установ. Для непосредственной проверки обеспечения точности конструкторских размеров сравним допуски на конструкторские размеры с предварительно назначенными допусками на технологические размеры.

$$TK_1(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{1.1}(0,5 \text{ мм})$$

$$TK_2(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.4.4}(0,13 \text{ мм})$$

$$TK_3(0,2 \text{ мм}) \geq TA_{1.1}(0,5 \text{ мм}) + TA_{2.4.4}(0,13 \text{ мм}) + TA_{2.7.1}(0,11 \text{ мм}) = 0,74 \text{ мм}$$

- конструкторский размер не выдерживается, назначим допуск $TA_{1.1} = 0,1 \text{ мм}$ и рассчитаем вероятностным методом:

$$TK_3(0,2 \text{ мм}) \geq \sqrt{TA_{1.1}(0,1 \text{ мм})^2 + TA_{2.4.4}(0,13 \text{ мм})^2 + TA_{2.7.1}(0,11 \text{ мм})^2} = 0,19 \text{ мм}$$

$$TK_4(0,3 \text{ мм}) \geq TA_{2.7.1}(0,11 \text{ мм}) + TA_{2.8.1}(0,11 \text{ мм}) = 0,22 \text{ мм}$$

$$TK_5(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.4.2}(0,13 \text{ мм})$$

$$TK_6(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.4.1}(0,13 \text{ мм})$$

$$TK_7(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.4.3}(0,13 \text{ мм})$$

$$TK_8(0,2 \text{ мм}) \geq TA_{2.12.2}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_9(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.13.1}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{10}(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.7}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{11}(0,5 \text{ мм}) \geq TA_{2.12.1}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{12}(0,18 \text{ мм}) \geq TA_{2.8}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{13}(0,18 \text{ мм}) \geq TA_{2.13.2}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{14}(0,2 \text{ мм}) \geq TA_{2.13.3}(0,11 \text{ мм})$$

$$TK_{15}(0,3 \text{ мм}) \geq TD_{2.4.1}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{16}(0,025 \text{ мм}) \geq TD_{3.3}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{17}(0,3 \text{ мм}) \geq TD_{2.4.3}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{18}(0,029 \text{ мм}) \geq TD_{3.2}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{19}(0,3 \text{ мм}) \geq TD_{2.7}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{20}(1 \text{ мм}) \geq TD_{2.3.1}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{21}(0,72 \text{ мм}) \geq TD_{2.8}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{22}(0,029 \text{ мм}) \geq TD_{3.1}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{23}(0,25 \text{ мм}) \geq TD_{2.12.2}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{24}(0,074 \text{ мм}) \geq TD_{2.13.1}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{25}(0,074 \text{ мм}) \geq TD_{2.12.1}(0,01 \text{ мм})$$

$$TK_{26}(0,63 \text{ мм}) \geq TD_{2.13.2}(0,01 \text{ мм})$$

Расчет осевых технологических размеров

$$A_{2.13.1}^{\text{cp}} = K_9^{\text{cp}}$$

$$K_9 = 40_{-0,5}$$

$$A_{2.13.1}^{\text{cp}} = 39,75 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.13.1} = 39,695^{+0,11} \approx 39,6^{+0,11}$$

$$A_{2.12.2}^{\text{cp}} = K_8^{\text{cp}}$$

$$K_8 = 140^{+0,2}$$

$$A_{2.12.2}^{\text{cp}} = 140,1 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.12.2} = 140,045^{+0,11} \approx$$

$$140^{+0,11}$$

$$A_{2.12.1}^{\text{cp}} = K_{11}^{\text{cp}}$$

$$K_{11} = 20^{+0,5}$$

$$A_{2.12.1}^{\text{cp}} = 20,25 \pm 0,055$$

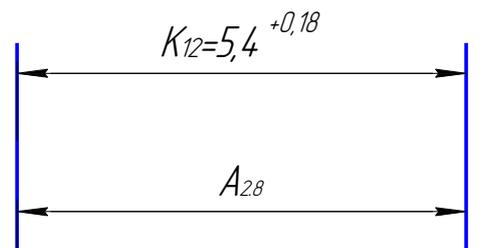
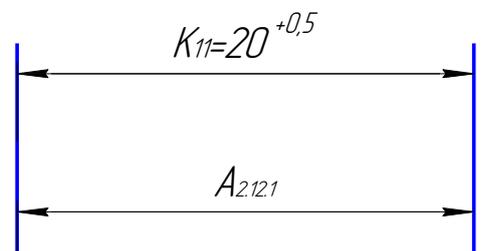
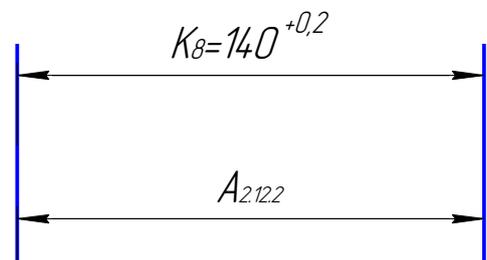
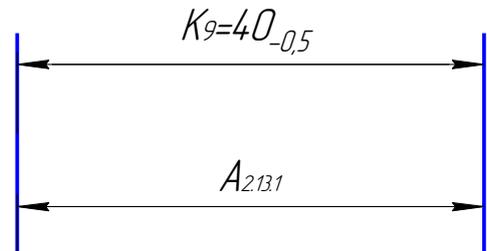
$$\text{Назначаем } A_{2.12.1} = 20,195^{+0,11} \approx 20,1^{+0,11}$$

$$A_{2.8}^{\text{cp}} = K_{12}^{\text{cp}}$$

$$K_{12} = 5,4^{+0,18}$$

$$A_{2.8}^{\text{cp}} = 5,49 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.8} = 5,435^{+0,11} \approx 5,4^{+0,11}$$



$$A_{2.13.3}^{\text{cp}} = K_{14}^{\text{cp}}$$

$$K_{14} = 8^{+0,2}$$

$$A_{2.13.3}^{\text{cp}} = 8,1 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.13.3} = 8,045^{+0,11} \approx 8^{+0,11}$$

$$A_{2.13.2}^{\text{cp}} = K_{13}^{\text{cp}}$$

$$K_{13} = 3,4^{+0,18}$$

$$A_{2.13.2}^{\text{cp}} = 3,49 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.13.2} = 3,435^{+0,11} \approx 3,4^{+0,11}$$

$$A_{1.1}^{\text{cp}} = K_1^{\text{cp}}$$

$$K_1 = 415_{-0,5}$$

$$A_{1.1}^{\text{cp}} = 414,75 \pm 0,05$$

$$\text{Назначаем } A_{1.1} = 414,7^{+0,1}$$

$$A_{2.7}^{\text{cp}} = K_{10}^{\text{cp}}$$

$$K_{10} = 8^{+0,5}$$

$$A_{2.7}^{\text{cp}} = 8,25 \pm 0,055$$

$$\text{Назначаем } A_{2.7} = 8,195^{+0,11} \approx 8,1^{+0,11}$$

$$A_{2.4.3}^{\text{cp}} = K_7^{\text{cp}}$$

$$K_7 = 8^{+0,5}$$

$$A_{2.4.3}^{\text{cp}} = 8,25 \pm 0,065$$

$$\text{Назначаем } A_{2.4.3} = 8,185^{+0,13} \approx 8,1^{+0,13}$$

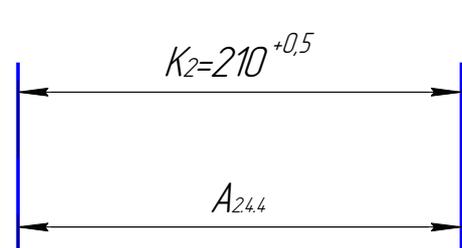
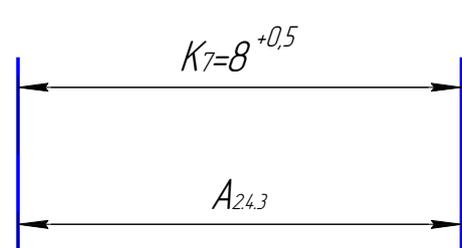
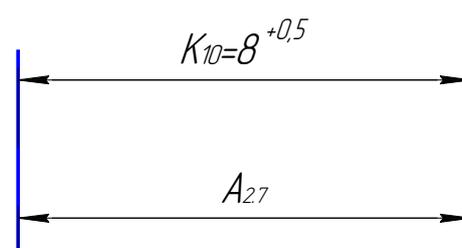
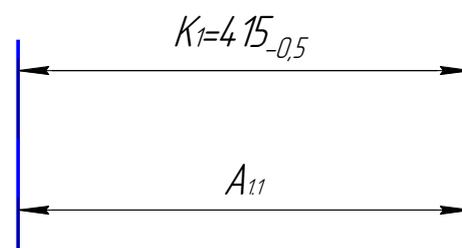
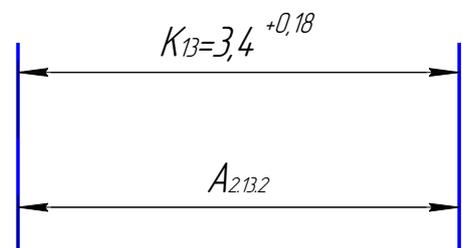
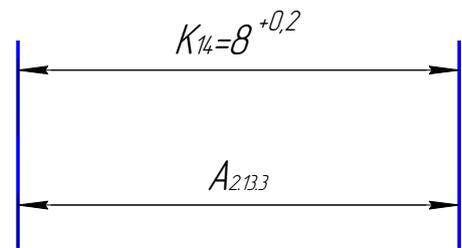
$$A_{2.4.4}^{\text{cp}} = K_2^{\text{cp}}$$

$$K_2 = 210^{+0,5}$$

$$A_{2.4.4}^{\text{cp}} = 210,25 \pm 0,065$$

$$\text{Назначаем } A_{2.4.4} = 210,185^{+0,13} \approx$$

$$210,1^{+0,13}$$



$$A_{2.4.2}^{cp} = K_5^{cp}$$

$$K_5 = 100^{+0,5}$$

$$A_{2.4.2}^{cp} = 100,25 \pm 0,065$$

$$\text{Назначаем } A_{2.4.2} = 100,185^{+0,13} \approx$$

$$100,1^{+0,13}$$

$$A_{2.4.1}^{cp} = K_6^{cp}$$

$$K_6 = 8,5^{+0,5}$$

$$A_{2.4.1}^{cp} = 8,75 \pm 0,065$$

$$\text{Назначаем } A_{2.4.1} = 8,685^{+0,13} \approx 8,6^{+0,13}$$

$$A_{2.12.1} = 20,1^{+0,11}$$

$$A_{2.12.1}^{cp} = 20,155 \pm 0,055$$

$$z_{2.12.1}^{cp} = \frac{z_{2.12.1}^{min} + z_{2.12.1}^{max}}{2}$$

$$z_{2.12.1}^{max} = z_{2.12.1}^{min} + TA_{2.12.1} + TA_{2.11.1}$$

$$z_{2.12.1}^{cp} = z_{2.12.1}^{min} + \frac{TA_{2.12.1} + TA_{2.11.1}}{2} = 0,1 +$$

$$\frac{0,15 + 0,11}{2} = 0,23$$

$$A_{2.11.1}^{cp} = A_{2.12.1}^{cp} - z_{2.12.1}^{cp} = 20,155 - 0,23 =$$

$$19,925 \pm 0,075$$

$$\text{Назначаем } A_{2.11.1} = 19,85^{+0,15} \approx 19,8^{+0,15}$$

$$A_{2.12.2} = 140^{+0,11}$$

$$A_{2.12.2}^{cp} = 140,055 \pm 0,055$$

$$z_{2.12.2}^{cp} = \frac{z_{2.12.2}^{min} + z_{2.12.2}^{max}}{2}$$

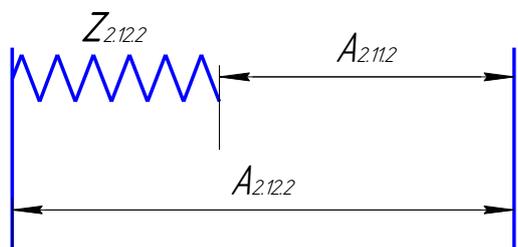
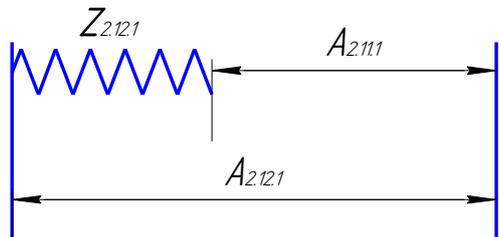
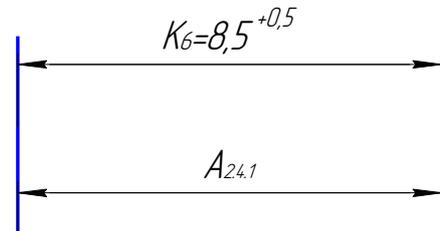
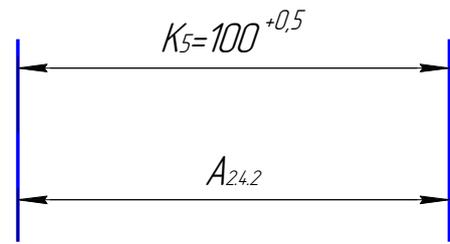
$$z_{2.12.2}^{max} = z_{2.12.2}^{min} + TA_{2.12.2} + TA_{2.11.2}$$

$$z_{2.12.2}^{cp} = z_{2.12.2}^{min} + \frac{TA_{2.12.2} + TA_{2.11.2}}{2} = 0,1 +$$

$$\frac{0,15 + 0,11}{2} = 0,23$$

$$A_{2.11.2}^{cp} = A_{2.12.2}^{cp} - z_{2.12.2}^{cp} = 140,055 -$$

$$0,23 = 139,825 \pm 0,075$$



Назначаем $A_{2.11.2} = 139,75^{+0,15} \approx 139,7^{+0,15}$

$$A_{1.2} = z_{1.2}$$

$$A_{1.2}^{min} = z_{1.2}^{min} - TD_{1.2} = 4,13 - 0,5 = 3,63^{+0,5}$$

Назначаем $A_{1.2} = 3,7^{+0,5}$

$$K_3^{cp} = A_{1.1}^{cp} - A_{2.4.4}^{cp} - A_{2.7.1}^{cp}$$

$$A_{2.7.1}^{cp} = A_{1.1}^{cp} - A_{2.4.4}^{cp} - K_3^{cp} = 414,75 - 210,165 - 133,1 = 71,485 \pm 0,055$$

Назначаем $A_{2.7.1} = 71,43^{+0,11} \approx 71,4^{+0,11}$

$$K_4^{cp} = A_{2.7.1}^{cp} - A_{2.8.1}^{cp}$$

$$A_{2.8.1}^{cp} = A_{2.7.1}^{cp} - K_4^{cp} = 71,455 - 63,15 = 8,305 \pm 0,055$$

Назначаем $A_{2.8.1} = 8,25^{+0,11} \approx 8,2^{+0,11}$

$$A_{2.7.1} = 71,4^{+0,11}$$

$$A_{2.7.1}^{cp} = 71,455 \pm 0,055$$

$$z_{2.7.1}^{cp} = \frac{z_{2.7.1}^{min} + z_{2.7.1}^{max}}{2}$$

$$z_{2.7.1}^{max} = z_{2.7.1}^{min} + TA_{2.7.1} + TA_{2.6}$$

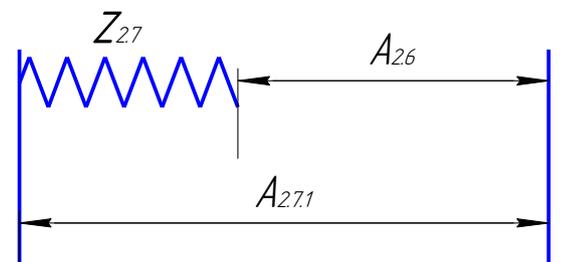
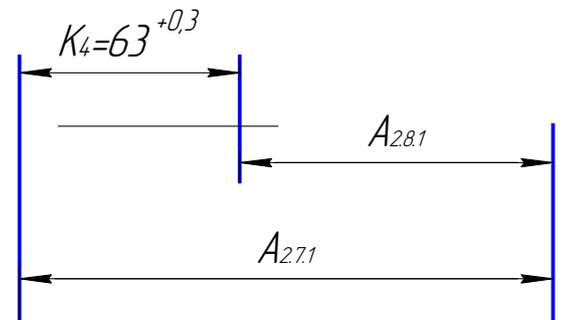
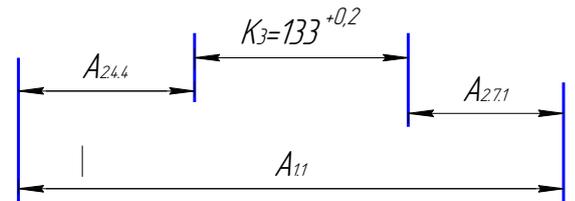
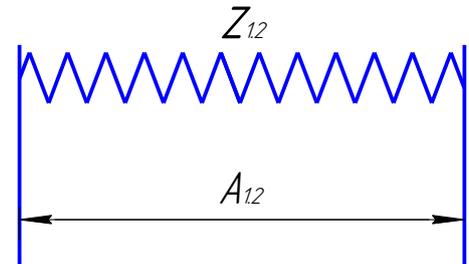
$$z_{2.7.1}^{cp} = z_{2.7.1}^{min} + \frac{TA_{2.7.1} + TA_{2.6}}{2} = 0,045 +$$

$$\frac{0,11 + 0,11}{2} = 0,155$$

$$A_{2.6}^{cp} = A_{2.7.1}^{cp} - z_{2.7.1}^{cp} = 71,455 - 0,155 =$$

$$71,3 \pm 0,055$$

Назначаем $A_{2.6} = 71,245^{+0,11} \approx 71,2^{+0,11}$



$$A_{2.6} = 71,2^{+0,11}$$

$$A_{2.6}^{cp} = 71,255 \pm 0,055$$

$$z_{2.6}^{cp} = \frac{z_{2.6}^{min} + z_{2.6}^{max}}{2}$$

$$z_{2.6}^{max} = z_{2.6}^{min} + TA_{2.6} + TA_{2.1}$$

$$z_{2.6}^{cp} = z_{2.6}^{min} + \frac{TA_{2.6} + TA_{2.1}}{2} = 0,18 + \frac{0,11 + 0,15}{2} =$$

$$0,31$$

$$A_{2.1}^{cp} = A_{2.6}^{cp} - z_{2.6}^{cp} = 71,255 - 0,31 =$$

$$70,945 \pm 0,075$$

Назначаем $A_{2.1} = 70,87^{+0,15} \approx 70,8^{+0,15}$

$$A_{2.4.2} = 100,1^{+0,13}$$

$$A_{2.4.2}^{cp} = 100,165 \pm 0,065$$

$$z_{2.4.1}^{cp} = \frac{z_{2.4.1}^{min} + z_{2.4.1}^{max}}{2}$$

$$z_{2.4.1}^{max} = z_{2.4.1}^{min} + TA_{2.4.2} + TA_{2.3.3}$$

$$z_{2.4.1}^{cp} = z_{2.4.1}^{min} + \frac{TA_{2.4.2} + TA_{2.3.3}}{2} = 0,535 +$$

$$\frac{0,13 + 0,13}{2} = 0,665$$

$$A_{2.3.3}^{cp} = A_{2.4.2}^{cp} - z_{2.4.1}^{cp} = 100,165 - 0,665 =$$

$$99,5 \pm 0,065$$

Назначаем $A_{2.3.3} = 99,435^{+0,13} \approx 99,4^{+0,13}$

$$A_{2.3.3} = 99,4^{+0,13}$$

$$A_{2.3.3}^{cp} = 99,465 \pm 0,065$$

$$z_{2.3.3}^{cp} = \frac{z_{2.3.3}^{min} + z_{2.3.3}^{max}}{2}$$

$$z_{2.3.3}^{max} = z_{2.3.3}^{min} + TA_{2.3.3} + TA_{2.2.3}$$

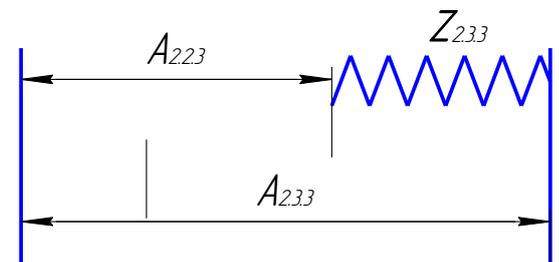
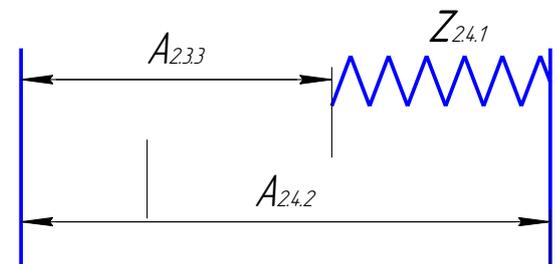
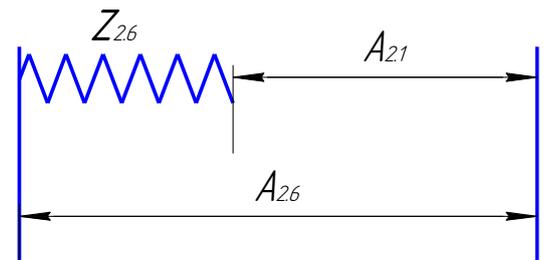
$$z_{2.3.3}^{cp} = z_{2.3.3}^{min} + \frac{TA_{2.3.3} + TA_{2.2.3}}{2} = 0,26 + \frac{0,13 + 0,17}{2} =$$

$$0,41$$

$$A_{2.2.3}^{cp} = A_{2.3.3}^{cp} - z_{2.3.3}^{cp} = 99,465 - 0,41 =$$

$$99,055 \pm 0,085$$

Назначаем $A_{2.2.3} = 98,97^{+0,17} \approx 98,9^{+0,17}$



$$A_{2.4.4} = 210,1^{+0,13}$$

$$A_{2.4.4}^{\text{cp}} = 210,165 \pm 0,065$$

$$z_{2.4.3}^{\text{cp}} = \frac{z_{2.4.3}^{\text{min}} + z_{2.4.3}^{\text{max}}}{2}$$

$$z_{2.4.3}^{\text{max}} = z_{2.4.3}^{\text{min}} + TA_{2.4.4} + TA_{2.3.2}$$

$$z_{2.4.3}^{\text{cp}} = z_{2.4.3}^{\text{min}} + \frac{TA_{2.4.4} + TA_{2.3.2}}{2} = 0,045 +$$

$$\frac{0,13 + 0,13}{2} = 0,175$$

$$A_{2.3.2}^{\text{cp}} = A_{2.4.4}^{\text{cp}} - z_{2.4.3}^{\text{cp}} = 210,165 - 0,175 =$$

$$209,99 \pm 0,065$$

Назначаем $A_{2.3.2} = 209,925^{+0,13} \approx 209,9^{+0,13}$

$$A_{2.3.2} = 209,9^{+0,13}$$

$$A_{2.3.2}^{\text{cp}} = 209,965 \pm 0,065$$

$$z_{2.3.2}^{\text{cp}} = \frac{z_{2.3.2}^{\text{min}} + z_{2.3.2}^{\text{max}}}{2}$$

$$z_{2.3.2}^{\text{max}} = z_{2.3.2}^{\text{min}} + TA_{2.3.2} + TA_{2.2.2}$$

$$z_{2.3.2}^{\text{cp}} = z_{2.3.2}^{\text{min}} + \frac{TA_{2.3.2} + TA_{2.2.2}}{2} = 0,18 +$$

$$\frac{0,13 + 0,17}{2} = 0,33$$

$$A_{2.2.2}^{\text{cp}} = A_{2.3.2}^{\text{cp}} - z_{2.3.2}^{\text{cp}} = 209,965 - 0,33 =$$

$$209,635 \pm 0,085$$

Назначаем $A_{2.2.2} = 209,55^{+0,17} \approx$

$$209,5^{+0,17}$$

$$A_{1.1} = 414,7^{+0,1}$$

$$A_{1.1}^{\text{cp}} = 414,75 \pm 0,05$$

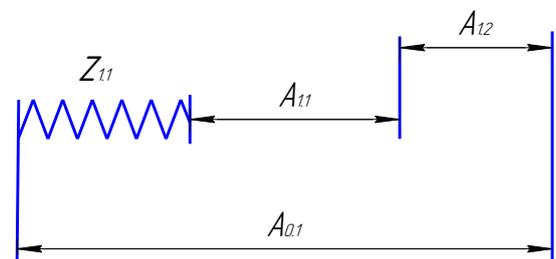
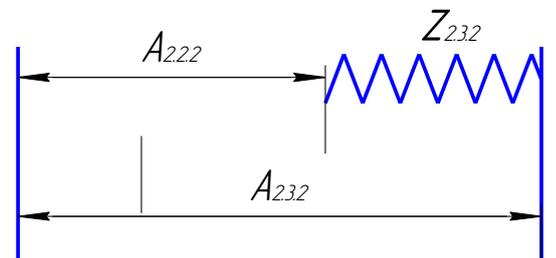
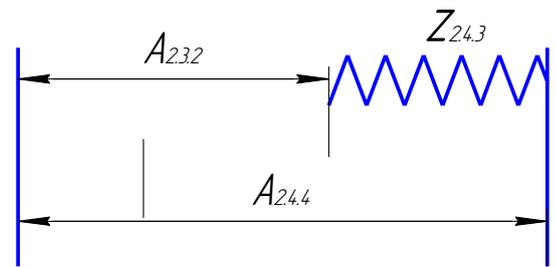
$$A_{1.2} = 3,7^{+0,5}$$

$$A_{1.2}^{\text{cp}} = 3,95 \pm 0,25$$

$$z_{1.1}^{\text{cp}} = \frac{z_{1.1}^{\text{min}} + z_{1.1}^{\text{max}}}{2}$$

$$z_{1.1}^{\text{max}} = z_{1.1}^{\text{min}} + TA_{0.1} + TA_{1.1} + TA_{1.2}$$

$$z_{1.1}^{\text{cp}} = z_{1.1}^{\text{min}} + \frac{TA_{0.1} + TA_{1.1} + TA_{1.2}}{2} = 4,13 +$$



$$\frac{8+0,1+0,5}{2} = 8,43$$

$$A_{0.1}^{cp} = A_{1.1}^{cp} + A_{1.2}^{cp} + z_{1.1}^{cp} = 414,75 + 3,95 + 8,43 = 427,13 \pm 4$$

Назначаем $A_{0.1} = 423,13^{+8} \approx 423^{+8}$

Расчет диаметральных технологических размеров

$$D_{2.4.1}^{cp} = K_{15}^{cp}$$

$$K_{15} = 179_{-0,3}$$

$$D_{2.4.1}^{cp} = 178,85 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.4.1} = 178,855_{-0,01} \approx 178,86_{-0,01}$

$$D_{3.3}^{cp} = K_{16}^{cp}$$

$$K_{16} = 180k6_{+0,003}^{+0,028}$$

$$D_{3.3}^{cp} = 180,0125 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{3.3} = 180,0175_{-0,01} \approx 180,02_{-0,01}$

$$D_{2.4.3}^{cp} = K_{17}^{cp}$$

$$K_{17} = 189_{-0,3}$$

$$D_{2.4.3}^{cp} = 188,85 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.4.3} = 188,855_{-0,01} \approx 188,86_{-0,01}$

$$D_{3.2}^{cp} = K_{18}^{cp}$$

$$K_{18} = 190k6_{+0,004}^{+0,033}$$

$$D_{3.2}^{cp} = 190,0145 \pm 0,005$$

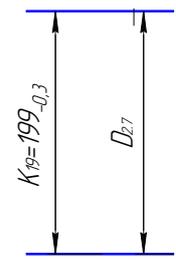
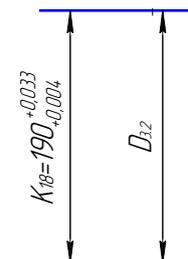
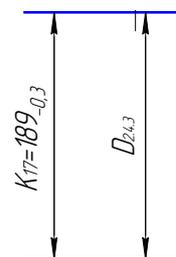
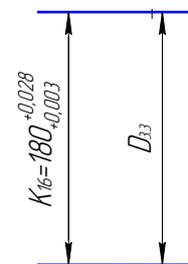
Назначаем $D_{3.2} = 190,0195_{-0,01} \approx 190,02_{-0,01}$

$$D_{2.7}^{cp} = K_{19}^{cp}$$

$$K_{19} = 199_{-0,3}$$

$$D_{2.7}^{cp} = 198,85 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.7} = 198,855_{-0,01} \approx 198,86_{-0,01}$



$$D_{2.3.1}^{cp} = K_{20}^{cp}$$

$$K_{20} = 220 \pm 0,5$$

$$D_{2.3.1}^{cp} = 220,25 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.3.1} = 220,255_{-0,01} \approx 220,26_{-0,01}$

$$D_{2.8}^{cp} = K_{21}^{cp}$$

$$K_{21} = 195_{-0,72}$$

$$D_{2.8}^{cp} = 194,64 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.8} = 194,645_{-0,01} \approx 194,65_{-0,01}$

$$D_{3.1}^{cp} = K_{22}^{cp}$$

$$K_{22} = 200k6_{+0,004}^{+0,033}$$

$$D_{3.1}^{cp} = 200,0145 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{3.1} = 200,0195_{-0,01} \approx 200,02_{-0,01}$

$$D_{2.12.2}^{cp} = K_{23}^{cp}$$

$$K_{23} = 138H11^{+0,25}$$

$$D_{2.12.2}^{cp} = 138,125 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.12.2} = 138,12^{+0,01}$

$$D_{2.13.1}^{cp} = K_{24}^{cp}$$

$$K_{24} = 160^{+0,1}$$

$$D_{2.13.1}^{cp} = 160,05 \pm 0,005$$

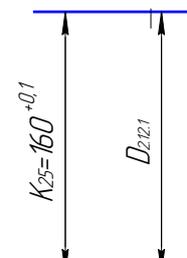
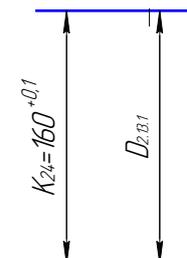
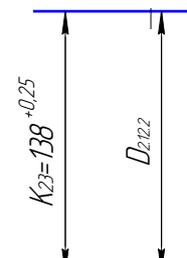
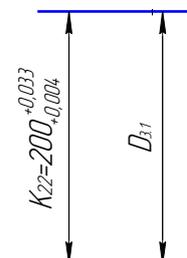
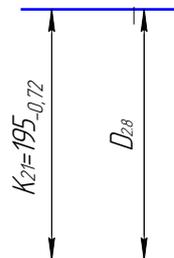
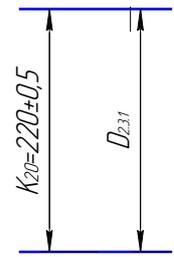
Назначаем $D_{2.13.1} = 160,045^{+0,01} \approx 160,04^{+0,01}$

$$D_{2.12.1}^{cp} = K_{25}^{cp}$$

$$K_{25} = 160^{+0,1}$$

$$D_{2.12.1}^{cp} = 160,05 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.12.1} = 160,045^{+0,01} \approx 160,04^{+0,01}$



$$D_{2.13.2}^{cp} = K_{25}^{cp}$$

$$K_{26} = 165^{+0,63}$$

$$D_{2.13.2}^{cp} = 165,315 \pm 0,005$$

Назначаем $D_{2.13.2} = 165,31^{+0,01}$

$$2Z_{3.1} = D_{2.6} - D_{3.1}$$

$$2Z_{3.1}^{min} = D_{2.6}^{min} - D_{3.1}^{max}$$

$$D_{2.6}^{min} = 2Z_{3.1}^{min} + D_{3.1}^{max} = 0,248 + 200,02 = 200,268$$

$$D_{2.6}^{max} = D_{2.6}^{min} + TD_{2.6} = 200,268 + 0,01 = 200,278$$

Назначаем $D_{2.6} = 200,278_{-0,01} \approx 200,28_{-0,01}$

$$2Z_{2.6} = D_{2.1} - D_{2.6}$$

$$2Z_{2.6}^{min} = D_{2.1}^{min} - D_{2.6}^{max}$$

$$D_{2.1}^{min} = 2Z_{2.6}^{min} + D_{2.6}^{max} = 0,46 + 200,28 = 200,74$$

$$D_{2.1}^{max} = D_{2.1}^{min} + TD_{2.1} = 200,74 + 0,05 = 200,79$$

Назначаем $D_{2.1} = 200,79_{-0,05} \approx 200,79_{-0,05}$

$$2Z_{2.3.1} = D_{2.2.1} - D_{2.3.1}$$

$$2Z_{2.3.1}^{min} = D_{2.2.1}^{min} - D_{2.3.1}^{max}$$

$$D_{2.2.1}^{min} = 2Z_{2.3.1}^{min} + D_{2.3.1}^{max} = 0,411 + 220,26 = 220,671$$

$$D_{2.2.1}^{max} = D_{2.2.1}^{min} + TD_{2.2.1} = 220,671 + 0,05 = 220,721$$

Назначаем $D_{2.2.1} = 220,721_{-0,05} \approx 220,73_{-0,05}$

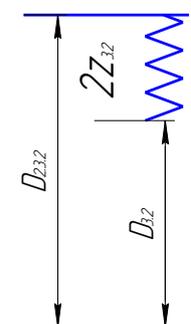
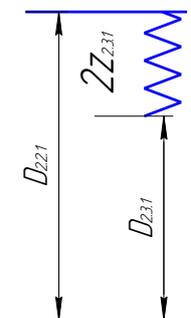
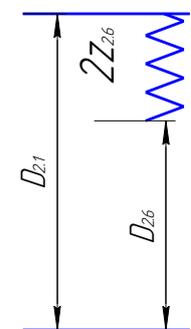
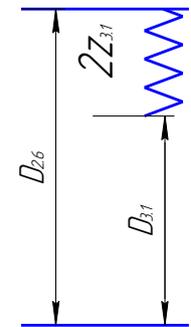
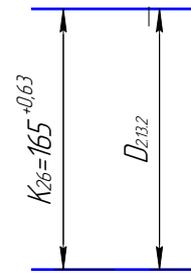
$$2Z_{3.2} = D_{2.3.2} - D_{3.2}$$

$$2Z_{3.2}^{min} = D_{2.3.2}^{min} - D_{3.2}^{max}$$

$$D_{2.3.2}^{min} = 2Z_{3.2}^{min} + D_{3.2}^{max} = 0,399 + 190,02 = 190,419$$

$$D_{2.3.2}^{max} = D_{2.3.2}^{min} + TD_{2.3.2} = 190,419 + 0,01 = 190,429$$

Назначаем $D_{2.3.2} = 190,429_{-0,01} \approx 190,43_{-0,01}$



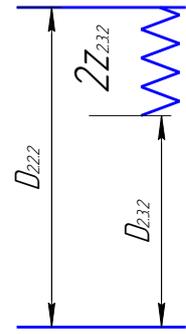
$$2z_{2.3.2} = D_{2.2.2} - D_{2.3.2}$$

$$2z_{2.3.2}^{min} = D_{2.2.2}^{min} - D_{2.3.2}^{max}$$

$$D_{2.2.2}^{min} = 2z_{2.3.2}^{min} + D_{2.3.2}^{max} = 0,601 + 190,43 = 191,031$$

$$D_{2.2.2}^{max} = D_{2.2.2}^{min} + TD_{2.2.2} = 191,031 + 0,05 = 191,081$$

Назначаем $D_{2.2.2} = 191,081_{-0,05} \approx 191,09_{-0,05}$



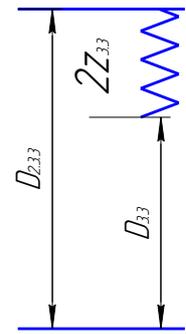
$$2z_{3.3} = D_{2.3.3} - D_{3.3}$$

$$2z_{3.3}^{min} = D_{2.3.3}^{min} - D_{3.3}^{max}$$

$$D_{2.3.3}^{min} = 2z_{3.3}^{min} + D_{3.3}^{max} = 0,389 + 180,02 = 180,409$$

$$D_{2.3.3}^{max} = D_{2.3.3}^{min} + TD_{2.3.3} = 180,409 + 0,01 = 180,419$$

Назначаем $D_{2.3.3} = 180,419_{-0,01} \approx 180,42_{-0,01}$



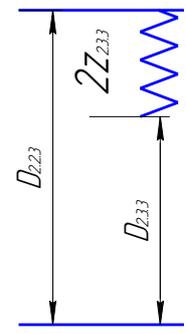
$$2z_{2.3.3} = D_{2.2.3} - D_{2.3.3}$$

$$2z_{2.3.3}^{min} = D_{2.2.3}^{min} - D_{2.3.3}^{max}$$

$$D_{2.2.3}^{min} = 2z_{2.3.3}^{min} + D_{2.3.3}^{max} = 0,601 + 180,42 = 181,021$$

$$D_{2.2.3}^{max} = D_{2.2.3}^{min} + TD_{2.2.3} = 181,021 + 0,05 = 181,071$$

Назначаем $D_{2.2.3} = 181,071_{-0,05} \approx 181,08_{-0,05}$



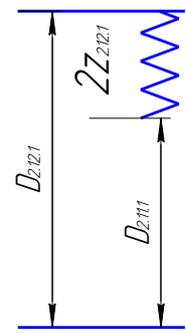
$$2z_{2.12.1} = D_{2.12.1} - D_{2.11.1}$$

$$2z_{2.12.1}^{min} = D_{2.12.1}^{min} - D_{2.11.1}^{max}$$

$$D_{2.11.1}^{max} = D_{2.12.1}^{min} - 2z_{2.12.1}^{min} = 160,04 - 0,38 = 159,66$$

$$D_{2.11.1}^{min} = D_{2.11.1}^{max} - TD_{2.11.1} = 159,66 - 0,05 = 159,61$$

Назначаем $D_{2.11.1} = 159,61^{+0,05}$



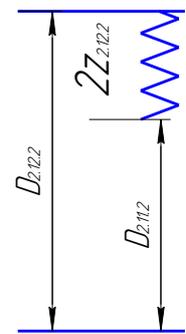
$$2z_{2.12.2} = D_{2.12.2} - D_{2.11.2}$$

$$2z_{2.12.2}^{min} = D_{2.12.2}^{min} - D_{2.11.2}^{max}$$

$$D_{2.11.2}^{max} = D_{2.12.2}^{min} - 2z_{2.12.2}^{min} = 138,12 - 0,38 = 137,74$$

$$D_{2.11.2}^{min} = D_{2.11.2}^{max} - TD_{2.11.2} = 137,74 - 0,05 = 137,69$$

Назначаем $D_{2.11.2} = 137,69^{+0,05}$



$$2z_{2.11.2} = D_{2.11.2} - D_{2.10}$$

$$2z_{2.11.2}^{min} = D_{2.11.2}^{min} - D_{2.10}^{max}$$

$$D_{2.10}^{max} = D_{2.11.2}^{min} - 2z_{2.11.2}^{min} = 137,69 - 0,38 = 137,31$$

$$D_{2.10}^{min} = D_{2.10}^{max} - TD_{2.10} = 137,31 - 0,46 = 136,85$$

$$\text{Назначаем } D_{2.10} = 136,85^{+0,46}$$

В номенклатуре таких свёрл нету, принимаем

$$D_{2.10} = 80^{+0,46}$$

$$2z_{2.10} = D_{2.10} - D_{2.9}$$

$$2z_{2.10}^{min} = D_{2.10}^{min} - D_{2.9}^{max}$$

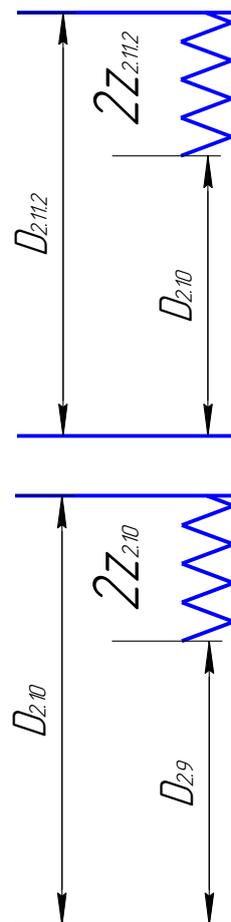
$$D_{2.9}^{max} = D_{2.10}^{min} - 2z_{2.10}^{min} = 136,85 - 0,46 = 136,39$$

$$D_{2.9}^{min} = D_{2.9}^{max} - TD_{2.9} = 136,39 - 0,46 = 135,93$$

$$\text{Назначаем } D_{2.9} = 135,93^{+0,46}$$

В номенклатуре таких свёрл нету, принимаем

$$D_{2.9} = 65^{+0,46}$$



В ходе выполнения размерного анализа технологического процесса назначены операционные размеры и их предельные отклонения. Расчёты показали, что все конструкторские размеры выдерживаются.

1.7. Выбор оборудования и технологической оснастки

8Г663-100 - Автомат отрезной круглопильный

Станки модели 8Г663-100 предназначены для резки дисковыми пилами черных металлов в заготовительных цехах машиностроительных предприятий с автоматическим столом выгрузки без механизированного устройства длиной 20...1500 мм.

Технические характеристики:

Диаметр пилы, мм 800

Диаметр отрезаемой заготовки, мм 80...285

Расстояние от низа основания станка до опорной поверхности для заготовки (без подкладок), мм 800

Способ регулирования подачи бабки пильного диска бесступенчатое

Скорость отвода бабки пильного диска, м/мин, не менее 3,5

Наибольшее перемещение бабки пильного диска, мм 320

Предельные размеры длин отрезаемых заготовок, мм 20...1500

Предельная длина устанавливаемых заготовок, мм 6000

Производительность насоса охлаждения, л/мин. 22

Габаритные размеры автомата без отдельно расположенных агрегатов и съемных приспособлений, мм

- слева направо 2640

- спереди назад 2400

- высота 1690

Масса автомата без отдельно расположенных агрегатов и съемных приспособлений, кг 3760

МР-78 – Фрезерно-центровальный полуавтомат.

Применяется для зацентровки и фрезерования с двух сторон торцов заготовок типа осей и валов. Фрезерование, а затем и зацентровка обоих торцов при этом осуществляются одновременно. За счет данной методики торцы изделий становятся полностью параллельными по отношению друг к другу.

Кроме того, выдерживается четкая перпендикулярность (к торцам) осей отверстий, что крайне важно для дальнейшей обработки валов.

Технические характеристики:

Наибольший и наименьший диаметр обрабатываемых деталей, мм 25-250

Наибольшая и наименьшая длина обрабатываемых деталей, мм 200-825

Пределы чисел оборотов фрезы в минуту 68-780

Пределы подач фрезы, мм/мин 20-400

Пределы чисел оборотов сверла в минуту 250-1410

Пределы подач сверлильной головки, мм/мин 20-300

Мощность электродвигателя, кВт 13

Габариты полуавтомата (длина x ширина x высота), мм 2845x1450x1720

Victor Vturn-X200 - токарно-фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр с ЧПУ

Современный токарно-фрезерный обрабатывающий центр представляет собой многофункциональный станок универсального вида. Предназначен для осуществления широкого спектра обрабатывающих операций: обычное сверление и сверление под заданным углом, точение, растачивание, фрезерование (в том числе и контурное), фрезерное точение и так далее.

Технические характеристики:

Технические характеристики		Vturn-X200
Рабочие параметры	Максимальный диаметр над станиной, мм	960
	Максимальный диаметр над суппортом, мм	610
	Расстояние между центрами, мм	1123
	Максимальная длина точения, мм	1000
	Максимальный диаметр обрабатываемой детали, мм	540
	Максимальный диаметр обрабатываемой детали (нижняя револьверная головка), мм	230
Главный шпиндель	Максимальная частота вращения, об/мин	4200
	Мощность двигателя, кВт	15/22
Противошпиндель (ось E)	Максимальная частота вращения, об/мин	4200
	Мощность двигателя, кВт	15/22
	Конец шпинделя (размер патрона)	A2-6 (8")
	Диаметр отверстия шпинделя, мм	62
	Внутренний диаметр подшипника, мм	100
	Максимальный диаметр прутка, мм	52
Магазин инструментов	Емкость магазина, шт	40
	Способ выбора инструмента	произвольный
	Максимальный диаметр инструмента, мм	90
	Максимальная длина инструмента, мм	280
	Максимальный вес инструмента, кг	8
	Время смены инструмента, сек	1,3
Характеристики станка	Система ЧПУ	Fanuc 31i-A
	Потребляемая мощность, кВА	90
	Длина x Ширина x Высота, мм	5500x3400x2600
	Масса, кг	12000

5В150П – зубодолбежный вертикальный станок полуавтомат повышенной точности.

Предназначен для нарезания шлицевого внутреннего и наружного зацепления методом обкатки заготовки долбяком в условиях единичного и серийного производства.

Технические характеристики:

Модель	5В150П
Тип станка	зубодолбежный
Мощность двигателя главного движения	7,5 кВт
Класс точности станка по ГОСТ 8-82, (Н,П,В,А,С)	П
Масса станка с опциональным оборудованием	10 200 кг
Габариты станка	3 100 x 1 800 x 3 500 (мм.)
Параметры изготавливаемых деталей:	
Максимальный наружный диаметр обрабатываемой детали	800 мм.
Максимальная длина нарезаемого зуба	160 мм.
Максимальный модуль зубьев изготавливаемых колес	12 мм.

3М174 – станок круглошлифовальный

Станочное оборудование, относящиеся к группе шлифовальных машин. Техника используется для наружного и внутреннего шлифования различных поверхностей (торцевых, цилиндрических, конических) ротационных деталей типа валов.

Технические характеристики:

Параметры	Значения
Диаметр обрабатываемой заготовки, max, мм	400
Длина обрабатываемой заготовки, max, мм	2000
Диаметр шлифования, max, мм	400
Длина шлифования, max, мм	1800
Масса обрабатываемой заготовки, max, кг	15-1000
Перемещение стола, max, мм	2000
Высота центров над столом, мм	210
Конус в шпинделе передней и пиноли задней бабки	Морзе 6

Конец шлифовального шпинделя, номинальный диаметр, мм	100h11
Конец шлифовального шпинделя, диаметр опорных шеек, мм	110f7
Диаметр шлифовального круга наружный/внутренний, max, мм	750/305
Высота шлифовального круга, max, мм	80; 100
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, мин ⁻¹	1270
Частота вращения заготовки (регулируется бесступенчато), max, мин ⁻¹	180; 360
Частота вращения заготовки (регулируется бесступенчато), min, мин ⁻¹	20; 40
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	35; 50
Угол поворота верхнего стола по/против часовой стрелки, max, градус	2/5
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	26,19; 23,98
Габариты, мм	6710x3690x2 135
Масса, кг	11600

1.8. Расчет режимов резания.

Расчет режимов резания является одним из основных этапов проектирования технологического процесса. Режимы резания определяются глубиной резания – t мм, подачей – s мм/об и скоростью резания – v м/мин, которые оказывают значительное влияние на точность и качество обрабатываемой поверхности, производительность и технологическую себестоимость обработки.

Подача должна быть установлена максимально допустимой. При черновой обработке она ограничивается прочностью и жесткостью элементов технологической системы станка, а при чистовой и отделочной – точностью размеров и шероховатостью обрабатываемой поверхности. Определенная расчетом или по нормативам подача должна соответствовать паспортным данным станка.

Скорость резания зависит от выбранной глубины резания, подачи, качества и марки обрабатываемого материала, геометрических параметров режущей части инструмента и ряда других факторов.

При назначении режимов резания следует учитывать вид обработки, тип и размеры инструмента, материал его режущей части, материал заготовки, тип и состояние станка.

Для операций точения и фрезерования режимы резания подобраны по рекомендациям производителя инструмента [9]

005 Пило-отрезная операция.

Отрезание.

Исходные данные:

- автомат отрезной круглопильный - 8Г663-100
- инструменты – пила дисковая RÖNTGEN HSS bi-alfa cobalt M42-Co8%. $D=800$ мм, $z=96$, ширина реза 7мм.

1. Диаметр обрабатываемой поверхности $d=250$ мм.
2. Глубина резания: $t = 250$ мм.
3. Подачу выбираем по таблице 108 [5, с.425]: для дисковых пил подача на зуб $s_z = 0,04$ мм.
4. Скорость резания выбираем по таблице 109 [5, с.425]: для дисковых пил $V = 22$ м/мин.
5. Частота (скорость) пилы:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 800} = 8,7 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача: $s_m = s_z \cdot z \cdot n = 0,04 \cdot 96 \cdot 8,7 = 33,4$ мм/мин

010. Фрезерно-центровальная операция.

Переход 1: подрезка торцев.

Исходные данные:

- фрезерно - центровальный станок модели МР-77.
- инструменты – фреза торцевая $\phi 315$, $z=18$, Т15К6;

При торцевом фрезеровании для достижения производительных режимов резания диаметр фрезы D должен быть больше ширины фрезерования:

$$D = (1,25 \div 1,5) \cdot B = 1,25 \cdot 250 = 312,5 \text{ мм}$$

где: B – наибольшая ширина фрезерования, $B = 250$ мм.

Принимаем фрезу $D=315\text{мм}$, число зубьев $z=18$, глубина фрезерования $t=0,5\text{мм}$.

Подача на один зуб, $s_z=0,1\text{мм/зуб}$;

Скорость резания рассчитываем по формуле

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v$$

где: $C_v = 332$, $q=0,2$; $m=0,2$; $x=0,1$; $y=0,4$; $u=0,2$; $p=0$ – значения коэффициентов, определяем по таблице 81 [5,стр.407]

T - стойкость фрезы, определяем по таблице 82 [5,стр.411], $T=300\text{мин}$;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, находим по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

где: K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки, $K_{nv}=0,9$;

K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{iv}=1$;

K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, рассчитываем по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$$

где: K_r - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r=1$;

σ_B – фактический параметр, характеризующий обрабатываемость материала, $\sigma_B=880\text{Н/мм}^2$;

n_v - показатель степени при обработке фрезами, $n_v=1$.

Подставляем значения в формулу

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{880}\right)^1 = 0,85$$

Подставляем значения в формулу

$$K_v = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,77$$

Подставляем значения в формулу

$$V = \frac{332 \cdot 315^{0,2}}{300^{0,2} \cdot 0,5^{0,1} \cdot 0,1^{0,4} \cdot 250^{0,2} \cdot 18^0} \cdot 0,77 = 299 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 299}{3,14 \cdot 315} = 302 \text{ об/мин}$$

Минутная подача: $s_M = s_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 18 \cdot 302 = 543,6 \text{ мм/мин}$

Главную составляющую силы резания – окружную силу, рассчитываем по формуле:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

где: $C_v = 825$, $x=1$; $y=0,75$; $u=1,1$; $q=1,3$; $w=0,2$ – значения коэффициентов, определяем по таблице 83 [5,стр.412]

K_{mp} - поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала, находим по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{880}{750} \right)^{0,3} = 1,05$$

где: n - показатель степени при обработке фрезами, $n=0,3$.

Подставляем значения в формулу:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 0,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 250^{1,1} \cdot 18}{315^{1,3} \cdot 302^{0,2}} \cdot 1,05 = 1035 \text{ Н}$$

Крутящий момент, $M_{кр}$, рассчитываем по формуле:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1035 \cdot 315}{2 \cdot 100} = 1630 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1035 \cdot 299}{1020 \cdot 60} = 5,06 \text{ кВт}$$

Мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

010. Токарно-фрезерная с ЧПУ.

Переход 1: точить предварительно [5,стр.363]

Исходные данные:

- токарно-фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр с ЧПУ Victor Vturn X200

- инструменты – твердосплавный токарный резец с СМП, изготовленный из материала T15K6.

Дальнейший расчет производим с условием, что геометрические параметры инструмента являются оптимальными.

Глубина резания. $t = 5$ мм.

Величина подачи: $s = 1$ мм/об.

Скорость резания определяем по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

где: T - стойкость резца, $T=60$ мин;

На основании рекомендации [5,стр.367] принимаем значения коэффициентов $C_v = 280$; $m=0,20$; $x=0,15$; $y=0,45$.

Значение коэффициента K_v определяем по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, рассчитываем по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v}$$

где: K_r - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r=1$;

n_v - показатель степени при обработке резцами, $n_v=1$.

Подставляем значения в формулу

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{880}\right)^1 = 0,85$$

K_{nv} - коэффициент, учитывающий состояние поверхности, $K_{nv}=0,9$;

K_{iv} - коэффициент, учитывающий качество материала инструмента,
 $K_{iv}=1$

Подставляем значения в формулу

$$K_v = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765$$

Подставляем значения в формулу

$$v = \frac{280}{60^{0,2} \cdot 5^{0,15} \cdot 1^{0,45}} \cdot 0,765 = 74 \text{ м/мин}$$

Частота вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 74}{3,14 \cdot 250} = 94 \text{ об/мин}$$

Минутная подача: $s_M = s \cdot n = 1 \cdot 94 = 94 \text{ мм/мин}$

Определим тангенциальную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

На основании рекомендации [5,стр.371] принимаем значения коэффициентов $C_p = 300$; $x=1$; $y=0,75$; $n= - 0,15$.

Значение коэффициента K_p определяем по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}$$

На основании рекомендации [5,стр.371] принимаем значения коэффициентов

$$K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1.$$

K_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости, рассчитываем по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

где: n - показатель степени при обработке резцами, $n=0,75$.

Подставляем значения в формулу:

$$K_{mp} = \left(\frac{880}{750} \right)^{0,75} = 1,13$$

Подставляем значения в формулу

$$K_p = 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Подставляем значения в формулу

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 5^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 74^{-0,15} \cdot 1 = 7865\text{Н}$$

Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{7865 \cdot 74}{1020 \cdot 60} = 9,5\text{кВт}$$

Мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

Переход 9: сверлить отверстие [5, стр.381].

Исходные данные:

- токарно-фрезерный многоцелевой обрабатывающий центр с ЧПУ
Victor Vturn X200

- инструменты – сверло Р6М5, $D = 65\text{мм}$;

Глубину резания при сверлении находим по формуле:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 65 = 32,5\text{мм}$$

Подача $s=0,35\text{мм/об}$.

Скорость резания определяем по формуле:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_v$$

где T – период стойкости сверла, $T=110\text{мин}$; [5, стр.384]

C_v – коэффициент, выбираем по таблице 38 [5, стр.383]: $C_v = 9,8$;

q, m, y - показатели степени, $q=0,4$; $m=0,2$; $y=0,5$;

K_v - общий поправочный коэффициент на скорость резания, находим по формуле:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}$$

где K_{mv} - коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, рассчитываем по формуле:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

где: K_r - коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости, $K_r=1$;

n_v - показатель степени при обработке свёрлами, $n_v=0,9$.

Подставляем значения в формулу

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{880}\right)^{0,9} = 0,87$$

K_{iv} - коэффициент, учитывающий материал инструмента, $K_{iv}=1$;

K_{lv} - коэффициент, учитывающий глубину сверления, $K_{lv}=0,75$.

Подставляем значения в формулу

$$K_v = 0,87 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,65$$

Подставляем значения в формулу

$$v = \frac{9,8 \cdot 65^{0,4}}{110^{0,2} \cdot 0,35^{0,5}} \cdot 0,65 = 22,3 \text{ м/мин}$$

Частота вращения инструмента:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,3}{3,14 \cdot 65} = 109 \text{ об/мин}$$

Минутная подача: $s_m = s \cdot n = 0,35 \cdot 109 = 38,15 \text{ мм/мин}$

Крутящий момент и осевую силу рассчитываем по формулам:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p$$

$$P_o = 10C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p$$

где C_m - коэффициент, выбираем по таблице 42 [5, стр.385]: $C_m=0,0345$;

C_p - коэффициент, выбираем по таблице 42 [5, стр.385]: $C_p=68$;

q, y - показатели степени для расчёта крутящего момента, $q=2$; $y=0,8$;

q, y - показатели степени для расчёта осевой силы, $q=1$; $y=0,7$;

Коэффициент, учитывающий фактические условия обработки, рассчитываем по формуле:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$

где: n - показатель степени при обработке свёрлами, $n=0,75$.

Подставляем значения в формулу:

$$K_{mp} = \left(\frac{880}{750}\right)^{0,75} = 1,13$$

Подставляем значения в формулы:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 65^2 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1,13 = 711 \text{Н} \cdot \text{м}$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 65^1 \cdot 0,35^{0,7} \cdot 1,13 = 23952 \text{Н}$$

Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{711 \cdot 109}{9750} = 7,94 \text{кВт}$$

Мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

025. Зубодолбежная.

Переход 1: долбить шлицы [5,стр.380]

Исходные данные:

– зубодолбежный вертикальный станок полуавтомат повышенной точности - 5В150П.

- инструменты – долбяк 2540-0014А ГОСТ 6762-79

1. Диаметр делительной окружности эвольвентных зубьев $D_1=72\text{мм}$. Число зубьев $z=12$.
2. Глубина долбления. $t = 2 \text{ мм}$.
3. Величина подачи: $S = 0,25 \text{ мм/ дв. ход}$.

Скорость резания определяем по формуле:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x S^y} \cdot K_{yv}$$

где: T - стойкость фрезы, $T=240\text{мин}$;

K_{yv} - коэффициент, учитывающий ударную нагрузку, $K_{yv}=0,6$

$C_v = 250$; $m=0,18$; $x=0,3$; $y=0,15$ - значения коэффициентов, определяем по рекомендации [5,стр.367]

Подставляем значения в формулу

$$v = \frac{250}{240^{0,18} \cdot 2^{0,3} \cdot 0,25^{0,15}} \cdot 0,6 = 55,9 \text{ м/мин}$$

Частота движения долбяка:

$$n = \frac{1000 \cdot v \cdot \cos\beta}{\pi \cdot L} = \frac{1000 \cdot 55,9 \cdot 0,866}{3,14 \cdot 138} = 112 \text{ дв. ход/мин}$$

где: L - длина хода долбяка, $L=138$ мм;

β – угол наклона линии зуба колеса, $\beta=30^0$

Минутная подача: $s_m = s \cdot n = 0,25 \cdot 112 = 28$ мм/мин

Определим тангенциальную составляющую силы резания по формуле:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p$$

На основании рекомендации [5,стр.371] принимаем значения коэффициентов $C_p = 200$; $x=1$; $y=0,75$; $n=0$.

Значение коэффициента K_p определяем по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}$$

На основании рекомендации [5,стр.371] принимаем значения коэффициентов

$$K_{\varphi p}=0,89; K_{\gamma p}=1; K_{\lambda p}=1;$$

K_{mp} - коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости, рассчитываем по формуле:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n$$

где: n - показатель степени при обработке резцами, $n=0,75$.

Подставляем значения в формулу:

$$K_{mp} = \left(\frac{880}{750} \right)^{0,75} = 1,13$$

Подставляем значения в формулу

$$K_p = 1,13 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

Подставляем значения в формулу

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 2^1 \cdot 0,25^{0,75} \cdot 55,9^0 \cdot 1 = 707 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{707 \cdot 55,9}{1020 \cdot 60} = 0,65 \text{ кВт}$$

Мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

040. Круглошлифовальная.

Переход 1: шлифовать поверхность [5, стр.438]

Исходные данные:

- круглошлифовальный станок модели 3М174.
- инструменты – круг шлифовальный, геометрические параметры: 750^x 80^x 305 24А 40-П СМ2 7 К1 1кл ГОСТ 2424-83

Основные параметры резания при шлифовании определяем по таблице 130 [5, стр.438]:

- скорость вращательного движения заготовки $v_3 = 35$ м/мин.
- скорость вращательного движения круга $v_k = 35$ м/с.
- глубина шлифования $t=0,01$ мм.
- продольная подача $s_0=(0,2 \dots 0,4) \cdot V_k=150$ мм/об.
- поперечная подача $s_x=0,005$ мм/ход

Частота вращения заготовки:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 200} = 56 \text{ об/мин}$$

Станок мод. 3М174 имеет бесступенчатое регулирование частот вращения заготовки, поэтому корректировка не требуется.

Минутная подача: $s_M = 300 \cdot 48 = 0,25 \cdot 112 = 28$ мм/мин

Эффективную мощность рассчитываем по формуле:

$$N = C_N \cdot v_3^r \cdot t^x \cdot s^y \cdot d^q$$

где: $C_N = 1,3$, $r=0,75$; $x=0,85$; $y=0,7$; $q=0$ – значения коэффициентов, определяем по таблице 131 [5, стр.441]

d – диаметр шлифования, $d=190$ мм

Подставляем значения в формулу:

$$N = 1,3 \cdot 35^{0,75} \cdot 0,01^{0,85} \cdot 40^{0,7} \cdot 190^0 = 4,9 \text{ кВт}$$

Мощность привода выбранного станка достаточна, обработка возможна.

Остальные данные рассчитываем и сводим их в таблицу 10.

Табл. 10 – Сводная таблица режимов резания

Номер операции	Наименование операции, перехода	Глубина резания t , мм	Длина резания $l_{рез}$, мм	Подача s_0 , мм/об		Скорость V , м/мин		Частота вращения, $мин^{-1}$		Минутная подача S_m , мм/мин
				расчётная	принятая	расчётная	принятая	расчётная	принятая	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
05	<u>Пило-отрезная</u> 1. Отрезать заготовку	250	250	3,84	3,84	20	20	8,7	8,7	33,4
10	<u>Фрезерно-центровальная</u> 1. Фрезеровать два торца одновременно	0,5	15	1,8	1,8	299	299	302	302	543,6
	2. Сверлить два центровых отверстия	4	8	0,2	0,2	27,51	27,51	1095	1095	109,5
15	<u>Токарно-фрезерная с ЧПУ</u> 1. Точить предварительно	5	72	1	1	74	74	94	94	94
	2. Точить контур начерно	5	363	1	1	74	74	94	94	94
	3. Точить контур начисто	0,15	363	0,2	0,2	216,5	216,5	344	344	68,8
	4. Точить канавки	0,5	0,5	0,2	0,2	57,4	57,4	101,5	101,5	20,3
	5. Фрезеровать два шпоночных паза	0,5	100,5	0,5	0,5	91	91	724	724	362
	6. Точить контур начисто	0,15	72	0,2	0,2	216,5	216,5	344	344	68,8

15	7. Точить канавку	0,5	0,5	0,2	0,2	57,4	57,4	101,5	101,5	20,3	
	8. Точить канавку	2,5	2,5	0,2	0,2	57,4	57,4	101,5	101,5	20,3	
	9. Сверлить отверстие	32,5	138	0,7	0,7	22,3	22,3	109	109	38,5	
	10. Рассверлить отверстие	7,5	138	0,7	0,7	26,8	26,8	107	107	37,45	
	11. Расточить контур начерно	5	138	0,4	0,4	39,8	39,8	92	92	93	
	12. Расточить контур начисто	0,15	138	0,2	0,2	121,1	121,1	279,5	279,5	66,9	
	13. Расточить канавки	2,5	2,5	0,2	0,2	52,3	52,3	100,9	100,9	20,19	
	14. Сверлить центровое отверстие	4	8	0,2	0,2	27,51	27,51	1095	1095	219	
	15. Рассверлить центровое отверстие	4,7	20	0,7	0,7	26,8	26,8	362	362	490,5	
	16. Нарезать резьбу	2,5	20	2,5	2,5	11,7	11,7	739	739	372	
	25	<u>Зубодолбежная</u> 1. Долбить шлицы	2	138	0,25	0,25	112	112	112	112	28
	40	<u>Круглошлифовальная</u> 1. Шлифовать поверхность	0,01	72	150	150	35	35	56	56	42
		2. Шлифовать поверхности	0,01	193,5	150	150	35	35	56	56	42

1.9 Нормирование технологического процесса

Основное время – время, затрачиваемое на движение инструмента на рабочей подаче.

Расчет основного времени производят на основании следующей зависимости: [6, стр.20]

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M}$$

где: L – расчётная длина обработки, мм;

i - число рабочих ходов;

S_m – минутная подача, мм/об (мм/мин).

Расчетную длину обработки определяют как:

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

где: l – размер детали на данном переходе, мм;

l_1 - величина подвода инструмента, мм;

l_2 – величина врезания инструмента, мм.

l_3 – величина перебега инструмента, мм.

Величины подвода и перебега для токарной, сверлильной, зубодолбежной и фрезерной операций принимаем равной 1мм, для шлифовальной операции данный параметр принимаем равным 0.

Величина врезания инструмента в каждом конкретном случае определяется как:

$$l_2 = \frac{t}{\operatorname{tg} \varphi}$$

где t – глубина резания, мм;

φ - угол в плане.

Производим вычисления:

005 Пило-отрезная

$$t_0 = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_m} = \frac{(250+1+0+1) \cdot 1}{33,4} = 7,54 \text{ мин}$$

010 Фрезерно-центровальная

Переход 1:

$$t_{0_1} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_m} = \frac{(250+1+0+1) \cdot 1}{543,6} = 0,46 \text{ мин}$$

Переход 2:

$$t_{0_2} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_m} = \frac{(20+1+1,55+1) \cdot 1}{109,5} = 0,21 \text{ мин}$$

$$\sum t_o = 0,67 \text{ мин}$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

Переход 1:

$$t_{0_1} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(72+1+0+1) \cdot 5}{94} = 3,94 \text{мин}$$

Переход 2:

$$t_{0_2} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(171+1+0+1) \cdot 5}{94} = 9,2 \text{мин}$$

Переход 3:

$$t_{0_3} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(171+1+0+1) \cdot 1}{68,8} = 2,5 \text{мин}$$

Переход 4:

$$t_{0_4} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(1+1+0+1) \cdot 1}{20,3} = 0,15 \text{мин}$$

Переход 5:

$$t_{0_5} = 2 \cdot \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(15+1+0+1) \cdot 30}{362} = 2,48 \text{мин}$$

Переход 6:

$$t_{0_6} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(72+1+0+1) \cdot 1}{68,8} = 1,07 \text{мин}$$

Переход 7:

$$t_{0_7} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(1+1+0+1) \cdot 1}{20,3} = 0,15 \text{мин}$$

Переход 8:

$$t_{0_8} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(2,5+1+0+1) \cdot 1}{20,3} = 0,22 \text{мин}$$

Переход 9:

$$t_{0_9} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(138+1+9+1) \cdot 1}{38,15} = 3,9 \text{мин}$$

Переход 10:

$$t_{0_{10}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(138+1+15+1) \cdot 1}{37,45} = 4,14 \text{мин}$$

Переход 11:

$$t_{0_{11}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(138+1+0+1) \cdot 8}{93} = 12,04 \text{мин}$$

Переход 12:

$$t_{0_{12}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(138+1+0+1) \cdot 1}{66,9} = 2,09 \text{мин}$$

Переход 13:

$$t_{0_{13}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(2,5+1+0+1) \cdot 1}{20,19} = 0,22 \text{ мин}$$

Переход 14:

$$t_{0_{14}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(20+1+9+1) \cdot 1}{219} = 0,14 \text{ мин}$$

Переход 15:

$$t_{0_{15}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(20+1+15+1) \cdot 1}{490,5} = 0,07 \text{ мин}$$

Переход 16:

$$t_{0_{16}} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(20+1+15+1) \cdot 1}{372} = 0,1 \text{ мин}$$

$$\sum t_o = 42,41 \text{ мин}$$

025 Зубодолбёжная

$$t_o = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} = \frac{(78+1+1,17+1) \cdot 1}{28} = 27,9 \text{ мин}$$

040 Круглошлифовальная

Переход 1:

$$t_{0_1} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} \cdot k = \frac{(72+1+0+1) \cdot 1}{42} \cdot 1,5 = 2,64 \text{ мин}$$

Переход 2:

$$t_{0_2} = \frac{(l+l_1+l_2+l_3) \cdot i}{S_M} \cdot k = \frac{(193,5+1+0+1) \cdot 1}{42} \cdot 1,5 = 6,98 \text{ мин}$$

где: $k = 1,5$ – коэффициент, учитывающий время выхаживания поверхности при обработке.

$$\sum t_o = 9,62 \text{ мин}$$

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы:

$$t_v = t_{yc} + t_{zo} + t_{yn} + t_{uz}$$

где t_{yc} - время на установку и снятие детали, мин.;

$t_{z.o.}$ - время на закрепление и открепление детали, мин.;

t_{yn} - время на приемы управления станком, мин.;

t_{uz} - время на измерение детали, мин.

Производим вычисления:

005 Пило-отрезная

$$t_{\text{в}} = 2,4 + 0,1 + 0,3 + 2 = 4,8 \text{ мин}$$

010 Фрезерно-центровальная

$$t_{\text{в}} = 3 + 0,2 + 0,1 + 0,5 = 3,8 \text{ мин}$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

$$t_{\text{в}} = 2,1 + 0,3 + 0,1 + 9 = 11,5 \text{ мин}$$

025 Зубодолбёжная

$$t_{\text{в}} = 3 + 2 + 0,1 + 2 = 7,1 \text{ мин}$$

040 Круглошлифовальная

$$t_{\text{в}} = 2 + 0,4 + 0,1 + 0,9 = 3,4 \text{ мин}$$

Оперативное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_e, \text{ мин.}$$

005 Пило-отрезная

$$t_{\text{оп}} = 7,54 + 4,8 = 12,34$$

010 Фрезерно-центровальная

$$t_{\text{оп}} = 0,67 + 3,8 = 4,47$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

$$t_{\text{оп}} = 42,41 + 11,5 = 53,91$$

025 Зубодолбёжная

$$t_{\text{оп}} = 27,9 + 7,1 = 35$$

040 Круглошлифовальная

$$t_{\text{оп}} = 9,62 + 3,4 = 13,02$$

Время на обслуживание и отдых ($t_{\text{обс}}$ и $t_{\text{отд}}$) в серийном производстве по отдельности не определяется. Сумма этих двух составляющих равна 6% от оперативного времени $t_{\text{оп}}$

005 Пило-отрезная

$$t_{\text{обс.и отд.}} = 12,34 \cdot 0,06 = 0,74$$

010 Фрезерно-центровальная

$$t_{\text{обс.и отд.}} = 4,47 \cdot 0,06 = 0,27$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

$$t_{\text{обс.и отд.}} = 53,91 \cdot 0,06 = 3,23 \text{ мин}$$

025 Зубодолбёжная

$$t_{\text{обс.и отд.}} = 35 \cdot 0,06 = 2,1 \text{ мин}$$

040 Круглошлифовальная

$$t_{\text{обс.и отд.}} = 13,02 \cdot 0,06 = 0,78 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{шт.-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з.}}}{n}$$

где: $t_{\text{шт}}$ - штучное время, мин;

$t_{\text{п.з.}}$ - подготовительно-заключительное время, мин;

n - размер партии деталей деталей.

Штучное время рассчитываем по формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_v + t_{\text{обс.и отд.}}$$

Подготовительно-заключительное время состоит:

- из времени на наладку станка и установку приспособления;

- времени перемещений и поворотов рабочих органов станков;

- времени на получение инструментов и приспособлений до начала и

сдачи их после окончания обработки.

Производим вычисления:

005 Пило-отрезная

$$t_{\text{шт}} = 7,54 + 4,8 + 0,74 = 13,08$$

$$t_{\text{шт.-к}} = 13,08 + \frac{12,1}{1000} = 13,09$$

010 Фрезерно-центровальная

$$t_{\text{шт}} = 0,67 + 3,8 + 0,27 = 4,74$$

$$t_{\text{шт.-к}} = 4,74 + \frac{12,1}{1000} = 4,75$$

015 Токарно – фрезерная с ЧПУ

$$t_{шт} = 42,41 + 11,5 + 3,23 = 57,14$$

$$t_{шт.-к} = 57,14 + \frac{12,1}{1000} = 57,15$$

025 Зубодолбёжная

$$t_{шт} = 27,9 + 7,1 + 2,1 = 37,1$$

$$t_{шт.-к} = 37,1 + \frac{12,1}{1000} = 37,11$$

040 Круглошлифовальная

$$t_{шт} = 9,62 + 3,4 + 0,78 = 13,8$$

$$t_{шт.-к} = 13,08 + \frac{12,1}{1000} = 13,09$$

Расчёты норм времени по всем операциям сводим в таблицу 11.

Табл. 11 – Сводная таблица норм времени

Номер операции	Наименование операции	Основное время	Вспомогательное время	Оперативное время	Время на обслуживание и отдых	Штучное время	Величина партии	Штучно-калькуляционное время
05	Пило-отрезная	7,54	4,8	12,34	0,74	13,08	1000	13,09
10	Фрезерно-центров.	0,67	3,8	4,47	0,27	4,74		4,75
15	Ток.-фрезерн. с ЧПУ	42,41	11,5	53,91	3,23	57,14		57,15
25	Зубодолбёжная	27,9	7,1	35	2,1	37,1		37,11
40	Круглошлифовальная	9,62	3,4	13,02	0,78	13,08		13,09

1.10. Техничко-экономическое обоснование и показатели технологического процесса изготовления детали.

Важным показателем экономичности является технологическая себестоимость изготовления детали.

Рассчитаем технологическую себестоимость детали «Вал 301А».

$$C_{\text{ТХ}} = C_{\text{М}} + Z_{\text{полн.осн.раб.}} + K_{\text{расх.содерж.обор.}} + Ц_{\text{расх.}}$$

где: $C_{\text{М}} = C_{\text{о}} - Ц_{\text{отх.}} \cdot m_{\text{отх}}$ – стоимость основного материала заготовки за вычетом стоимости реализуемых отходов;

$Z_{\text{полн.осн.раб.}} = 1.54 C_{\text{тар.мин.}} \cdot t_{\text{шт}}$ – заработная плата основных рабочих, отнесенная к одной детали;

$K_{\text{расх.содерж.обор.}} = 0.013 Z_{\text{полн.осн.раб.}} \cdot K_{\text{расх.с.об.}}$ – косвенные расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, отнесенные к одной детали, в зависимости от сложности используемого оборудования $K_{\text{расх.с.об.}} = 100..200\%$;

$Ц_{\text{расх.}} = 0.013 Z_{\text{полн.осн.раб.}} \cdot K_{\text{расх.ц}}$ – цеховые расходы на заработную плату всех работающих в цехе, кроме основных производственных рабочих, где

$$K_{\text{расх.ц.}} = 50..100\%.$$

Для расчета принимаем следующие данные:

$$C_{\text{о}} = 16,118 \text{ руб.}; \quad K_{\text{расх.с.об.}} = 150\%;$$

$$Ц_{\text{отх.}} = 28 \text{ руб/кг}; \quad K_{\text{расх.ц.}} = 75\%;$$

$$m_{\text{отх.}} = 82,7 \text{ кг}; \quad t_{\text{шт}} = 40 \text{ мин};$$

$$C_{\text{тар.мин.}} = 3.1 \text{ руб.}$$

Тогда технологическая стоимость изготовления детали «Вал»:

$$C_{\text{ТХ}} = 16.118 - 28 \cdot 82,8 + 1.54 \cdot 3.1 \cdot 124 + 0.01 \cdot 1.54 \cdot 3.1 \cdot 150 + 0.01 \cdot 1.54 \cdot 3.1 \cdot 75 = 28372 \text{ руб.}$$

2. Конструкторская часть

В конструкторском разделе будет произведен анализ технологической операции, разработана принципиальная схема приспособления, произведен расчет точности приспособления и разработана его конструкция.

2.1 Анализ технологической операции

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана зубодолбежная операция на зубодолбежном вертикальном станке полуавтомате повышенной точности - 5B150П.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице 12

Табл. 12 – Техническое задание для проектирования приспособления.

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «Вал» на зубодолбежном вертикальном станке полуавтомате повышенной точности - 5B150П
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «Вал».
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление детали «Вал» с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технические требования	Тип производства – мелкосерийный Программа выпуска - 1000 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели 5B150П.

Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, принципиальная схема сборки специального приспособления.
-------------------------------------	---

2.2 Принципиальная схема закрепления

Имея технические решения и исходные данные, представленные в техническом задании, приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкцию приспособления.

Перед разработкой принципиальной схемы и компоновкой приспособления, необходимо определить по каким поверхностям заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке. Изобразим принципиальную схему зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима (рис.9)

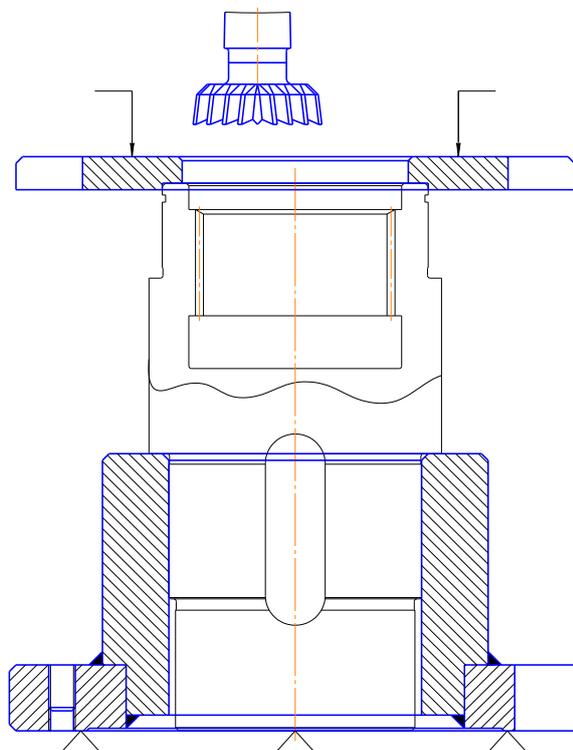


Рис. 9 – Принципиальная схема закрепления приспособления.

2.3 Описание и принцип работы приспособления

Специальное приспособление разработано для долбления шлицев на зубодолбежном вертикальном станке полуавтомате - 5В150П.

Сборка приспособления производится следующим образом: диск 1 при с помощью сварки соединяется с корпусом 2. Затем растачивается отверстие в корпусе и протачивается торец диска. Отверстие в корпусе будет являться базой для заготовки, а диск – установочной базой. Затем, приспособление с помощью сухарей крепится на станине станка.

Закрепляется заготовка следующим образом: заготовка при помощи кран-балки устанавливается на приспособление и при помощи кольца 3 фиксируется.

Зажатие заготовки происходит с помощью шпилек 4 и гайками 5.

2.4 Расчет точности приспособления

Величина погрешности приспособления ε_y напрямую связана с величиной зазора при установке заготовки по поверхности диаметром $190H7(+0,046)$.

Для корректного определения точности приспособления необходимо рассмотреть вариант с наибольшим зазором при посадке. Соответственно расчет проводим для вала с номинальным диаметром $190k6(+0,033/+0,004)$.

Тогда величину наибольшего предельного зазора определим как:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 190,046 - 190,029 = 0,017 \text{ мм}$$

Соответственно величина погрешности установки $\varepsilon_y = 17 \text{ мкм}$

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Умение рационально и эффективно использовать ресурсы является неотъемлемой частью ресурсоэффективности и ресурсосбережения финансового менеджмента.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является совершенствование технологического процесса изготовления детали «Вал», отвечающего современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить потенциальных потребителей результатов исследования;
- проанализировать конкурентные технические решения;
- структурировать работу в рамках научного исследования;
- определить трудоемкость выполненной работы и разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования.

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В качестве потенциального потребителя модернизированного технологического процесса изготовления детали «Вал» является ООО «Анжеромаш». Модернизированный технологический процесс позволит предприятию сэкономить на полном цикле производства детали, и на фонде заработной платы, энергозатратах.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой

разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. [табл.13]

Табл. 13 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Производительность труда рабочего	0,15	85	100	0,85	0,1275
2. Время изготовления детали «Вал»	0,13	97	100	0,97	0,1261
3. Качество изготовления детали	0,15	100	100	1	0,15
4. Вид получения заготовки детали	0,08	65	100	0,65	0,052
5. Уровень квалификации рабочего	0,1	94	100	0,94	0,094
6. Количество операция технологического процесса	0,08	52	100	0,52	0,0416

7.Гибкость технологического процесса	0,05	33	100	0,33	0,0165
8. Цена детали	0,12	35	100	0,35	0,042
9. Уровень сложности изготовления детали	0,05	87	100	0,87	0,0435
10. Уровень автоматизации технологического процесса	0,09	70	100	0,70	0,063
Итого	1	718	100	7,16	0,7562

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad [13, с.10]$$

где: P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 12,75 + 12,61 + 15 + 5,2 + 9,4 + 4,16 + 1,65 + 4,2 + 4,35 + 6,3 = 75,62$$

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Значение $P_{cp} = 75,62$ показывает, что перспективность модернизации технологического процесса изготовления детали «Вал» на рынке выше среднего.

3.3 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование ВКР включает в себя: обсуждение проблематики выбранной темы, цели работы, вопросы, которые должны быть проработаны, составления перечня работ, необходимых к выполнению, определение участников и построения графика проведения работ. [табл.14]

Табл. 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Подготовительный этап	1	Выбор темы ВКР	Научный руководитель, студент
	2	Составление календарного плана написания ВКР	Научный руководитель, студент
	3	Подбор литературы для написания ВКР	Научный руководитель, студент
Основной этап	4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения ВКР	Студент
	5	Написание теоретической части ВКР	Студент
	6	Подведение промежуточных итогов ВКР	Научный руководитель, студент
	7	Выполнение практической части ВКР	Студент
	8	Анализ полученных результатов	Студент
Заключительный этап	9	Подведение итогов ВКР	Научный руководитель, студент
	10	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

3.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

$$t_{ож.1} = \frac{3 * 2 + 2 * 5}{5} = 3.2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож.2} = \frac{3 * 2 + 2 * 5}{5} = 3.2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож.3} = \frac{3 * 1 + 2 * 2}{5} = 1.4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{\text{ож.4}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2.4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{\text{ож.5}} = \frac{3 * 10 + 2 * 15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{\text{ож.6}} = \frac{3 * 10 + 2 * 15}{5} = 12 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{\text{ож.7}} = \frac{3 * 2 + 2 * 5}{5} = 3.2 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{\text{ож.8}} = \frac{3 * 2 + 2 * 4}{5} = 2.8 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{\text{ож.9}} = \frac{3 * 2 + 2 * 3}{5} = 2.4 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{\text{ож.10}} = \frac{3 * 12 + 2 * 15}{5} = 13.2 \text{ чел. -дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{3.2}{1} = 3 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{3.2}{1} = 3 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{1.4}{1} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{2.4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{12}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{3.2}{2} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{2.8}{2} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{2.4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{13.2}{1} = 13 \text{ раб. дн.}$$

3.5 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где: $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2017 году составил:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1.477$$

Продолжительность выполнения 1-й работы в календарных днях

$$T_{k1} = 3 * 1.477 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-й работы в календарных днях

$$T_{k2} = 3 * 1.477 = 4 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-й работы в календарных днях

$$T_{k3} = 1 * 1.477 = 1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-й работы в календарных днях

$$T_{k4} = 2 * 1.477 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-й работы в календарных днях

$$T_{k5} = 12 * 1.477 = 18 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-й работы в календарных днях

$$T_{k6} = 12 * 1.477 = 18 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-й работы в календарных днях

$$T_{k7} = 3 * 1.477 = 5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-й работы в календарных днях

$$T_{k8} = 3 * 1.477 = 5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-й работы в календарных днях

$$T_{k9} = 2 * 1.477 = 3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10-й работы в календарных днях

$$T_{k10} = 13 * 1.477 = 20 \text{ кал. дн.}$$

Табл. 15– Временные показатели проведения научного исследования

№	Название	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность	Длительность работ в календарных днях,
		t _{min} ,	t _{max} ,	t _{ож} ,			
1	Выбор темы ВКР	2	5	3.2	Научный руководитель, студент	3	4
2	Составление календарного плана написания ВКР	2	5	3.2	Научный руководитель, студент	3	4
3	Подбор литературы для написания ВКР	1	2	1.4	Научный руководитель, студент	1	1
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения ВКР	2	3	2.4	Студент	2	3
5	Написание теоретической части ВКР	10	15	12	Студент	12	18
6	Подведение промежуточных итогов ВКР	10	15	12	Научный руководитель, студент	12	18
7	Выполнение практической части ВКР	2	5	3.2	Студент	2	5
8	Анализ полученных результатов	2	4	2.8	Студент	1	5
9	Подведение итогов ВКР	2	3	2.4	Научный руководитель, студент	2	3
10	Оформление итогового варианта ВКР	12	15	13. 2	Студент	13	20

Табл. 16 – Календарный план-график выполнения ВКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				март			апрель			май					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Выбор темы ВКР	Научный руководитель, студент	4	■											
2	Составление календарного плана написания ВКР	Научный руководитель, студент	4		■										
3	Подбор литературы для написания ВКР	Научный руководитель, студент	1			■									
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения ВКР	Студент	3			■									
5	Написание теоретической части ВКР	Студент	18			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Подведение промежуточных итогов ВКР	Научный руководитель, студент	18					■	■	■	■	■	■	■	■
7	Выполнение практической части ВКР	Студент	5								■	■	■	■	■
8	Анализ полученных результатов	Студент	5									■	■	■	■
9	Подведение итогов ВКР	Научный руководитель, студент	3										■	■	■
10	Оформление итогового варианта ВКР	Студент	20											■	■

	Научный руководитель
	Студент

Построенный календарный план-график показывает, что начало работы было в первой половине декады марта. Наиболее продолжительными этапами работы являются: «Написание теоретической части ВКР» (18 дней), «Подведение промежуточных итогов ВКР» (18 дней) и «Оформление итогового варианта ВКР» (20 дней). В ходе НИР руководитель темы участвует в работе в течение 14 календарных дней, студент – в течении 81 календарного дня.

Общая продолжительность работ в календарных днях составила 81 день.

3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы;
- формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.

3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхi} ,$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.).

К материальным затратам можно отнести: бумага, ручки, корректор, USB-накопитель, Блокнот, степлер, скобы для степлера.

Материальные затраты, необходимые для данной работы, указаны в таблице 17.

Табл. 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З _м), руб.
Бумага	лист	200	1,5	300
Ручка	Шт.	4	25	65
Флеш-карта	М/бит (пакет)	1	250	250
Степлер	Шт.	1	70	70
Скобы для степлера	упаковка	2	15	30
Блокнот	Шт	1	150	150
Корректор	Шт	1	35	35
Итого:				900

Материальные затраты на выполнение научно-технического исследования составили 900 рублей.

3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (15 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}$$

где: Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$Z_m = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 0,3 = 30940$$

Месячный должностной оклад студента (дипломника), руб.:

$$Z_m = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,3) \cdot 0,3 = 30940$$

Табл. 18 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	15	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	204	214

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{30940 * 10,4}{204} = 1577,73$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{30940 * 11,2}{214} = 1619,29$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: $T_r=6$ раб.дней

Студент: $T_p=48$ раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$Z_{\text{осн}} = 1577,73 * 6 = 9466,78 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента составила:

$$Z_{\text{осн}} = 1619,29 * 48 = 77725,92 \text{ руб.}$$

Табл. 19 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	17000	0,3	0,3	1,3	30940	1577,73	6	9466,78
Студент	17000	0,3	0,3	1,3	30940	1619,29	48	77725,92
Итого $Z_{\text{осн}}$								87192,7

3.6.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (5.9)$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,12;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Табл. 20 – Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Студент
Основная зарплата	9466,78	77725,92
Дополнительная зарплата	1136,01	9327,11
Итого, руб	97656	

3.6.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 * 97656 = 29296,7 \text{ руб}$$

3.6.5 Накладные расходы

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}$$

Накладные расходы составили:

$$Z_{\text{накл}} = (900 + 97656 + 29296,7) * 0,16 = 20456,43 \text{ руб}$$

3.6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Табл. 21 – Расчет бюджета затрат ВКР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля от общих затрат, %
1. Материальные затраты НТИ	900	0,002
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87192,7	0,37
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	97656	0,415
4. Отчисления на социальные нужды	29296,7	0,124
5. Накладные расходы	20456.43	0,089
6. Бюджет затрат НТИ	235501,83	1

Бюджет затрат на выполнение научно-исследовательской работы составил 235501,83 рублей.

3.7 Определение эффективности исследования

Проанализировав данные величины и сравнив показатели эффективности модернизированного технологического процесса изготовления детали «Вал» и базового, делаем вывод, что разработанный технологический процесс наиболее эффективен не только по технологическим параметрам, но и по экономическим.

Таким образом, поставленная цель достигнута, решены поставленные задачи. В работе определены потенциальные потребители результатов исследования. Выполнен анализ конкурентных технических решений, который показал, что перспективность разработки выше среднего. В рамках планирования выполнения ВКР была составлена структура работ, разработка графика этих работ и определение их трудоемкости. По календарному плану-

графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине декады марта. Окончание работы в начале третьей декады мая. Расчет коэффициента календарности позволил построить план-график научно-технического исследования. Содержание работ для проведения исследования составило 10 этапов. Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта, обладающая высокой степенью информативности. Общая продолжительность исследования составила 81 день. Далее был определен бюджет исследования, который составил 235501,83 рублей.

4. Социальная ответственность

4.1 Производственная безопасность

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация технологического процесса изготовления детали «Вал»» выполняется в рамках научно-исследовательской работы для организации ООО «Анжеромаш», г. Анжеро-Судженск. Основная задача данной работы состоит в том, чтобы путем модернизации технологического процесса достигнуть оптимального уровня трудозатрат и экономической эффективности.

При изготовлении детали «Вал» действуют следующие опасные и вредные факторы:

- движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

В машиностроительном производстве присутствует целый ряд опасных и вредных факторов, которые негативно влияют на состояние здоровья человека, снижают производительность труда и качество выпускаемой продукции.

4.1.1 Движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования

Оградительные устройства применяются для изоляции систем привода машин и агрегатов, зоны обработки заготовок станков, прессов, штампов,

ограждения токоведущих частей, зон интенсивных излучений, зон выделения вредностей, загрязняющих воздушную среду, и т. д. Ограждаются также рабочие зоны, расположенные на высоте (леса и т. п.).

– Стационарные ограждения (любое стационарное ограждение является постоянной частью данной машины и не зависит от движущихся частей, выполняя свою функцию);

– Совмещенные защитные устройства;

– Регулируемые защитные устройства (регулируемые защитные устройства позволяют достичь гибкости в выборе различных размеров материалов);

– Саморегулирующиеся защитные устройства (открытие саморегулирующихся устройств зависит от движения материала).

Применение этих методов отдельно или комплексно помогут избежать несчастных случаев, связанных с подвижными частями производственного оборудования.

4.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Правильно спроектированное и выполненное освещение на машиностроительных предприятиях обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Недостаточное освещение отрицательно влияет на рабочих. Оно ухудшает зрение и состояние нервной системы человека. Кроме того, от освещения зависит производительность труда и качество выпускаемой продукции.

На предприятии ООО «Анжеромаш» существует недостаток естественного освещения, поэтому искусственное освещение, осуществляемое электрическими лампами, в целях создания наилучших условий видения, должна отвечать следующим требованиям:

а) освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется объектом различения, фоном, контрастом;

б) необходимо обеспечить достаточно равномерное распределение яркости на рабочей поверхности, а также в пределах окружающего пространства.

Освещенность рабочего места должна быть согласно СНиП 23-05-95 в пределах 300 лк.

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

Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности для СКБ выполняем 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 $h_p = 0,8$ м. Требуется создать освещенность $E = 200$ лк.

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 $\rho_{IT}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z=1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2300$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,3$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,2$ 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: $h_n = 3,3$ м.

Приняв $h_c = 0,2$ м, получаем $h = 3,5 - 0,2 - 0,8 = 2,5$ м.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,3 \cdot 2,5 = 3282 \text{ м}$$

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

$$L/3=1094\text{м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6000}{3282} = 1,82 \approx 2$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{7000}{3282} = 2,3 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 2 \cdot 3 = 6$$

Общее число ламп = 12

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке 9 изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

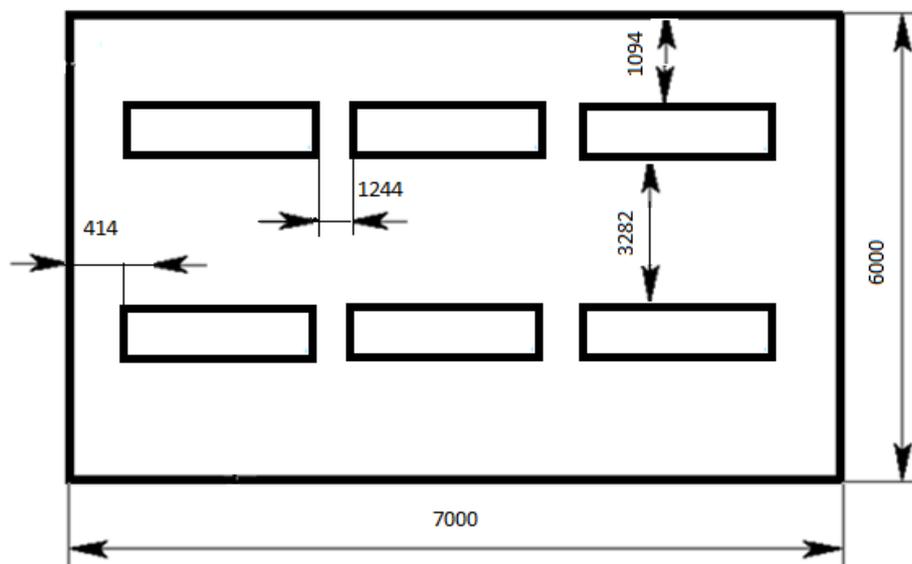


Рис.9 – План помещения СКБ и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,5 \cdot (7 + 6)} = 1,3$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{П}} = 70\%$, $\rho_{\text{С}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,3$ равен $\eta = 0,47$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_n = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 0,47} = 2310 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

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

$$\frac{\Phi_{ЛД} - \Phi_{П}}{\Phi_{ЛД}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2310}{2300} \cdot 100\% = 0,43\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 0,43\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

4.1.3 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Источником шума будут являться металлообрабатывающие станки, используемые при данном производственном технологическом процессе. Данный фактор относится к природе физического характера. Максимальная шумовая характеристика станков от 87 до 92 дБ А в соответствии с ГОСТ12.1.003-76. Индекс изоляции шума ограждением составляет 60,4 дБА. Уровень шума около наружной стены здания составляет 31,6 дБА. Поэтому расчет снижения уровня шума на расстоянии проводить нецелесообразно.

Если уровень шума будет выше допустимого, то это скажется на физическом состоянии рабочего в виде беспокойства, а также перерастит к изменению показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму. Если уровень шума будет превышать допустимый уровень, то можно воспользоваться следующими методами снижения шума:

- 1.ликвидация шума в источнике его возникновения путем своевременного устранения неисправности технологического оборудования;
- 2.применение звукопоглощающих материалов в конструкциях шумящих механизмов и оборудования;
- 3.облицовка помещений (потолка и стен в небольших помещениях) звукоизолирующими и звукопоглощающими материалами.

В качестве индивидуальных средств защиты от шума используют специальные наушники, вкладыши в ушную раковину, противозумные каски, защитное действие которых основано на изоляции и поглощении звука. (ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ).

4.1.4 Отклонение параметров микроклимата

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 ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) 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 22.

Табл. 22 - 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	17 - 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.

Помещение, его размеры (площадь, объем) должны в первую очередь соответствовать количеству рабочих и размещенному в нем оборудованию.

Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливают, что на одного рабочего должно приходиться 4,5 м² площади помещения и 20 м объема воздуха.

4.1.5 Электробезопасность

Категория электробезопасности определяется в зависимости от наличия в нем факторов опасности, таких как: наличие токопроводящих полов, сырости (относительная влажность более 75%), наличие токопроводящей пыли и повышение температуры воздуха (более 300С). Согласно (ПУЭ-96) данному категорированию производственное помещение участка относится к

помещениям с повышенной опасностью.

Проблема токопроводящих (железобетонных) полов разрешается оборудованием деревянных плиток на рабочих местах. Для снижения вероятности поражения работающих электрическим током необходимо принять целый комплекс мер, обеспечивающих достаточную безопасность, которая весьма редко может быть достигнута единственной мерой.

Многообразие действия электрического тока нередко приводит к различным электротравмам: местные электротравмы (электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия) и общие электротравмы (судорожные сокращения мышц, потеря сознания с нарушением сердечной деятельности или дыхания, клиническая смерть, биологическая смерть).

Безопасные номиналы:

$$U=12-36В$$

$$I=0,1А$$

$$R_{\text{зазем}}=40\text{Ом}$$

К основным мерам защиты от поражения током относятся: обеспечение недоступности токоведущих частей (изоляция токоведущих частей, ограждения); электрическое разделение сети (разделяющие трансформаторы); применение малых напряжений; использование двойной изоляции; защитное заземление; защитное зануление; защитное отключение; применение специальных защитных средств; организация безопасной эксплуатации электроустановок.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Область применения заземления - трехфазные трехпроводные сети до 1000В с изолированной нейтралью. Заземления могут быть естественными (трубопроводы) и искусственными (вертикальные и горизонтальные электроды).

Средства индивидуальной защиты:

- каски предназначены для защиты головы работающего от механических повреждений, от воды и агрессивных жидкостей, а также от поражения электрическим током при случайном касании токоведущих частей находящихся под напряжением до 1 кВ.

- очки и щитки защитные предназначены для защиты глаз и лица от слепящего света электрической дуги, ультрафиолетового и инфракрасного излучения, твердых частиц и пыли, искр, брызг агрессивных жидкостей и расплавленного металла.

- комплекты для защиты от электрической дуги предназначены для защиты тела работающего от воздействия электрической дуги, которая может возникнуть при оперативных переключениях в действующих электроустановках всех классов напряжений.

4.1.6 Загазованность и запылённость

СОЖ производится в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.025-80. В качестве СОЖ в данном ТП применяются индустриальные масла общего назначения В процессе обработки происходит разбрызгивание СОЖ в зоне резания с одновременным ее нагревом, что может вызвать ожоги. Для предотвращения этой опасности можно рекомендовать оснастить станки системами местной вентиляции и использование защитных экранов во время выполнения операций.

Возможно использование СИЗ: очки, маски, респираторы.

В процессе обработки в зоне резания происходит значительный нагрев детали и инструмента, что сопровождается выделением паров СОЖ и, в конечном счете, приводит к ухудшению воздушной среды участка. Также при обработке металлов из-за деформации осуществляются процессы диффузии примесей металлов, углерода, серы. На границе раздела гетерогенных фаз примеси вступают в реакцию с кислородом, образуя оксид серы (SO_2) и

углерода (СО, СО₂). Наличие СОЖ с различными сложными составами увеличивает вероятность образования вредных органических соединений, влияющих на здоровье человека.

При соприкосновении с зоной обработки резанием СОЖ испаряется частично, а частично вбирает в себя мелкую стружку и пыль. Образованные в зоне обработки летучие соединения увеличивают фон не только у станка, но и в помещении механического цеха\

В качестве меры безопасности можно оснастить станки системой местной вентиляции и использовать СОЖ, невредные для человека (эмульсии).

На проектируемом участке в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства будем использовать эмульсол марки Э-2, предназначенный для приготовления водных эмульсий, применяемых в индивидуальных и централизованных системах подачи смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) станков при обработке металлов и сплавов резанием и давлением. Эмульсол Э-2 изготавливается из смеси высокоочищенного веретенного масла АУ – 70-80% (ГОСТ 1642), масляных асидолов – 7-10%, едкого натра – 0,75-1% (ГОСТ 2263-71), технического ректифицированного этилового спирта (ГОСТ 18300-72) с добавлением антикоррозийной присадки - кальцинированной соды (ГОСТ 12.1.005).

Ориентируясь на ГОСТ 12.1.007-76, делаем вывод, что эмульсол Э-2 относится ко 2 классу опасности (вещества высокоопасные).

Поставляется в бочках, железнодорожных и автоцистернах.

Производственной пылью называют частицы твердых веществ, образующихся при различных производственных процессах и способные более или менее длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе.

а) металлическая пыль

В процессе резания металла происходит интенсивный процесс стружкообразования и износа режущих инструментов, что ведет к образованию

металлической пыли. ПДК металлической пыли в воздухе составляет 6 мг/м^3 .

Для предотвращения попадания пыли в атмосферу участка рекомендуется использование СОЖ и создание в зоне резания области повышенного давления. Также средствами защиты от пыли могут служить:

- автоматизация ТП;
- пылеуловители;
- вентиляция помещения;
- герметизация оборудования;
- СИЗ (респираторы, спецодежда, перчатки, защитные очки и др.)

б) минеральная пыль

Образуется в результате износа абразивных кругов. Для этой пыли ПДК составляет 1 мг/м^3 . Для предотвращения ее распространения и вредного воздействия на работающих можно рекомендовать проведение тех же мероприятий, что и для металлической пыли.

4.1.7 Пожарная безопасность

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов. Определяем категорию помещения по пожароопасности по ППБ – 03. В данном случае помещение относится к категории Д - производства, связанного с обработкой негорючих веществ и материалов в холодном состоянии.

Причиной возникновения на участке пожара может быть:

- образование искры, получившейся в результате короткого замыкания;
- образование искр при обработке абразивным инструментом;
- возгорание в результате контакта промасленной ветоши или спецодежды с горячими частями оборудования;
- неосторожное обращение с огнём;

- неосторожное обращение с легко воспламеняющимися горюче – смазочными материалами;

- загорание мусора из-за большого скопления и не соблюдения режима курения;

- самовозгорание в воздухе;

- загорание масла в поддоне станка из-за разрыва шлангов.

На участке используются следующие средства пожаротушения:

- огнетушители ОХП-10, ОВП-10, ОУ-2.5-8;

- пожарные краны;

- пожарные щиты;

- участок оборудован средствами связи и пожарными извещателями.

Мероприятия режимного характера:

- контроль за производством огневых и покрасочных работ;

- контроль за режимом курения.

В настоящее время помимо вышеуказанных потенциальных опасностей присоединилась ещё одна не менее важная угроза – это угроза терроризма. Для защиты человека от этой опасности проводятся предупредительные мероприятия, взывая к бдительности граждан, сообщать о подозрительных лицах и предметах в правоохранительные органы. Так же проводится ряд лекционных мероприятий, на случай если вы окажетесь в заложниках и как вести себя в таких ситуациях.

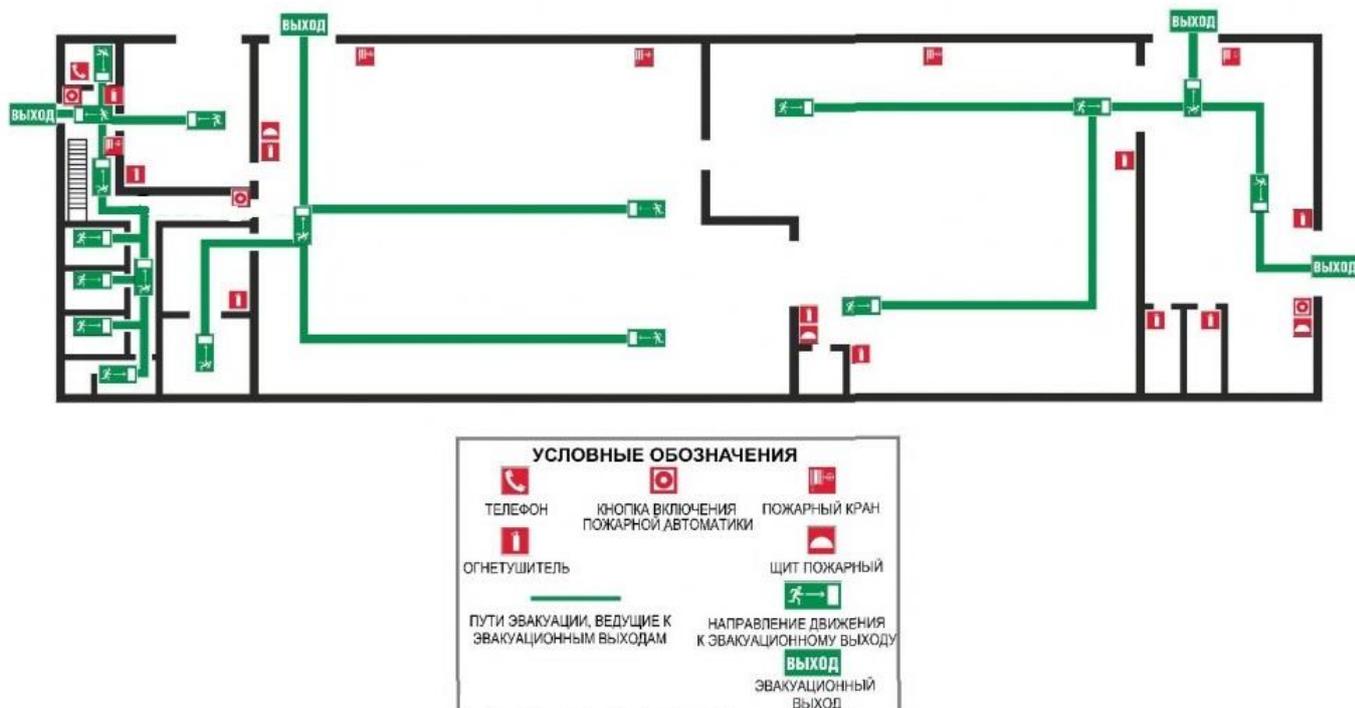


Рис. 10 – План эвакуации производственного помещения.

4.2 Экологическая безопасность.

В современных условиях одной из важнейших задач является защита окружающей среды. Выбросы промышленных предприятий, энергетических систем и транспорта в атмосферу, водоемы и недра земли на данном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде крупных промышленных центров, уровни загрязнений существенно превышают допустимые санитарные нормы.

Механическая обработка металлов на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений. В процессе шлифования и полирования выделяется большое количество мелкодисперсной пыли. Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30 - 40 % состоит из материала обрабатываемого круга, на 60 - 70 % из материала изделия. Вредные вещества выделяются и в период нанесения покрытия, а также при его высыхании.

Из производственных помещений пары растворителей, лакокрасочные

туманы выбрасываются через высокие трубы без предварительной очистки.

Для восстановительных целей (охлаждение деталей и узлов технологического оборудования: промывка, обогащение и чистка исходных материалов или продукции) на машиностроительных предприятиях используется вода. На основе анализа систем водоснабжения определено количество воды, потребляемое и сбрасываемое машиностроительными предприятиями. При обработке металлов вода используется для охлаждения инструмента, на промывке деталей, при этом сточные воды загрязняются минеральными маслами, мылами, металлической и абразивной пылью и эмульгаторами. Основное загрязнение вносят смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при обработке на металлорежущих станках. Вода используется также для приготовления растворов электролитов, промывочных операций перед нанесением покрытий и перед сушкой деталей, наполнения ванн улавливания загрязненных веществ, а также промывки деталей после нанесения гальванических покрытий. Из всех видов сточных вод машиностроительных предприятий стоки гальванических цехов загрязнены в большей степени ядовитыми химическими веществами, при этом концентрации загрязнений существенно зависят от вида технологического процесса нанесения гальванических покрытий.

Твердые отходы в машиностроении образуются в процессе продукции в виде амортизационного лома (модернизация оборудования, оснастки, инструментов); стружки и опилок (древесных и металлических); шлаков и золы; осадков и пыли (отходы системы очистки воздуха). Отходы в основном образуются при: производстве проката (обдирочная стружка, опилки, окалина); механической обработке (высечки, обрезки). В соответствии с ГОСТ1639 - 78 на предприятиях организуется сбор лома цветных металлов.

Основными источниками вибраций в окружающей среде служат: технологическое оборудование (молоты, штампы и прессы); мощные энергетические установки (насосы, двигатели, компрессоры), а также

некоторые транспортные системы. Во всех случаях вибраций, распространяются они по грунту и достигают фундаментов общественных жилых зданий.

При передаче вибраций через фундаменты и грунты опасность представляет неравномерная осадка фундаментов и грунта, что может привести к разрушению расположенных на них инженерных и строительных конструкций. Допустимые уровни вибраций в жилых домах, условия и правила их измерения и оценки регламентируются "Санитарными нормами допустимых вибраций в жилых домах" №1304 - 75.

Объектом оценки воздействия на окружающую среду является ООО «Анжеромаш».

В целом, предприятие относится к 4 классу опасности. Санитарно-защитной зоны промплощадка предприятия не имеет. Превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) на границе предприятия нет.

Основными источниками выделения загрязняющих веществ являются основные и вспомогательные цеха.

Пыль относится к третьему классу опасности. Для очистки воздуха от пыли, т.е. для отделения твердых частиц от газовой фазы рекомендуется установить сухой пылеуловитель (цилиндрический или конический циклон), электрофильтр.

Твердые отходы собираются в специальные контейнеры и перевозятся в специализированную камеру для разграничения металлической пыли от минеральной, путем намагничивания. Далее металлическая пыль складировается с отходами металлической группы, минеральная пыль отправляется в ООО «ДорРемСтрой» г. Кемерово для использования в строительных целях.

Для очистки воздуха от туманов, возникающих при применении СОЖ, предлагается применение низкоскоростного туманоуловителя.

В результате использования воды в технологических целях на механическом участке будут образовываться сточные воды. Основными примесями сточных вод являются пыль, металлические и абразивные частицы,

масла и растворители, входящие в состав СОЖ. Для одновременной очистки сточных вод от твердых частиц и маслопродуктов рекомендуется применение комбинированного напорного гидроциклона.

В целях уменьшения (исключения) загрязнения сточных вод компонентами отработанной СОЖ, последнюю рекомендуется использовать многократно. С этой целью отработанная (загрязненная) СОЖ подвергается очистке. Для очистки СОЖ от твердых частиц (пыли, стружки) предлагается установить напорный гидроциклон с эффективностью очистки не менее 80%.

Существует множество мероприятий по защите окружающей среды:

1. Механизация и автоматизация производственных процессов, сопряженных с опасностью для здоровья.
2. Применение технологических процессов и оборудования, исключающих появление вредных факторов.
3. Защита работающих от источников тепловых излучений.
4. Устройство и оборудование вентиляции и отопления.
5. Применение средств воздухоочистки.
6. Предотвращение выброса вредных веществ в окружающую среду.
7. Вывоз отходов, не подвергающихся вторичному использованию в специальные места захоронения.
8. Применение средств индивидуальной защиты работающих.

В охране окружающей среды важную роль играют службы контроля качества окружающей среды, призванные вести, систематизированные наблюдения за состоянием атмосферы, воды и почв для получения фактических уровней загрязнения окружающей среды.

4.3 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях

Производство находится в городе Анжеро-Судженск 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. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась. Должен иметься запасной служебный транспорт для доставки рабочих на предприятие. Сотрудники должны быть обеспечены зимнем набором СИЗ.

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

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В качестве основных нормативных документов использовались следующие:

1 Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 21 июня 2016 г. N 81 «Об утверждении СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»

2 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.003-2015 "Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст)

3 Государственный стандарт СССР ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. постановлением Госстандарта СССР от 29 сентября 1988 г. N 3388) (с изменениями и дополнениями)

4 Государственный стандарт СССР ГОСТ 22269-76 "Система "человек-машина". Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования" (введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 декабря 1976 г. N 2798)

5 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.019-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 681-ст)

6 Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 12.1.009-2009 "Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2009 г. N 682-ст)

7 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (зарегистрированы в Минюсте России 10.06.2003, регистрационный N 4673.).

8 Межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" (введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. N 2146-ст)

Заключение

В дипломном проекте был спроектирован и разработан технологический процесс механической обработки детали вал шлицевой.

В качестве отправной точки был взят базовый технологический процесс изготовления «вала» мелкосерийного производства. В ходе дипломного проекта был составлен технологический процесс для производства 1000 штук в год.

Кроме того, был выбран оптимальный вид заготовки, режимы резания, рассчитаны нормы времени.

Таким образом, можно заключить, что в ходе выполнения дипломного проекта техническое задание было полностью выполнено.

Для разработки дипломного проекта использовалось программное обеспечение:

- Microsoft Word'2010 - пояснительная записка.
- Компас-3D V16.1 – операционные эскизы, чертежи, иллюстрации.

Список литературы

1. Михаевич Е.П. Технология машиностроения / Е.П. Михаевич – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 99 с.
2. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для машиностроительных спец. вузов /А.Ф. Горбацевич, В.Ф. Шкред; под ред. А.Ф. Горбацевич, – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Выш. школа, 2015. – 256 с.
3. Дмитриев В.А. Проектирование заготовок в машиностроении / В.А. Дмитриев – Самара: Учебное пособие, 2008. – 176 с.
4. Скворцов В.Ф. «Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей», издательство ТПУ 2009 г
5. Справочник технолога — машиностроителя. В 2-х т. Т1. / Под ред. А. М Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. -5-е изд., исправл. — М.: Машиностроение-1, 2003 г 912 с, ил
6. Основы технологии машиностроения: учебное пособие /В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 352 с
7. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков. – М.: Машиностроение, 1972. – 694 с.
8. Панов А.А. Обработка металлов резанием: справочник технолога / А.А. Панов. – М.: Машиностроение, 1988. – 736 с.
9. Каталог инструментов Sandvik Coromant
10. Федосова В.Д. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск, ТПУ, 1991. – 25с.
11. Ревкин А.И. Инженерные вопросы радиогигиены при проектировании и эксплуатации источников излучения. – М.: МЭИ, 1987. – 58с.

12. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.

13. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с

14. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2002. – 357с.

15. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.