

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы – Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологического процесса изготовления детали «Вал тихоходный»</b>

УДК 621.81-2-047.84

#### Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Иванов Иван Алексеевич		

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Е.Н.			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Клемашева Е. И.	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Антоневич О. А.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

**Результаты обучения**  
**по направлению**  
**15.03.01 Машиностроение**  
**по специализации Технология, оборудование и автоматизация**  
**машиностроительных производств**

<b>Вый про</b>	<b>Результат обучения</b>
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными

	<p>проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.</p>
P5	<p>Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительномонтажных производствах.</p>
P6	<p>Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительномонтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований</p>
P7	<p>Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства</p>
P8	<p>Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том</p>

	<p>числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.</p>
P11	<p>Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</p>
P12	<p>Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
Ефременков Е.А.  
 (Подпись)     (Дата)     (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-4А7Б	Иванову Ивану Алексеевичу

Тема работы:

<b>Разработка технологического процесса изготовления детали «Вал тихоходный»</b>	
<b>Утверждена приказом директора (дата, номер)</b>	
	№-34-76_с_от_03_02_2022.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. Д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. Д.).</i></p>	<p>Чертёж детали «Вал тихоходный»</p> <p>1000 шт./год</p> <p>Сталь 45</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрутного техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор оборудования, расчёт основного времени. Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертёж детали, размерный анализ технологического процесса, граф технологических размеров, карта технологического процесса, чертёж приспособления</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
<b>Технологическая часть</b>	Петровский Евгений Николаевич
<b>Конструкторская часть</b>	Петровский Евгений Николаевич
<b>Финансовый менеджмент</b>	Клемашева Елена Игоревна
<b>Социальная ответственность</b>	Антоневич Ольга Алексеевна

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**


<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	3.02.2022
---	-----------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Петровский Евгений Николаевич			3.02.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Иванов Иван Алексеевич		3.02.2022

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 110 страниц, 24 рисунка, 28 таблиц, 25 источников.

Ключевые слова: вал, мерительный инструмент, технологический процесс, поверочная призма, индикатор часового типа, инструмент.

Объект исследования: деталь «Вал тихоходный»

Целью работы является разработка технологии изготовления детали «Вал тихоходный». В процессе выполнения работы был выполнен анализ технологичности конструкции, определён тип производства, выбран способ получения заготовки, спроектирован маршрут обработки детали с заполнением операционной карты и описанием всех переходов по каждой операции. Рассчитаны допуски технологических размеров, произведена проверка обеспечения точности обработки, а также рассчитаны режимы резания для каждого технологического перехода и требуемая мощность оборудования для каждой операции, было выбрано технологическое оборудование, рассчитаны нормы времени для выполнения каждой операции.

В конструкторской части было спроектировано приспособление, рассчитано на точность.

В финансовой части проекта был выполнен расчёт бюджета проекта и была проведена оценка экономической эффективности проекта.

В разделе социальная ответственность были выявлены вредные и опасные производственные факторы, и предложены мероприятия по устранению этих факторов.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	11
1. Технологическая часть.....	12
1.1 Исходные данные .....	12
1.2 Определение типа производства.....	12
1.3 Анализ технологичности конструкции детали.....	15
1.4 Выбор заготовки .....	16
1.5 Разработка технологии изготовления вал тихоходный .....	17
1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали.....	22
1.7 Расчёт припусков и технологических размеров в осевом направлении .....	23
1.8 Выбор оборудования.....	44
1.8.1 Ленточнопильный станок JET MBS-1416VDAS.....	44
1.8.2 Двусторонний фрезерно-центровальный станок EM535M.....	45
1.8.3 Круглошлифовальный станок с ЧПУ SUPERTEC G20P-50 CNC .....	46
1.8.4 Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200 .....	47
1.9 Расчёт и назначение режимов обработки .....	47
1.9.1 Операция фрезерования: фрезерование торцов $\varnothing 70$ мм.....	48
1.9.2 Операция фрезерования: фрезерование шпоночного паза $B = 14$ мм.....	50
1.9.3 Шлифовальная операция с ЧПУ: Шлифование поверхности $\varnothing 50n6$ .....	51
1.9.4 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности $\varnothing 55f7$ .....	51
1.9.5 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности $\varnothing 55h14$ .....	52
1.9.6 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности $\varnothing 65u8$ .....	53
1.9.7 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности $\varnothing 55k6$ .....	53
1.9.8 Режимы чистового точения твёрдосплавными пластинами Sandvik .....	54
1.10 Нормирование операций технологического процесса.....	54
Вывод по разделу.....	58

2. Конструкторская часть .....	59
2.1 Выбор и описание приспособления .....	59
2.2 Назначение технических требований на изготовление и эксплуатацию.....	59
2.3 Расчёт приспособления на точность .....	60
Вывод по разделу .....	62
Введение .....	64
3.1 Анализ конкурентных технических решений .....	65
3.1.1 SWOT-анализ .....	66
3.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	68
3.2.1 Структура работы в рамках научного исследования.....	68
3.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ .....	70
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	71
3.3 Бюджет научно-технического исследования.....	75
3.3.1 Основная заработанная плата исполнителей темы.....	75
3.3.2 Дополнительная заработная плата .....	77
3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	77
3.3.4 Накладные расходы.....	78
3.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	79
3.3.6 Ресурсоэффективность .....	79
Вывод по разделу .....	81
Введение .....	84
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	85
4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	85
4.1.2 Организационные мероприятия по компоновке рабочей зоны.....	85
4.2 Производственная безопасность.....	86
4.2.1 Движущиеся твёрдые объекты, наносящие удар по телу работающего.....	88

4.2.2 Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги .....	88
4.2.3 Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой.....	89
4.2.4 Превышение уровня шума и вибраций .....	90
4.3 Экологическая безопасность.....	90
4.3.1 Защита атмосферы.....	90
4.3.2 Защита гидросферы.....	91
4.3.3 Защита литосферы.....	91
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	92
Вывод по разделу.....	94
Заключение.....	95
Список литературы.....	96

## **Введение**

Темой выпускной квалификационной работы является разработка технологии изготовления детали «Вал тихоходный».

Целью данной работы является создание оптимального технологического процесса изготовления детали типа «Вал» и разработать приспособление.

Деталь типа «Вал» — деталь, которая предназначена для установки и фиксации зубчатых колёс, подшипников, шкивов, а также для передачи вращающего момента и восприятия действующих сил со стороны деталей, расположенных на нём. Данная деталь спроектирована для использования в редукторе.

Исходя из потребности в серийном производстве на предприятии, необходимо увеличить программу выпуска рассматриваемой детали для ООО «Промышленная компания МИОН» до 1000 штук в год. Для увеличения программы выпуска технологический процесс предполагает обработку с оборудованием с ЧПУ. Применение подобного оборудования приводит к:

- Сокращению времени на обработку, соответственно, увеличению производительности;
- Улучшению качества поверхностного слоя;
- Повышению точности;
- Снижению трудоёмкости производства.

# 1. Технологическая часть

## 1.1 Исходные данные

Разработать и проработать технологический процесс изготовления детали – «Вал тихоходный». Чертёж детали «Вал тихоходный» отображен в приложении А. Для данной детали годовая программа выпуска равняется 1000 шт.

## 1.2 Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который необходимо найти по формуле [1]:

$$K_{з0} \frac{t_{в}}{t_{шс}}$$

Где:  $t_{в}$  – такт выпуска деталей;

$t_{шс}$  – среднее штучное время операций;

Такт выпуска деталей определяется по формуле [1]:

$$t_{в} = \frac{60 \cdot \Phi_{д}}{N} = \frac{60 \cdot 2018}{1000} = 121 \text{ мин}$$

Где  $\Phi_{д}$  – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 1000$  – годовой объём выпуска деталей;

Годовой фонд времени оборудования при условии работы оборудования в одну смену  $\Phi_{д} = 2018$  ч. [1]

Фонд времени взят годовой для односменного режима работы. В таблице 1 представлен предварительный маршрут обработки детали вал тихоходный, чтобы определить тип производства.

Таблица 1 – Предварительный маршрут обработки детали вал тихоходный.

Позиция	Тип операции	Описание
1	Отрезная	Отрезать заготовку $\varnothing 70$ и длиной 280 мм
2	Подготовительная	Подрезка торцов до длины 277 мм, сверление центровых отверстий

3	Токарная	Точить заготовку в размеры $\varnothing 66$ и длиной 248 мм
4		Точить заготовку в размеры $\varnothing 56$ и длиной 176 мм
5		Точить заготовку в размеры $\varnothing 51$ и длиной 119 мм
6	Токарная	Точить заготовку в размеры $\varnothing 50,1$ и длиной 120 мм; снять фаску $1,6 \times 45^\circ$
7		Точить заготовку в размеры $\varnothing 56,1$ и длиной 56 мм; снять фаску $1,6 \times 45$
8		Точить заготовку в размеры $\varnothing 65,2$ и длиной 72 мм; снять фаску $1,6 \times 45$
9	Токарная	Точить заготовку в размеры $\varnothing 56$ и длиной 28 мм
10	Токарная	Точить заготовку в размеры $\varnothing 55,1$ и длиной 29 мм; снять фаску $1,6 \times 45$
11	Фрезерная	Фрезеровать шпоночный паз длиной 103 мм и шириной 14 мм
12		Фрезеровать шпоночный паз длиной 45 мм и шириной 14 мм
13	Шлифовальная	Шлифовать в размеры $\varnothing 50$ и длиной 120 мм
14		Шлифовать в размеры $\varnothing 55$ и длиной 56 мм
15		Шлифовать в размеры $\varnothing 65,1$ и длиной 72 мм
16	Шлифовальная	Шлифовать в размеры $\varnothing 55$ и длиной 29 мм
17	Слесарная	Зачистить заусенцы, притупить острые кромки
18	Нанесение покрытия	Нанесение хим.окс. покрытия

Для того чтобы получить штучное время операции необходимо узнать предварительное основное время по эмпирическим формулам, расчёты времени производятся по предварительному составленному технологическому процессу. Определим основное технологическое время по [1, стр. 146, прилож. 1], которое зависит от размеров обрабатываемой поверхности, в том числе и от вида обработки. Результаты расчётов и формул представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Предварительные расчёты основного времени

Позиция	Тип операции	Формула	d, мм	D, мм	l, мм	T, мин
1	Отрезная	$0,19D^2$	70	-	280	0,931

2	Подрезка торца	$0,037(D^2 - d^2)$	70	-	277	0,181
3	Точение	$0,17dl$	66	-	248	2,782
4	Точение	$0,17dl$	56	-	176	1,675
5	Точение	$0,17dl$	51	-	119	1,031
6	Точение	$0,17dl$	50,1	-	120	1,022
7	Точение	$0,17dl$	56,1	-	56	0,534
8	Точение	$0,17dl$	65,2	-	72	0,798
9	Точение	$0,17dl$	56	-	28	0,266
10	Точение	$0,17dl$	55,1	-	29	0,272
11	Фрезерование	7l		-	45x14	0,315
12	Фрезерование	7l		-	103x14	0,763
13	Шлифование	$0,15dl$	50	-	120	0,900
14	Шлифование	$0,15dl$	55	-	56	0,462
15	Шлифование	$0,15dl$	65,1	-	72	0,703
16	Шлифование	$0,15dl$	55	-	29	0,239
					Сумма, мин	12,874

Рассчитав основное технологическое время каждой операции необходимо посчитать штучно-калькуляционное время каждой операции [1]:

$$T_{ш.і} = \varphi_{к.і} T_{о.і}$$

Где:  $\varphi_{к.і}$  – коэффициент  $i$ -ой основной операции, зависящей от вида станка и типа производства;

$T_{о.і}$  – основное технологическое время  $i$ -ой операции, мин.

Значения  $\varphi_{к.і}$  возьмём из [1, стр. 147, прилож. 1]

Основное технологическое время отрезной операции:

$$T_{ш.1} = 1,5 \cdot 0,931 = 1,397 \text{ мин};$$

Основное технологическое время подрезки торцов;

$$T_{ш.2} = 1,84 \cdot 0,181 = 0,333 \text{ мин};$$

Основное технологическое время токарной операции:

$$T_{ш.3} = 2,14 \cdot 2,782 = 5,954 \text{ мин};$$

$$T_{ш.4} = 2,14 \cdot 1,675 = 3,585 \text{ мин};$$

$$T_{ш.5} = 2,14 \cdot 1,031 = 2,206 \text{ мин};$$

$$T_{ш.6} = 2,14 \cdot 1,022 = 2,187 \text{ мин};$$

$$T_{ш.7} = 2,14 \cdot 0,534 = 1,143 \text{ мин};$$

$$T_{ш.8} = 2,14 \cdot 0,798 = 1,708 \text{ мин};$$

$$T_{ш.9} = 2,14 \cdot 0,266 = 0,569 \text{ мин};$$

$$T_{ш.10} = 2,14 \cdot 0,272 = 0,582 \text{ мин};$$

Основное технологическое время фрезерной операции:

$$T_{ш.11} = 1,84 \cdot 0,315 = 0,580 \text{ мин};$$

$$T_{ш.12} = 1,84 \cdot 0,763 = 1,404 \text{ мин};$$

Основное технологическое время шлифовальной операции:

$$T_{ш.13} = 2,1 \cdot 0,900 = 1,890 \text{ мин};$$

$$T_{ш.14} = 2,1 \cdot 0,462 = 0,970 \text{ мин};$$

$$T_{ш.15} = 2,1 \cdot 0,703 = 0,476 \text{ мин};$$

$$T_{ш.16} = 2,1 \cdot 0,239 = 0,502 \text{ мин};$$

Далее можно определить среднее штучно-калькуляционное время на выполнение всех операций по формуле, представленной в [1]:

$$t_{шс} = \frac{\sum t_{ши}}{n} = \frac{25,486}{8} = 3,19$$

Определим коэффициент закрепления операции:

$$K_{зо} = \frac{t_{в}}{t_{шс}} = \frac{121}{3,19} = 38$$

Так как по расчётным данным  $K_{зо}$  находится в диапазоне от 20 до 40, то можно сделать вывод, что тип производства для изготовления данной детали является – мелкосерийный.

### 1.3 Анализ технологичности конструкции детали

Данный вал не имеет каких-либо сложностей в изготовлении. Деталь не требует специального оборудования. Также вал обеспечивает свободный доступ подхода инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Деталь имеет хорошую жёсткость  $\frac{L}{D} = \frac{277}{65} = 4,3 < 10 \dots 12$ . На детали присутствуют

множество поверхностей, которые могут использоваться в качестве баз, но основной базой на протяжении всей обработки является центровые отверстия. Вал имеет небольшое количество ступеней, но также относительно большие перепады диаметров. Форма детали позволяет использовать металлопрокат для заготовки, во избежание использования дорогостоящего литья или штампа.

Согласно выданному заданию, материал детали – Сталь 45. Химический состав стали регламентируется ГОСТ 1050-88. Химический состав стали 45 приведем в таблицу 3. Сталь 45 – качественная конструкционная углеродистая сталь.

Таблица 3 – Химический состав стали

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	≤0,25	≤0,04	≤0,035	≤0,25	≤0,25	≤0,08	~97

Все виды, которые содержатся в чертеже, дают полное представление о форме и размерах вала. Если брать в учёт параметры точности и размеров детали, то можно сделать вывод, что на большинство поверхностей, а именно на линейные размеры, назначены грубые допуски. Большинство диаметральных размеров имеют жёсткие требования к точности размеров, что приводит к применению шлифовальной операции на данные поверхности. Общий параметр шероховатости  $R_a = 12,5$  мкм, а также шероховатости  $R_a = 1,6$  мкм и  $R_a = 3,2$  мкм могут быть выдержаны при шлифовальной обработке. Для удобства шлифовальной операции были сделаны канавки под выход и переходы шлифовального круга, также канавки снимают концентрат напряжения, что хорошо сказывается на эксплуатации вала.

С учётом всех изложенных суждений, можно говорить о том, что конструкция детали – технологична.

## 1.4 Выбор заготовки

Способ определения заготовки определяется на основании чертежа детали, результатов анализа её назначения, требования эксплуатации, программы выпуска.

Исходя из технологических свойства материала детали (Сталь 45), её размеров и массы, требований к механическим свойствам (специальных требований нет), также возьмём в учёт тип производства, который является мелкосерийным, выберем в качестве исходной заготовки – горячекатаный прокат, рис 1.

Возьмём диаметр проката равным 70 мм, так как множество компаний предлагают прокат с таким диаметром, что даёт сравнение в качестве и цене, тем самым можно выбрать более дешёвый вариант.

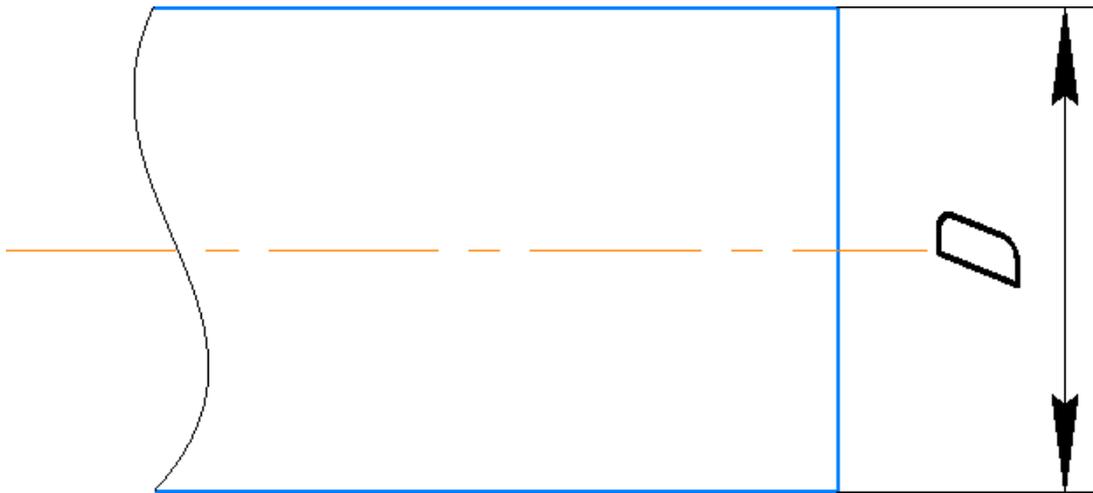


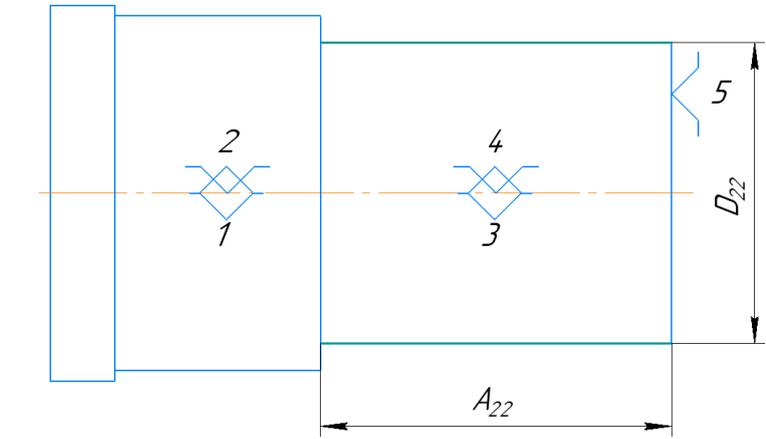
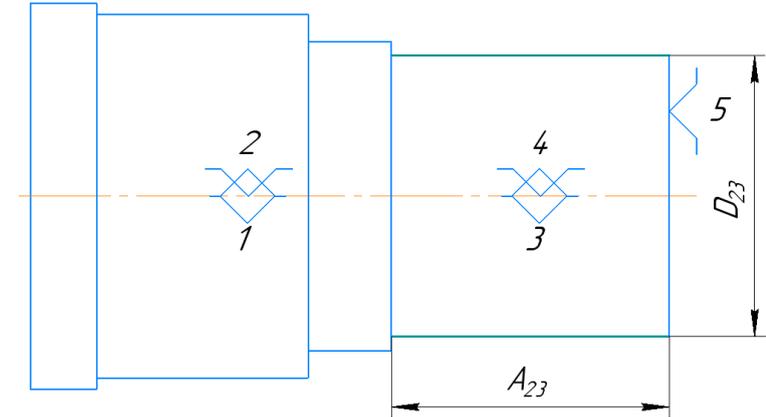
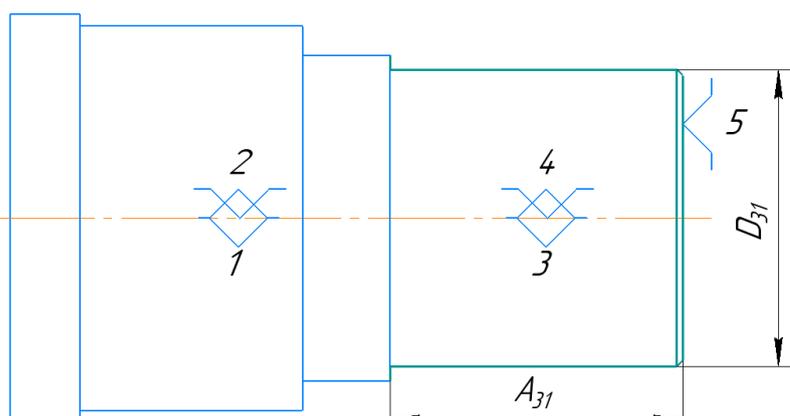
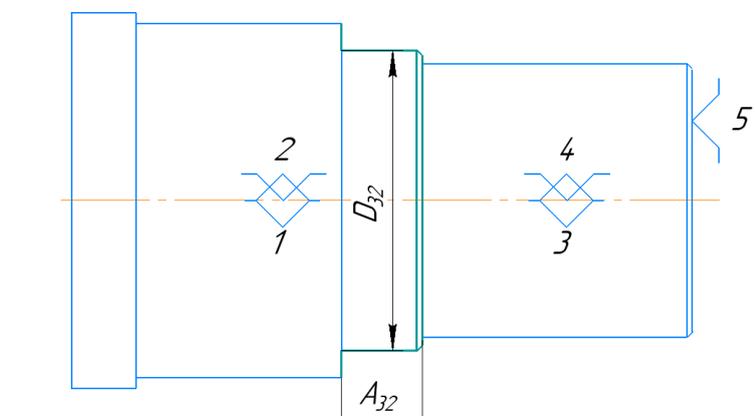
Рисунок 1 – Заготовка детали

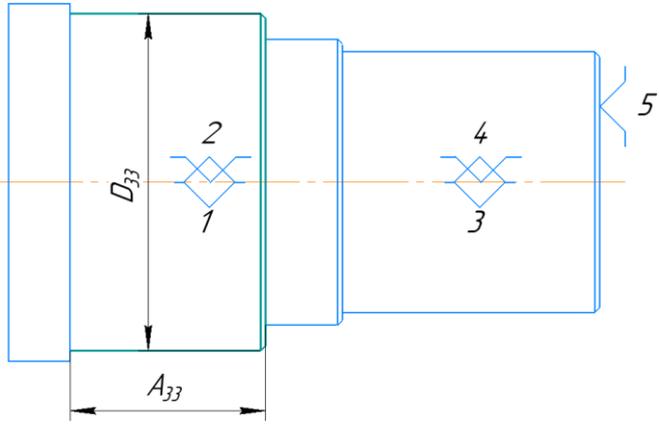
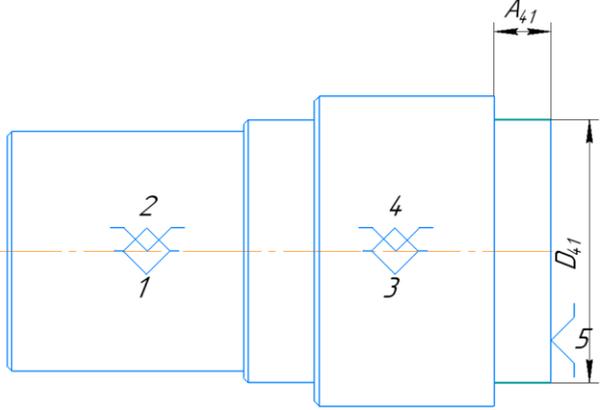
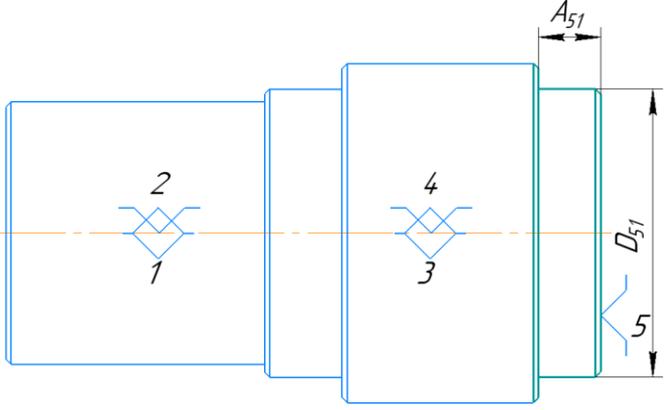
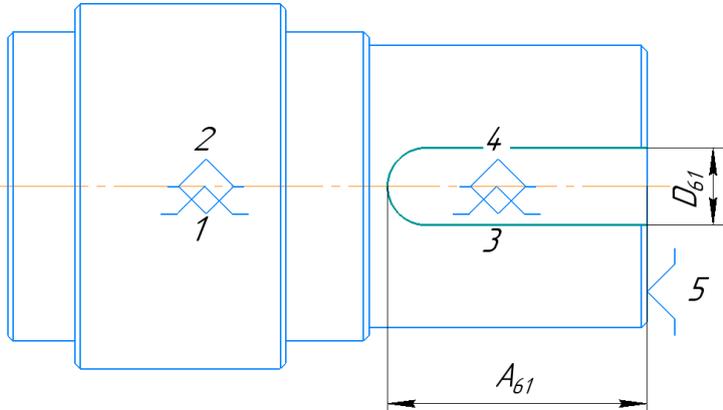
### **1.5 Разработка технологии изготовления вал тихоходный**

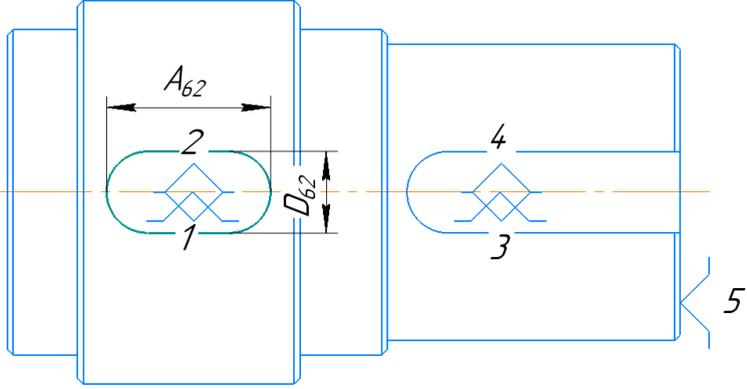
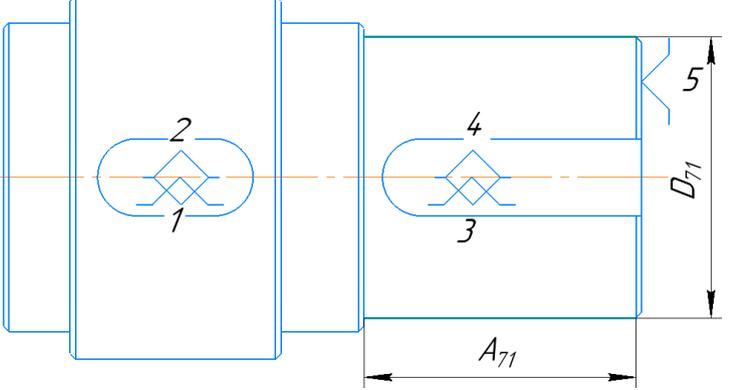
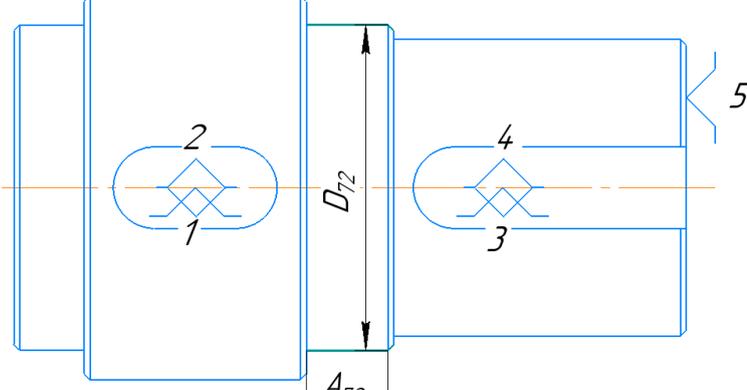
Ниже представлен технологический процесс изготовления детали, который включает в себя схемы базирования заготовки, требуемые технологические размеры, текст переходов и их эскизы. В таблице 4 приведён базовый технологический процесс.

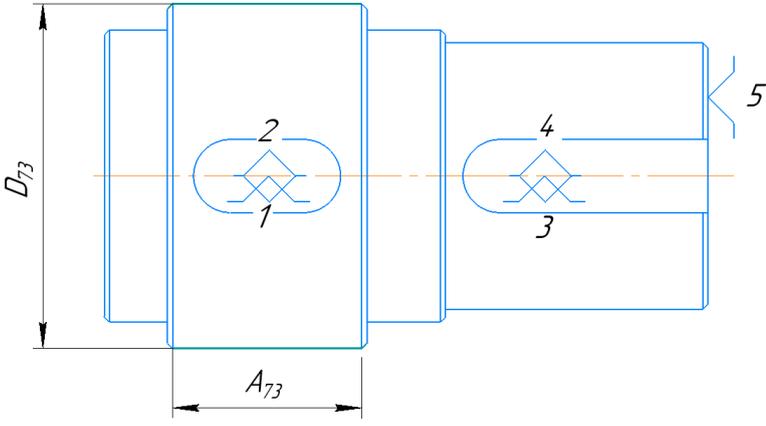
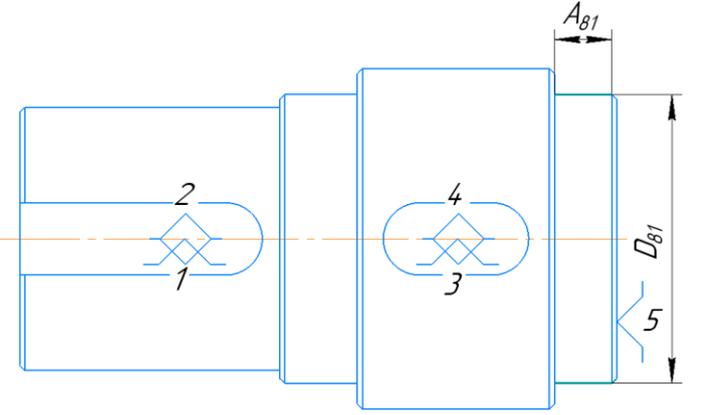
Таблица 4 – Базовый технологический процесс

Операция	Наименование операции и содержание переходов	Операционный эскиз
005	Заготовительная Отрезать заготовку выдерживая размер $A_{01}$	
010	Подрезка торцов и сверление центровочных отверстий Подрезать торец выдерживая размер $A_{12}$	
015	Токарная черновая Точить заготовку выдерживая размер $A_{21}$ и $D_{21}$	

	<p>Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{22}</math> и <math>D_{22}</math></p>	
	<p>Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{23}</math> и <math>D_{23}</math></p>	
<p>020</p>	<p>Токарная чистовая Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{31}</math> и <math>D_{31}</math>; Снять фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math></p>	
	<p>Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{32}</math> и <math>D_{32}</math>; Снять фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math></p>	

	<p>Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{33}</math> и <math>D_{33}</math>; Снять фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math></p>	
025	<p>Токарная черновая Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{41}</math> и <math>D_{41}</math>;</p>	
030	<p>Токарная чистовая Точить заготовку выдерживая размер <math>A_{51}</math> и <math>D_{51}</math>; Снять фаску <math>1,6 \times 45^\circ</math></p>	
035	<p>Фрезерование Фрезеровать шпоночный паз в размеры <math>A_{61}</math> и <math>D_{61}</math>;</p>	

	<p>Фрезеровать шпоночный паз в размеры <math>A_{62}</math> и <math>D_{62}</math>;</p>	
<p>040</p>	<p>Термическая обработка Закалить Отпустить</p>	
<p>045</p>	<p>Шлифование Шлифовать заготовку выдерживая размер <math>A_{71}</math> и <math>D_{71}</math>;</p>	
	<p>Шлифовать заготовку выдерживая размер <math>A_{72}</math> и <math>D_{72}</math>;</p>	

	Шлифовать заготовку выдерживая размер $A_{73}$ и $D_{73}$ ;	
050	Шлифование Шлифовать заготовку выдерживая размер $A_{81}$ и $D_{81}$ ;	
055	Слесарная Зачистить заусенцы, притупить кромки	
060	Моечная Помыть деталь	
065	Контрольная Провести технический контроль	
070	Химическая Химическое оксидирование	

## 1.6 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали

Замыкающими звеньями в технологических размерных цепях представлены припуски на обработку поверхностей и конструкторские

размеры, которыми являются размеры с чертежа детали «Вал тихоходный». Также в технологической цепи присутствуют составляющие звенья – это технологические размеры, которые будут получены при механической обработке детали.

### 1.7 Расчёт припусков и технологических размеров в осевом направлении

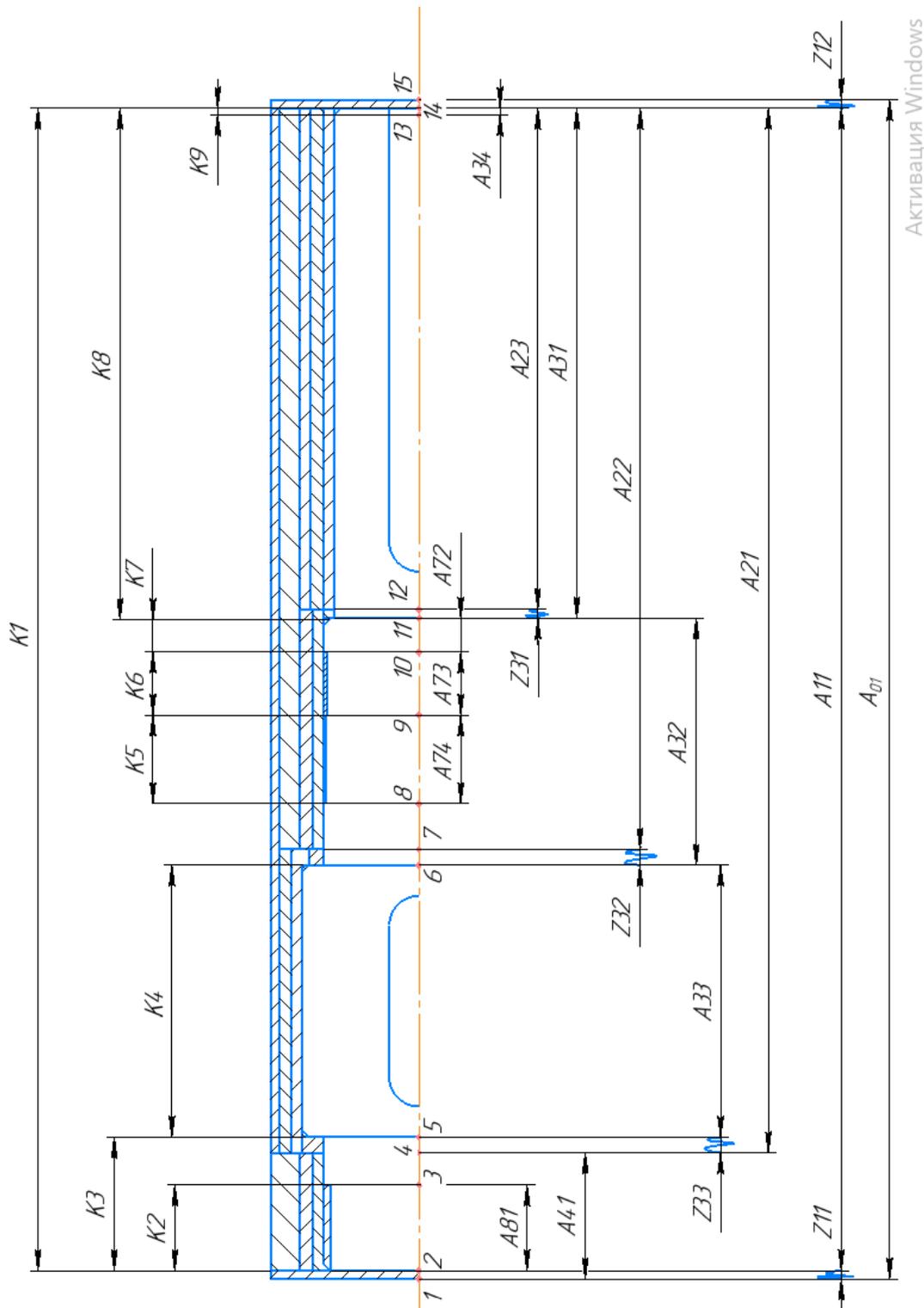


Рисунок 2 – Размерная схема

Для расчёт понадобится построить размерную схему технологического процесса изготовления вала тихоходного в осевом направлении (рисунок 2), а также граф технологических размерных цепей (рисунок 3).

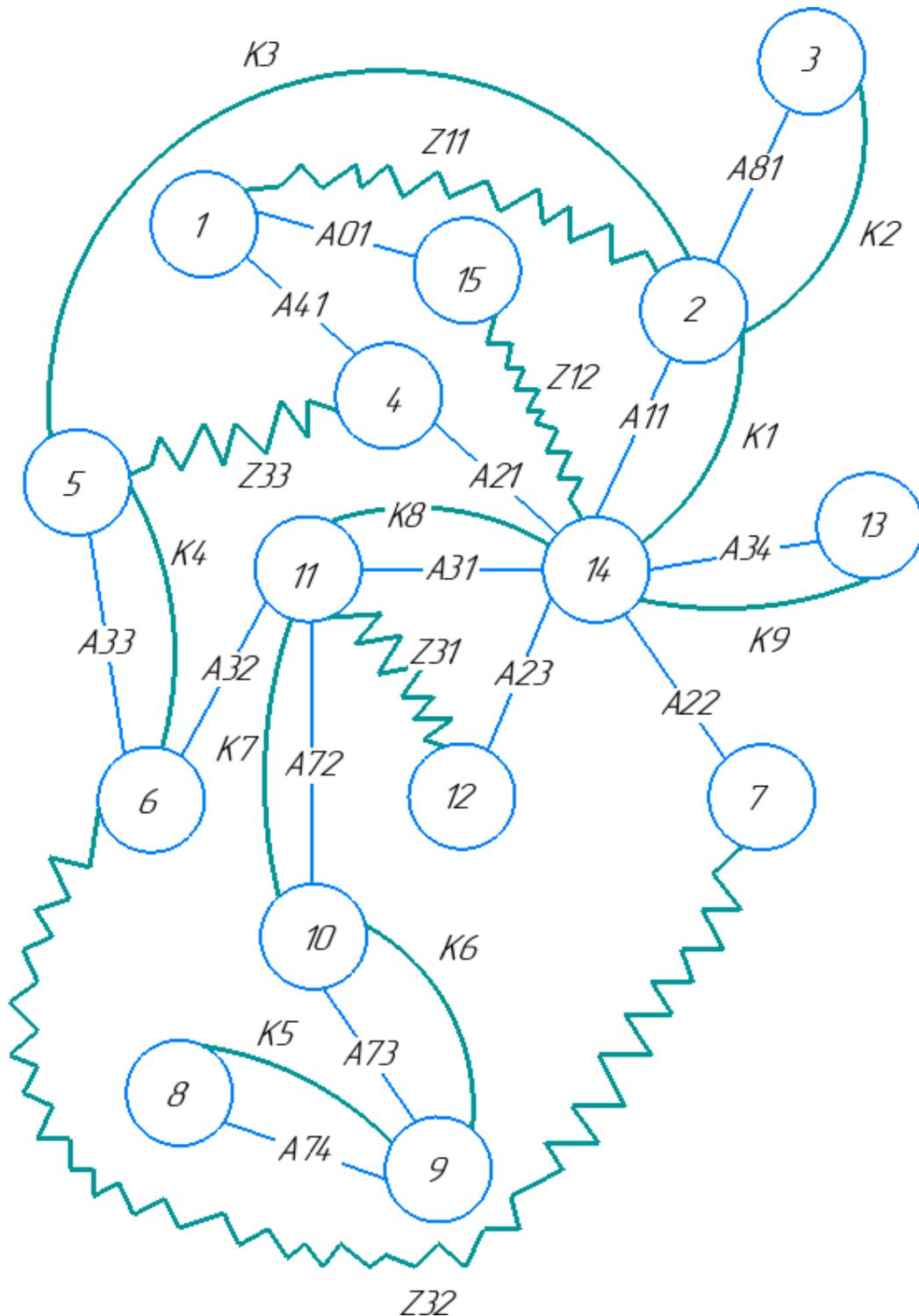


Рисунок 3 – Граф технологических цепей

Формула для расчёта минимальных припусков на обработку тел вращения в центрах [4, с. 42]:

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

Допуски на линейные конструкторские размеры:

$$K1 = 277^{+0,65}_{-0,65}; TK1 = 1,3 \text{ мм};$$

$$K2 = 21^{+0,26}_{-0,26}; TK2 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K3 = 29^{+0,26}_{-0,26}; TK3 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K4 = 72^{+0,37}_{-0,37}; TK4 = 0,74 \text{ мм};$$

$$K5 = 21^{+0,26}_{-0,26}; TK5 = 0,52 \text{ мм};$$

$$K6 = 17^{+0,21}_{-0,21}; TK6 = 0,43 \text{ мм};$$

$$K7 = 10^{+0,18}_{-0,18}; TK7 = 0,36 \text{ мм};$$

$$K8 = 120^{+0,43}_{-0,43}; TK8 = 0,87 \text{ мм};$$

$$K9 = 1,6^{+0,12}_{-0,12}; TK9 = 0,25 \text{ мм}.$$

Допуски на технологические размеры определяем по [4, с. 65, прилож. 1]:

$$TA_{1.1} = 0,10 \text{ мм};$$

$$TA_{2.1} = 0,30 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = 0,30 \text{ мм};$$

$$TA_{2.3} = 0,30 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.3} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.4} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{4.1} = 0,30 \text{ мм};$$

Необходимо проверить условие:

$$TK_i \geq \Sigma TA_i$$

Для размера  $K_1$ :  $TK_1 = 1,3 \geq TA_{1.1} = 0,10 \geq 0,1 \text{ мм}$ , т.е. размер  $K_1$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

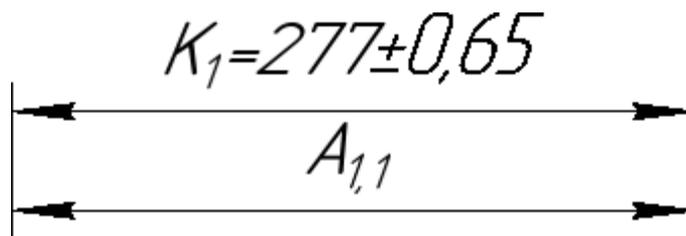


Рисунок 4 – Схема размера  $K_1$

Для размера  $K_2$ :  $TK_2 = 1,3 \geq TA_{8,1} = 0,52 \geq 0,1$  мм, т.е. размер  $K_2$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

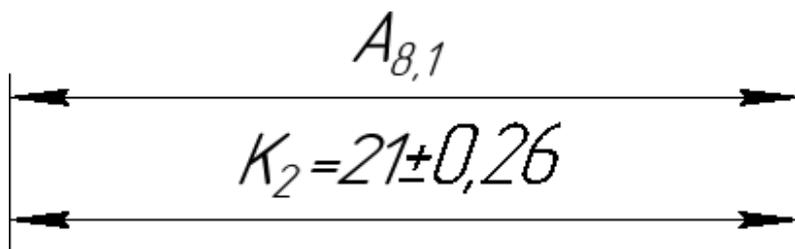


Рисунок 5 – Схема размера  $K_2$

Для размера  $K_3$ :  $TK_3 = 0,52 \geq \sqrt{(A_{3,3})^2 + (A_{3,2})^2 + (A_{3,1})^2 + (A_{1,1})^2} = 0,23$  мм, т.е. размер  $K_3$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

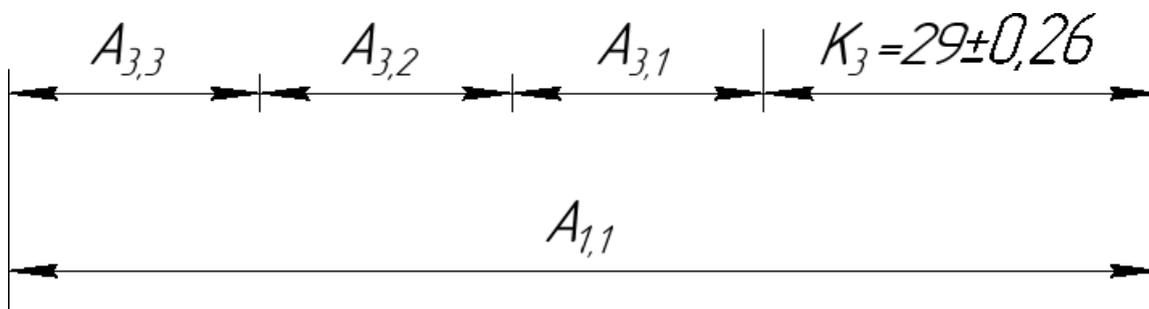


Рисунок 6 – Схема размера  $K_3$

Для размера  $K_4$ :  $TK_4 = 0,74 \geq TA_{3,3} = 0,74 \geq 0,12$  мм, т.е. размер  $K_4$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

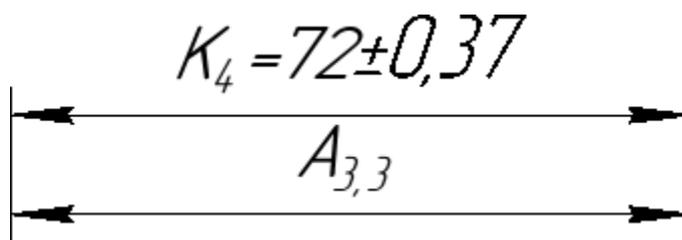


Рисунок 7 – Схема размера  $K_4$

Для размера  $K_5$ :  $TK_5 = 0,52 \geq TA_{7,4} = 0,52 \geq 0,1$  мм, т.е. размер  $K_5$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

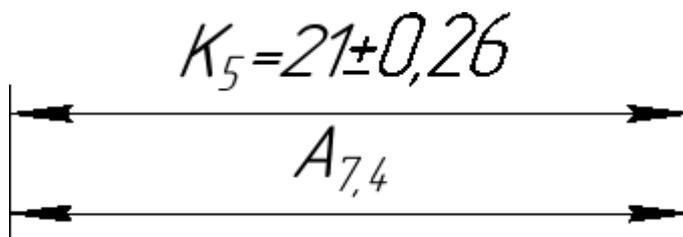


Рисунок 8 – Схема размера  $K_5$

Для размера  $K_6$ :  $TK_6 = 0,43 \geq TA_{7,3} = 0,43 \geq 0,1$  мм, т.е. размер  $K_6$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

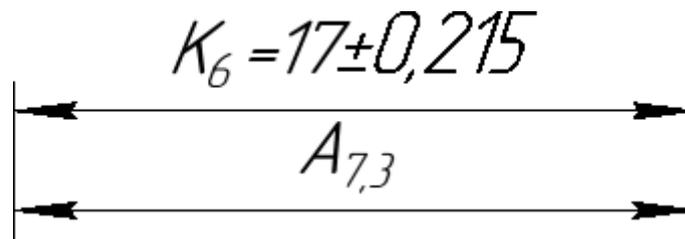


Рисунок 9 – Схема размера  $K_6$

Для размера  $K_7$ :  $TK_7 = 0,36 \geq TA_{7,2} = 0,36 \geq 0,1$  мм, т.е. размер  $K_7$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

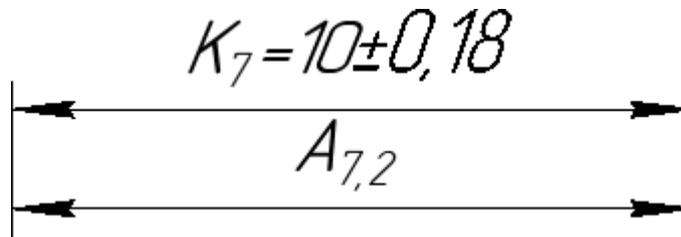


Рисунок 10 – Схема размера  $K_7$

Для размера  $K_8$ :  $TK_8 = 0,87 \geq TA_{3,1} = 0,87 \geq 0,12$  мм, т.е. размер  $K_8$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

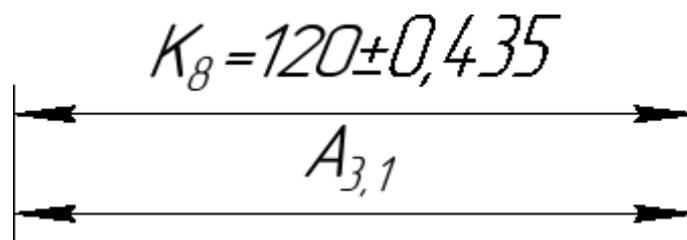


Рисунок 11 – Схема размера  $K_8$

Для размера  $K_9$ :  $TK_9 = 0,25 \geq TA_{3,4} = 0,25 \geq 0,12$  мм, т.е. размер  $K_9$  будет обеспечиваться с требуемой точностью.

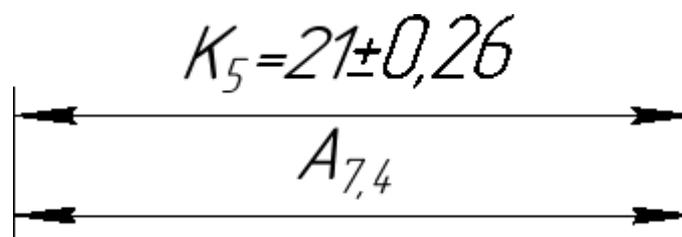


Рисунок 12 – Схема размера  $K_9$

После проверки условий можно принять допуски на технологические размеры, равные допускам на конструкторские размеры.

Расчёт минимальных припусков на обработку [4]:

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

Подрезка торца:

$$z_{1.1 \min} = 80 + 100 + (28 + 200) = 408 \text{ мкм}$$

$$z_{1.2 \min} = 80 + 100 + (28 + 200) = 408 \text{ мкм}$$

Токарная обработка с ЧПУ:

$$z_{3.1 \min} = 2(15 + 20 + (8 + 40)) = 166 \text{ мкм}$$

$$z_{3.2 \min} = 2(15 + 20 + (8 + 40)) = 166 \text{ мкм}$$

$$z_{3.2 \min} = 2(15 + 20 + (8 + 40)) = 166 \text{ мкм}$$

Далее необходимо найти средние припуски  $z_i^c$  для данных операций:

Подрезка торца:

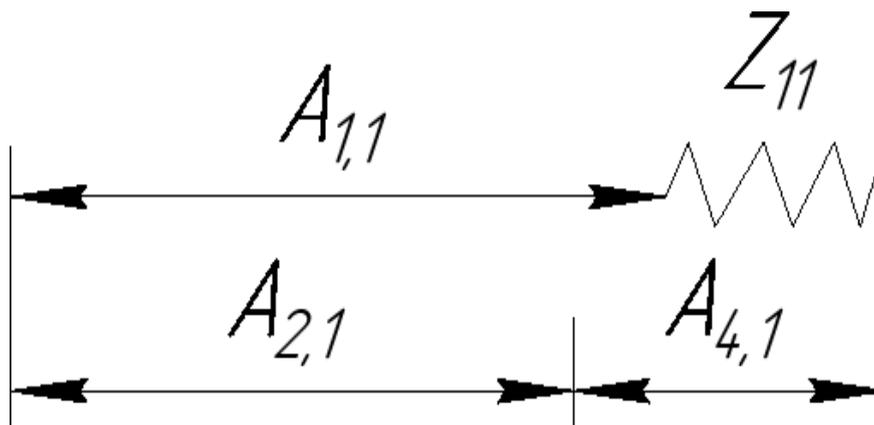


Рисунок 13 – Размерная схема  $z_{1.1}$

$$z_{1.1}^c = z_{1.1 \min} = \frac{TA_{1.1} + TA_{2.1} + TA_{4.1}}{2} = 0,408 + \frac{0,1 + 0,3 + 0,3}{2} = 0,758 \text{ мм}$$

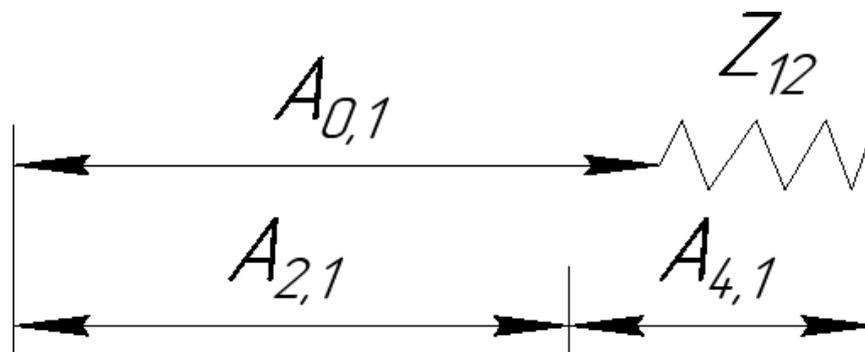


Рисунок 14 – Размерная схема  $z_{1.2}$

$$z_{1.2}^c = z_{1.2 \text{ min}} = \frac{TA_{0.1} + TA_{2.1} + TA_{4.1}}{2} = 0,408 + \frac{1,8 + 0,3 + 0,3}{2} = 1,608 \text{ мм}$$

Токарная обработка с ЧПУ:

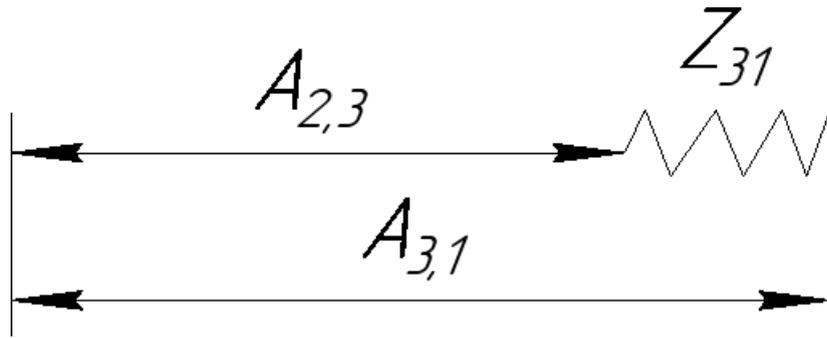


Рисунок 15 – Размерная схема  $z_{3.1}$

$$z_{3.1}^c = z_{3.1 \text{ min}} = \frac{TA_{2.3} + TA_{3.1}}{2} = 0,166 + \frac{0,3 + 0,12}{2} = 0,376 \text{ мм}$$

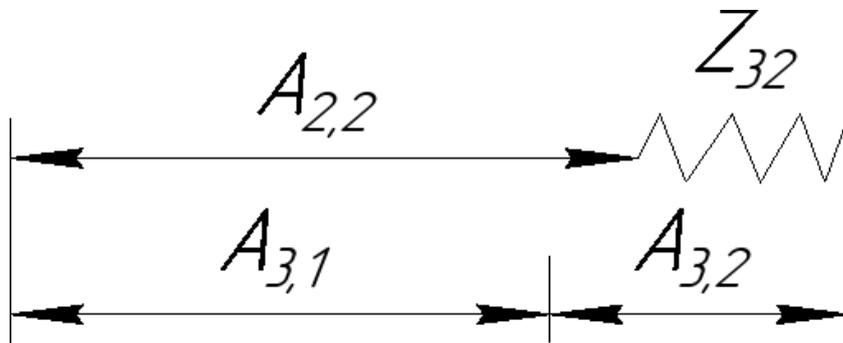


Рисунок 16 – Размерная схема  $z_{3.2}$

$$z_{3.2}^c = z_{3.2 \text{ min}} = \frac{TA_{2.2} + TA_{3.1} + TA_{3.2}}{2} = 0,166 + \frac{0,3 + 0,12 + 0,12}{2} = 0,436 \text{ мм}$$

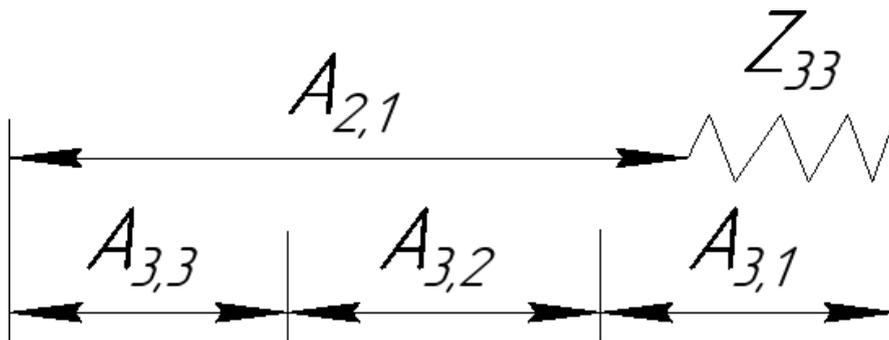


Рисунок 17 – Размерная схема  $z_{3.3}$

$$z_{3.3}^c = z_{3.3 \text{ min}} = \frac{TA_{2.1} + TA_{3.1} + TA_{3.2} + TA_{3.3}}{2}$$

$$z_{3.3}^c = 0,166 + \frac{0,3 + 0,12 + 0,12 + 0,12}{2} = 0,496 \text{ мм}$$

## Расчет диаметральных технологических размеров поверхности Ø50п6

Таблица 5 – Обработка поверхности Ø50п6

Переход обработан. поверхности Ø50п6	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение:									
Черновое h14	80	50	85,4	0		300	51,05	51,05 <sub>-0,3</sub>	
Чистовое h10	25	30	20,1	0	430	120	50,26	50,32 <sub>-0,12</sub>	0,73 <sub>-0,3</sub> <sup>+0,12</sup>
Шлифование п6	5	15	6,2	0	167	60	50	50 <sub>+0,017</sub> <sup>+0,033</sup>	0,32 <sub>-0,153</sub> <sup>-0,017</sup>

Черновое точение:  $R_z = 80$  мкм,  $h = 50$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 25$  мкм,  $h = 30$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Где:  $R_z$  – шероховатость поверхности;

$h$  – толщина поверхностного слоя;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(80 + 50 + 85,4) = 430,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(25 + 30 + 20,1) = 150,2 \text{ мкм};$$

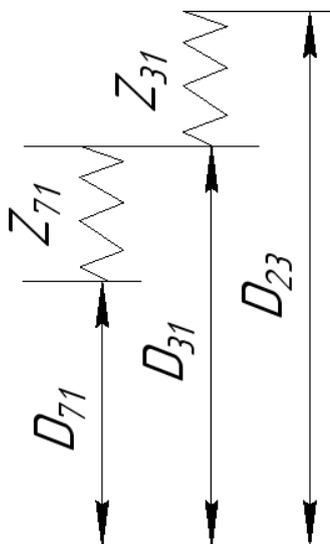


Рисунок 18 – Размерная схема  $z_{7.1}, z_{3.1}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{7.1}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{7.1}^c = D_{7.1} + \frac{BOD_{7.1} + HOD_{7.1}}{2} = 50 + \frac{0,033 + 0,017}{2} = 50,025 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.1}^c = Z_{7.1 \min} + \frac{TD_{7.1} + TD_{3.1}}{2} = 0,15 + \frac{0,05 + 0,12}{2} = 0,235 \text{ мм}$$

$$D_{3.1}^c = D_{7.1}^c + 2Z_{7.1}^c = 50,025 + 0,235 = 50,26 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.1}$  записываем в виде:  $D_{3.1} = 50,26 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.1} = 50,32_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{7.1} = D_{3.1} - D_{7.1} = 50,32_{-0,12} - 50_{+0,017}^{+0,033} = 0,32_{-0,153}^{-0,017}$$

$$2Z_{7.1 \min} = 0,167 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.1 \max} = 0,303 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{2.3}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{3.1}^c = Z_{3.1 \min} + \frac{TD_{3.1} + TD_{2.3}}{2} = 0,43 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

$$D_{2.3}^c = D_{3.1}^c + 2Z_{3.1}^c = 50,26 + 0,64 = 50,9 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.1}$  записываем в виде:  $D_{3.1} = 50,9 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3,1} = 51,05_{-0,3}$  мм

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{3,1} = D_{2,3} - D_{3,1} = 51,05_{-0,3} - 50,32_{-0,12} = 0,73_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3,1 \min} = 0,43 \text{ мм}$$

$$2Z_{3,1 \max} = 0,85 \text{ мм}$$

### Расчет диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 55h14$

Таблица 6 – Обработка поверхности  $\varnothing 55h14$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 55h14$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	h	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение:									
Черновое	80	50	85,4	0		300	55,91	$56,06_{-0,3}$	
Чистовое	25	30	20,1	0	490	120	55,21	$55,27_{-0,12}$	$0,79_{-0,3}^{+0,12}$
Шлифование	5	15	6,2	0	150	60	54,63	$55_{-0,74}$	$0,27_{-0,12}^{+0,74}$

Черновое точение:  $R_z = 80$  мкм,  $h = 50$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 25$  мкм,  $h = 30$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(80 + 50 + 85,4) = 430,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(25 + 30 + 20,1) = 150,2 \text{ мкм};$$

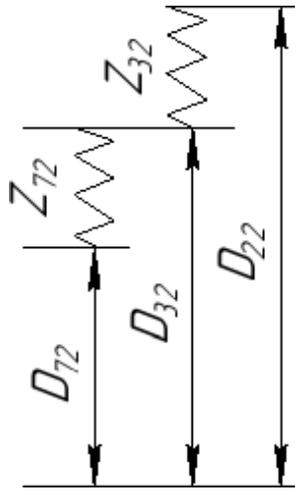


Рисунок 19 – Размерная схема  $Z_{7.2}, Z_{3.2}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{7.2}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{7.2}^c = D_{7.2} + \frac{BOD_{7.2} + HOD_{7.2}}{2} = 55 + \frac{0 - 0,740}{2} = 54,63 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.2}^c = Z_{7.2 \text{ min}} + \frac{TD_{7.2} + TD_{3.2}}{2} = 0,15 + \frac{0,74 + 0,12}{2} = 0,58 \text{ мм}$$

$$D_{3.2}^c = D_{7.2}^c + 2Z_{7.2}^c = 54,63 + 0,58 = 55,21 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.2}$  записываем в виде:  $D_{3.2} = 55,21 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.2} = 55,27_{-0,12} \text{ мм}$

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{7.2} = D_{3.2} - D_{7.2} = 55,27_{-0,12} - 55_{-0,74} = 0,27_{-0,12}^{+0,74}$$

$$2Z_{7.2 \text{ min}} = 0,150 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.2 \text{ max}} = 1,01 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{2.2}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{3.2}^c = Z_{3.2 \text{ min}} + \frac{TD_{3.2} + TD_{2.2}}{2} = 0,43 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

$$D_{2.2}^c = D_{3.2}^c + 2Z_{3.2}^c = 55,27 + 0,64 = 55,91 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.2}$  записываем в виде:  $D_{3.2} = 55,91 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.2} = 56,06_{-0,3} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{3.2} = D_{2.2} - D_{3.2} = 56,06_{-0,3} - 55,27_{-0,12} = 0,79_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3.2 \min} = 0,49 \text{ мм}$$

$$2Z_{3.2 \max} = 0,91 \text{ мм}$$

### Расчет диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 55f7$

Таблица 7 – Обработка поверхности  $\varnothing 55f7$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 55f7$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение:									
Черновое	80	50	85,4	0		300	55,91	$56,06_{-0,3}$	
Чистовое	25	30	20,1	0	490	120	55,21	$55,27_{-0,12}$	$0,79_{-0,3}^{+0,12}$
Шлифование	5	15	12,3	0	120	60	54,955	$55_{-0,06}^{-0,03}$	$0,27_{-0,15}^{+0,06}$

Черновое точение:  $R_z = 80$  мкм,  $h = 50$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 25$  мкм,  $h = 30$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(80 + 50 + 85,4) = 430,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(25 + 30 + 20,1) = 150,2 \text{ мкм};$$

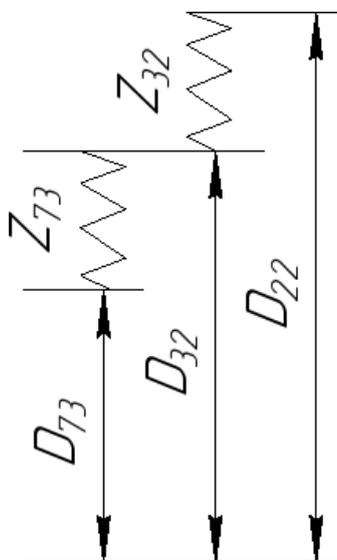


Рисунок 20 – Размерная схема  $Z_{7.3}, Z_{3.3}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{7.1}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{7.3}^c = D_{7.3} + \frac{BOD_{7.3} + HOD_{7.3}}{2} = 55 + \frac{-0,03 - 0,06}{2} = 54,955 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.3}^c = Z_{7.3 \min} + \frac{TD_{7.3} + TD_{3.2}}{2} = 0,15 + \frac{0,09 + 0,12}{2} = 0,255 \text{ мм}$$

$$D_{3.2}^c = D_{7.3}^c + 2Z_{7.3}^c = 54,955 + 0,255 = 55,21 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.2}$  записываем в виде:  $D_{3.2} = 55,21 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.2} = 55,27_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{7.3} = D_{3.2} - D_{7.3} = 55,27_{-0,12} - 55_{-0,06}^{+0,03} = 0,27_{-0,15}^{+0,06}$$

$$2Z_{7.3 \min} = 0,120 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.3 \max} = 0,330 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{2.2}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{3.2}^c = Z_{3.2 \min} + \frac{TD_{3.2} + TD_{2.2}}{2} = 0,43 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

$$D_{2.2}^c = D_{3.2}^c + 2Z_{3.2}^c = 55,27 + 0,64 = 55,91 \text{ мм}$$

Звено  $D_{2.2}$  записываем в виде:  $D_{2.2} = 55,91 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.1} = 56,06_{-0,3} \text{ мм}$

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{3.2} = D_{2.2} - D_{3.2} = 56,06_{-0,3} - 55,27_{-0,12} = 0,79_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3.2 \min} = 0,49 \text{ мм}$$

$$2Z_{3.2 \max} = 0,91 \text{ мм}$$

### Расчет диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 55k6$

Таблица 8 Обработка поверхности  $\varnothing 55k6$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 55k6$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение:									
Черновое	80	50	85,4	0		300	56,13	$56,28_{-0,3}$	
Чистовое	25	30	20,1	0	730	120	55,19	$55,25_{-0,12}$	$0,9_{-0,3}^{+0,12}$
Шлифование	5	15	12,3	0	110	60	55,012	$55_{+0,002}^{+0,021}$	$0,254_{-0,099}^{-0,002}$

Черновое точение:  $R_z = 80$  мкм,  $h = 50$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 25$  мкм,  $h = 30$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(80 + 50 + 85,4) = 430,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(25 + 30 + 20,1) = 150,2 \text{ мкм};$$

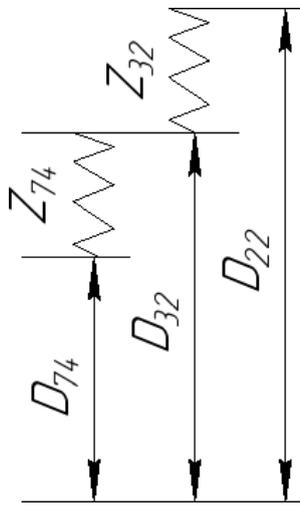


Рисунок 21 – Размерная схема  $Z_{7.4}, Z_{3.2}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{7.4}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{7.4}^c = D_{7.4} + \frac{BOD_{7.4} + HOD_{7.4}}{2} = 55 + \frac{0,021 + 0,002}{2} = 55,012 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.4}^c = Z_{7.4 \text{ min}} + \frac{TD_{7.4} + TD_{3.2}}{2} = 0,15 + \frac{0,023 + 0,12}{2} = 0,222 \text{ мм}$$

$$D_{3.2}^c = D_{7.4}^c + 2Z_{7.4}^c = 55,012 + 0,222 = 55,234 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.2}$  записываем в виде:  $D_{3.2} = 55,234 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.2} = 55,294_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{7.4} = D_{3.2} - D_{7.4} = 55,294_{-0,12} - 55^{+0,021}_{+0,002} = 0,294_{-0,099}^{-0,002}$$

$$2Z_{7.4 \text{ min}} = 0,195 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.4 \text{ max}} = 0,292 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{2.2}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{3.2}^c = Z_{3.2 \text{ min}} + \frac{TD_{3.2} + TD_{2.2}}{2} = 0,43 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

$$D_{2.2}^c = D_{3.2}^c + 2Z_{3.2}^c = 55,294 + 0,64 = 55,934 \text{ мм}$$

Звено  $D_{2.2}$  записываем в виде:  $D_{2.2} = 55,934 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{2.2} = 56,084_{-0,3} \text{ мм}$

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{3.2} = D_{2.2} - D_{3.2} = 56,084_{-0,3} - 55,294_{-0,12} = 0,79_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3.2 \min} = 0,49 \text{ мм}$$

$$2Z_{3.2 \max} = 0,91 \text{ мм}$$

### Расчёт диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 65u8$

Таблица 9 – Обработка поверхности  $\varnothing 65u8$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 65u8$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение: Черновое	150	100	85,4	0	730	300	66,37	$66,52_{-0,3}$	$1,03_{-0,3}^{+0,12}$
Чистовое	15	20	40,8	0		120	65,43	$65,49_{-0,12}$	
Шлифование	5	15	12,3	0	237	60	65,11	$65_{+0,087}^{+0,133}$	$0,49_{-0,253}^{-0,087}$

Черновое точение:  $R_z = 150$  мкм,  $h = 100$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 15$  мкм,  $h = 20$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(150 + 100 + 85,4) = 670,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование определяем по формуле:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(15 + 20 + 40,8) = 151,6 \text{ мкм};$$

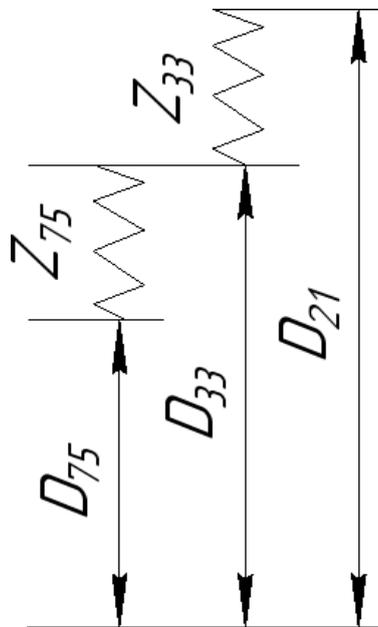


Рисунок 22 – Размерная схема  $z_{7.5}, z_{3.3}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{7.5}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{7.5}^c = D_{7.5} + \frac{BOD_{7.5} + HOD_{7.5}}{2} = 65 + \frac{0,133 + 0,087}{2} = 65,11 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.5}^c = Z_{7.5 \text{ min}} + \frac{TD_{7.5} + TD_{3.3}}{2} = 0,15 + \frac{0,22 + 0,12}{2} = 0,321 \text{ мм}$$

$$D_{3.3}^c = D_{7.5}^c + 2Z_{7.5}^c = 65,11 + 0,321 = 65,43 \text{ мм}$$

Звено  $D_{3.3}$  записываем в виде:  $D_{3.3} = 65,43 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3.3} = 65,49_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{7.5} = D_{3.3} - D_{7.5} = 65,39_{-0,12} - 65^{+0,133}_{+0,087} = 0,49_{-0,253}^{-0,087}$$

$$2Z_{7.5 \text{ min}} = 0,237 \text{ мм}$$

$$2Z_{7.5 \text{ max}} = 0,403 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{2.1}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{3.3}^c = Z_{3.3 \text{ min}} + \frac{TD_{3.3} + TD_{2.1}}{2} = 0,67 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,88 \text{ мм}$$

$$D_{2.1}^c = D_{3.3}^c + 2Z_{3.3}^c = 65,49 + 0,88 = 66,37 \text{ мм}$$

Звено  $D_{2.1}$  записываем в виде:  $D_{2.1} = 66,37 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{3,3} = 66,52_{-0,3}$  мм

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{3,3} = D_{2,1} - D_{3,3} = 66,52_{-0,3} - 65,49_{-0,12} = 1,03_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3,3 \min} = 0,73 \text{ мм}$$

$$2Z_{3,3 \max} = 1,15 \text{ мм}$$

### Расчёт диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 55k6$

Таблица 10 – Обработка поверхности  $\varnothing 55k6$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 55k6$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение:									
Черновое	150	100	85,4	0		300	56,17	$56,32_{-0,3}$	
Чистовое	15	20	40,8	0	730	120	55,23	$55,29_{-0,12}$	$1,03_{-0,3}^{+0,12}$
Шлифование	5	15	12,3	0	196	60	55,012	$55_{+0,002}^{+0,021}$	$0,295_{-0,099}^{-0,002}$

Черновое точение:  $R_z = 150$  мкм,  $h = 100$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 15$  мкм,  $h = 20$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(150 + 100 + 85,4) = 670,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(15 + 20 + 40,8) = 151,6 \text{ мкм};$$

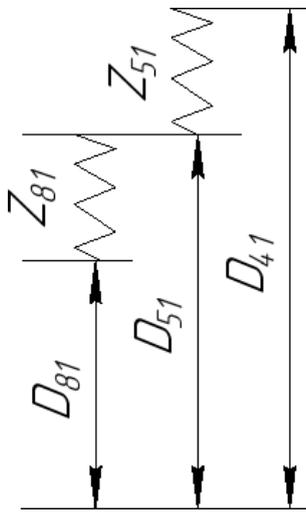


Рисунок 23 – Размерная схема  $Z_{8,1}, Z_{5,1}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{8,1}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{8,1}^c = D_{8,1} + \frac{BOD_{8,1} + HOD_{8,1}}{2} = 55 + \frac{0,021 + 0,002}{2} = 55,012 \text{ мм}$$

$$2Z_{8,1}^c = Z_{8,1 \min} + \frac{TD_{8,1} + TD_{5,1}}{2} = 0,15 + \frac{0,023 + 0,12}{2} = 0,223 \text{ мм}$$

$$D_{4,1}^c = D_{8,1}^c + 2Z_{8,1}^c = 55,012 + 0,223 = 55,23 \text{ мм}$$

Звено  $D_{5,1}$  записываем в виде:  $D_{5,1} = 55,23 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{5,1} = 55,295_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{8,1} = D_{5,1} - D_{8,1} = 55,295_{-0,12} - 55_{+0,021}^{+0,002} = 0,295_{-0,099}^{-0,002}$$

$$2Z_{8,1 \min} = 0,196 \text{ мм}$$

$$2Z_{8,1 \max} = 0,294 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{4,1}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{5,1}^c = Z_{5,1 \min} + \frac{TD_{5,1} + TD_{4,1}}{2} = 0,67 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,88 \text{ мм}$$

$$D_{4,1}^c = D_{5,1}^c + 2Z_{5,1}^c = 55,295 + 0,88 = 56,17 \text{ мм}$$

Звено  $D_{4,1}$  записываем в виде:  $D_{4,1} = 56,17 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{4,1} = 56,32_{-0,3} \text{ мм}$

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{5.1} = D_{4.1} - D_{5.1} = 56,32_{-0,3} - 55,29_{-0,12} = 1,03_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{3.3 \min} = 0,73 \text{ мм}$$

$$2Z_{3.3 \max} = 1,15 \text{ мм}$$

### Расчет диаметральных технологических размеров поверхности $\varnothing 55h14$

Таблица 11 – Обработка поверхности  $\varnothing 55h14$

Переход обработан. поверхности $\varnothing 55h14$	Элементы Минимального Припуска, мкм				Минимум. Припуск к $2 \cdot Z_{\min}$ , мкм	Допуск на переход TD, мкм	Средний размер, мм	Технол. Размер, мм	Припуск на обработку, мм
	Rz	H	$\rho$	$\varepsilon$					
Точение: Черновое	80	50	85,4	0	430	300	55,91	$56,06_{-0,3}$	$0,79_{-0,3}^{+0,12}$
Чистовое	25	30	20,1	0		120	55,21	$55,27_{-0,12}$	
Шлифование	5	15	6,2	0	167	60	54,63	$55_{-0,74}$	$0,27_{-0,12}^{+0,74}$

Черновое точение:  $R_z = 80$  мкм,  $h = 50$  мкм;

Чистовое точение:  $R_z = 25$  мкм,  $h = 30$  мкм;

Шлифование:  $R_z = 5$  мкм,  $h = 15$  мкм;

Погрешность закрепления равна  $\varepsilon = 0$ ;

Минимальный припуск на чистовое точение:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(80 + 50 + 85,4) = 430,8 \text{ мкм};$$

Минимальный припуск на шлифование:

$$2 \cdot z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) = 2(25 + 30 + 20,1) = 150,2 \text{ мкм};$$

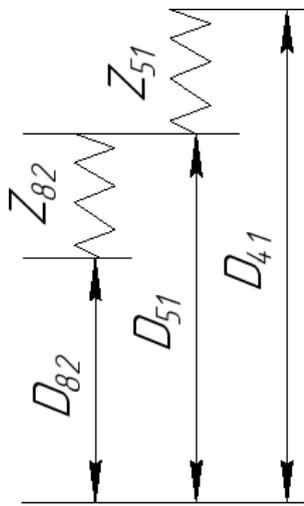


Рисунок 24 – Размерная схема  $z_{8.2}, z_{5.1}$

Сначала определяем технологический размер на шлифование -  $D_{8.2}$ . Для этого рассмотрим размерную цепь, в которую входят размеры

$$D_{8.2}^c = D_{8.2} + \frac{BOD_{8.2} + HOD_{8.2}}{2} = 55 + \frac{0 - 0,740}{2} = 54,63 \text{ мм}$$

$$2Z_{8.2}^c = Z_{8.2 \text{ min}} + \frac{TD_{8.2} + TD_{5.1}}{2} = 0,15 + \frac{0,74 + 0,12}{2} = 0,58 \text{ мм}$$

$$D_{5.1}^c = D_{8.2}^c + 2Z_{8.2}^c = 54,63 + 0,58 = 55,21 \text{ мм}$$

Звено  $D_{5.1}$  записываем в виде:  $D_{5.1} = 55,21 \pm 0,06 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{5.1} = 55,27_{-0,12} \text{ мм}$

Так же необходимо найти фактический припуск:

$$2Z_{8.2} = D_{5.1} - D_{8.2} = 55,27_{-0,12} - 55_{-0,74} = 0,27_{-0,12}^{+0,74}$$

$$2Z_{8.2 \text{ min}} = 0,150 \text{ мм}$$

$$2Z_{8.2 \text{ max}} = 1,01 \text{ мм}$$

Далее определим величину  $D_{4.1}$  – технологический размер на черновое точение.

$$2Z_{5.1}^c = Z_{5.1 \text{ min}} + \frac{TD_{5.1} + TD_{4.1}}{2} = 0,43 + \frac{0,12 + 0,3}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

$$D_{4.1}^c = D_{5.1}^c + 2Z_{5.1}^c = 55,27 + 0,64 = 55,91 \text{ мм}$$

Звено  $D_{5.1}$  записываем в виде:  $D_{5.1} = 55,91 \pm 0,15 \text{ мм}$

Так как для валов принято использовать наибольший предельный размер, то необходимо записать:  $D_{5.1} = 56,06_{-0,3} \text{ мм}$

Так же найдём фактическое значение припуска:

$$2Z_{5.1} = D_{4.1} - D_{5.1} = 56,06_{-0,3} - 55,27_{-0,12} = 0,79_{-0,3}^{+0,12}$$

$$2Z_{5.1 \min} = 0,49 \text{ мм}$$

$$2Z_{5.1 \max} = 0,91 \text{ мм}$$

## 1.8 Выбор оборудования

### 1.8.1 Ленточнопильный станок JET MBS-1416VDAS

В ходе поисков нового оборудования в Интернете был найден ленточнопильный станок JET MBS-1416VDAS [9].



Таблица 12 - Характеристики станка JET MBS-1416VDAS

Напряжение, В	400
Резка под углом	-45°/+60°
Максимальный Ø обработки при 90°	Ø330 мм
Зона обработки при 90°	Ø330 мм, 400x310 мм
Мощность двигателя, кВт	1,75
Размеры ленточного полотна	34x1,1x3820 мм
Скорость движения полотна, м/мин	25-90
Габариты станка:	
Длина, мм	2220
Ширина, мм	1158

Высота, мм	2190
Масса, кг	785

### 1.8.2 Двусторонний фрезерно-центровальный станок EM535M

Таблица 13 - Характеристики станка EM535M

Максимальная длина обрабатываемой заготовки, мм	1000
Максимальный диаметр обрабатываемой заготовки, мм	100
Мощность двигателя, кВт	10
Пределы чисел оборот шпинделя фрезы в минуту	100-2000
Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту	125-1125
Габариты станка:	
Длина, мм	3200
Ширина, мм	2160
Высота, мм	2400
Масса, кг	8000

### 1.8.3 Круглошлифовальный станок с ЧПУ SUPERTEC G20P-50 CNC



Таблица 14 - Характеристики станка SUPERTEC G20P-50 CNC

Максимальный диаметр заготовки, мм	200
Расстояние между центрами, мм	500
Максимальная окружная скорость, м/сек	1800
Мощность двигателя, кВт	9
Максимальная частота вращения, об/мин	1940
Скорость шпинделя, об/мин	50-500
Габариты станка:	
Длина, мм	2700
Ширина, мм	2250
Высота, мм	2220
Масса, кг	2500

## 1.8.4 Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200



Таблица 15 - Характеристики станка INDEX G200

Максимальный $\varnothing$ обработки, мм	165
Максимальная длина обработки, мм	660
Мощность двигателя, кВт	20 кВт
Максимальная скорость шпинделя, об/мин	6000
Габариты станка:	
Длина, мм	5355
Ширина, мм	2235
Высота, мм	2400
Масса, кг	8500

## 1.9 Расчёт и назначение режимов обработки

Для получения полных операционных карт технологического процесса необходимо рассчитать режимы резания для каждой операции. В расчет режимов резания входят: скорость резания, частота вращения шпинделя и

мощность резания. Из полученных данных смотрим, подходит ли оборудования под данные механические обработки.

Расчет скорости резания производится по формулам теории резания. По расчётной скорости резания находим частоту вращения шпинделя и по паспорту станка принимаем ближайшее значения, если станок с ЧПУ, то оставляем рассчитанное значение. Если принимаем ближайшее значение, то рассчитываем скорость резания по новой частоте вращения шпинделя.

Также по рассчитанным значениям силам резания и частоты вращения шпинделя находим мощность резания, и сравниваем с паспортными данными станка.

### 1.9.1 Операция фрезерования: фрезерование торцов Ø70 мм

Фреза торцевая Ø90

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [2, с.403] с СМП:

1. Глубина резания – 1,18 мм
2. Подача на зуб фрезы по [2, с.403, табл. 75] для данного станка  $s_z=0,18$  мм;
3. Скорость резания определяем по формуле

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

Стойкость принимаем по [2, с. 411, табл. 82]  $T=25$  мин;

Значения коэффициентов определяем по [2, с.407, табл. 81]:

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

Значение  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV},$$

Где:  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{PV}$  – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

$K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество инструментального материала;

Находим коэффициенты по [2, с.358, с.361, табл. 1,5,6]

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_v$  для твёрдосплавного инструмента при обработке заготовки из стали 45 возьмём из [2, с.359, табл. 2]:

$$K_{\Gamma} = 1,0; n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{640} \right)^{1,0} = 1,17$$

$$K_{MV} = 1,17; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0;$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,17 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,05$$

Определим скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{332 \cdot 90^{0,2}}{25^{0,2} \cdot 1,18^{0,1} \cdot 0,18^{0,4} \cdot 70^{0,2} \cdot 60^0} \cdot 1,08$$

$$= 358,2 \text{ м/мин}$$

4. Определяем главную составляющую сил резания:

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

Значения коэффициентов по [2, с. 412, табл.83]:

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

Определим коэффициент  $K_{MP}$  из [2, с. 362, табл.9]:

$$K_{MP} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,75} = \left( \frac{640}{750} \right)^{0,75} = 0,89$$

Находим  $P_z$ :

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 825 \cdot 1,18^1 \cdot 0,18^{0,75} \cdot 70^{1,1} \cdot 60}{90^{1,3} \cdot 712^{0,2}} \cdot 0,89 = 1291 \text{ Н};$$

5. Крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{1291 \cdot 90}{200} = 602,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

6. Мощность резания:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{1291 \cdot 358,2}{1020 \cdot 60} = 7,55 \text{ кВт}$$

## 1.9.2 Операция фрезерования: фрезерование шпоночного паза В = 14 мм

Фреза Ø14

Материал режущего инструмента Р6М5

1. Глубина резания – 14 мм
2. Подача на зуб фрезы по [2, с. 403, табл.75] для данной фрезы  $s_z=0,028$  мм;
3. Скорость резания определяем по формуле

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

Стойкость принимаем по [2, с. 411, табл.82]  $T=60$  мин;

Значения коэффициентов определяем по [2, с. 407, табл.81]:

$$C_v = 46,7; x = 0,5; y = 0,5; m = 0,33; q = 0,45; u = 0,1; p = 0,1;$$

Значение  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

Находим коэффициенты по [2, с.358, с.361, табл.1,5,6]

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$$

Значение коэффициента  $K_{\Gamma}$  и показатель степени  $n_v$  для твёрдосплавного инструмента при обработке заготовки из стали 45 возьмём из [2, с. 359, табл.2]:

$$K_{\Gamma} = 1,0; n_v = 1,0;$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1,0 \cdot \left( \frac{750}{640} \right)^{1,0} = 1,17$$

$$K_{MV} = 1,17; K_{ПV} = 0,9; K_{ИV} = 1,0;$$

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} = 1,17 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 1,05$$

Определим скорость резания:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v = \frac{46,7 \cdot 14^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 14^{0,5} \cdot 0,028^{0,5} \cdot 5,5^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 1,05$$
$$= 50,21 \text{ м/мин}$$

4. Находим частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 50,21}{\pi \cdot 14} = 1141,6 \text{ об/мин}$$

### 1.9.3 Шлифовальная операция с ЧПУ: Шлифование поверхности Ø50n6

Параметры шлифования выбираем по [2, с. 438, табл.130]:

1. Скорость круга  $v_k = 30$  м/с
2. Скорость вращения заготовки  $v_3 = 15$  м/с
3. Глубина шлифования  $t = 0,015$  мм
4. Продольная подача  $s = 2,5$  мм
5. Стойкость инструмента  $T = 7$  мин

Найдём число проходов:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,32}{0,015} = 22$$

Где:  $h$  – припуск на обработку, мм;

$t$  – глубина резания, мм;

Определим частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 50} = 95,5 \text{ об /мин}$$

Эффективная мощность:

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

Где:  $d$  – диаметр шлифования, мм;

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени возьмём из [2, с. 438, табл.131]

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0$$

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} 0,015^{0,5} 2,5^{0,55} 50^0 = 2,08 \text{ кВт}$$

### 1.9.4 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности Ø55f7

Параметры шлифования выбираем по [2, с. 438, табл.130]:

1. Скорость круга  $v_k = 30$  м/с
2. Скорость вращения заготовки  $v_3 = 15$  м/с
3. Глубина шлифования  $t = 0,015$  мм
4. Продольная подача  $s = 2,5$  мм
5. Стойкость инструмента  $T = 7$  мин

Найдём число проходов:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,015} = 17$$

Определим частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 55} = 86,8 \text{ об/мин}$$

Эффективная мощность:

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

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени возьмём из [2, с. 438, табл.131]

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0$$

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} 0,015^{0,5} 2,5^{0,55} 55^0 = 2,08 \text{ кВт}$$

### 1.9.5 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности $\varnothing 55h14$

Параметры шлифования выбираем по [2, с. 438, табл.130]:

1. Скорость круга  $v_k = 30 \text{ м/с}$
2. Скорость вращения заготовки  $v_3 = 15 \text{ м/с}$
3. Глубина шлифования  $t = 0,015 \text{ мм}$
4. Продольная подача  $s = 2,5 \text{ мм}$
5. Стойкость инструмента  $T = 7 \text{ мин}$

Найдём число проходов:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,015} = 17$$

Определим частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 55} = 86,8 \text{ об/мин}$$

Эффективная мощность:

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

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени возьмём из [2, с. 438, табл.131]

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0$$

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} 0,015^{0,5} 2,5^{0,55} 55^0 = 2,08 \text{ кВт}$$

### 1.9.6 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности Ø65u8

Параметры шлифования выбираем по [2, с. 438, табл.130]:

1. Скорость круга  $v_k = 30$  м/с
2. Скорость вращения заготовки  $v_3 = 15$  м/с
3. Глубина шлифования  $t = 0,015$  мм
4. Продольная подача  $s = 2,5$  мм
5. Стойкость инструмента  $T = 7$  мин

Найдём число проходов:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,25}{0,015} = 33$$

Определим частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 65} = 73,5 \text{ об/мин}$$

Эффективная мощность:

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

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени возьмём из [2, с. 438, табл.131]

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0$$

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} 0,015^{0,5} 2,5^{0,55} 65^0 = 2,08 \text{ кВт}$$

### 1.9.7 Шлифовальная операция с ЧПУ: шлифование поверхности Ø55k6

Параметры шлифования выбираем по [2, с. 438, табл.130]:

1. Скорость круга  $v_k = 30$  м/с
2. Скорость вращения заготовки  $v_3 = 15$  м/с
3. Глубина шлифования  $t = 0,015$  мм
4. Продольная подача  $s = 2,5$  мм
5. Стойкость инструмента  $T = 7$  мин

Найдём число проходов:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,29}{0,015} = 20$$

Определим частоту вращения заготовки:

$$n = \frac{1000 \cdot V_3}{\pi \cdot D_3} = \frac{1000 \cdot 15}{\pi \cdot 55} = 86,8 \text{ об/мин}$$

Эффективная мощность:

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

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени возьмём из [2, с. 438, табл.131]

$$C_N = 2,65; r = 0,5; x = 0,5; y = 0,55; q = 0$$

$$N = C_N v_3^r t^x s^y d^q = 2,65 \cdot 15^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 2,5^{0,55} \cdot 55^0 = 2,08 \text{ кВт}$$

### 1.9.8 Режимы чистового точения твёрдосплавными пластинами Sandvik:

**Токарная операция с ЧПУ: точение поверхности Ø50п6**

Пластина CP-A1104-L5 4425

$$v = 374 \text{ м/мин}; s = 0,4 \text{ мм}; n = 2370 \text{ об/мин}; N = 2,24 \text{ кВт};$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение поверхности Ø55f7**

Пластина CP-A1104-L5 4425

$$v = 374 \text{ м/мин}; s = 0,4 \text{ мм}; n = 2160 \text{ об/мин}; N = 3 \text{ кВт};$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение поверхности Ø65u8**

Пластина CP-A1104-L5 4425

$$v = 374 \text{ м/мин}; s = 0,4 \text{ мм}; n = 1820 \text{ об/мин}; N = 2,89 \text{ кВт};$$

**Токарная операция с ЧПУ: точение поверхности Ø55k6**

Пластина CP-A1104-L5 4425

$$v = 345 \text{ м/мин}; s = 0,4 \text{ мм}; n = 2190 \text{ об/мин}; N = 2,06 \text{ кВт};$$

### 1.10 Нормирование операций технологического процесса

В мелкосерийном производстве технические нормы времени находятся расчётно-аналитическим методом [1, с. 101].

В мелкосерийном производстве определяется штучно-калькуляционная норма времени  $T_{шт.-к}$ :

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

Где:  $T_{п-з}$  - подготовительно-заключительное время, мин;

$n$  – количество деталей в настроечной партии;

$T_{шт}$  – норма штучного времени;

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_{об} + T_{от}$$

Где:  $T_o$  – основное время, мин;

$T_B$  – вспомогательное время, мин;

$T_{об}$  – время на обслуживание рабочего места, мин;

$T_{от}$  – время перерывов на отдых и личные надобности, мин;

### Токарная операция (чистовая) с ЧПУ -1

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}$$

Где:  $L$  – расчётная длина пути режущего инструмента в направлении подачи, мм;

$i$  – число проходов;

$n$  – частота вращения заготовки, об/мин;

$s$  – подача, мм/об.

$$L = l + l_{вр} + l_B$$

Где:  $l$  – расчётная длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр} = t \cdot ctg\varphi$  – величина врезания резца, мм;

$t$  – глубина резания, мм;  $\varphi$  – главный угол в плане резца;

$l_B = 1 \div 3$  мм – выход резца;

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_B) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(120 + 0,32 \cdot ctg75^\circ + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 2370} = 0,128 \text{ мин}$$

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_B) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(56 + 0,25 \cdot ctg75^\circ + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 2160} = 0,066 \text{ мин}$$

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_B) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(72 + 0,49 \cdot ctg75^\circ + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 1820} = 0,1 \text{ мин}$$

### Токарная операция (чистовая) с ЧПУ - 2

$$T_o = \frac{(l + l_{вр} + l_B) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(29 + 0,29 \cdot ctg75^\circ + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 2190} = 0,034 \text{ мин}$$

### Фрезерование шпоночного паза с ЧПУ - 1

Фрезерование закрытого шпоночного паза:

$$T_o = \frac{h + (0,5 \div 1)}{s_{\text{МВ}}} + \frac{l - D}{s_{\text{пр}}}$$

Фрезерование шпоночного паза, закрытого с одной стороны:

$$T_o = \frac{l + (0,5 \div 1)}{s_{\text{пр}}} \cdot i$$

Где:  $h$  – глубина шпоночного паза, мм;

$D$  – диаметр фрезы, мм;

$l$  – длина шпоночного паза, мм;

$s_{\text{пр}}, s_{\text{МВ}}$  – продольная и вертикальная подачи, мм/мин;

$i$  – число проходов;

$$T_o = \frac{l + (0,5 \div 1)}{s_{\text{пр}}} \cdot i = \frac{110 + 1}{45,64} = 2,43 \text{ мин}$$

Фрезерование закрытого шпоночного паза:

$$T_o = \frac{h + (0,5 \div 1)}{s_{\text{МВ}}} + \frac{l - D}{s_{\text{пр}}} = \frac{5,5 + 0,5}{127,8} + \frac{45 - 14}{45,64} = 0,047 + 0,68 = 0,72 \text{ мин}$$

### Шлифовальная операция с ЧПУ – 1

Основное время для шлифования:

$$T_o = \frac{2 \cdot L}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T$$

Где:  $L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{п}}$  – длина продольного хода, мм;

$l$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{\text{вр}}$  – длина врезания шлифовального круга, мм;

$l_{\text{п}}$  – длина перебега шлифовального круга, мм;

$i$  – число проходов;

$K_T$  – коэффициент, учитывающий точность шлифования и износ круга;

Для поверхности  $\varnothing 50\text{п}6$ :

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{\text{вр}} + l_{\text{п}})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (120 + 0)}{95,5 \cdot 2,5} \cdot 22 \cdot 1,3 = 28,75 \text{ мин}$$

Для поверхности  $\varnothing 55\text{f}7$ :

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{\text{вр}} + l_{\text{п}})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (17 + 0)}{86,8 \cdot 2,5} \cdot 17 \cdot 1,3 = 3,46 \text{ мин}$$

Для поверхности  $\varnothing 55\text{h}14$ :

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{вр} + l_{п})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (10 + 0)}{86,8 \cdot 2,5} \cdot 17 \cdot 1,3 = 2,04 \text{ мин}$$

Для поверхности Ø55к6:

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{вр} + l_{п})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (21 + 0)}{86,8 \cdot 2,5} \cdot 20 \cdot 1,3 = 5,03 \text{ мин}$$

Для поверхности Ø65ш8:

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{вр} + l_{п})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (72 + 0)}{73,5 \cdot 2,5} \cdot 33 \cdot 1,3 = 33,62 \text{ мин}$$

### Шлифовальная операция с ЧПУ – 2

Для поверхности Ø55ш14:

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{вр} + l_{п})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (10 + 0)}{86,8 \cdot 2,5} \cdot 17 \cdot 1,3 = 2,04 \text{ мин}$$

Для поверхности Ø55к6:

$$T_o = \frac{2 \cdot (l + l_{вр} + l_{п})}{n \cdot s} \cdot i \cdot K_T = \frac{2 \cdot (21 + 0)}{86,8 \cdot 2,5} \cdot 20 \cdot 1,3 = 5,03 \text{ мин}$$

### Вспомогательное время

Вспомогательное время состоит из времени на установку и снятие детали, управление станком, измерение детали [1, с. 101].

Вспомогательное и подготовительно-заключительное время для данных операций находим по общемашиностроительным нормативам.

Все нормативы вносим в таблицу 16.

Таблица 16 – Нормы времени

№ операции	Операция	Нормы времени, мин				
		$\Sigma T_o$	$\Sigma T_B$	$T_{п.з.}$	$T_{шт.}$	$T_{шт.-к.}$
010	Токарная с ЧПУ	0,294	0,58	6	0,94	0,946
015	Токарная с ЧПУ	0,034	0,58	6	0,66	0,666
020	Фрезерная с ЧПУ	3,15	0,77	21	4,23	4,251
025	Шлифовальная с ЧПУ	72,9	0,55	7	79,32	79,327
030	Шлифовальная с ЧПУ	7,07	0,55	7	8,23	8,237

$$\Sigma T_{шт} = \Sigma T_o + \Sigma T_B + \Sigma T_{об} + \Sigma T_{от} = 93,38 \text{ мин}$$

$$\Sigma T_{шт.-к} = \frac{\Sigma T_{п-з}}{n} + \Sigma T_{шт} = 93,427 \text{ мин}$$

## **Вывод по разделу**

В ходе выполнения технологической части были произведены расчёты режимов резания, также были посчитаны припуски на обработку линейных и диаметральных размеров, нормы времени изготовления детали «Вал тихоходный». Был произведён подбор оборудования и средств измерения. Была выбрана более экономически выгодная заготовка. Таким образом, можно сказать, что данный проект подходит и отвечает всем требованиям заданному чертежу детали.

## **2. Конструкторская часть**

### **2.1 Выбор и описание приспособления**

В качестве приспособления была выбрана поверочная призма для контроля поверхностей и отклонений. Поверочная призма – это приспособление для фиксации тел вращения и дальнейшего контроля этих деталей. Призмы выполняются из твёрдых и долговечных твёрдых материалов таких как, сталь, чугун или гранит. Для данного приспособления возьмём материал ШХ15 (ГОСТ 801-78).

Для более точных измерений необходимо иметь базовую поверхность, на которую будут устанавливаться призмы. Было принято решения, что в качестве базовой поверхности будет изготовлена столешница 500x300x15 мм. Материал плиты – СЧ 18. Столешница имеет допуск плоскостности 25 мкм.

Измерения должны проводиться при нормальных условиях. Нормальные величины, влияющие на проведение измерений:

1. Температура – 20°C (293 К);
2. Атмосферное давление – 101,3 кПа (760 мм рт.ст.);
3. Относительная влажность – 60%.

### **2.2 Назначение технических требований на изготовление и эксплуатацию**

Для выбранного приспособления должны быть выполнены следующие технические требования:

1. Поверочная призма должна быть изготовлена из стали марки ШХ15 по ГОСТ 801-78;
2. Твёрдость рабочих поверхностей призмы должна быть не ниже 58 HRC по ГОСТ 9013-59;
3. Шероховатость рабочих поверхностей не должна превышать  $Ra = 0,32$  мкм по ГОСТ 2789-73;

4. Участки боковых поверхностей и основания призмы, которые не участвуют в работе, а также детали крепления должны быть покрыты антикоррозионное покрытие;

### 2.3 Расчёт приспособления на точность

Целью расчёта поверочной призмы является определение допустимой величины погрешности приспособления, измерительного устройства.

Определим суммарную погрешность контрольного приспособления:

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{п}}^2 + \Delta_{\text{э}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2}$$

Где:  $\Delta_{\text{э}}$  – погрешность настройки контрольного приспособления по эталону;

$\Delta_{\text{м}}$  – погрешность измерительного устройства, определяемая методом измерения;

$\varepsilon_{\text{п}}$  – погрешность передаточных устройств контрольного приспособления;

$\varepsilon_{\text{б}}$  – погрешность базирования детали в контрольном приспособлении;

$\varepsilon_{\text{з}}$  – погрешность закрепления детали в контрольном приспособлении.

Для измерений  $\varnothing 50$  мм:

$$\Delta_{\text{э}} = \pm(0,05 \div 0,5 D) = 0,05 \cdot 50 = 2,5 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{м}} = 3 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{п}} = 0;$$

$$\varepsilon_{\text{б}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{з}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{4^2 + 4^2 + 0^2 + 2,5^2 + 3^2} = 7 \text{ мкм}$$

Для измерений  $\varnothing 55$  мм:

$$\Delta_{\text{э}} = \pm(0,05 \div 0,5 D) = 0,05 \cdot 55 = 2,75 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{м}} = 1 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{п}} = 0;$$

$$\varepsilon_{\text{б}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{з}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{4^2 + 4^2 + 0^2 + 2,75^2 + 1^2} = 6 \text{ мкм}$$

Для измерений  $\varnothing 65$  мм:

$$\Delta_{\varnothing} = \pm(0,05 \div 0,5 D) = 0,1 \cdot 65 = 6,5 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{м}} = 3 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{п}} = 0;$$

$$\varepsilon_{\text{б}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{\text{з}} = 4 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{пр}} = \sqrt{4^2 + 4^2 + 0^2 + 6,5^2 + 3^2} = 9 \text{ мкм}$$

## **Вывод по разделу**

В ходе выполнения конструкторской части были выбраны приспособление и комплектующие к нему. Был произведён расчёт точности приспособления при контроле детали «Вал тихоходный». Был введены технические и транспортные требования к приспособлению.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-4А7Б	Иванову Ивану Алексеевичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОМ</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

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

<b>3.</b> Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 78682 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 50213 руб.
<b>2.</b> Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,15 баллов из 5
<b>4.</b> Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30,2%

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<b>5.</b> Оценка коммерческого потенциала, перспективности альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
<b>6.</b> Планирование и формирование бюджета научных исследований	Структура работ; Определение трудоёмкости
<b>7.</b> Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	05.04.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Клемашева Елена Игоревна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-4А7Б	Иванов Иван Алексеевич		

## Введение

Основной задачей данного раздела является оценка перспективности разработки и планирования финансовой и коммерческой ценности конечного продукта, предлагаемого в рамках научно-исследовательского проекта. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, какой бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

В связи с тем, что экономика является неотъемлемой, постоянной и динамически развивающейся частью жизни, возникает необходимость непрерывно проводить исследование и мониторинг рынка. Поиск конкурирующих проектов позволяет определить необходимость и значимость новых разработок, а также их эффективность в случае успешной реализации конечного продукта.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценить перспективность проведения работ и коммерческий потенциал исследования;
- провести расчет трудоемкости выполнения работы;
- составить план комплекса работы;
- рассчитать затраты на проектирование, заработную плату и прочие расходы;
- определить возможные альтернативы проведения научных разработок.

Цель работы – рассмотрение анализа технологической подготовки производства детали типа «Вал тихоходный».

### 3.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для её будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. В роли конкурента выбран производитель – компания АО «ТЭМЗ» г. Томск.

Проведём сравнение научно-исследовательской разработки по изготовлению детали типа «Вал тихоходный» и разработку изготовления детали типа «Вал» предприятия АО «ТЭМЗ». Возьмём технические критерии (повышение производительности труда, удобство в эксплуатации, надёжность, безопасность и функциональная возможность) и экономические критерии (конкурентоспособность продукта, уровень проникновения на рынок, цена, предполагаемый срок эксплуатации, послепродажное обслуживание, финансирование научной разработки, срок выхода на рынок).

Таблица 17 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>К</sub>	К <sub>Ф</sub>	К <sub>К</sub>
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Повышение производительности труда	0,12	4	3	0,48	0,36
2.Удобство в эксплуатации	0,09	3	2	0,27	0,18
3.Надёжность	0,1	5	3	0,50	0,30
4.Безопасность	0,09	5	4	0,45	0,36
5.Функциональная возможность	0,10	5	4	0,50	0,40
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,05	4	3	0,20	0,15
2.Уровень проникновения	0,05	3	4	0,15	0,20

на рынок					
3.Цена	0,13	3	2	0,39	0,26
4.Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	2	0,36	0,18
5.Послепродажное обслуживание	0,10	3	2	0,30	0,20
6.Финансирование научной разработки	0,07	3	2	0,21	0,14
7.Срок выхода на рынок	0,01	3	2	0,03	0,02
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>35</b>	<b>3,84</b>	<b>2,75</b>

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i$$

Где:  $V_i$ - все показатели в долях единицы;

$B_i$ - балл  $i$ -го показателя.

В результате проведённого анализа можно сказать, что разработка почти не уступает опытному предприятию АО «ТЭМЗ». Главным конкурентным преимуществом научной разработки является низкая стоимость продукта.

### 3.1.1 SWOT-анализ

Чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта во внутренней внешней среде необходимо произвести SWOT-анализ. Для этого необходимо составить SWOT-матрицу.

Таблица 18 – SWOT-матрица

	<b>Сильные стороны проекта:</b> С1. Высокое качество С2. Наличие финансирования С3. Квалифицированный персонал С4. Функциональные возможности и разработки	<b>Слабые стороны проекта:</b> Сл1. Наличие малопродуктивных методов обработки Сл2. Длительность разработки
--	--	---

	C5. Низкая стоимость	Сл3. Наличие химико-термической операции Сл4. Необходимость специального приспособления Сл5. Узкая направленность изделия
<p><b>Возможности:</b></p> <p>V1. Низкий уровень конкуренции</p> <p>V2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>V3. Совершенствование технологии</p> <p>V4. Экспорт разработки</p>	<p>- (B1C5) Благодаря низкой стоимости будет низкий уровень конкуренции.</p> <p>- (B2C1C2C4C5) Из-за появления дополнительного спроса на новый продукт, то возможно высокое качество продукта, наличие финансирования, функциональные возможности и разработки, а также низкая стоимость.</p> <p>- (B3C1C2C3C4) Совершенствование технологии приводит к высокому качеству, наличию финансирования, квалифицированному персоналу, функциональным возможностям и разработкам.</p> <p>- (B4C1C2) Экспорт разработки проявляет такие сильные стороны, как высокое качество, наличие финансирования.</p>	<p>- (B1Сл5) Низкий уровень конкуренции обеспечивается узкой направленностью изделия.</p> <p>- (B2Сл4Сл5) Появление дополнительного спроса на новый продукт выявляет необходимость специального приспособления и узкую направленность изделия.</p> <p>- (B3Сл1Сл2Сл3Сл4) Совершенствование технологии сопровождается наличием малопроизводительных методов обработки, длительностью обработки, наличием химико-термических операций и необходимостью специального приспособления.</p> <p>- (B4Сл5) Узкая направленность изделия наталкивает к экспорту разработки.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на</p>	<p>- (У1С4) Отсутствие спроса на продукт приводит к</p>	<p>- (У1У2Сл2Сл5) Отсутствие спроса на</p>

продукт У2. Высокие требования к сертификации У3. Прекращение финансирования	функциональным возможностям и разработкам. - (У2С3С4) Высокие требования к сертификации требует использовать квалифицированный персонал, также функциональные возможности и разработки. - (У3С5) Прекращение финансирования может привести к снижению стоимости продукта.	продукт и высокие требования к сертификации выявляют такие слабые стороны, как длительность разработки и узкую направленность изделия. - (У3Сл1Сл2Сл4) Прекращение финансирования сопровождается наличием малопродуктивных методов обработки, длительностью разработки и недостатком специального приспособления.
--	---	---

На пересечении параметров представлен анализ интерактивных таблиц в форме записи сильно конкурирующих факторов. Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

### 3.2 Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

Выполним планирование работ по разработке технологии изготовления детали типа «Вал тихоходный». Для этого определим основные этапы работы и исполнителей этих работ. Вся информация содержится в таблице 20.

Таблица 19 – Перечень этапов работы и распределения исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технологического	1	Составление и утверждение технологического задания	Руководитель НИ

задания			
Выбор направления исследования	2	Ознакомление с литературой	Инженер
Технологическая часть	3	Консультирование по возникшим вопросам	Руководитель
	4	Технологический контроль ТЗ и анализ технологичности конструкции	Инженер
	5	Предварительное определение типа производства	Инженер
	6	Выбор заготовки	Инженер
	7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Инженер
	8	Размерный анализ	Инженер
	9	Назначение допусков на технологические размеры	Инженер
	10	Расчёт межоперационных размеров	Инженер
	11	Уточнение оборудования, оснастки, инструмента	Руководитель, Инженер
	12	Назначение режимов резания	Инженер
13	Расчёт норм времени	Инженер	
Конструкторская часть	14	Поиск литературы и ознакомление с ней	Инженер
	15	Проектирование приспособления	Инженер
	16	Расчёт погрешностей	Инженер
Обобщение и оценка результатов	17	Оформление документации в видео операционных карт,	Инженер

		чертежей и пояснительной записки	
	18	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Инженер

### 3.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Необходимо определить трудоёмкость выполнения работ для обоснованного расчёта заработной платы. Для этого сначала определим ожидаемое значение трудоёмкости. Затем определим продолжительность работы в рабочих днях.

Чтобы определить ожидаемое значение трудоёмкости  $t_{ож.i}$  воспользуемся следующей формулой:

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

Где:  $t_{min i}$  – 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 благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Чтобы определить продолжительность работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , воспользуемся формулой:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож.i}}{Ч_i}$$

Где:  $Ч_i$  – Численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работы на данном этапе, чел.

Для удобства представления информации полученные результаты запишем в таблицу 21.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	$t_{min i}$ , чел.-дн.	$t_{max i}$ , чел.-дн.	$t_{ож.i}$ , чел.-дн.	$T_{pi}$ , раб.-дн.
1	1	5	2,6	2,6

2	2	5	3,2	3,2
3	1	2	1,4	1,4
4	1	5	2,6	2,6
5	1	2	1,4	1,4
6	1	2	1,4	1,4
7	1	3	1,8	1,8
8	1	2	1,4	1,4
9	1	2	1,4	1,4
10	2	5	3,2	3,2
11	1	3	1,8	0,9
12	3	6	4,2	4,2
13	3	6	4,2	4,2
14	2	4	2,8	2,8
15	2	6	3,6	3,6
16	1	2	1,4	1,4
17	5	10	7	7
18	1	2	1,4	0,7

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для того, чтобы построить график в форме диаграммы Ганта, необходимо длительность работы из рабочих дней, полученных в пункте 2.2, перевести в календарные дни. Значения в календарных днях  $T_{ki}$ , рассчитываются и округляются до целых значений по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал.}}$$

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.

$k_{\text{кал.}}$  определяем по 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.

$$k_{\text{кал.}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48$$

Полученные результаты сведены в таблицу 21.

№ работы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$T_{ki}$ , кал.- дн.	4	5	2	4	2	2	3	2	2	5	3	6	6	4	5	2	10	1

На основе таблиц 19 и 20 построим календарный план-график, представленный в таблице 21.

Таблица 21 – Календарный план-график разработки техпроцесса «Вал тихоходный»

№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя	$T_{ki}$ , кал.-дн.	Месяц															
				Февраль			Март			Апрель									
				1	2	3	1	2	3	1	2								
1	Составление и утверждение технологического задания	Руководитель НИ	4	□															
2	Ознакомление с литературой	Инженер	5		■														
3	Консультирование по возникшим	Руководитель НИ	2	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

	вопросам										
4	Технологический контроль ТЗ и анализ технологичности конструкции	Инженер	4		■						
5	Предварительное определение типа производства	Инженер	2		■						
6	Выбор заготовки	Инженер	2		■						
7	Разработка технологического маршрута изготовления детали	Инженер	3		■						
8	Размерный анализ	Инженер	2			■					
9	Назначение допусков на технологические размеры	Инженер	2			■					

10	Расчёт межопераци онных размеров	Инженер	5								
11	Уточнение оборудовани я, оснастки, инструмента	Руководи тель, инженер	3				 				
12	Назначение режимов резания	Инженер	6								
13	Расчёт норм времени	Инженер	6								
14	Поиск литературы и ознакомлени е с ней	Инженер	4								
15	Проектирова ние приспособле ния	Инженер	5								
16	Расчёт погрешности	Инженер	2								
17	Оформление документаци и в виде операционн ых карт,	Инженер	10								

	чертежей и пояснительной записки										
18	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер	1								



- Руководитель;



- Инженер.

Таблица 22 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	82
Общее количество календарных дней, в течении которых работал инженер	41
Общее количество календарных дней, в которых работал руководитель	6

В результате выполнения данного подраздела разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из участников проекта.

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.3.1 Основная заработанная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, занятых выполнением НТИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}$$

Где:  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}$$

Где:  $З_{\text{дн}}$  – средняя дневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 7).

Средняя дневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{М}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

Где:  $З_{\text{М}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня  $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{М}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

Где:  $З_{\text{мс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 для Томска.

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}$$

Где:  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,13)

Расчёт заработной платы руководителя (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{51285 \cdot 11}{366 - 82 - 28} = 2204 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 2204 \cdot 6 = 13224 \text{ руб.}$$

Расчёт заработной платы инженера (пятидневная рабочая неделя):

$$Z_M = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 9200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 17940 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{17940 \cdot 11}{366 - 82 - 28} = 771 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} = 771 \cdot 41 = 31611 \text{ руб.}$$

### 3.3.2 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 13224 = 1719 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 31611 = 4109 \text{ руб.}$$

Таблица 23 – Расчёт заработной платы работников.

Исполнитель Проекта	$Z_{\text{мс}}$ , руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_M$ , руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб	$T_{\text{р}}$ , руб	$Z_{\text{осн}}$ , руб	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$ , руб	Итого, руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2204	6	13224	0,13	1719	14493
Инженер	9200				17940	771	41	31611		4109	35720

### 3.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством РФ нормы органов государственного социального страхования 93 (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2020 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. В таблице 11 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта.

Таблица 24 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель проекта	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	13224	1719
Инженер	31611	4109
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого		
Руководитель	4513	
Инженер	10788	

### 3.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы включают прочие затраты организации, которые не учтены в предыдущих статьях расходов: оплата услуг связи, электроэнергии, интернета и т.д.

Таблица 25 – Материальные затраты

Наименование	Единица Измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб
Бумага для принтера А4 (500 листов)	Пачка	1	260	260
Интернет	Мбит/сек	3	500	1500
Ручка шариковая	Шт.	2	23	46
Бумага А1	Лист	10	10	100
Тетрадь	Шт.	1	30	30
Итого, руб.				1 936

В сумме материальные затраты составили 1936 рублей.

Накладные расходы:

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 3) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где:  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимаем в размере 16%

$$Z_{\text{нак}} = (Z_M + Z_3 + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16$$

$$Z_{\text{нак}} = (1936 + 50213 + 15301) \cdot 0,16 = 10792 \text{ руб.}$$

### 3.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определим бюджет затрат на научно-исследовательский проект. Для этого просуммируем все рассчитанные финансовые показатели проекта из предыдущих пунктов. Для наглядности составим таблицу 27, куда внесем все сведения.

Таблица 26 – Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
Материальные затраты проекта	1936	2,46
Затраты по основной зарплате	44835	56,98
Затраты по дополнительной зарплате	5818	7,39
Отчисления во внебюджетные фонды	15301	19,45
Накладные расходы	10792	13,72
Итого бюджета НИИ	78682	100

Бюджет всех затрат на проект равен 78682 рублей. Наибольший процент составляют затраты по основной зарплате (56,98%).

### 3.3.6 Ресурсоэффективность

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности, для этого составим таблицу 27.

Таблица 27 – Оценка характеристики проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка по 5-ти бальной шкале
1.Соответствие требованиям потребителей	0,35	5
2.Материалоёмкость	0,15	3
3.Удобство в эксплуатации	0,15	5
4.Энергосбережение	0,05	2
5.Надёжность	0,20	4
6.Длительность разработки	0,10	3
Итого	1	

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

Где:  $I_{pi}$  - интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  - бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

$$I_{pi} = 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,15$$

Такое значение интегральной показателя говорит о том, что разработанный проект достаточно ресурсоэффективный.

## **Вывод по разделу**

Результатом данного раздела служат выполненные анализы конкурентоспособности и SWOT-анализ, полностью распланированная научно-исследовательская работа. В результате проведенных анализов можно говорить о достаточном уровне конкурентоспособности разрабатываемого проекта. Также в данном разделе были определены бюджет затрат НИИ и ресурсоэффективность разрабатываемого проекта, в результате чего можно утверждать, что он ресурсоэффективный и на его реализацию потребуется около 78682 руб.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-4А7Б	Иванову Ивану Алексеевичу

Школа	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	Отделение (НОЦ)	<b>Отделение материаловедения</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

<b>Разработка технологического процесса изготовления детали «Вал тихоходный»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: вал тихоходный. Область применения: машиностроительное производство.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) ГОСТ Р ИСО 9241-2-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 2. Требования к производственному заданию. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: повышенный уровень шума; повышенный уровень локальной вибрации статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой. Опасные факторы: движущиеся твёрдые объекты, наносящие удар по телу работающего;

	опасные производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выделение большого количества газов. Гидросфера: выброс пагубных технических жидкостей. Литосфера: изменение ландшафта вследствие добычи сырьевых ресурсов.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: пожар, удар электрическим током, землетрясение; обрушение каркаса здания; взрыв. Наиболее типичная ЧС: удар электрическим током.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>05.04.2021</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	К.б.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Иванов Иван Алексеевич		

## **Введение**

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, которые влияют на человека и окружающую среду в процессе проектирования, производства и эксплуатации технологического процесса изготовления детали типа «Вал тихоходный». Так же рассматриваются мероприятия по предотвращению и устранению несчастных случаев и чрезвычайных ситуаций, рассматриваются способы снижения вредных воздействий на окружающую среду и человека. При выполнении задания были рассмотрены процессы проектирования и обработки на металлорежущих станках.

В данной работе представлена деталь типа «Вал тихоходный», которая используется в редукторе. Данная деталь является узлом внутри редуктора, она используется для фиксации подшипников и зубчатых колёс, и передачи крутящего момента. Детали типа вал имеют высокую популярность в наше время, которые используются в машиностроительной металлургии.

Данный проект выполняется на территории Томской области (г. Томск) на базе НИ ТПУ.

Инженерные разработки должны учитывать требования законодательных и правовых актов, технических регламентов в области безопасности производства, охраны труда и защиты окружающей среды.

При проектировании, изготовлении и эксплуатации прибора возможно столкновение со множеством опасных работ, с риском получения вреда здоровью человека.

## **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **4.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Для того, чтобы осуществить практическую деятельность в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, которые позволяют их обеспечить. В связи с тем, что проектирование тихоходного вала разрабатывается при помощи ЭВМ, необходимо рассмотреть требования к рабочей зоне оператора и самой ЭВМ.

Так же оплата труда производится согласно статье 143 ТК РФ (Тарифные системы оплаты труда). На участке работает коллектив, дифференцируемый по тарифноквалификационному справочнику работ и профессий рабочих.

Виды компенсаций при работе во вредных условиях:

- Сокращенная продолжительность рабочего времени;
- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск;
- Повышение оплаты труда;
- Досрочное назначение трудовой пенсии.

### **4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При планировании рабочего места инженера для разработки технологического процесса детали типа «Вал тихоходный» необходимо учитывать рабочее положение инженера, величину и характер рабочих усилий (статических, динамических).

Рациональная поза рабочего сидя обеспечивается при сохранении вертикального положения туловища или наклоне его на 10-15°.

Оснащение рабочего места включает средства для обеспечения комфорта и работы, необходимые для разработки технологического процесса (соответствующее освещение, средства связи, ЭВМ (компьютер), рабочая мебель, ограничения уровня шума и вибраций и другие средства обеспечения безопасности труда).

При проектировании исследуемого производственного участка необходимо учитывать и пользоваться следующими нормативными документами:

- ГОСТ Р ИСО 9241-2-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 2. Требования к производственному заданию.
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

## **4.2 Производственная безопасность**

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории, при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

В соответствии с Трудовым Кодексом Российской Федерации работодатель обязан обеспечить нормальные условия для выполнения работниками норм выработки. К таким условиям, в частности, относятся:

- исправное состояние помещений, сооружений, машин, технологической оснастки и оборудования;
- своевременное обеспечение технической и иной необходимой для работы документацией;
- надлежащее качество материалов, инструментов, иных средств и предметов, необходимых для выполнения работы, их своевременное предоставление работнику;
- условия труда, соответствующие требованиям охраны труда и безопасности производства.

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [6]. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды необходимо представить в виде таблицы.

Таблица 28 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Движущиеся твёрдые объекты, наносящие удар по телу работающего		+		- ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [6]
2. Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги		+		- ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [6]
3. Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой	+	+		- ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [6]
4. Превышение уровня шума и вибраций		+	+	- ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности» [7] -СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [8]

Выполним анализ опасных и вредных производственных факторов. Для этого воспользуемся следующим планом:

- 1) источник возникновения фактора;
- 2) воздействие фактора на организм человека;
- 3) предлагаемые средства защиты для минимизации воздействия фактора.

#### **4.2.1 Движущиеся твёрдые объекты, наносящие удар по телу работающего**

Источником возникновения рассматриваемого фактора будут являться заусенцы и острые кромки, которые формируются при обработке поверхностей, режущий инструмент. При воздействии данного фактора возникают порезы и ссадины, которые отрицательно влияют на кожный покров, чаще всего руки человека.

Чтобы снизить воздействие устанавливают защитные ограждения на станки, обустривают рабочие места и обучают рабочий персонал. Также необходимо использовать спецодежду.

#### **4.2.2 Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги**

Под этим фактором подразумевается воздействие СОЖ на организм человека. Отрицательное воздействие СОЖ на рабочих связано с ее попаданием на кожу и в дыхательные пути в процессе изготовления эмульсии, ее разбрызгивания и перегрева при механообработке деталей, из-за протечек в системе смазки и охлаждения оборудования, случайных проливов. В процессе металлообработки рабочая эмульсия подвергается деструкции под воздействием высоких температур, загрязняется механическими примесями, например, металлической пылью, частицами абразивных материалов, волокнами обтирочных материалов и посторонними маслами, что приводит к

увеличению опасности отработанной СОЖ в 15-30 раз по сравнению со свежеприготовленной.

Наиболее частыми проблемами со здоровьем у рабочих-станочников являются: масляные фолликулиты, эпидермиты, контактные неаллергические дерматиты, аллергия на СОЖ (раздражение кожи, ринит, конъюнктивит, зуд в носу и горле, приступообразный кашель).

Чтобы свести к минимуму вред от применения СОЖ на предприятии, необходимо:

- перейти на использование экологически безопасных эмульсий;
- правильно обустроить общецеховую и местную приточно-вытяжную вентиляцию;
- обеспечивать рабочих чистой спецодеждой и необходимыми средствами индивидуальной защиты;
- производить своевременную замену отработанной эмульсии и ее утилизацию в соответствии с требованиями экологических стандартов.

#### **4.2.3 Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой**

К статическим факторам прежде всего относится вынужденное положение тела во время работы, длительное напряжение отдельных групп мышц. При длительном стоячем положении может возникнуть плоскостопие, варикозное расширение вен, изменения позвоночника. При вынужденном сидячем положении чаще наблюдаются сколиозы и кифозы.

Статические перегрузки связаны с физическим усилием работающего, направленным на удержание груза, выполнение работы в вынужденной неудобной рабочей позе, т. е. без перемещения тела, рук или ног в пространстве.

Для снижения риска статических физических перегрузок, связанных с рабочей позой, нужно применить:

- Проведение производственной гимнастики;
- Занятие физической культурой и т.д.;

#### **4.2.4 Превышение уровня шума и вибраций**

Источниками шума и вибраций на производственном участке являются металлорежущие станки, как например: токарные, фрезерно-центровальные, шлифовальные и др. Шум раздражительно влияет на работника, повышает его утомляемость и способен привести к потере слуха. Вибрации станков могут привести к получению человеком различных травм.

Минимизируют влияние шума и вибраций следующими способами:

- использование малошумных машин с меньшей виброактивностью;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации;
- оптимальное размещение машин и т.д.

### **4.3 Экологическая безопасность**

#### **4.3.1 Защита атмосферы**

Механическая металлообработка на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений, чем отрицательно влияют на состояние атмосферы. При шлифовании выделяется большое количество тонкодисперсной пыли. Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30-40% состоит из материала абразивного круга, на 60-70% - из материала обрабатываемого изделия.

Некоторые методы защиты атмосферы от загрязнений:

- локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах и его возврат в производственное или бытовое помещение, если воздух после очистки в аппарате соответствует нормативным требованиям к приточному воздуху;
- локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах, выброс и рассеивание в атмосфере.

### 4.3.2 Защита гидросферы

Загрязнителями гидросферы на производственных участках являются различные масла, отработанные СОЖ, органические растворители и т.д. Содержание элементов загрязнителей в гидросфере нормируется следующими документами:

Перечень источников загрязнения подземных вод [10]:

1. Места хранения и транспортирования промышленной продукции и отходов производства;
2. Промышленные площадки предприятий.

Требования к охране поверхностных вод от загрязнений [11]:

1. На промышленных предприятиях при соответствующем технико-экономическом обосновании должны создаваться замкнутые системы водоснабжения;
2. Сброс сточных вод в поверхностные воды, а также проведение различного рода работ в пределах водных объектов и водоохраных зон допускается только после получения в установленном порядке разрешения, выдаваемого компетентными органами;
3. Не допускается сброс в поверхностные воды технологических и бытовых отходов, а также загрязнение ими ледового покрова водных объектов и поверхности ледников.

Для удаления вредных примесей из сточных вод используют физико-химические методы очистки:

- реагентная флотация;
- реагентная коагуляция;
- мембранные методы очистки

### 4.3.3 Защита литосферы

Загрязнителем литосферы будут считаться захоронения промышленных и бытовых отходов. К промышленным отходам относятся микростружка, опилки

металлов. Также к отходам можно отнести изготавливаемую продукцию, переставшая выполнять требуемые от неё функции.

Чтобы снизить загрязнение литосферы необходимо сортировать и при возможности перерабатывать отходы производства. Если переработка невозможна, тогда необходимо начать взаимовыгодно сотрудничать с предприятиями, которые занимаются ею.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

«Чрезвычайная ситуация: Обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью, окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей» [13].

К чрезвычайным ситуациям, которые могут возникнуть на производственном участке относятся: пожары, удары электрическим током, землетрясение, обрушение каркаса здания, взрывы.

Виды аварий, которые могут произойти на производственном участке:

- аварии на очистных сооружениях;
- аварии с выбросом опасных веществ;
- аварии на электроэнергетических системах.

Удар электрическим током – это наиболее вероятная чрезвычайная ситуация, которая может произойти на производственном участке при изготовлении деталей.

Так как на производственном участке происходит механообработка, подразумевающая использование электрического тока, то возникает вероятность удара электрическим током.

Для предотвращения удара электрическим током нужно проводить работы [14]:

- Плановые регулярные инструктажи персонала про меры от поражения электрическим током;

- Необходимо следить за состоянием проводки, проводки оборудования и инструментов;
- Защитное заземление;
- Использование специальной индивидуальной защиты.

В результате удара электрическим током работнику необходимо действовать следующим образом:

- Необходимо полностью отключить электропитание;
- Обеспечение полной безопасности пострадавшему;
- Необходимо оценить состояние пострадавшего;
- Сердечно-легочная реанимация, если это необходимо;
- Транспортировка пострадавшего в больницу.

## **Вывод по разделу**

В результате исследования производственного участка, на котором изготавливается деталь типа «Вал тихоходный», были получены ответы по правовым и организационным, производственным, экологическим вопросам безопасности, а также вопросам безопасности в ЧС. При воздействии каких-либо вредных или опасных факторов на производстве необходимо будет воспользоваться методами, приведенных в этом разделе. Так же в ходе исследования было выявлено, что:

1. Исследуемое помещение соответствует всем нормам и правилам законодательства РФ.
2. Шум на рабочем месте соответствует стандартным нормам.
3. Техпроцесс не приводит к вредным и опасным воздействиям на экологию и здоровья людей.

## **Заключение**

При разработке технологического процесса изготовления детали «Вал тихоходный» для предприятия ООО «Промышленная компания МИОН» была изучена конструкция и назначение детали, а также было найдено оборудование для производства детали.

Во время выполнения ВКР был проведён анализ исходных данных, определён тип производства, составлен технологический маршрут обработки детали. Были выбраны режущие и измерительные инструменты для обработки вала. Были рассчитаны режимы резания и нормы времени на обработку.

В конструкторской части проекта было спроектировано приспособление для контрольного измерения детали, также были проведены все необходимые расчёты для приспособления.

Был рассмотрен финансовый менеджмент. Также были изучены вопросы безопасности, выполнен анализ вредных и опасных производственных факторов.

Таким образом, в ходе ВКР был разработан технологический процесс изготовления детали «Вал тихоходный», который обеспечивает все технические требования чертежа.

## Список литературы

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. Альянс, 2015. – 256 с.
2. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под редакцией А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. 912 с., ил.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под редакцией А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. 944 с., ил.
4. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск. Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91 с.\
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. – М.: Машиностроение 1990. – 465 с.
6. Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200 <https://ru.index-traub.com/ru/produkcija/tokarno-frezernye-obrabatyvajushchie-centry/index-g200/>
7. Круглошлифовальный станок с ЧПУ SUPERTEC G20P-50 CNC [https://finval.ru/catalog/stanki/shlifovalnoe/supertec/krugloshlifovalnye\\_stanki\\_s\\_chpu/g20p\\_g25p\\_50cnc/](https://finval.ru/catalog/stanki/shlifovalnoe/supertec/krugloshlifovalnye_stanki_s_chpu/g20p_g25p_50cnc/)
8. Паспорт фрезерно-центровального станка EM535M <https://mashinform.ru/frezernye-stanki/e/em535m.shtml>
9. Ленточнопильный станок JET MBS-1416VDAS <https://www.jettools.ru/catalog/poluvavtomaticheskie-lentochnopilnye-stanki/jet-mbs-1416vdas-lentochnopilnyy-standok/>
10. 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

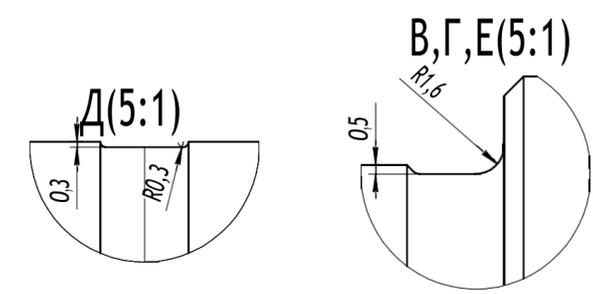
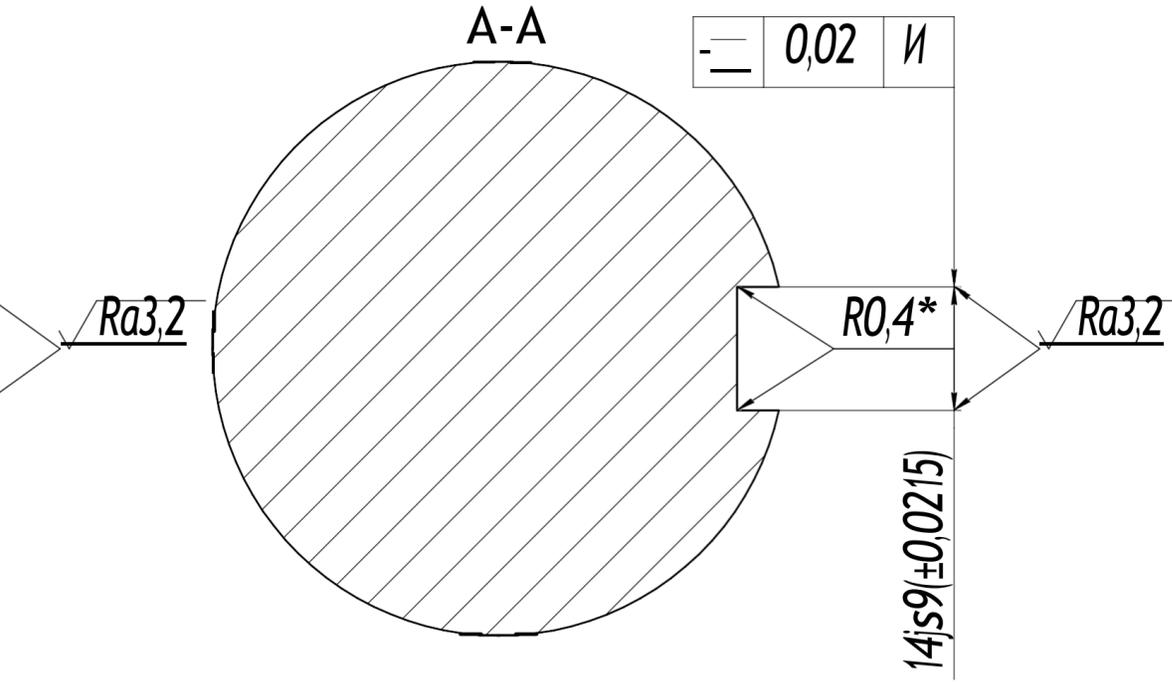
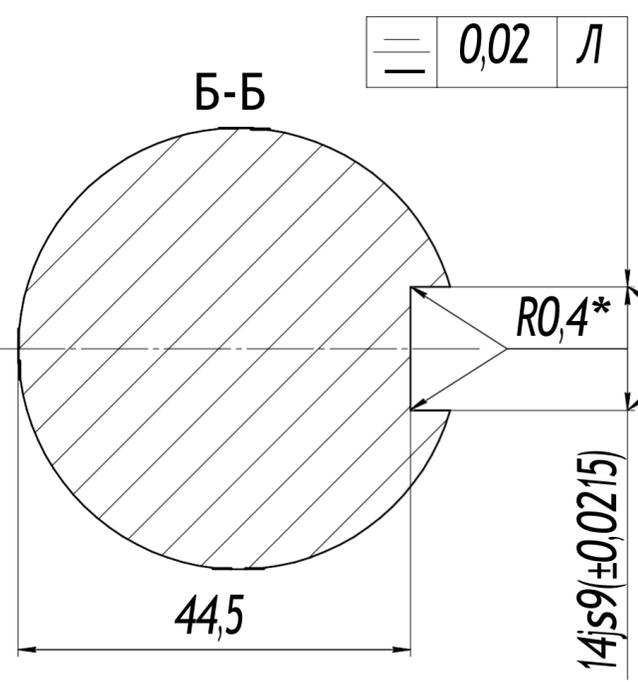
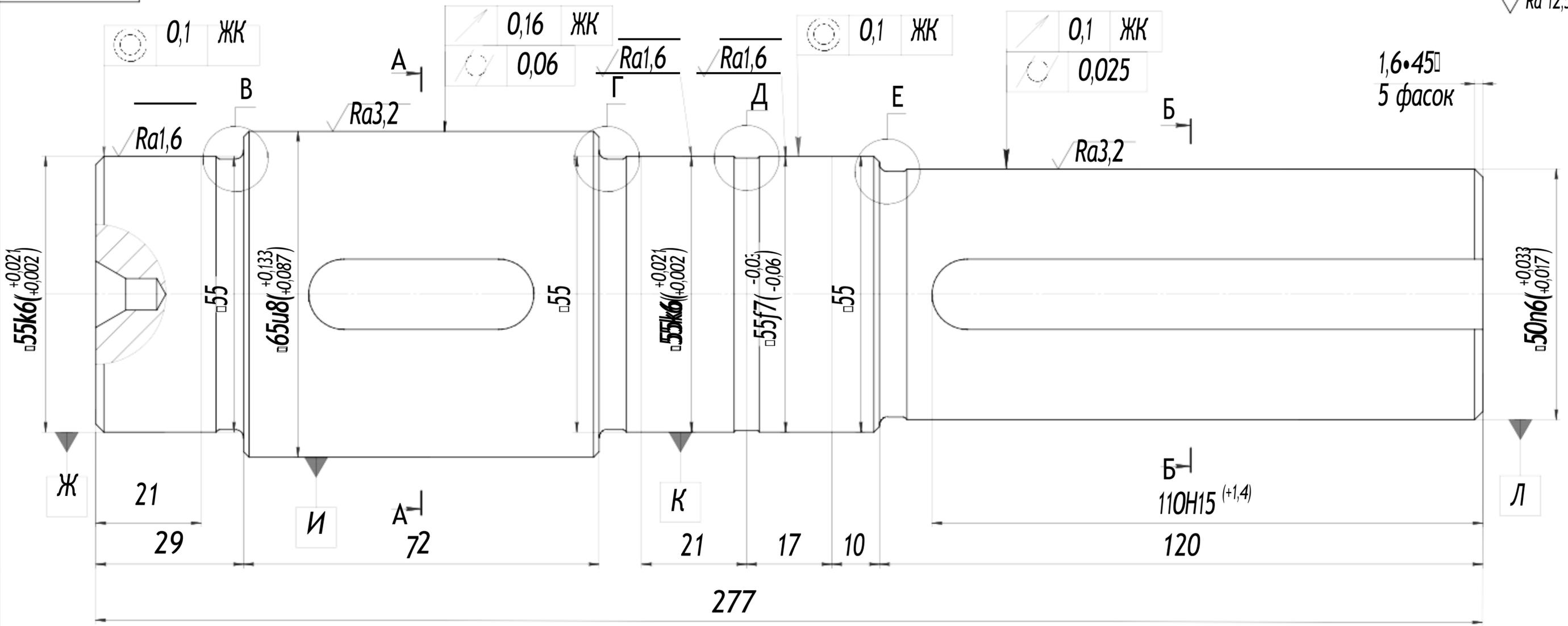
- университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
11. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ, кроме Экономика, Менеджмент. Сост.: Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2020 – 22 с.
  12. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. № 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021)
  13. ГОСТ Р ИСО 9241-2-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 2. Требования к производственному заданию.
  14. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования
  15. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования
  16. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
  17. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
  18. СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
  19. ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями
  20. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод
  21. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений
  22. ГОСТ 17.4.3.04-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
  23. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях
  24. ГОСТ Р 58698-2019. Защита от поражения электрическим током

25.ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда.  
Электробезопасность

## Приложение А

Чертеж детали «Вал тихоходный»

√ Ra 12,5 (√)



- 1 Термообработка 260...285 НВ.
- 2 \*Размеры обеспечиваются инструментом.
- 3 Общие допуски по ГОСТ 30893: h14, ±IT14/2.
- 4 Общие допуски формы и расположения - ГОСТ 308932-К.
- 5 Покрытие: Хим. Окс. прим.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
					Вал тихоходный	5,16	2,5:1
Разраб.					Лист	Листов	1
Проект.					Сталь 45 ГОСТ 1050-2013		
Т.контр.					Копировал		
Н.контр.					Формат А1		
Утв.							

КОМПАС-3D v13.1. Числовая версия © 2019 ООО "АСКОН"-Системы проектирования. Россия. Все права защищены.  
 Тип: Не подл. / Вид: Не подл. / Подл. и дата: / Справ. №: / Перег. измен.:

## Приложение Б

### Карта технологического процесса

# Чертеж детали представлен на листе 1

Национальный исследовательский  
Томский политехнический  
университет

ОМ ИШНПТ

ИШНПТ-3-4А7Б.002

Карта технологического процесса

Материал	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка		
Наименование, марка			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.
Сталь 45			Прокат	Вал	1000
				Масса, кг	

Номер операции	перехода	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент режущий	Инструмент мерительный	Наличие однорем. обраб. деталей	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки			Нормы времени				
													Поддача	Частота, об/мин	Скорость резания, м/мин	T <sub>0</sub>	T <sub>вс</sub>	T <sub>пз</sub>	T <sub>шт</sub>	T <sub>шт.к</sub>
005	1	<b>Заготовительная</b> A Выдвинуть прокат до упора и закрепить 1 Отрезать заготовку, выдержав размер $280^{+0,5}_{-1,1}$		Ленточнопильный станок JET MBS-1416VDAS	Тиски стачные ГОСТ 16518-96	Ленточная пила 34x1,1x3820 P6M5		1	1	70										
010	1	<b>Фрезерно-центровальная</b> A Установить и снять деталь 1 Фрезеровать торцы 1 и 2, выдерживая размер $277^{+0,65}_{-0,65}$ 2 Сверлить центровые отверстия		Фрезерно-центровальный станок EM535M	Призмы установочные ГОСТ 12194-66	Торцевые фрезы Ø90 T15K6 ГОСТ 24359-80 Сверло центровочное Тип А ГОСТ 14952-75		2	1	70	3	1,18	1,8	358,2						
015	1	<b>Токарная с ЧПУ</b> A Установить и снять деталь 1 Точить поверхность 3 выдерживая размер $66,52_{-0,3}$		Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200	Центры станочные вращающиеся ГОСТ 8742-75	Инструмент С6-SRDCN-00065-16A Пластина 16 06 MP-НУ 4425		1	1	66,52	247,51	1,74	1,03	1210	253					
	2	2 Точить поверхность 4 выдерживая размер $56,06_{-0,3}$		Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200	Центры станочные вращающиеся ГОСТ 8742-75	Инструмент С6-DCRNP-35065-19 Пластина CNMG 19 06-PR 4425		1	1	56,06	175,57	5,23	0,518	1540	271					
	3	3 Точить поверхность 5 выдерживая размер $51,05_{-0,3}$		Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200	Центры станочные вращающиеся ГОСТ 8742-75	Инструмент С6-PSDNN-00065-25 Пластина CNMG 25 07 24-PR 4325		1	1	51,05	119,63	2,5	1,41	1120	180					

ИШНПТ-3-4А7Б.002

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Иванов И.А.			
Проект.	Петровский ЕН			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Операционная карта

Лит.	Масса	Масштаб
у		1:1
Лист 1	Листов 4	
ТПУ ИШНПТ		
Группа 3-4А7Б		
Формат А1		

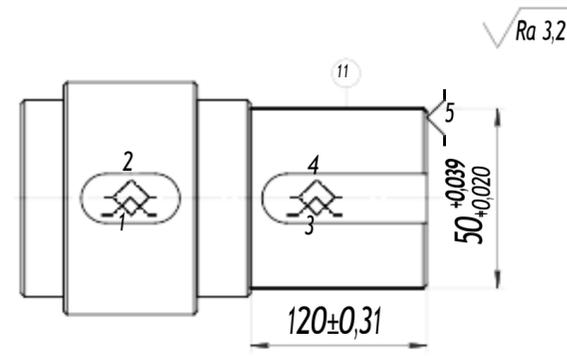
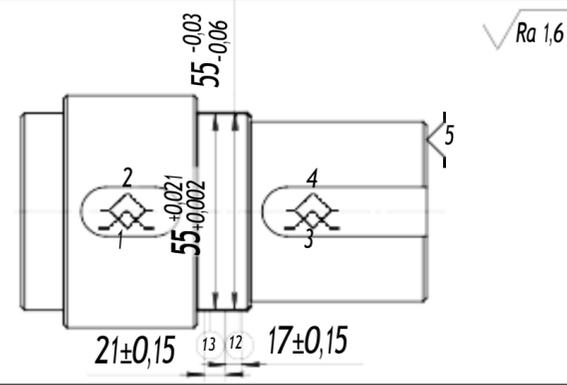
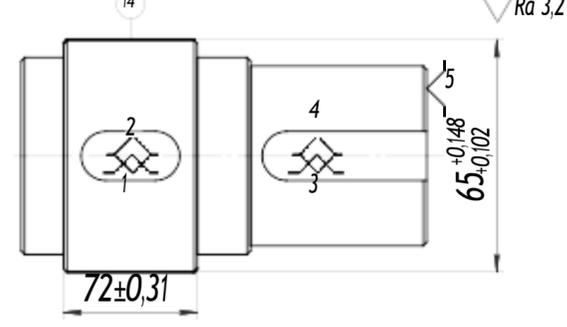
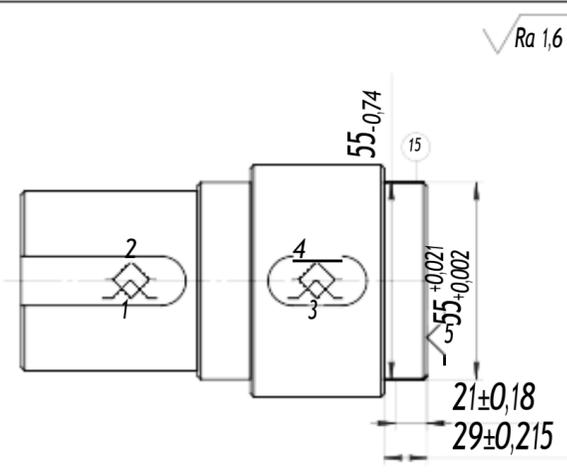
Копировал

Формат А1

КОМПАС-3D V18. Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования". Россия. Все права защищены.  
Имя, № подл. Подп. и дата. Справ. № Пере. примен.

Не для коммерческого использования

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
020	1 2	Токарная с ЧПУ Точить поверхность 6 выдерживая размер 50,32 <sub>-0,12</sub> Снять фаску 1,6x45°						1	1	50,32	121,34	0,36	0,4		2370	374						
	3 4	Токарная с ЧПУ Точить поверхность 7 выдерживая размер 55,25 <sub>-0,12</sub> Снять фаску 1,6x45°						1	1	55,25	57,02	0,39	0,4		2160	374	0,294	0,58	6	0,94	0,946	
	5 6	Токарная с ЧПУ Точить поверхность 8 выдерживая размер 65,49 <sub>-0,12</sub> Снять фаску 1,6x45°						1	1	65,49	72,8	0,51	0,4		1820	374						
025	A 1	Токарная с ЧПУ Установить и снять деталь Точить поверхность 9 выдерживая размер 56,06 <sub>-0,3</sub>						1	2	56,06	28,51	3,48	1,41		1020	180						
030	1 2	Токарная с ЧПУ Точить поверхность 10 выдерживая размер 55,27 <sub>-0,12</sub> Снять фаски 1,6x45°						1	1	55,27	29,78	0,39	0,4		2190	345	0,034	0,58	6	0,66	0,666	
035	A 1 2	Фрезерная с ЧПУ Установить и снять деталь Фрезеровать шпоночный паз, выдержав размеры Фрезеровать шпоночный паз, выдержав размеры						1	1	14	111	14	0,11		1141,6	50,21	3,15	0,77	21	4,23	4,251	
<b>Токарно-фрезерный обрабатывающий центр INDEX G200</b>																						
<b>Центры станочные вращающиеся ГОСТ 8742-75</b>																						
<b>Инструмент С6-СР-30АР-45065-11С Пластина СР-А1104-Л5 4425</b>																						
<b>Микрометр МК 50-75 0,01 ГОСТ 6507-90</b>																						
<b>Инструмент С6-РСДНН-00065-25</b>																						
<b>Пластина СММГ 25 07 24-РР 4325</b>																						
<b>Штангенциркуль ШЦ-И-300-0,05</b>																						
<b>ГОСТ 166-89</b>																						
<b>Инструмент МК 50-75 0,01 ГОСТ 6507-90</b>																						
<b>Фреза концевая Р6М5</b>																						
<b>ГОСТ 17026-71</b>																						
<b>Штангенциркуль ШЦ-И-300-0,05 ГОСТ 166-89</b>																						
<b>ГОСТ 166-89</b>																						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
040		Термическая  Произвести закалку при 850°С, после охладить в воде Отпуск при 400°С		ПКМ 48,2,5																		
045	A	Шлифовальная с ЧПУ Установить и снять деталь  1 Шлифовать поверхность 11 выдерживая размер $50^{+0,033}_{-0,017}$						1	22	50	240	0,015		2,5	95,5	30						
	2	2 Шлифовать поверхность 12 выдерживая размер $55^{+0,03}_{-0,06}$  3 Шлифовать поверхность 13 выдерживая размер $55^{+0,021}_{-0,002}$						1	17	55	34	0,015		2,5	86,8	30						
	3	3 Шлифовать поверхность 14 выдерживая размер $65^{+0,133}_{-0,087}$						1	20	55	42	0,015		2,5	86,8	30	72,9	0,55	7	79,32	79,327	
050	A	Шлифовальная с ЧПУ Установить и снять деталь  1 Шлифовать поверхность 15 выдерживая размер $55^{+0,021}_{-0,002}$						1	20	55	42	0,015		2,5	86,8	30	7,07	0,55	7	8,23	8,237	
055		Слесарная  Зачистить заусенцы, притупить кромки		Верстак Profi W140WD5		Шабер трехгранный																
				Круглошлифовальный станок с ЧПУ SUPERTEC G20P-50 CNC		Центры станочные вращающиеся ГОСТ 8742-75																
				Шлифовальный круг ПП100x20x20 54С F24Т		Шлифовальный круг ИЧ-10 0-10 мм, ИЧ-01 0-1 мм 0.001 ГОСТ 577-68																
				Индикатор часового типа ИЧ-10 0-10 мм, ИЧ-01 0-1 мм 0.001 ГОСТ 577-68																		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
06		<u>Моечная</u>  Помыть деталь		Помывочная ванна																		
06		<u>Контрольная</u>  Провести полный технический контроль		Стол, плита, поверочные призмы, индикатор часового типа, концевые меры																		
07		<u>Химическая</u>  Химическое оксидирование																				

ИШНПТ-3-4А7Б002

КОМПАС-3D v16.1 Умеренная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.  
 Имя: не задано | Лист: 4 | Вид: не задано | Шрифт: не задано | Цвет: не задано | Лист: 4 | Дата: не задано

Имя	Лист	№ докум.	Полн.	Дата

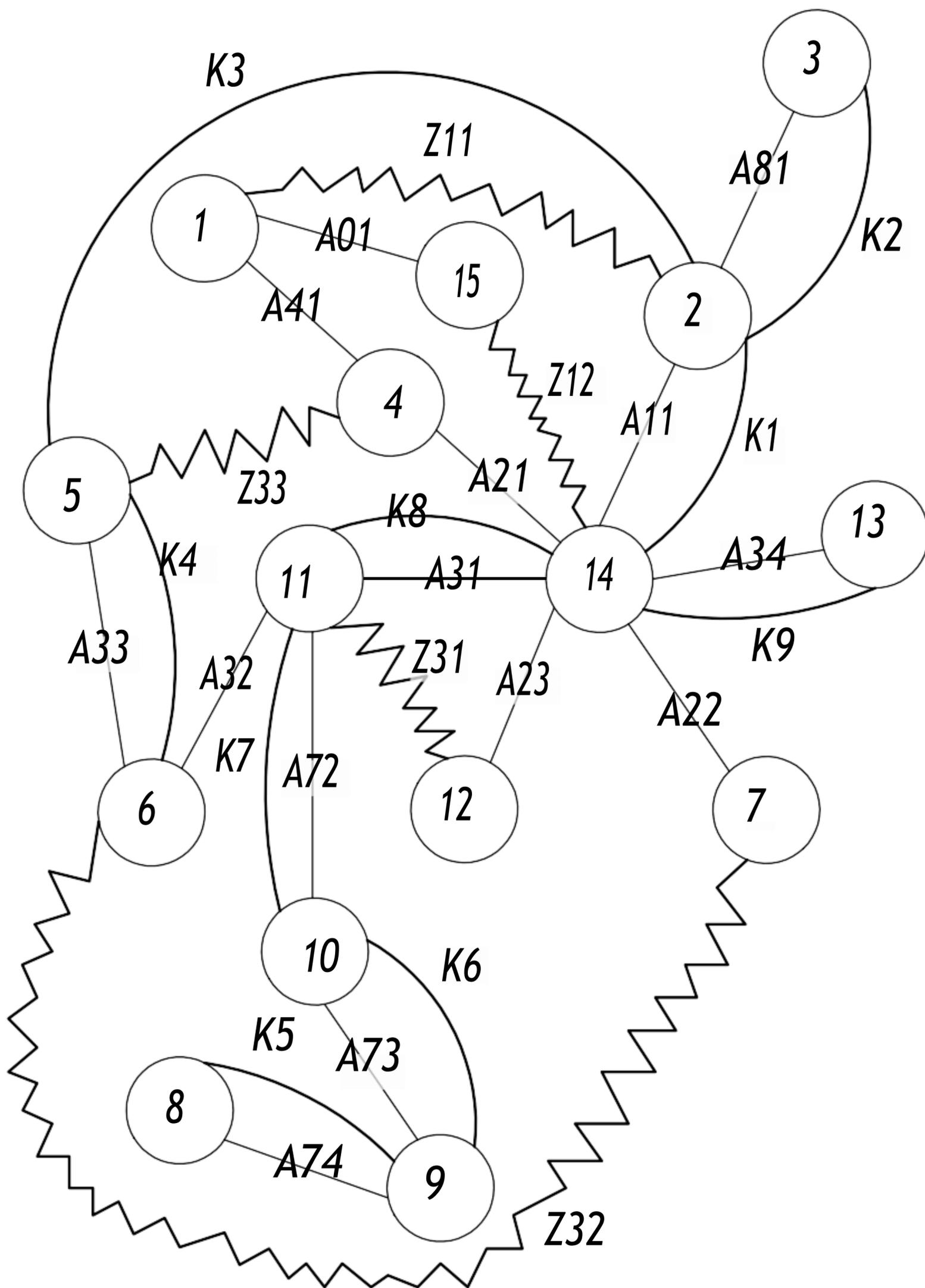
ИШНПТ-3-4А7Б002

Лист  
4

Приложение В

Размерный анализ





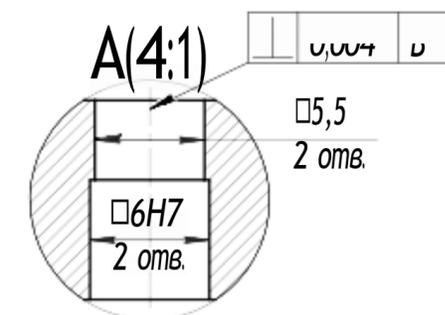
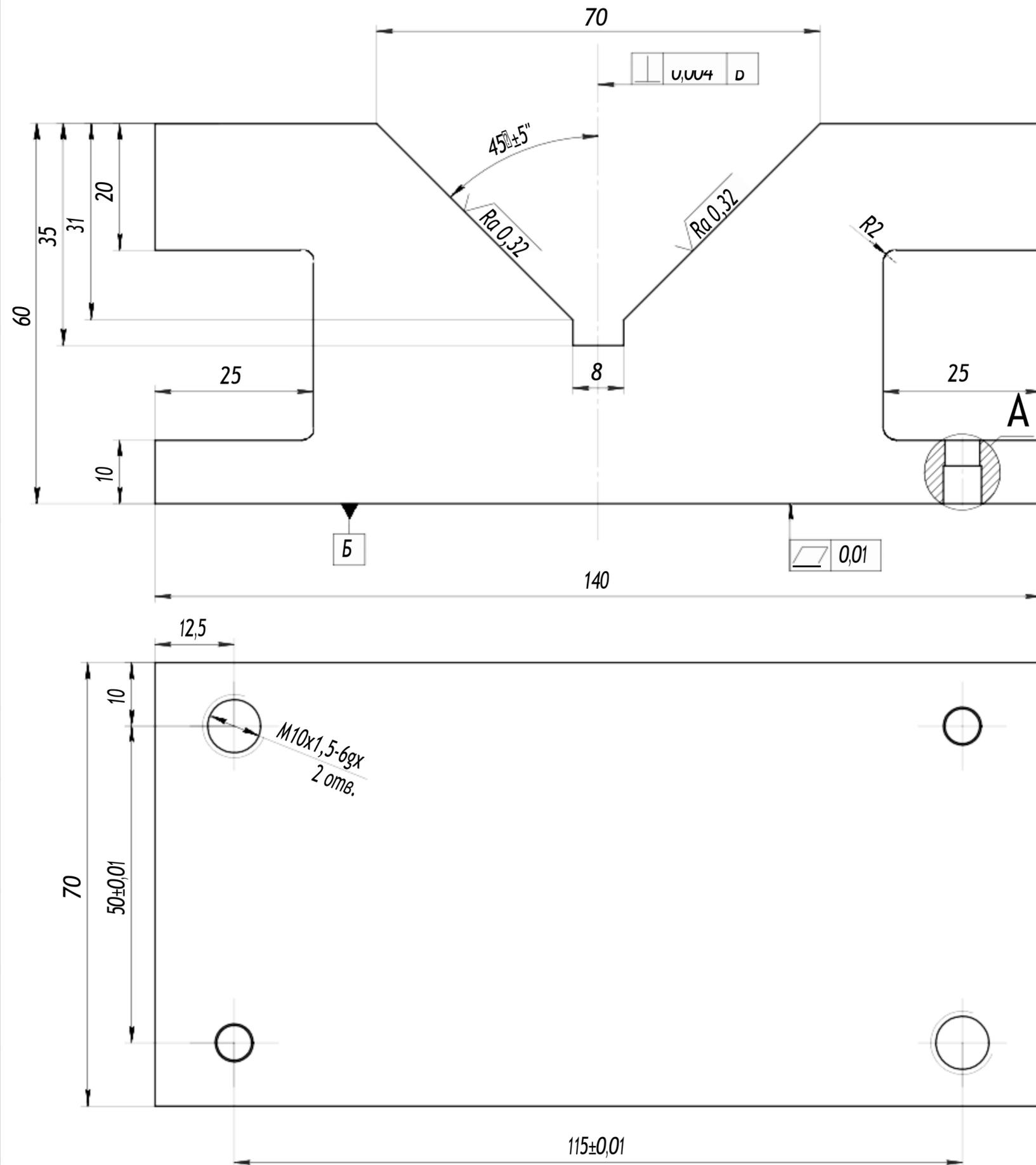
Перв. примен.	
Справ. №	

Изм. № подл.	Подп. и дата
Изм. № инв.	Изм. № дубл.
Взам. инв. №	Подп. и дата

				<b>ИШНПТ-3-4А7Б.004</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Граф технологических размеров</b>	
Разраб.	Иванов И.А.	Пров.	Петровский ЕН.	Т.контр.		
Н.контр.		Утв.			Лит.	Масштаб
					у	1:1
					Лист	Листов
					ТПУ ИШНПТ Группа 3-4А7Б	
					Формат А2	

## Приложение Г

Чертеж приспособления «Поверочная призма»



- 1 Термообработка 58-61 HRC;
- 2 Общие допуски по ГОСТ 30893: H12,  $\pm IT12/2$ ;
- 3 Общие допуски формы и расположения - ГОСТ 308932-K;
- 4 Нерабочие поверхности покрыть антикоррозионным покрытием;

				<b>ИШНПТ-3-4А7Б.005</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Призма поверочная</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Иванов И.А.					у		2:1
Пров.	Петровский ЕН.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИШНПТ Группа 3-4А7Б		
Н.контр.								
Утв.								