

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления детали «Вал редуктора»</b>

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7Б	Дубе Л. Б.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Алфёрова Е.А.	К.Ф-М.Н		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М. С.			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Ефременков Е.А.	К.Т.Н.		

## Планируемые результаты обучения по программе: 15.03.01

### Машиностроение по специализации «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»

Код результата	Результат обучения
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 проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	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, строительно-монтажного 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
P7	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
P8	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 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.
P11	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.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

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
4А7Б	Дубе Л.Б

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Вал редуктора»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	111-35/С от 21.04.21

Срок сдачи студентом выполненной работы:	11.06.2021
------------------------------------------	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p>(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.).</p>	<p>Техническое задание:</p> <p>Чертёж детали «Вал редуктора»</p> <p>1500 шт./год</p> <p>Сталь 40Х</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p>(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).</p>	<p>Технологическая часть: Определение типа производства, анализ технологичности конструкции детали, разработка маршрута техпроцесса, размерный анализ, расчёт режимов резания, подбор режущих, мерительных инструментов и оборудования, расчёт основного времени.</p> <p>Конструкторская часть: расчёт и проектирование оснастки.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p>(с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Чертеж детали, размерный анализ, операционная карта, сборочный чертеж приспособления.</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p>(с указанием разделов)</p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Технологический</p>	<p>Алфёрова Е.А.</p>
<p>Конструкторский</p>	<p>Алфёрова Е.А.</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Маланина В.А.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина М. С.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>16.12.2020</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОМ</p>	<p>Алфёрова Е.А</p>	<p>к.ф.-м.н</p>		<p>16.12.2020</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>4А7Б</p>	<p>Дубе Л.Б</p>		<p>16.12.2020</p>

## РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа содержит 167 страниц пояснительной записки, 22 таблицы, 37 рисунков, 24 источника, 5 листа графического материала формата А1, 1 лист графического материала формата А2, 1 лист графического материала формата А0, 1 листа графического материала формата А4.

Ключевые слова: вал редуктора, технология машиностроения, технологический процесс, режущие инструменты, режимы резания, прокат, металлообрабатывающие станки, приспособление, социальная ответственность, финансовый менеджмент

Объектом исследования является технологический процесс изготовления вала редуктора.

Целью работы является разработка технологический процесс изготовления детали «Вал редуктора». В процессе исследования был выполнен анализ технологичности детали, рассчитаны режимы резания, подобраны средства технологического оснащения для изготовления детали, подобраны требуемые режущие инструменты, рассчитаны нормы времени, а также разработано специальное приспособление для контроля отклонений формы поверхностей вала редуктора.

В финансовой части работы был выполнен расчет сметы затрат на выполнение проекта и оценка экономической эффективности проекта.

В разделе «Социальная ответственность» выявлены вредные и опасные факторы и приложены мероприятия для устранения этих факторов.

В результате исследования: подробно разработан технологический процесс изготовления детали «Вал редуктора», даны рекомендации по выбору

режимов резания, режущего инструмента и оборудования. Разработана схема специального приспособления и описан принцип его использования.

Область применения: машиностроение; редуктор; для передачи крутящего момента.

## Введение

В последнее время в современном машиностроении большое внимание уделяется повышению эффективности разработки технологий изготовления валов редукторов. Требования по высокой точности и шероховатости поверхностей валов затрудняет процесс разработки технологий их изготовления, поэтому главный вопрос сводится к тщательной разработке технологий, отвечающих целесообразность применения данных технологий в современном машиностроении. Несмотря на то, что многие исследователи работают над повышением эффективности разработки технологий изготовления в современных отраслях машиностроения технологии изготовления валов редукторов остаются недостаточно изученными. Над исследуемой в ВКР проблемой работали преподаватели и студенты отделения материаловедения инженерной школы новых производственных технологий в помещениях ТПУ.

Объектом исследования данной выпускной квалификационной работы является технология изготовления детали «вал редуктора».

Целью работы является разработка технологического процесса изготовления детали «вал редуктора» в условиях серийного производства.

Разработанный технологический процесс позволяет изготовить вал редуктора согласно чертежу в условиях среднесерийного производства.

Область применения включает предприятия и частные компании в Российской Федерации, занимающиеся изготовлением и сборкой всех типов редукторов. Также разработка может быть интересной студентам-машиностроителям и инженерам-технологам и конструкторам.



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	12
Техническое задание.....	12
1.1 Описание конструкции и назначения детали.....	13
1.2 Технологический контроль чертежа детали (с использованием таблиц экономической точности).....	14
1.2.1 Качественный анализ технологичности конструкции детали.....	14
1.3 Определение серийности производства .....	15
1.3.1 Предварительный маршрут технологии изготовления детали «Вал редуктора».....	16
1.4 Выбор исходной заготовки и его обоснование.....	21
1.5 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали «Вал редуктора» .....	22
1.5.1 Разработка размерной схемы технологических размеров .....	22
1.5.2 Определение допусков на технологические размеры .....	23
1.5.3 Расчет минимальных припусков на механическую обработку.....	27
1.5.4 Расчет диаметральных технологических размеров.....	30
1.5.5 Расчет продольных технологических размеров .....	40
1.5.6 Проверка обеспечения точности непосредственно не выделяемых конструкторских размеров.....	42
1.6 Расчет режимов резания.....	51
1.6.1 Расчет режимов для заготовительной операции .....	51
1.6.2 Расчет режимов резания для фрезерно-центровальной операции.....	51

1.6.3	Расчет режимов резания для токарной операции с ЧПУ .....	58
1.6.4	Расчет режимов резания для токарно-фрезерной операции с ЧПУ .....	62
1.6.5	Расчет режимов резания для круглошлифовальной операции с ЧПУ ..	69
1.6.6	Выбор средств измерения .....	74
1.7	Нормирование технологического процесса изготовления детали ..	77
1.7.1	Расчет норм времени заготовительной операции.....	78
1.7.2	Расчет норм времени фрезерно-центровальной операции .....	80
1.7.3	Расчет норм времени токарной операции с ЧПУ .....	83
1.7.4	Расчет норм времени токарно-фрезерной операции с ЧПУ .....	93
1.7.5	Расчет норм времени для круглошлифовальной операции с ЧПУ .....	100
2	КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....	105
2.1	Описание и принцип работы приспособления .....	105
2.2	Описание хода измерения .....	107
3	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	111
	Введение .....	111
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	113
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	113
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	114
3.1.3	SWOT-Анализ .....	118
3.2.	Планирование научно-исследовательской работы.....	122
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	122

3.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	124
3.2.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	125
3.2.4	Бюджет научно-технического исследования .....	130
3.3	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	141
3.3.1	Интегральный показатель финансовой эффективности .....	141
3.3.2	Интегральный показатель ресурсоэффективности .....	142
3.3.3	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки.....	143
4	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	149
	Введение .....	149
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	150
4.2	Производственная безопасность .....	152
4.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	153
4.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего).....	157
4.3	Экологическая безопасность .....	158
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	160
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	164
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	166
	Приложения А	
	Приложение Б	
	Приложение В	
	Приложение Г	

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## Техническое задание

Разработать технологии изготовления детали «Вал редуктора». Чертеж детали представлен на формате А2. Годовая программа выпуска  $n = 1500$  шт.

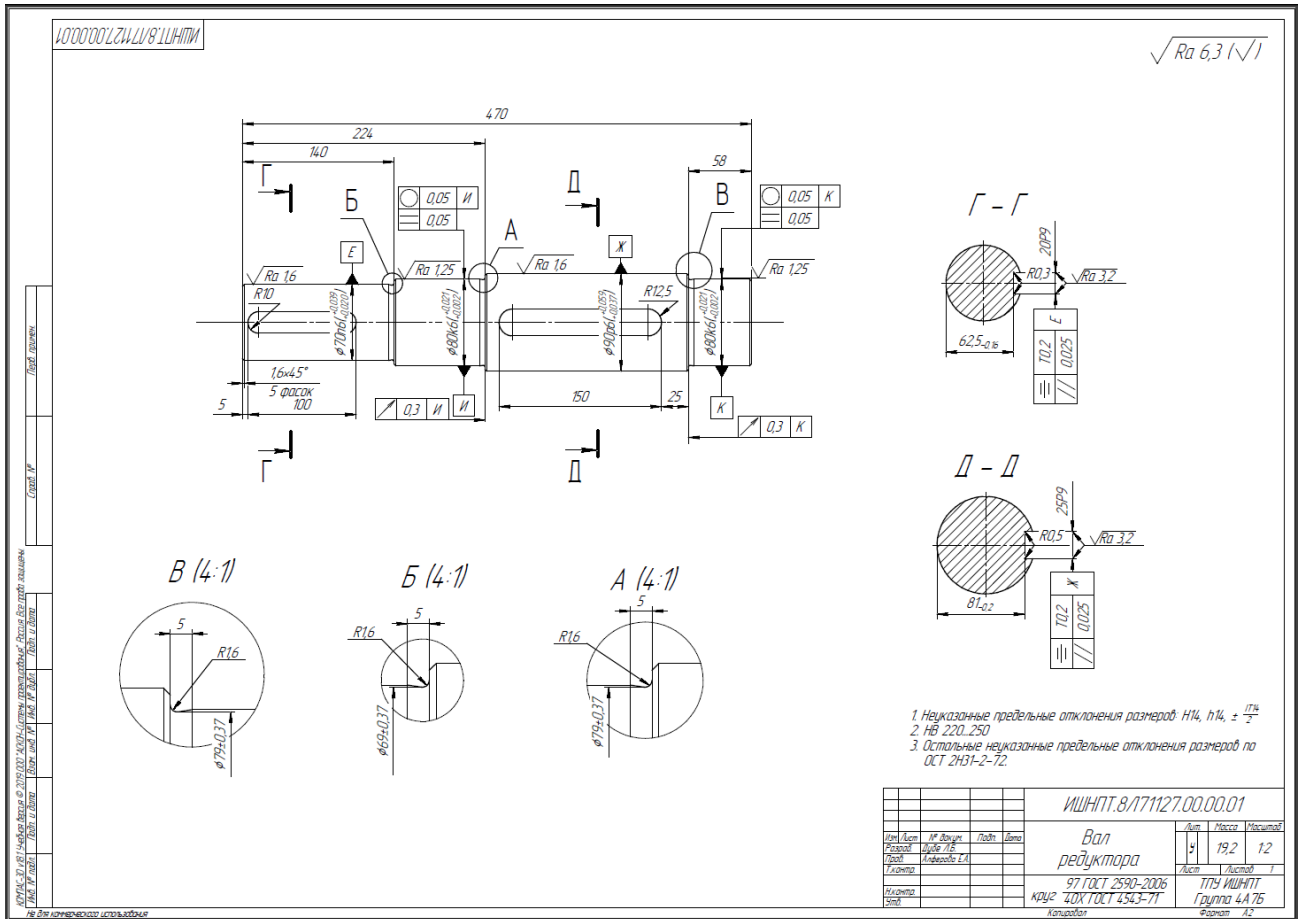


Рис 1.1 Чертеж детали

## 1.1 Описание конструкции и назначения детали

Деталь «Вал редуктора» относится к группе деталей «Валы». Она предназначена для передачи крутящего момента от электродвигателя через зубчатые передачи редуктора к выходному звену привода. Вал редуктора, который показан на рис.1.1 относится к ступенчатым, сплошным и жестким валам. Он может также относиться к следующим валам редуктора: входному (быстроходному) или выходному (тихоходному) так как за одной поверхностью под подшипники. Имеется выходной элемент со шпоночным пазом. Поверхности под подшипники служат для посадки подшипников качения и должны быть изготовлены с низкой шероховатостью и указанной на чертеже точностью. Цилиндрические поверхности со шпоночным пазом под колесо и выходной элемент привода (шкив или муфту) изготавливаются с необходимой шероховатостью и посадкой с зазором для обеспечения возможности сборки. Диаметральные размеры поверхностей под подшипники, колесо и выходной элемент привода являются основными размерами. Продольный размер между поверхностями под подшипники также является основным размером так как он должен совпадать с внутренней шириной крышки и основания корпуса редуктора. Материалом детали является сталь 40X со следующими механическими свойствам и химическим составом.

Табл. 1.1 Химический состав стали 40X (ГОСТ 4543-71), %

C	Si	Mn	Ni	Cr
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	до 0,30	0,80 – 1,10

Табл. 1.2 Механические свойства стали 40X

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{вр}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$KCU$ , Дж/см <sup>2</sup>	НВ(не более)	
не менее					отожженной	горячекатаной
785	980	10	45	59	197	217

## **1.2 Технологический контроль чертежа детали (с использованием таблиц экономической точности).**

По таблицам экономической точности определяем, что точность и шероховатость поверхностей детали «Вал редуктора» можно обеспечить следующим образом: черновое, чистовое, тонкое обтачивание и чистовое шлифование. В данной работе достаточно провести качественную оценку технологичности конструкции детали, так как не подразумевается изменение конструкции детали.

### **1.2.1 Качественный анализ технологичности конструкции детали**

- Конструкция детали стандартна, состоит из стандартных конструктивных элементов;
- Для изготовления детали используется стандартный круглый сортамент, изготавливается из конструкционной легированной стали 40Х ГОСТ 4543-71.;
- Точность размеров и шероховатость поверхностей детали оптимальны, обоснованы конструктивно и экономически;
- Точность и шероховатость поверхностей обеспечивают требуемую точность установки, обработки и контроля;
- Заготовку получать резкой проката;
- Деталь имеет простую конструкцию, обеспечивающую свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям, но не предусмотрены канавки для выхода шлифовального круга, что является не технологичным.
- В технические требования чертежа детали включены неуказанные предельные отклонения по 14 качеству
- Деталь имеет совокупность поверхностей, которые можно использовать в качестве технологических баз.

### 1.3 Определение серийности производства

Тип производства по ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операции  $K_{з.о}$ , который показывает отношение всех различных технологических операций, выполняемых или подлежащих выполнению подразделением в течение месяца, к числу рабочего места. Коэффициент закрепления операций рассчитывается по формуле,

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{t_{шс}} \quad (1,1)$$

где  $t_{в}$  – такт выпуска деталей;

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

Определяем такт выпуска (в минутах) деталей по формуле:

$$t_{в} = \frac{60\Phi_{д}}{N} \quad (1,2)$$

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

$N = 1500$  – годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени оборудования определяем по табл. 2.1 [1, с. 22]

при условии работы оборудования в две смены  $\Phi_{д} = 4029$  ч.

Определим среднее штучное время по формуле

$$t_{шс} = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ши}}{n} \quad (1,3)$$

где  $t_{ши}$  – штучное время  $i$ -ой операции изготовления детали;

$n$  – число основных операций в технологическом процессе.

Штучное время каждой операции определяем по формуле;

$$t_{ш} = \varphi_{к} \cdot T_{о} \quad (1,4)$$

где  $\varphi_k$  – коэффициент, зависящий от вида станка, которые можно выбрать из таблицы 2 [1];

$T_0$  – основное технологическое время, рассчитываемое по формулам, приведенным в таблице 3 [1].

### 1.3.1 Предварительный маршрут технологии изготовления детали «Вал редуктора»

Для определения штучного времени проектируемого технологического процесса составим предварительный маршрут технологии изготовления детали «Вал редуктора» (табл. 1.3)

Таблица 1.3 – Предварительный маршрут технологии изготовления детали «Вал редуктора»

№ опер.	Наименование и содержание операции
005	Заготовительная: Установить и закрепить заготовку. 1. Отрезать заготовку $\varnothing 97$ мм в размер 475 мм.
010	Фрезерно-центровальная: Установить и закрепить заготовку. 1. Фрезеровать торцы в размер 470 мм; 2. Центровать торцы $\varnothing 8$ мм на глубину 18 мм;
015	Токарная с ЧПУ: А) Установить и закрепить заготовку. 1. Точить поверхность $\varnothing 80$ мм на длину 224 мм начерно с подрезкой торца; 2. Точить поверхность $\varnothing 70$ мм на длину 140 мм начерно с подрезкой торца; 3. Точить поверхность $\varnothing 80$ мм на длину 84 мм начисто; 4. Точить поверхность $\varnothing 70$ мм на длину 140 мм начисто;
	Б) Переустановить и закрепить заготовку. 5. Точить поверхность $\varnothing 90$ мм на длину 246 мм начерно на проход; 6. Точить поверхность $\varnothing 80$ мм на длину 58 мм начерно с подрезкой торца; 7. Точить поверхность $\varnothing 90$ мм на длину 188 мм начисто; 8. Точить поверхность $\varnothing 80$ мм на длину 140 мм начисто;



020	Токарно-фрезерная: А) Установить и закрепить заготовку. 1. Точить поверхность Ø90 мм на длину 188 мм на проход; 2. Точить поверхность Ø80 мм на длину 84 мм; 3. Точить поверхность Ø70 мм на длину 140 мм; 4. Точить канавку выдерживая размер Ø69 мм; 5. Точить канавку выдерживая размер Ø79 мм; 6. Снять 3 фаски выдерживая размер 1,6x45°; 7. Фрезеровать паз на длину 100 мм; 8. Фрезеровать паз на длину 150 мм;
	Б) Переустановить и закрепить заготовку. 9. Точить поверхность Ø80 мм на длину 58 мм; 10. Точить канавку выдерживая размер Ø79 мм; 11. Снять 2 фаски выдерживая размер 1,6x45°;
025	Круглошлифовальная с ЧПУ: А) Установить и закрепить заготовку. 1. Шлифовать поверхность Ф80 мм на длину 58 мм; 2. Шлифовать поверхность Ф90 мм на длину 188 мм; 3. Шлифовать поверхность Ф80 мм на длину 84 мм;
	Б) Переустановить и закрепить заготовку 4. Шлифовать поверхность Ф70 мм на длину 140 мм;
030	Слесарная: зачистить заусенцы, притупить острые кромки
045	Контрольная: контролировать линейные размеры согласно чертежу

По составленному предварительному технологическому процессу, представленному в табл.1.3, произведем расчет основного технологического времени для всех операций

Заготовительная операция

$$\varphi_k = 2,14$$

$$T_{0,1} = 0,19D^2 \cdot 10^{-3} = 0,19 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3} = 1,9 \text{ мин}$$

Фрезерно-центровальная операция

$$\varphi_k = 1,84$$

$$T_{0,1} = 0,037D^2 \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot 100^2 \cdot 10^{-3} = 0,37 \text{ мин}$$

$$T_{0_{1.2}} = 0,52dl \cdot 10^{-3} = 0,52 \cdot 8 \cdot 17,98 \cdot 10^{-3} = 0,075 \text{ мин}$$

Токарная операция с ЧПУ

$$\varphi_k = 2,14$$

$$\begin{aligned} T_{0_{2.1}} &= [0,17dl + 0,037(D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3} \\ &= [0,17 \cdot 80 \cdot 224 + 0,037(97^2 - 80^2)] \cdot 10^{-3} = 3,16 \text{ мин} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{0_{2.2}} &= [0,17dl + 0,037(D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3} \\ &= [0,17 \cdot 70 \cdot 140 + 0,037(80^2 - 70^2)] \cdot 10^{-3} = 1,72 \text{ мин} \end{aligned}$$

$$T_{0_{2.3}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 1,14 \text{ мин}$$

$$T_{0_{2.4}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 70 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1,67 \text{ мин}$$

$$T_{0_{2.5}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 90 \cdot 246 \cdot 10^{-3} = 3,76 \text{ мин}$$

$$\begin{aligned} T_{0_{2.6}} &= [0,17dl + 0,037(D^2 - d^2)] \cdot 10^{-3} \\ &= [0,17 \cdot 80 \cdot 58 + 0,037(90^2 - 80^2)] \cdot 10^{-3} = 0,85 \text{ мин} \end{aligned}$$

$$T_{0_{2.7}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 90 \cdot 188 \cdot 10^{-3} = 2,88 \text{ мин}$$

$$T_{0_{2.8}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 0,79 \text{ мин}$$

Токарно-фрезерная с ЧПУ

$$\varphi_k = 2,14$$

$$T_{0_{3.1}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 90 \cdot 188 \cdot 10^{-3} = 2,88 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.2}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 1,14 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.3}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 70 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1,67 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.4}} = 0,63(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,63(70^2 - 69^2) \cdot 10^{-3} = 0,088 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.5}} = 0,63(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,63(80^2 - 79^2) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.9}} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 0,4 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.10}} = 4l \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 0,6 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.11}} = 0,17dl \cdot 10^{-3} = 0,17 \cdot 80 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 0,79 \text{ мин}$$

$$T_{0_{3.12}} = 0,63(D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,63(80^2 - 79^2) \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ мин}$$

Круглошлифовальная с ЧПУ

$$\varphi_k = 2,10$$

$$T_{0_{4.1}} = 0,15dl \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 80 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 0,696 \text{ мин}$$

$$T_{0_{4.2}} = 0,15dl \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 90 \cdot 188 \cdot 10^{-3} = 2,538 \text{ мин}$$

$$T_{0_{4.3}} = 0,15dl \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 80 \cdot 84 \cdot 10^{-3} = 1,008 \text{ мин}$$

$$T_{0_{4.4}} = 0,15dl \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 70 \cdot 140 \cdot 10^{-3} = 1,47 \text{ мин}$$

Рассчитаем основное технологическое время каждой из выбранных операций:

$$T_{00} = 1,9 \text{ мин}$$

$$T_{01} = 2(0,37 + 0,075) = 0,890 \text{ мин}$$

$$T_{02} = 3,16 + 1,72 + 1,14 + 1,67 + 3,76 + 0,85 + 2,88 + 0,79 = 15,97 \text{ мин}$$

$$T_{03} = 2,88 + 1,14 + 1,67 + 0,088 + 0,1 + 0,4 + 0,6 + 0,79 + 0,1 = 7,768 \text{ мин}$$

$$T_{04} = 0,696 + 2,538 + 1,008 + 1,47 = 5,712 \text{ мин}$$

По формуле (1,4) определим штучное время каждой операции:

$$t_{ш0} = \varphi_k \cdot T_{00} = 1,9 \cdot 2,14 = 4,066 \text{ мин}$$

$$t_{ш1} = \varphi_k \cdot T_{o1} = 0,890 \cdot 1,84 = 1,638 \text{ мин}$$

$$t_{ш2} = \varphi_k \cdot T_{o2} = 15,97 \cdot 2,14 = 34,176 \text{ мин}$$

$$t_{ш3} = \varphi_k \cdot T_{o3} = 7,768 \cdot 2,14 = 16,624 \text{ мин}$$

$$t_{ш4} = \varphi_k \cdot T_{o4} = 5,712 \cdot 2,10 = 11,995 \text{ мин}$$

Определим среднее штучное время по формуле (1,3)

$$t_{шс} = \frac{4,066 + 1,638 + 34,176 + 16,624 + 11,995}{5} = 13,7 \text{ мин}$$

Произведем расчет такта выпуска по формуле (1,2)

$$t_b = \frac{60\Phi_d}{N} = \frac{60 \cdot 4029}{1500} = 161,16 \text{ мин}$$

тогда коэффициент закрепления операций будет равен

$$K_{з.о} = \frac{t_b}{t_{шс}} = \frac{161,16}{13,7} = 11,76, \text{ что соответствует среднесерийному типу}$$

производства

#### 1.4 Выбор исходной заготовки и его обоснование

Учитывая материал детали, массу, габаритные размеры и серийность заготовкой будет являться прокат стальной горячекатаный круглый ГОСТ 2590-2006, Материал проката – Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Эскиз заготовки представлен на рис. 1.2

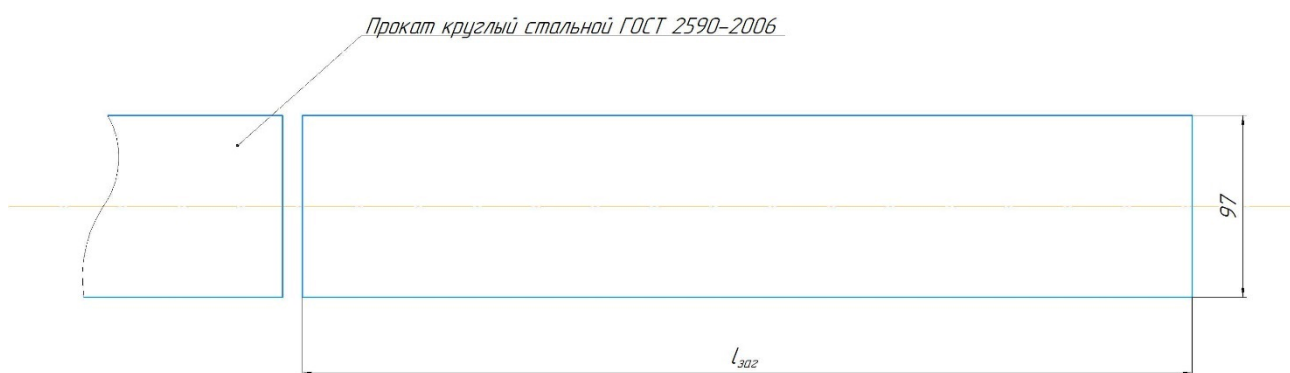


Рис. 1.2 Эскиз заготовки

## 1.5 Размерный анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали «Вал редуктора»

### 1.5.1 Разработка размерной схемы технологических размеров

На рис. 1.3 представлена размерная схема продольных и диаметральных технологических размеров.

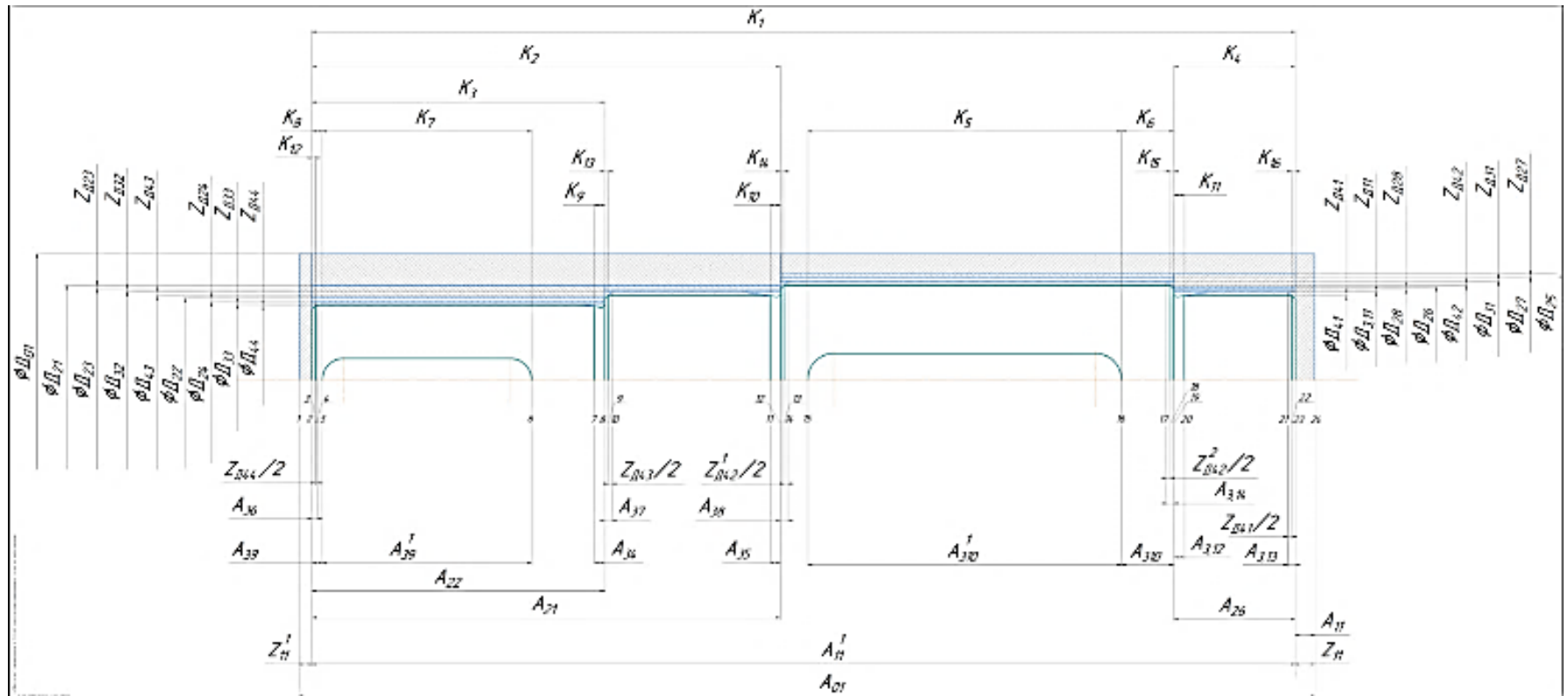


Рис. 1.3. Размерная схема

Проверяем правильность построения размерной схемы по следующим формулам:

Число технологических размеров должно быть на единицу меньше числа поверхностей:

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_1^k \Pi - 1 \quad (1,5)$$

Число конструкторских размеров и размеров припусков должно быть равно числу технологических размеров:

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^k (K_i + Z_i) \quad (1,6)$$

где  $A$  – технологический размер;  $\Pi$  – поверхность;  $K$  – конструкторский размер;  $Z$  – припуск на механическую обработку

В нашем случае имеем 24 поверхностей, 23 технологического размера, 7 припусков и 16 конструкторских размеров.

Следовательно по формулам (1,5) и (1,6) получим,

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_1^k \Pi - 1 \Rightarrow 23 = 24 - 1$$

$$\sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^k (K_i + Z_i) \Rightarrow 23 = 16 + 7$$

Все условия выполняются, размерная схема построена правильно.

### **1.5.2 Определение допусков на технологические размеры**

Допуски размеров исходной детали определяем по ГОСТ 2590-71 для сортового стального круглого горячекатаного проката нормальной точности:

$$T_{D_{01}} = 0,5 - 1,3 = 1,8 \text{ мм}$$

Допуски на диаметральные размеры, а также допуски на расстояния между поверхностями, обработанными с одной установки могут быть приняты равными статистической погрешности.

Допуски на расстояния ( $A_i$ ) между обработанной поверхностью и измерительной базой в общем могут быть определены по формуле:

$$TA_i = \omega_{C_i} + \rho_{\text{и}} + \varepsilon_6 \quad (1,7)$$

В нашем случае при базировании в центрах можно принять погрешность базирования равную нулю т.е  $\varepsilon_6 = 0$ .

**Допуски на продольные технологические размеры:**

$$TA_{0,1} = 1,55 \text{ мм}$$

$$TA_{1,1} = \omega_{C_i} = 0,1 \text{ мм}$$

$$TA_{1,1}^1 = \omega_{C_i} = 0,17 \text{ мм}$$

$$TA_{2,1} = \omega_{C_i} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TA_{2,2} = \omega_{C_i} = 0,17 \text{ мм}$$

$$TA_{2,6} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,4} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,5} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,6} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,7} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,8} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{3,9} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм}$$



$$TA_{3,9}^1 = \omega_{C_i} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TA_{3,10} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{3,10}^1 = \omega_{C_i} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TA_{3,12} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{3,13} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{3,14} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм}$$

**Допуски на диаметральные технологические размеры:**

$$TD_{01} = 1,8 \text{ мм}$$

$$TD_{2,1} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{2,2} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{2,3} = 0,087 \text{ мм}$$

$$TD_{2,4} = 0,074 \text{ мм}$$

$$TD_{2,5} = 0,35 \text{ мм}$$

$$TD_{2,6} = 0,3 \text{ мм}$$

$$TD_{2,7} = 0,087 \text{ мм}$$

$$TD_{2,8} = 0,074 \text{ мм}$$

$$TD_{3,1} = 0,035 \text{ мм}$$

$$TD_{3,2} = 0,03 \text{ мм}$$

$$TD_{3,3} = 0,03 \text{ мм}$$

$$TD_{3,11} = 0,03 \text{ мм}$$

$$T_{Д4,1} = T_{КД4,4} = 0,018 \text{ мм}$$

$$T_{Д4,2} = T_{КД4,2} = 0,022 \text{ мм}$$

$$T_{Д4,3} = T_{КД4,3} = 0,018 \text{ мм}$$

$$T_{Д4,4} = T_{КД4,4} = 0,019 \text{ мм}$$

### **Допуски на конструкторские размеры**

По качеству, указанному на чертеже детали, определяем допуски на конструкторские размеры:

$$T_{К1} = 1,55 \text{ мм}$$

$$T_{К2} = 1,15 \text{ мм}$$

$$T_{К3} = 1 \text{ мм}$$

$$T_{К4} = 0,74 \text{ мм}$$

$$T_{К5} = 1 \text{ мм}$$

$$T_{К6} = 0,52 \text{ мм}$$

$$T_{К7} = 0,87 \text{ мм}$$

$$T_{К8} = 0,3 \text{ мм}$$

$$T_{К9} = 0,3 \text{ мм}$$

$$T_{К10} = 0,3 \text{ мм}$$

$$T_{К11} = 0,3 \text{ мм}$$

$$T_{К12} = 0,25 \text{ мм}$$

$$T_{К13} = 0,25 \text{ мм}$$

$$T_{К14} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TK_{15} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TK_{16} = 0,25 \text{ мм}$$

$$TK_{Д4,1} = 0,018 \text{ мм}$$

$$TK_{Д4,2} = 0,022 \text{ мм}$$

$$TK_{Д4,3} = 0,018 \text{ мм}$$

$$TK_{Д4,4} = 0,019 \text{ мм}$$

### 1.5.3 Расчет минимальных припусков на механическую обработку

Минимальный припуск на обработку поверхностей определяется по формуле:

При обработке поверхностей вращения:

$$z_{imin} = 2 \left( R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (1,8)$$

где  $R_{Z_{i-1}}$  – шероховатость поверхности, полученная на предшествующем переходе или операции обработки данной поверхности;

$h_{i-1}$  – толщина дефектного слоя, сформированного на предшествующем переходе или операции обработки данной поверхности;

$\rho_{i-1}$  – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученного на предшествующем переходе или операции:

Для поверхностей вращения:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\Phi_{i-1}}^2 + \rho_{p_{i-1}}^2} \quad (1,9)$$

Для плоскостей:

$$\rho_{i-1} = \rho_{\Phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}} \quad (1,10)$$

$\varepsilon_{yi}$  – погрешность установке на выполняемом переходе.

При обработке плоскостей;

$$Z_{imin} = R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (1,11)$$

При обточке цилиндрической поверхности заготовки, установленной в центрах, погрешность установки может быть принята равной нулю. Припуск на диаметр в этом случае определим по следующей формуле:

$$Z_{imin} = 2(R_{Z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1}) \quad (1,12)$$

Определяем припуски на диаметральные технологические размеры по формуле (1,12):

$$\begin{aligned} Z_{4,1min}^D &= 2(R_{Z_{3,11}} + h_{3,11} + \rho_{3,11}) = 2(0,008 + 0,015 + \sqrt{0,005^2 + 0,015^2}) \\ &= 0,078 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{3,11min}^D &= 2(R_{Z_{2,8}} + h_{2,8} + \rho_{2,8}) = 2(0,02 + 0,025 + \sqrt{0,01^2 + 0,06^2}) \\ &= 0,212 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$Z_{2,8min}^D = 2(R_{Z_{2,6}} + h_{2,6} + \rho_{2,6}) = 2(0,12 + 0,08 + \sqrt{0,045^2 + 0,1^2}) = 0,619 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} Z_{4,4min}^D &= 2(R_{Z_{3,3}} + h_{3,3} + \rho_{3,3}) = 2(0,008 + 0,015 + \sqrt{0,005^2 + 0,012^2}) \\ &= 0,072 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_{3,3min}^D &= 2(R_{Z_{2,4}} + h_{2,4} + \rho_{2,4}) = 2(0,02 + 0,025 + \sqrt{0,014^2 + 0,06^2}) \\ &= 0,213 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$Z_{2,4min}^D = 2(R_{Z_{2,2}} + h_{2,2} + \rho_{2,2}) = 2(0,12 + 0,08 + \sqrt{0,04^2 + 0,09^2}) = 0,597 \text{ мм}$$

$$\begin{aligned} Z_{4,3min}^D &= 2(R_{Z_{3,2}} + h_{3,2} + \rho_{3,2}) = 2(0,008 + 0,015 + \sqrt{0,005^2 + 0,015^2}) \\ &= 0,078 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$Z_{3,2min}^D = 2(R_{Z_{2,3}} + h_{2,3} + \rho_{2,3}) = 2(0,02 + 0,025 + \sqrt{0,01^2 + 0,06^2})$$

$$= 0,212 \text{ мм}$$

$$Z_{2,3min}^D = 2(R_{Z_{2,1}} + h_{2,1} + \rho_{2,1}) = 2(0,12 + 0,08 + \sqrt{0,045^2 + 0,1^2}) = 0,619 \text{ мм}$$

$$Z_{4,2min}^D = 2(R_{Z_{3,1}} + h_{3,1} + \rho_{3,1}) = 2(0,008 + 0,015 + \sqrt{0,005^2 + 0,02^2})$$

$$= 0,087 \text{ мм}$$

$$Z_{3,1min}^D = 2(R_{Z_{2,7}} + h_{2,7} + \rho_{2,7}) = 2(0,02 + 0,025 + \sqrt{0,015^2 + 0,07^2})$$

$$= 0,233 \text{ мм}$$

$$Z_{2,7min}^D = 2(R_{Z_{2,5}} + h_{2,5} + \rho_{2,5}) = 2(0,12 + 0,08 + \sqrt{0,05^2 + 0,11^2}) = 0,642 \text{ мм}$$

$$Z_{2,5min}^D = 2(R_{Z_{0,1}} + h_{0,1} + \rho_{0,1}) = 2(0,12 + 0,125 + 2,5 \cdot 475) = 2,864 \text{ мм}$$

Припуски на продольные технологические размеры по формуле (1,11):

$$Z_{1,1min} = R_{Z_{0,1}} + h_{0,1} + \rho_{0,1} = 0,13 + 0,14 + 0,2 + 0,5 = 0,97 \text{ мм}$$

$$Z_{1,1min}^1 = R_{Z_{0,1}} + h_{0,1} + \rho_{0,1} = 0,13 + 0,14 + 0,2 + 0,5 = 0,97 \text{ мм}$$

### 1.5.4 Расчет диаметральных технологических размеров

Для расчета составляем размерные схемы технологических маршрутов обработки поверхностей вращения, показанные на рис 1.4.

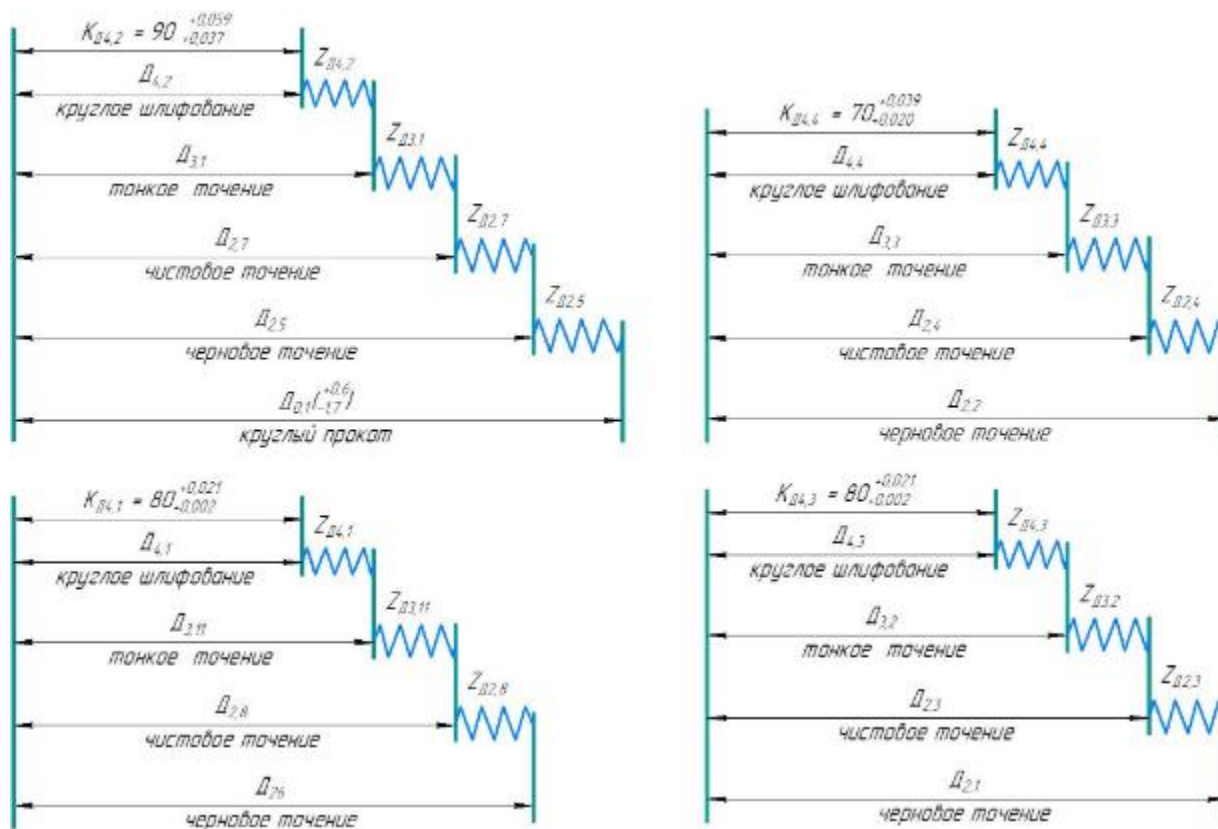


Рис. 1.4. Размерные схемы технологических маршрутов обработки поверхностей вращения вала.

#### Расчет диаметра проката

Для определения диаметра проката ( $D_{0,1}$ ) рассмотрим технологическую размерную цепь  $D_{0,1}$ ,  $D_{2,5}$ ,  $D_{2,7}$ ,  $D_{3,1}$ ,  $D_{4,2}$ ,  $Z_{D4,2}$ ,  $Z_{D3,1}$ ,  $Z_{D2,7}$ ,  $Z_{D2,5}$  (рис. 1.5)

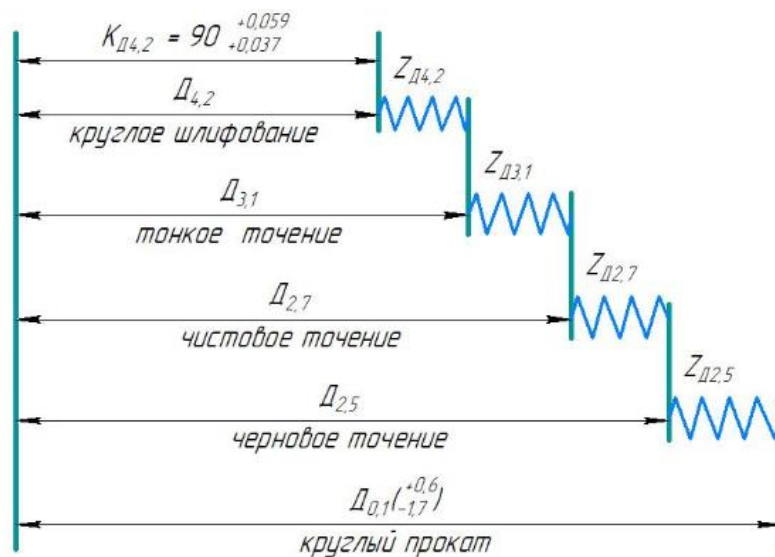


Рис. 1.5. Размерная схема технологического маршрута обработки  
поверхности вращения вала:  $\varnothing 90^{+0,059}_{+0,037}$

Находим среднее значение звена  $D_{4,2}$ :

$$D_{4,2}^C = D_{4,2} + \frac{ВО_{D_{4,2}} + НО_{D_{4,2}}}{2} = 90 + \frac{0,059 + 0,037}{2} = 90,048 \text{ мм}$$

Записываем в виде

$$D_{4,2} = 90,048 \pm 0,011 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $Z_{D_{4,2}}^C$ :

$$Z_{D_{4,2}}^C = Z_{D_{4,2}min} + \frac{T_{D_{4,2}} + T_{D_{3,1}}}{2} = 0,087 + \frac{0,022 + 0,035}{2} = 0,1155 \text{ мм}$$

Подсчитываем среднее значение звена  $D_{3,1}$ :

$$D_{3,1}^C = D_{4,2}^C + Z_{D_{4,2}}^C = 90,048 + 0,1155 = 90,1635 \text{ мм}$$

Записываем в виде:

$$D_{3,1} = 90,1635 \pm 0,0175 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $Z_{Д3,1}^C$ :

$$Z_{Д3,1}^C = Z_{Д3,1min} + \frac{T_{Д2,7} + T_{Д3,1}}{2} = 0,233 + \frac{0,087 + 0,035}{2} = 0,294 \text{ мм}$$

Подсчитываем среднее значение звена  $Д_{2,7}$ :

$$D_{2,7}^C = D_{3,1}^C + Z_{Д3,1}^C = 90,1635 + 0,294 = 90,4575 \text{ мм}$$

Записываем в виде:

$$D_{2,7} = 90,4575 \pm 0,0435 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $Z_{Д2,7}^C$ :

$$Z_{Д2,7}^C = Z_{Д2,7min} + \frac{T_{Д2,7} + T_{Д2,5}}{2} = 0,642 + \frac{0,087 + 0,35}{2} = 0,8605 \text{ мм}$$

Подсчитываем среднее значение звена  $Д_{2,5}$ :

$$D_{2,5}^C = D_{2,7}^C + Z_{Д2,7}^C = 90,4575 + 0,8605 = 91,318 \text{ мм}$$

Записываем в виде:

$$D_{2,5} = 91,318 \pm 0,175 \text{ мм}$$

Находим среднее значение припуска  $Z_{Д2,5}^C$ :

$$Z_{Д2,5}^C = Z_{Д2,5min} + \frac{T_{Д0,1} + T_{Д2,5}}{2} = 2,864 + \frac{0,35 + 1,8}{2} = 3,939 \text{ мм}$$

Подсчитываем среднее значение звена  $Д_{0,1}$ :

$$D_{0,1}^C = D_{2,5}^C + Z_{Д2,5}^C = 91,318 + 3,939 = 95,257 \text{ мм}$$

Вычисляем номинальное значение звена  $Д_{0,1}$  по формуле:

$$D_{0,1} = D_{0,1}^C - \frac{ВОД_{0,1} + НОД_{0,1}}{2} = 95,257 - \frac{0,5 - 1,3}{2} = 95,657 \text{ мм}$$



Таким образом, расчетное значения этого звена составляет  $95,657_{-1,3}^{+0,5}$  мм. Выбираем прокат диаметром  $D_{0,1\Phi} = 97_{-1,3}^{+0,5}$  мм. Фактическое значение припуска  $Z_{D_{2,5}}$  будет

$$Z_{D_{2,5\Phi}} = D_{0,1\Phi} - D_{2,5} = 97_{-1,3}^{+0,5} - 91,318_{-0,175}^{+0,175} = 5,682_{-1,475}^{+0,675} \text{ мм}$$

### Расчет технологических размеров при обработке наружной поверхности $\Phi 70_{+0,020}^{+0,039}$

Сначала из размерной цепи  $D_{3,3}$ ,  $D_{4,4}$ ,  $Z_{D_{4,4}}$  (рис. 4) находим  $D_{3,3}$ . Для этого определяем

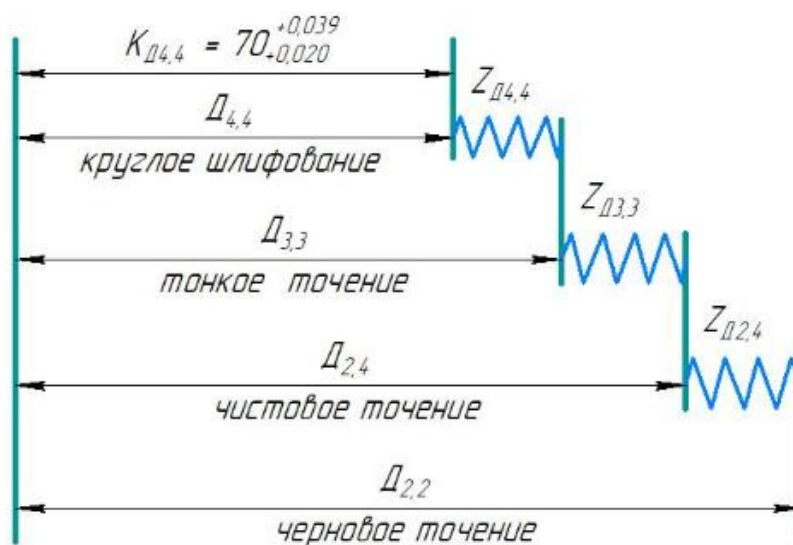


Рис. 1.6. Размерная схема технологического маршрута обработки поверхности вращения вала:  $\Phi 70_{+0,020}^{+0,039}$

среднее значение звена  $D_{4,4}$ :

$$D_{4,4}^C = D_{4,4} + \frac{ВОД_{4,4} + НОД_{4,4}}{2} = 70 + \frac{0,039 + 0,020}{2} = 70,0295 \text{ мм}$$

Затем находим

$$Z_{D_{4,4}}^C = Z_{D_{4,4}min} + \frac{T_{D_{4,4}} + T_{D_{3,3}}}{2} = 0,072 + \frac{0,019 + 0,03}{2} = 0,0965 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{3,3}^C = D_{4,4}^C + Z_{D_{4,4}}^C = 70,0295 + 0,0965 = 70,126 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{3,3}$  в виде:

$$D_{3,3} = 70,126 \pm 0,015 \text{ мм}$$

Переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{3,3}$ ,  $D_{2,4}$ ,  $Z_{D_{3,3}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,4}$ .

Определяем

$$Z_{D_{3,3}}^C = Z_{D_{3,3}min} + \frac{T_{D_{2,4}} + T_{D_{3,3}}}{2} = 0,213 + \frac{0,03 + 0,074}{2} = 0,265 \text{ мм}$$

и подсчитываем

$$D_{2,4}^C = D_{3,3}^C + Z_{D_{3,3}}^C = 70,126 + 0,265 = 70,391 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{2,4}$  в виде:

$$D_{2,4} = 70,391 \pm 0,037 \text{ мм}$$

Окончательно переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{2,2}$ ,  $D_{2,4}$ ,  $Z_{D_{4,4}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,2}$ .

Определяем

$$Z_{D_{2,4}}^C = Z_{D_{2,4}min} + \frac{T_{D_{2,4}} + T_{D_{2,2}}}{2} = 0,597 + \frac{0,3 + 0,074}{2} = 0,784 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{2,2}^C = D_{2,4}^C + Z_{D_{2,4}}^C = 70,391 + 0,784 = 71,175 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{3,3}$  в виде:

$$D_{2,2} = 71,175 \pm 0,15 \text{ мм}$$

**Расчет технологических размеров при обработке наружной поверхности  $\varnothing 80^{+0,021}_{+0,002}$**

Аналогично как на предыдущем расчете из размерной цепи  $D_{3,11}$ ,  $D_{4,1}$ ,  $Z_{D4,1}$  (рис. 1.7) находим  $D_{3,11}$ . Для этого определяем среднее значение звена  $D_{4,4}$ :

$$D_{4,1}^C = D_{4,1} + \frac{ВО_{D4,1} + НО_{D4,1}}{2} = 80 + \frac{0,021 + 0,002}{2} = 80,0115 \text{ мм}$$

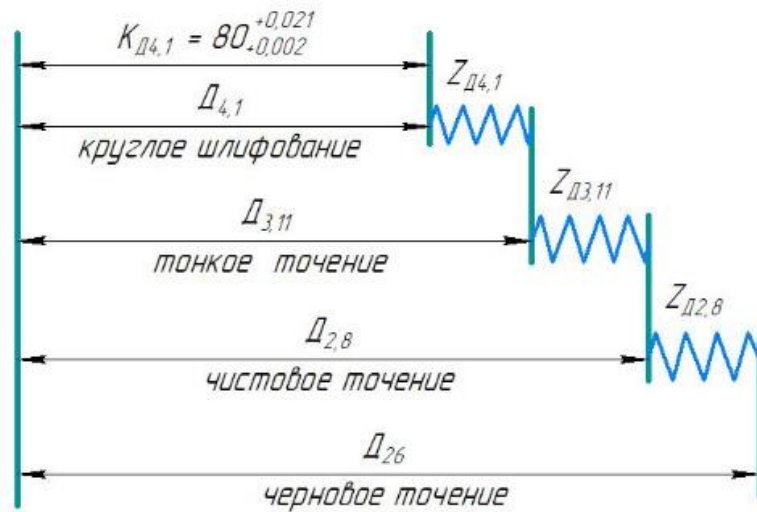


Рис. 1.7. Размерная схема технологического маршрута обработки поверхности вращения вала:  $\varnothing 80^{+0,021}_{+0,002}$

Затем находим

$$Z_{D4,1}^C = Z_{D4,1min} + \frac{T_{D4,1} + T_{D3,11}}{2} = 0,078 + \frac{0,03 + 0,018}{2} = 0,102 \text{ мм}$$

И ВЫЧИСЛЯЕМ

$$D_{3,11}^C = D_{4,1}^C + Z_{D_{4,1}}^C = 80,0115 + 0,102 = 80,1135 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{3,11}$  в виде:

$$D_{3,11} = 80,1135 \pm 0,015 \text{ мм}$$

Переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{3,11}$ ,  $D_{2,8}$ ,  $Z_{D_{3,11}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,8}$ .

Определяем

$$Z_{D_{3,11}}^C = Z_{D_{3,11}min} + \frac{T_{D_{2,8}} + T_{D_{3,11}}}{2} = 0,212 + \frac{0,03 + 0,074}{2} = 0,264 \text{ мм}$$

и подсчитываем

$$D_{2,8}^C = D_{3,11}^C + Z_{D_{3,11}}^C = 80,1135 + 0,264 = 80,3775 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{2,8}$  в виде:

$$D_{2,8} = 80,3775 \pm 0,037 \text{ мм}$$

Окончательно переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{2,6}$ ,  $D_{2,8}$ ,  $Z_{D_{2,8}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,6}$ .

Определяем

$$Z_{D_{2,8}}^C = Z_{D_{2,8}min} + \frac{T_{D_{2,8}} + T_{D_{2,6}}}{2} = 0,619 + \frac{0,3 + 0,074}{2} = 0,806 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{2,6}^C = D_{2,8}^C + Z_{D_{2,8}}^C = 80,3775 + 0,806 = 81,1835 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{2,6}$  в виде:

$$D_{2,6} = 81,1835 \pm 0,15 \text{ мм}$$

## Расчет технологических размеров при обработке наружной

поверхности  $\varnothing 80_{+0,002}^{+0,021}$

Аналогично предыдущему расчету из размерной цепи  $D_{3,2}$ ,  $D_{4,3}$ ,  $Z_{D_{4,3}}$  (рис. 1.8) находим  $D_{3,2}$ .

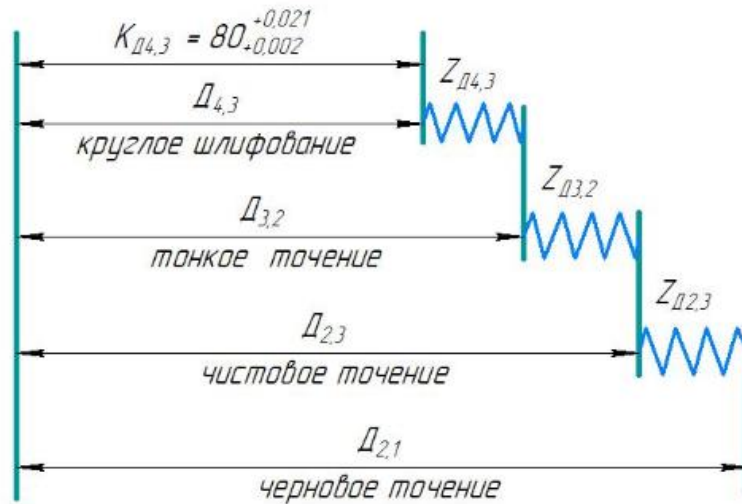


Рис. 1.8. Размерная схема технологического маршрута обработки

поверхности вращения вала:  $\varnothing 80_{+0,002}^{+0,021}$

Для этого определяем среднее значение звена  $D_{4,3}$ :

$$D_{4,3}^C = D_{4,3} + \frac{ВО_{D_{4,3}} + НО_{D_{4,3}}}{2} = 80 + \frac{0,021 + 0,002}{2} = 80,0115 \text{ мм}$$

Затем находим

$$Z_{D_{4,3}}^C = Z_{D_{4,3}min} + \frac{T_{D_{4,3}} + T_{D_{3,2}}}{2} = 0,078 + \frac{0,03 + 0,018}{2} = 0,102 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{3,2}^C = D_{4,3}^C + Z_{D_{4,3}}^C = 80,0115 + 0,102 = 80,1135 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{3,2}$  в виде:

$$D_{3,2} = 80,1135 \pm 0,015 \text{ мм}$$

Переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{3,2}$ ,  $D_{2,3}$ ,  $Z_{D_{3,2}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,3}$ .

Определяем

$$Z_{D_{3,2}}^C = Z_{D_{3,11}min} + \frac{T_{D_{2,3}} + T_{D_{3,2}}}{2} = 0,212 + \frac{0,03 + 0,074}{2} = 0,264 \text{ мм}$$

и подсчитываем

$$D_{2,3}^C = D_{3,2}^C + Z_{D_{3,2}}^C = 80,1135 + 0,264 = 80,3775 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{2,3}$  в виде:

$$D_{2,3} = 80,3775 \pm 0,037 \text{ мм}$$

Окончательно переходим к рассмотрению размерной цепи  $D_{2,1}$ ,  $D_{2,3}$ ,  $Z_{D_{2,3}}$  и из нее аналогичным образом находим  $D_{2,1}$ .

Определяем

$$Z_{D_{2,3}}^C = Z_{D_{2,3}min} + \frac{T_{D_{2,3}} + T_{D_{2,1}}}{2} = 0,619 + \frac{0,3 + 0,074}{2} = 0,806 \text{ мм}$$

и вычисляем

$$D_{2,1}^C = D_{2,3}^C + Z_{D_{2,3}}^C = 80,3775 + 0,806 = 81,1835 \text{ мм}$$

Записываем звено  $D_{2,1}$  в виде:

$$D_{2,1} = 81,1835 \pm 0,15 \text{ мм}$$

Результаты расчета продольных технологических размеров представляем в табл. 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты расчета продольных технологическиз размеров

Обозначение технологического размера	Среднее значение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
$D_{0,1}$	97	97,5 <sub>-1,8</sub>
$D_{2,1}$	81,1835	81,333 <sub>-0,3</sub>
$D_{2,2}$	71,175	71,325 <sub>-0,3</sub>
$D_{2,3}$	80,3775	80,414 <sub>-0,074</sub>
$D_{2,4}$	70,391	70,428 <sub>-0,074</sub>
$D_{2,5}$	91,318	91,493 <sub>-0,35</sub>
$D_{2,6}$	81,1835	81,333 <sub>-0,3</sub>
$D_{2,7}$	90,4575	90,501 <sub>-0,087</sub>
$D_{2,8}$	80,3775	80,414 <sub>-0,074</sub>
$D_{3,1}$	90,1635	90,181 <sub>-0,035</sub>
$D_{3,2}$	80,1135	80,128 <sub>-0,03</sub>
$D_{3,3}$	70,126	70,141 <sub>-0,03</sub>
$D_{3,11}$	80,1135	80,128 <sub>-0,03</sub>
$D_{4,1}$	80,0115	80,021 <sub>-0,019</sub>
$D_{4,2}$	90,048	90,059 <sub>-0,022</sub>
$D_{4,3}$	80,0115	80,021 <sub>-0,019</sub>
$D_{4,4}$	70,0295	70,039 <sub>-0,019</sub>

### 1.5.5 Расчет продольных технологических размеров

Для расчет продольных размеров используем общую размерную схему (рис 1.3) технологического процесса изготовления вала и граф технологических размерных цепей (рис. 1.9).

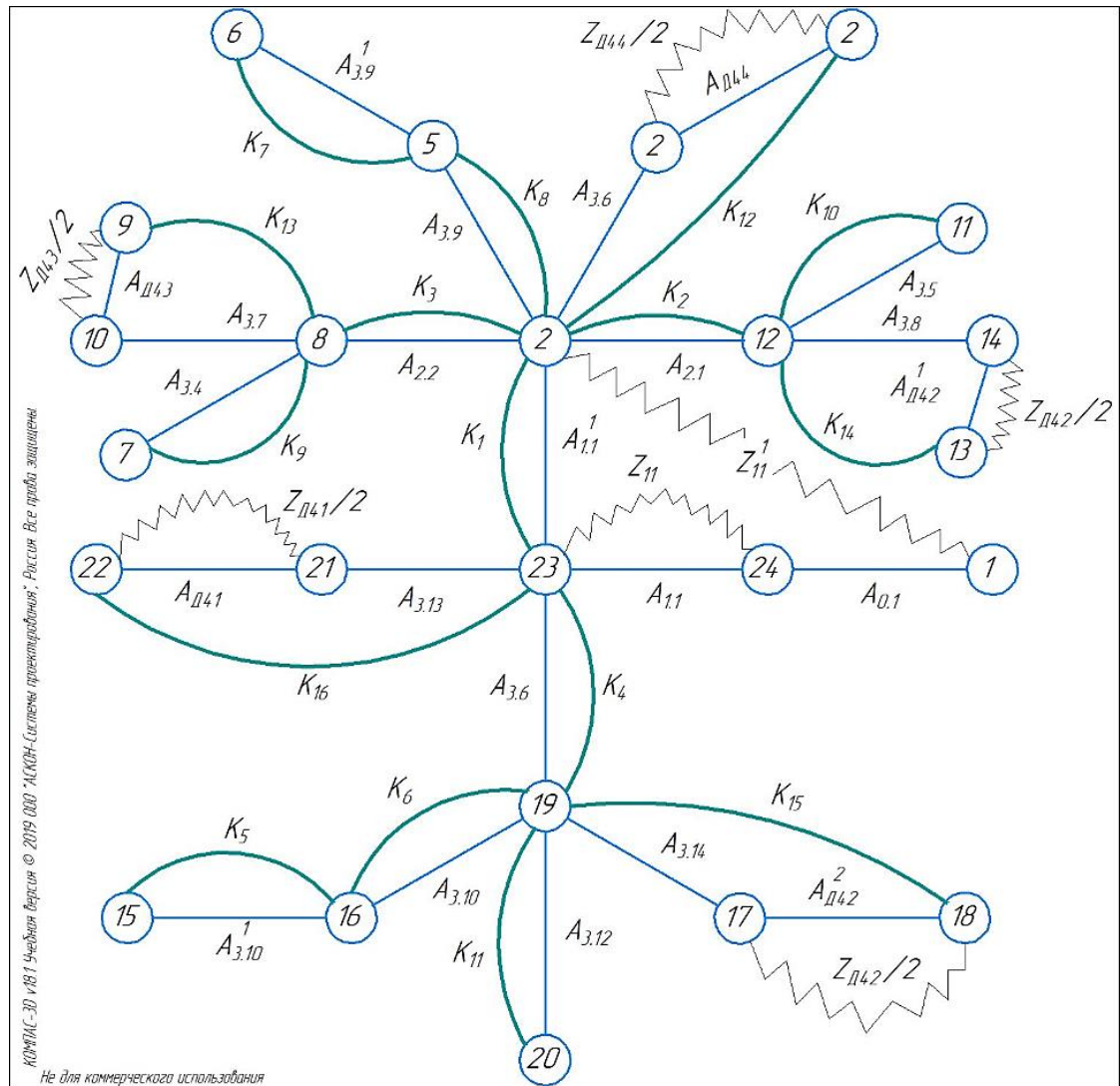


Рис. 1.9. Граф технологических размерных цепей, формирующихся при изготовлении вала (продольное направление).

Технологические размерные цепи, формирующихся при изготовлении вала, показаны на рис 1.10.



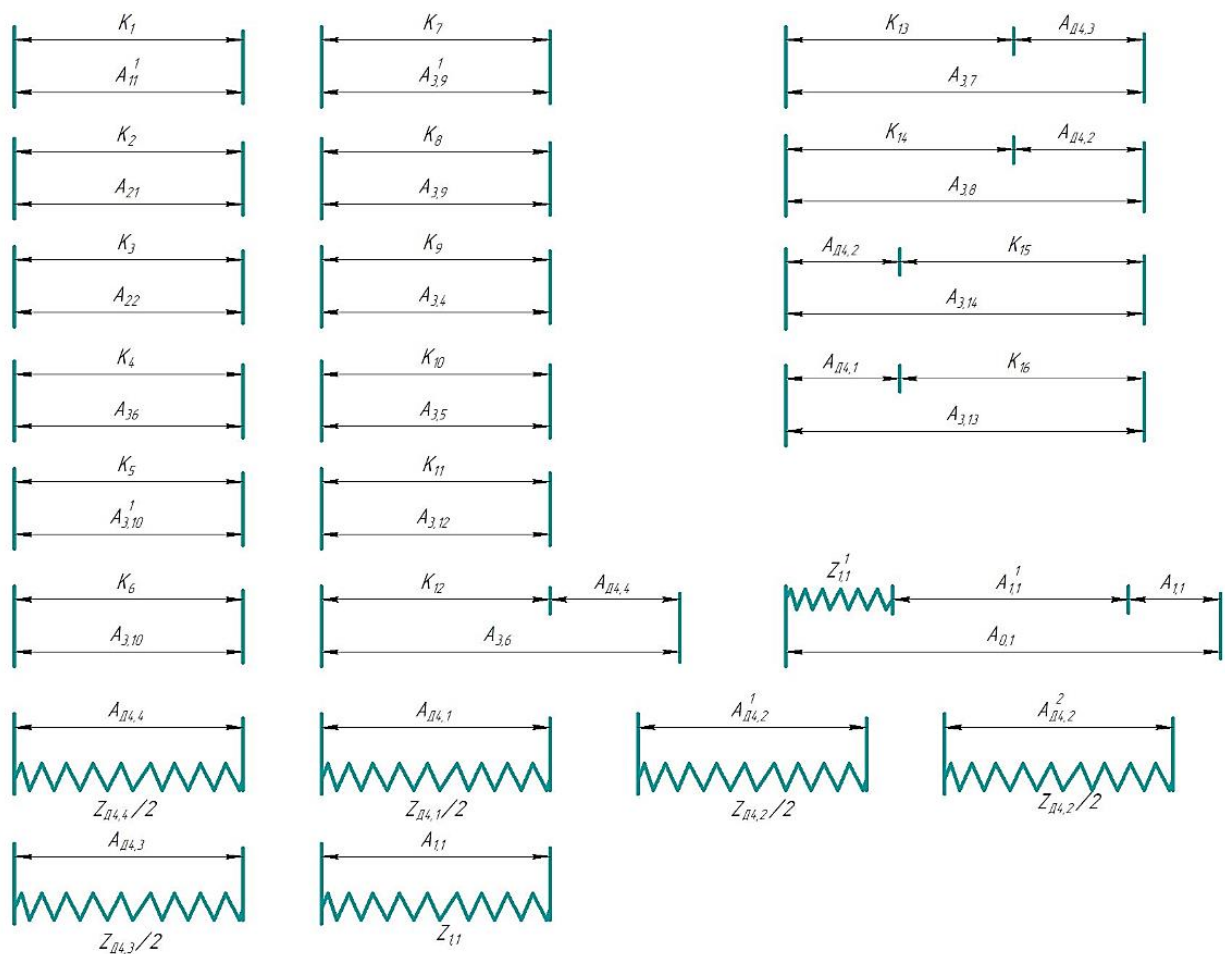


Рис. 1.10. Технологические размерные цепи, формирующиеся при изготовлении вала (продольное направление)

Особенностью технологического процесса является, то что при шлифовании всех наружных поверхностей происходит изменения продольных размеров вала (размеров фасок). Указанные изменения при угле фасок  $45^\circ$  могут быть приняты равными половине удаляемых при шлифовании припусков на диаметр. При расчете продольных технологических размеров эти припуски принимаем как известные технологические размеры. Учитывая предыдущих расчет:

$$\begin{aligned}
 Z_{D4,4} &= D_{3,3} - D_{4,4} = 70,126 \pm 0,015 - 70,0295 \pm 0,0095 \\
 &= 0,0965 \pm 0,0245 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

$$Z_{Д4,3} = D_{3,2} - D_{4,3} = 80,1135 \pm 0,015 - 80,0115 \pm 0,0095 \\ = 0,102 \pm 0,0245 \text{ мм}$$

$$Z_{Д4,2} = D_{3,1} - D_{4,2} = 90,1635 \pm 0,0175 - 90,048 \pm 0,011 \\ = 0,1155 \pm 0,0285 \text{ мм}$$

$$Z_{Д4,1} = D_{3,11} - D_{4,1} = 80,1135 \pm 0,015 - 80,0115 \pm 0,0095 \\ = 0,102 \pm 0,0245 \text{ мм}$$

Подсчитываем

$$A_{Д4,4} = \frac{Z_{Д4,4}}{2} = \frac{0,0965 \pm 0,0245}{2} = 0,04825 \pm 0,01225 \text{ мм}$$

$$A_{Д4,3} = \frac{Z_{Д4,3}}{2} = \frac{0,102 \pm 0,0245}{2} = 0,051 \pm 0,01225 \text{ мм}$$

$$A_{Д4,2}^1 = \frac{Z_{Д4,2}}{2} = \frac{0,1155 \pm 0,0285}{2} = 0,05775 \pm 0,01425 \text{ мм}$$

$$A_{Д4,2}^2 = \frac{Z_{Д4,2}}{2} = \frac{0,1155 \pm 0,0285}{2} = 0,05775 \pm 0,01425 \text{ мм}$$

$$A_{Д4,1} = \frac{Z_{Д4,1}}{2} = \frac{0,102 \pm 0,0245}{2} = 0,051 \pm 0,01225 \text{ мм}$$

### **1.5.6 Проверка обеспечения точности непосредственно не выдерживаемых конструкторских размеров**

Перед началом расчета технологических размеров проанализируем технологические размерные цепи, замыкающими звеньями которых являются непосредственно не выдерживаемые конструкторские размеры, и проверить возможность их обеспечения с требуемой точностью.

Для размера  $K_{12}$

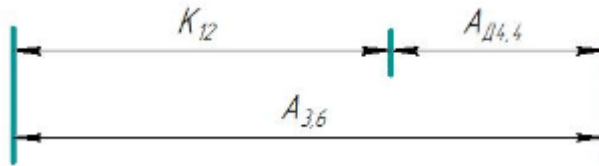


Рис. 1.11. Размерная цепь для проверки конструкторского размера  $K_{12}$

$$TK_{12} = 0,25 \text{ мм}, TA_{3,6} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм},$$

$$TA_{Д4,4} = 0,01225 - 0,01225 = 0,0245 \text{ мм}$$

Проверяем условие:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i \quad (1,13)$$

$$\sum TA = TA_{3,6} + TA_{Д4,4} = 0,1445 \text{ мм}$$

Следовательно,

$$TK_{12} = 0,25 > 0,1445 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Для размера  $K_{13}$

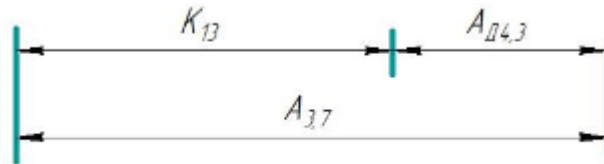


Рис. 1.12. Размерная цепь для проверки конструкторского размера  $K_{13}$

$$TK_{13} = 0,25 \text{ мм}, TA_{3,7} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм},$$

$$TA_{Д4,3} = 0,01225 - 0,01225 = 0,0245 \text{ мм}$$

Проверяем условие (1,13):

$$\sum TA = TA_{3,7} + TA_{Д4,3} = 0,1445 \text{ мм}$$

Следовательно,

$$TK_{13} = 0,25 > 0,1445 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Для размера  $K_{14}$

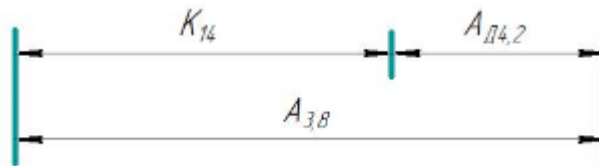


Рис. 1.13 Размерная цепь для проверки конструкторского размера  $K_{14}$

$$TK_{14} = 0,25 \text{ мм}, TA_{3,8} = \omega_{C_i} = 0,12 \text{ мм},$$

$$TA_{Д4,2} = 0,01425 - 0,01425 = 0,0285 \text{ мм}$$

Проверяем условие (1,13):

$$\sum TA = TA_{3,8} + TA_{Д4,2} = 0,12 + 0,0285 = 0,1485 \text{ мм}$$

Следовательно,

$$TK_{14} = 0,25 > 0,1485 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Для размера  $K_{15}$

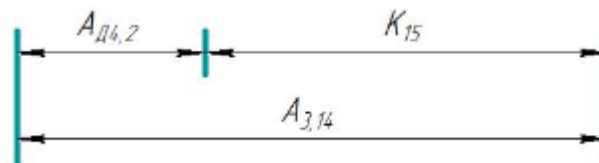


Рис. 1.14. Размерная цепь для проверки конструкторского размера  $K_{15}$

$$TK_{15} = 0,25 \text{ мм}, TA_{3,14} = \omega_{C_i} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{Д4,2} = 0,01425 - 0,01425 = 0,0285 \text{ мм}$$

Проверяем условие (1,13):

$$\sum TA = TA_{A_{3,6}} + TA_{A_{D4,4}} = 0,2 + 0,0285 = 0,2285 \text{ мм}$$

Следовательно,

$$TK_{12} = 0,25 > 0,2285 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Для размера  $K_{16}$

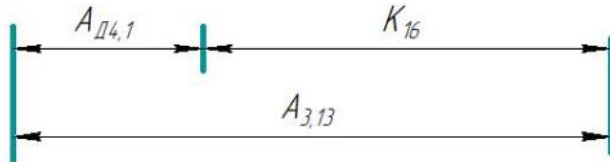


Рис. 1.15. Размерная цепь для проверки конструкторского размера  $K_{16}$

$$TK_{16} = 0,25 \text{ мм}, TA_{A_{3,13}} = \omega_{Ci} = 0,2 \text{ мм},$$

$$TA_{A_{D4,1}} = 0,01225 - 0,01225 = 0,0245 \text{ мм}$$

Проверяем условие (1):

$$\sum TA = TA_{A_{3,13}} + TA_{A_{D4,1}} = 0,2 + 0,0245 = 0,2245 \text{ мм}$$

Следовательно,

$$TK_{16} = 0,25 > 0,2245 \Rightarrow \text{условие выполняется}$$

Таким образом, убеждаемся, что спроектированный технологический процесс будет обеспечивать требуемую точность всех непосредственно невыдерживаемых конструкторских размеров.

Далее рассмотрим двухзвенные размерные цепи, в которых конструкторские размеры выдерживаются непосредственно (рис.1.10):

$$A_{1,1}^1 = K_1 = 470 \pm 0,775 \text{ мм}$$

$$A_{2,1} = K_2 = 224 \pm 0,575 \text{ мм}$$

$$A_{2,2} = K_3 = 140 \pm 0,5 \text{ мм}$$

$$A_{3,6} = K_4 = 58 \pm 0,37 \text{ мм}$$

$$A_{3,10}^1 = K_5 = 150 \pm 0,5 \text{ мм}$$

$$A_{3,10} = K_6 = 25 \pm 0,26 \text{ мм}$$

$$A_{3,9}^1 = K_7 = 100 \pm 0,435 \text{ мм}$$

$$A_{3,9} = K_8 = 5 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$A_{3,4} = K_9 = 5 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$A_{3,5} = K_{10} = 5 \pm 0,15 \text{ мм}$$

$$A_{3,12} = K_{11} = 5 \pm 0,15 \text{ мм}$$

Затем переходим к анализу размерной цепи в которой технологический размер  $A_{1,1}$  совпадает с припуском  $Z_{1,1}$

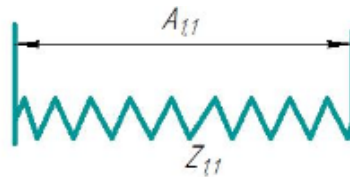


Рис. 1.16. Размерная цепь для расчета технологического размера  $A_{1,1}$

$$A_{1,1min} = Z_{1,1min} = 0,97 \text{ мм}$$

$$A_{1,1max} = Z_{1,1max} + TA_{1,1} = 2 + 0,1 = 2,01 \text{ мм}$$

$$A_{1,1}^C = \frac{(A_{1,1min} + A_{1,1max})}{2} = \frac{0,97 + 2,01}{2} = 1,49 \text{ мм}$$

Так как размер  $A_{1,1}$  получается при механической обработке и не относится ни к валам, ни к отверстиям, то в качестве номинального значения

используем среднее значение. Окончательно запишем  $A_{1,1} = Z_{1,1} = 1,49 \pm 0,05$  мм.

После этого рассмотрим размерные цепи с одним неизвестным технологическим размером.

Из размерной цепи, показанной на рис. 1.11 найдем технологический размер  $A_{3,6}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение:

$$A_{3,6}^C = K_{12}^C + A_{Д4,4}^C = 1,6 + 0,04825 = 1,64825 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{3,6} = 1,648 \pm 0,06$  мм

Из размерной цепи, показанной на рис. 1.12 найдем технологический размер  $A_{3,7}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение:

$$A_{3,7}^C = K_{13}^C + A_{Д4,3}^C = 1,6 + 0,051 = 1,651 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{3,7} = 1,651 \pm 0,06$  мм

Из размерной цепи, показанной на рис. 1.13 найдем технологический размер  $A_{3,8}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение:

$$A_{3,8}^C = K_{14}^C + A_{Д4,2}^C = 1,6 + 0,05775 = 1,65775 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{3,8} = 1,658 \pm 0,06$  мм

Из размерной цепи, показанной на рис. 1.14 найдем технологический размер  $A_{3,14}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение:

$$A_{3,14}^C = K_{15}^C + A_{Д4,2}^C = 1,6 + 0,05775 = 1,65775 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{3,14} = 1,658 \pm 0,06$  мм

Из размерной цепи, показанной на рис. 1.15 найдем технологический размер  $A_{3,13}$ . Для этого подсчитываем его среднее значение:

$$A_{3,13}^C = K_{16}^C + A_{Д4,1}^C = 1,6 + 0,051 = 1,651 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{3,13} = 1,651 \pm 0,06 \text{ мм}$ .

Наконец рассмотрим размерную цепь, показанную на рис. 1.17

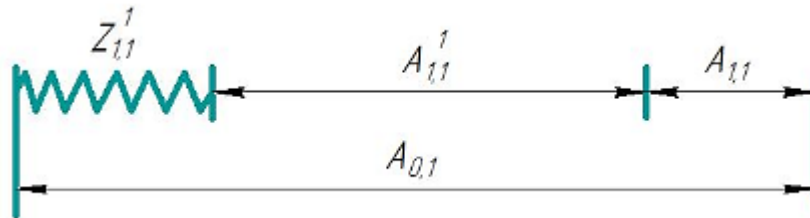


Рис. 1.17. Размерная цепь для определения технологического размера  $A_{0,1}$  и припуска  $Z_{1,1}^1$

Для определения технологического размера  $A_{0,1}$  сначала находим среднее значение припуска  $Z_{1,1}^1$ :

$$Z_{1,1}^{1C} = Z_{1,1min}^1 + \frac{TA_{0,1} + TA_{1,1} + TA_{1,1}^1}{3} = 0,97 + \frac{1,55 + 1,55 + 0,1}{3} = 2,037 \text{ мм}$$

Запишем  $Z_{1,1}^1 = 2,037 \pm 0,05 \text{ мм}$ .

Найдем среднее значение технологического размера  $A_{0,1}$

$$A_{0,1}^C = A_{1,1}^C + A_{1,1}^{1C} + Z_{1,1}^{1C} = 1,49 + 470 + 2,037 = 473,527 \text{ мм}$$

Окончательно запишем  $A_{0,1} = 473,527 \pm 0,775 \text{ мм}$

Так как технологический размер  $A_{0,1}$  является длиной исходной заготовки лучше округлить чтобы облегчить процесс ее отрезки. Фактическое значение технологического размера  $A_{0,1}$ :

$$A_{0,1\phi} = 474 \pm 0,775 \text{ мм}$$

Уточняем среднее значение припуска  $Z_{1,1}^1$ :



$$Z_{1,1}^{1C} = A_{0,1}^C - A_{1,1}^C - A_{1,1}^{1C} = 474 - 470 - 1,49 = 2,51 \text{ мм}$$

Окончательно запишем

$$Z_{1,1}^1 = 2,51 \pm 0,05 \text{ мм}$$

Результаты расчета продольных технологических размеров преставляем в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты расчета продольных технологическиз размеров

Обозначение технологического размера	Среднее значение технологического размера	Принятое номинальное значение и предельные отклонения технологического размера
$A_{0,1}$	474	$474_{-1,55}$
$A_{1,1}^1$	470	$470_{-1,55}$
$A_{1,1}$	1,49	$1,49 \pm 0,05$
$A_{2,1}$	224	$224 \pm 0,575$
$A_{2,2}$	140	$140 \pm 0,5$
$A_{2,6}$	58	$58 \pm 0,37$
$A_{3,4}$	5	$5 \pm 0,15$
$A_{3,5}$	5	$5 \pm 0,15$
$A_{3,6}$	1,648	$1,648 \pm 0,06$
$A_{3,7}$	1,651	$1,651 \pm 0,06$
$A_{3,8}$	1,658	$1,658 \pm 0,06$
$A_{3,9}$	5	$5_{-0,3}$
$A_{3,9}^1$	100	$100^{+0,87}$

$A_{3,10}$	25	$25_{-0,52}$
$A_{3,10}^1$	150	$150^{+1}$
$A_{3,12}$	5	$5 \pm 0,15$
$A_{3,13}$	1,651	$1,651 \pm 0,06$
$A_{3,14}$	1,658	$1,658 \pm 0,06$

## 1.6 Расчет режимов резания

При назначении элементов режимов резания учитываются характер обработки, материал режущей части инструмента, тип и размеры инструмента, тип и состояния оборудования и материал и состояние заготовки.

### 1.6.1 Расчет режимов для заготовительной операции

Отрезание осуществляется ножовочным машинным полотном.

Расчет для ножовочно-отрезного станка 8725АМ-300

Таблица 1.5 – Технические характеристики станка:

Наибольший диаметр заготовки $D_{\text{заг}}^{\text{max}}$ , мм	180
Наибольшая длина заготовки $l_{\text{заг}}^{\text{max}}$ , мм	500
Ширина пропила $B_{\text{проп}}$ , мм	2
Мощность электродвигателя привода главного движения $N_{\text{гд}}$ , кВт	2,2

Назначаем режимы резания. Разрезаемый материал Сталь 40Х. Предел прочности  $\sigma_B = 980$  МПа.

1) Минутная подача

$$s_M = 50 \text{ мм/мин}$$

2) Скорость резания

$$V_{\text{рез}} = 12 \text{ м/мин}$$

### 1.6.2 Расчет режимов резания для фрезерно-центровальной операции

Выбираем фрезерно-центровальный станок 2Г942

Таблица 1.6 – Технические характеристики станка 2Г942

Наименование параметра	2Г942
Класс точности станка	Н
Пределы длины обрабатываемых деталей, мм	100..1000
Пределы диаметров применяемых центровочных сверл типа А и R, мм	3,15..10,12
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Пределы частот вращения сверлильного шпинделя, об/мин	290..2300
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, об/мин	125..712
Электродвигатель привода фрезерных головок, кВт	11 x 2
Электродвигатель привода сверлильно-обточных головок, кВт	4 x 2
Габариты станка	3970...5470 x 1750 x 2000
Масса станка, кг	6500

#### Переход 1.1 (Фрезерование торцов):

При торцовом фрезеровании диаметр фрезы находится по формуле;

$$D = (1,25 \dots 1,5) \cdot B$$

где B – ширина фрезерования

$$D = 1,25 \cdot 97 = 121,25 \text{ мм}$$

Выбираем торцовую фрезу с трехгранными пластинами из быстрорежущей стали 2214-0415 1 ГОСТ 26595-85.  $D = 125 \text{ мм}$ ,  $z = 8$ ,

1) Назначаем подачу на зуб по таблице 76 [3, с.403]:

$$s_z = 0,22 \text{ мм/зуб}$$

2) Глубина резания  $t = z_{1.1}^1 = 2 \text{ мм}$

3) Скорость резания при фрезеровании определяется по формуле;

$$v = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_V \quad (1,14)$$

Выбираем коэффициенты и показатели степени по таблице 81 [3, с.407] :

$$C_V = 41; q = 0,25, x = 0,1; y = 0,4; u = 0,15; p = 0; m = 0,2$$

Стойкость инструмента  $T = 180$  мин

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{ив} \quad (1,15)$$

$$K_{MV} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_v} \quad (1,16)$$

Выбираем коэффициент  $K_r$  и показатели степени  $n$  по таблице 2 [3, с.359]:

$$K_r = 1, n_v = 0,9$$

Подставляя значение предела прочности на растяжение для стали 40Х в формулу (1,16),  $\sigma_B = 980$ МПа получим,

$$K_{MV} = \left(\frac{750}{980}\right)^{0,9} = 0,786$$

Выбираем поправочные коэффициенты по таблицам 5 и 6 [3, с.361]:

$$K_{nv} = 0,9, K_{ив} = 1$$

Подставляя все найденные значения в формулу (1,14) получим,

$$V = \frac{41 \cdot 125^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,22^{0,4} \cdot 97^{0,15} \cdot 8^0} \cdot 0,7074 = 29,55 \text{ м/мин}$$

1.5 Определяем частоту вращения фрезерного шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 29,55}{\pi \cdot 125} = 75,25 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка выбираем частоту вращения 75 об/мин

Значение фактической скорости резания определяем по формуле:

$$v_{\phi} = \frac{n_{\phi} \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{75 \cdot \pi \cdot 125}{1000} = 29,45 \text{ м/мин}$$

5) Окружная сила фрезерования определяется по формуле:

$$P_Z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n_{\text{CT}}^w} \cdot K_{\text{MP}} \quad (1,17)$$

Значения коэффициента  $C_p$  и показателей степени выбираем по таблице 83 [3, с.412]:

$$C_p = 82,5; x = 0,95; y = 0,8; u = 1,1; q = 1,1; w = 0$$

Поправочный коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости определяется по формуле;

$$K_{\text{MP}} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1,18)$$

где  $n$  – показатель степени ( $n = 0,3$  по таблице 9 [3, с.362] )

Подставляя значение предела прочности на растяжение для стали 40Х в формулу (1,18),  $\sigma_B = 980$ МПа получим,

$$K_{\text{MP}} = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08$$

Подставляя все найденные значения в формулу (1,17) получим,

$$P_Z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2^{0,95} \cdot 0,22^{0,8} \cdot 97^{1,1} \cdot 8}{125^{1,1} \cdot 75^0} \cdot 1,08 = 387,83 \text{ Н}$$

6) Крутящий момент на шпинделе;

$$M = \frac{P_Z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{387,83 \cdot 125}{2 \cdot 100} = 242,39 \text{ Нм}$$

7) Определяем эффективную мощность резания;

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{387,83 \cdot 29,45}{1020 \cdot 60} = 0,19 \text{ кВт}$$

8) Мощность главного привода определяется по формуле;

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{\text{ст}} \quad (1,19)$$

где  $\eta$  – КПД (принимаем худший вариант ( $\eta = 0,75$ ) т.к значение КПД неизвестно)

Подставляя все известные получим,

$$N_{\text{пр}} = \frac{0,19}{0,75} = 0,25 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

Переход 1.2 ( Сверление центровых отверстий):

Выбираем инструмент – Сверло 2317-0010 2 ГОСТ 14952-75

1.6 Назначаем скорость подачи по таблице 35 [3, с.381]

$$s = 0,2 \text{ мм/об}$$

1.7 Глубина резания при сверлении  $t = 0,5D$ , где  $D$  – диаметр сверла

$$t = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$$

1.8 Скорость резания определяется по формуле;

$$V = \frac{C_V \cdot D^q \cdot K_V}{T^m \cdot s^y} \quad (1,20)$$

где  $T = 15$  мин – стойкость инструмента

Значения коэффициента и показателей степени выбираем по таблице 38 [3, с.383]:

$$C_V = 7; q = 0,40; y = 0,70; m = 0,20$$

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания определяется по формуле (1,15);

$$K_{MV} = 0,786; K_{iv} = 1; K_{lv} = 1$$

Подставляя все значения коэффициентов в формулу (1,15) получим,

$$K_v = 0,786 \cdot 1 \cdot 1 = 0,786 \text{ мм}$$

Подставляем все найденные значения в формулу (1,20) и запишем,

$$v = \frac{7 \cdot 8^{0,40} \cdot 0,786}{15^{0,20} \cdot 0,2^{0,70}} = 22,69 \text{ м/мин}$$

1.9 Определяем частоту вращения сверлильного шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,69}{\pi \cdot 8} = 902,8 \text{ об/мин}$$

По паспорту станка выбираем частоту вращения 1000 об/мин

Значение фактической скорости резания определяем по формуле:

$$v_\phi = \frac{n_\phi \cdot \pi \cdot D}{1000} = \frac{1000 \cdot \pi \cdot 8}{1000} = 25,13 \text{ м/мин}$$

5) Крутящий момент определяется по формуле;

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.21)$$

Значения коэффициентов и показателей степени в формуле крутящего момента берутся по таблице 42 [3, с.385]:

$$C_M = 0,035; q = 2; y = 0,8$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma^B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$



Подставляем все найденные значения в формулу (1,21) и запишем,

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,035 \cdot 8^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,22 = 7,54 \text{ Нм}$$

б) Сила резания в осевом направлении находим по формуле

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot s^y \cdot$$

$$K_p \quad (1,22)$$

Значения коэффициентов и показателей степени в формуле силы резания берутся по таблице 42 [3, с.385]:

$$C_p = 68; q = 1; y = 0,7$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma^B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Подставляем все найденные значения в формулу (1,21) , получим

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 8^1 \cdot 0,2^{0,7} \cdot 1,22 = 2151,19 \text{ Н}$$

7) Определяем эффективную мощность резания;

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{7,54 \cdot 1000}{9750} = 0,77 \text{ кВт}$$

8) Мощность главного привода определяется по формуле;

$$N_{пр} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{ст}$$

где  $\eta$  – КПД ( $\eta = 0,75$ )

Подставляя все известные, получим

$$N_{пр} = \frac{0,77}{0,75} = 1,03 \text{ кВт} < N_{ст} = 4 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

### 1.6.3 Расчет режимов резания для токарной операции с ЧПУ

Расчеты проводим для токарного станка с ЧПУ ЛТ 200 Урал-инструмент-пумори

Технические характеристики:

Мощность двигателя главного шпинделя  $N_{\text{гш}} = 11$  кВт

Максимальная частота вращения шпинделя  $n_{\text{шп}} = 5000$  об/мин

Наибольший диаметр заготовки  $D_{\text{заг}}^{\text{max}} = 290$  мм

Наибольшая длина заготовки  $l_{\text{заг}}^{\text{max}} = 500$  м

#### Переход 2.1 (черновое обтачивание)

В качестве основного инструмента на данном переходе выбираем резец проходной с пластинами из твердого сплава Т15К6: Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73.

1) Назначаем глубину резания:

Глубину резания назначаем равную максимальному значению припуска на черновую обработку  $t = \frac{Z_{\text{Д2,5}}}{2} = \frac{6,457}{2} = 3,2285$  мм

2) Выбираем подачу при данной глубине резания  $s = 0,8$  мм/об [3, стр.364, табл.11]

3) Скорость резания при точении:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V \quad (1,20)$$

4) Выбираем коэффициенты  $C_V = 280$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  [3, стр.367, табл.17];  $T = 50$  мин

Коэффициент  $K_V$  рассчитываем по формуле (1,15)

Выбираем коэффициенты  $K_{nv} = 0,9$ ;  $K_{iv} = 1,0$ ;

Коэффициент  $K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{980}\right)^1 = 0,765$  по формуле (1,16)

$K_r = 1$ ;  $n_v = 1$  [3, стр.359, табл.2]

Подставляя все численные значения в формулу (1,20) получим,

$$V = \frac{280}{50^{0,2} \cdot 3,2285^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,765 = 81,76 \text{ м/мин}$$

5) Определяем число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 81,76}{\pi \cdot 97} = 268,3 \text{ об/мин}$$

6) Определяем силу резания при точении:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1,21)$$

Выбираем коэффициенты  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  [3, стр.372, табл.22];

Коэффициент  $K_p$  рассчитывается по формуле (1,22)

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1,22)$$

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

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,75} = 1,22$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,21) получим,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3,2285^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 81,76^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 = 4595,24 \text{ Н}$$

7) Определяем эффективную мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4595,24 \cdot 81,76}{1020 \cdot 60} = 6,14 \text{ кВт}$$

8) Определяем требуемую мощность главного привода

$$N_{\text{треб}} = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{6,14}{0,9} = 6,82 \text{ кВт}$$

Так как КПД главного привода неизвестен, выбираем ориентировочное значение  $\eta = 0,9$  для современного станка с ЧПУ.

9) Проверяем условие выполнения данного перехода на выбранном станке:

$$N_{\text{треб}} \leq N_{\text{ст}} \Rightarrow 6,82 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

Для повышения производительности механообработки будем использовать полученные режимы при черновом точении остальных поверхностей заготовки.

### Переход 2.3 (чистовое обтачивание)

На данном переходе выбираем резец проходной с пластинами из твердого сплава Т15К6: Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73.

1) Назначаем глубину резания:

Глубину резания назначаем равную максимальному значению припуска на чистовую обработку  $t = \frac{Z_{\text{д2,7}}}{2} = \frac{0,8605}{2} = 0,43 \text{ мм}$

2) Выбираем подачу при данной глубине резания  $s = 0,8 \text{ мм/об}$  [3, стр.364, табл.11]

3) Скорость резания:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V$$

4) Выбираем коэффициенты  $C_V = 280$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  [3, стр.367, табл.17];  $T = 45 \text{ мин}$

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

Выбираем коэффициенты  $K_{nv} = 0,9$ ;  $K_{iv} = 1,0$ ;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,765$$

$K_r = 1$ ;  $n_v = 1$  [3, стр.359, табл.2]

Подставляя все численные значения получим,

$$V = \frac{280}{45^{0,2} \cdot 0,43^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,765 = 112,98 \text{ м/мин}$$

5) Определяем число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 112,98}{\pi \cdot 91,318} = 393,82 \text{ об/мин}$$

6) Определяем силу резания:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Выбираем коэффициенты  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  [3, стр.372, табл.22];

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

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

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Подставляя все численные значения получим,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,43^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 112,98^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 = 583,05 \text{ Н}$$

7) Определяем эффективную мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{583,05 \cdot 112,98}{1020 \cdot 60} = 1,08 \text{ кВт}$$

8) Определяем требуемую мощность главного привода

$$N_{\text{треб}} = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{1,08}{0,9} = 1,2 \text{ кВт}$$

Так как КПД главного привода неизвестен, выбираем ориентировочное значение  $\eta = 0,9$  для современного станка с ЧПУ.

9) Проверяем условие выполнения данного перехода на выбранном станке:

$$N_{\text{треб}} \leq N_{\text{ст}} \Rightarrow 1,2 \text{ кВт} < 11 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

Для повышения производительности механообработки будем использовать полученные режимы при чистовом точении остальных поверхностей заготовки.

#### 1.6.4 Расчет режимов резания для токарно-фрезерной операции с ЧПУ

Расчеты проводим для токарного обрабатывающего центра TAKISAWA LA-250M

Технические характеристики станка:

Мощность двигателя главного шпинделя  $N_{\text{гш}} = 15 \text{ кВт}$

Максимальная частота вращения шпинделя  $n_{\text{шп}} = 3000 \text{ об/мин}$

Наибольший диаметр заготовки  $D_{\text{заг}}^{\text{max}} = 420 \text{ мм}$

Наибольшая длина заготовки  $l_{\text{заг}}^{\text{max}} = 734 \text{ мм}$

##### Переход 3.1 (тонкое обтачивание)

В качестве основного инструмента на данном переходе выбираем резец проходной с пластинами из твердого сплава Т15К6: Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73.

1) Назначаем глубину резания:

Глубину резания назначаем равную максимальному значению

$$\text{припуска } t = \frac{Z_{дз,1}}{2} = \frac{0,294}{2} = 0,147 \text{ мм}$$

2) Выбираем подачу при данной глубине резания  $s = 0,07$  мм/об [3, стр.364, табл.11]

3) Скорость резания при точении по формуле (1,20):

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V$$

4) Выбираем коэффициенты  $C_V = 350$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,20$  [3, стр.367, табл.17];  $T = 20$  мин

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

Выбираем коэффициенты  $K_{pv} = 0,9$ ;  $K_{iv} = 1,0$ ;

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^1 = 0,765$$

$$K_r = 1; n_v = 1 \text{ [3, стр.359, табл.2]}$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,20) получим ,

$$V = \frac{350}{20^{0,2} \cdot 0,147^{0,15} \cdot 0,07^{0,2}} \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,765 = 300,36 \text{ м/мин}$$

5) Определяем число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 300,36}{\pi \cdot 90,4575} = 1056,93 \text{ об/мин}$$

6) Определяем силу резания при точении по формуле (1,21):

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Выбираем коэффициенты  $C_p = 300$ ;  $n = -0,15$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$  [3, стр.372, табл.22];

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

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

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,21) получим,

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,147^{1,0} \cdot 0,07^{0,75} \cdot 300,36^{-0,15} \cdot 1,22 \cdot 0,89 = 27,69 \text{ Н}$$

7) Определяем эффективную мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{27,69 \cdot 300,36}{1020 \cdot 60} = 0,136 \text{ кВт}$$

8) Определяем требуемую мощность главного привода

$$N_{треб} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{0,136}{0,9} = 0,15 \text{ кВт}$$

Так как КПД главного привода неизвестен, выбираем ориентировочное значение  $\eta = 0,9$  для современного станка с ЧПУ.

9) Проверяем условие выполнения данного перехода на выбранном станке:

$$N_{треб} \leq N_{ст} \Rightarrow 0,15 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

Для повышения производительности механообработки будем использовать полученные режимы при тонком точении остальных поверхностей заготовки.

Режимы резания при точении канавок для выхода шлифовального круга и снятия фасок не проводятся, так как целесообразно рассчитывать режимы резания для переходов, трудоемкость которых значительно влияет на нормы времени технологического процесса.

Переход 3,9 (фрезерование паза  $A_{3,9}^1$ )



Фрезерование выполняем цельной концевой фрезой  $D = 20$  мм;  $z = 4$  из быстрорежущей стали Р6М5: Фреза 20-1 ГОСТ 1704-2015

1) Назначаем глубину фрезерования

$$t = 7,626 \text{ мм}$$

2) Ширина фрезерования

$$B = 20 \text{ мм}$$

3) Определяем подачу на зуб фрезы:

$$s_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$$

4) Скорость резания при фрезеровании по формуле (1,14):

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

Выбираем коэффициенты  $C_V = 46,7$ ;  $q = 0,45$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,5$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,33$  [3, стр. 407, табл. 81]

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

Выбираем коэффициенты  $K_{pv} = 0,9$ ;  $K_{iv} = 1,0$ ;

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,786$$

$K_{\Gamma} = 1$ ;  $n_v = 0,9$  [3, стр.359, табл.2]

Подставляя все численные значения в формулу (1,14) получим,

$$V = \frac{46,7 \cdot 20^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 7,626^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 20^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,9 \cdot 0,786 = 27,2 \text{ м/мин}$$

5) Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,2}{\pi \cdot 20} = 432,9 \text{ об/мин}$$

6) Определяем минутную подачу:

$$s_M = s_z \cdot z \cdot n = 0,08 \cdot 4 \cdot 432,9 = 138,53 \text{ мм/мин}$$

7) Определяем окружную силу резания при фрезеровании по формуле (1,17):

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

Выбираем коэффициенты  $C_p = 68,2$ ;  $q = 0,86$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1,0$ ;  $w = 0$ ; [3, стр. 412, табл 83]. Коэффициент  $K_{mp}$  рассчитываем по формуле (1,18)

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,17) получим,

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 7,626^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 20^{1,0} \cdot 4}{20^{0,86} \cdot 432,9^0} \cdot 1,08 = 4172,65 \text{ Н}$$

8) Определяем крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{4172,65 \cdot 20}{2 \cdot 1000} = 41,72 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9) Определяем эффективную мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{27,2 \cdot 4172,65}{1020 \cdot 60} = 1,85 \text{ кВт}$$

10) Определяем требуемую мощность главного привода

$$N_{треб} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{1,85}{0,9} = 2,06 \text{ кВт}$$

Так как КПД главного привода неизвестен, выбираем ориентировочное значение  $\eta = 0,9$  для современного станка с ЧПУ.

11) Проверяем условие выполнения данного перехода на выбранном станке:

$$N_{\text{треб}} \leq N_{\text{ст}} \Rightarrow 2,06 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

### Переход 3.10 (фрезерование паза $A_{3,10}^1$ )

Фрезерование выполняем цельной концевой фрезой  $D = 25 \text{ мм}$ ;  $z = 4$  из быстрорежущей стали Р6М5: Фреза 25-1 ГОСТ 1704-2015

- 1) Назначаем глубину фрезерования

$$t = 9,1635 \text{ мм}$$

- 2) Ширина фрезерования

$$B = 25 \text{ мм}$$

- 3) Определяем подачу на зуб фрезы:

$$s_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$$

- 4) Скорость резания при фрезеровании определяем по формуле (1,14):

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

Выбираем коэффициенты  $C_V = 46,7$ ;  $q = 0,45$ ;  $x = 0,5$ ;  $y = 0,5$ ;  $u = 0,1$ ;  $p = 0,1$ ;  $m = 0,33$  [3, стр. 407, табл. 81]

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}$$

Выбираем коэффициенты  $K_{pv} = 0,9$ ;  $K_{iv} = 1,0$ ; Коэффициент  $K_{mv}$  определим по формуле (1,16):

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left( \frac{750}{980} \right)^{0,9} = 0,786$$

$$K_r = 1; n_v = 0,9 \text{ [3, стр.359, табл.2]}$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,14) получим,

$$V = \frac{46,7 \cdot 25^{0,45}}{60^{0,33} \cdot 9,1635^{0,5} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 25^{0,1} \cdot 4^{0,1}} \cdot 0,9 \cdot 0,786 = 26,83 \text{ м/мин}$$

5) Определяем частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 26,83}{\pi \cdot 25} = 341,61 \text{ об/мин}$$

6) Определяем минутную подачу:

$$s_M = s_z \cdot z \cdot n = 0,08 \cdot 4 \cdot 341,61 = 109,31 \text{ мм/мин}$$

7) Определяем окружную силу резания при фрезеровании по формуле (1,17):

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

Выбираем коэффициенты  $C_p = 68,2$ ;  $q = 0,86$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  
 $u = 1,0$ ;  $w = 0$ ; [3, стр. 412, табл 83]

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0,3} = 1,08$$

Подставляя все численные значения в формулу (1,17) получим,

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 9,1635^{0,86} \cdot 0,08^{0,72} \cdot 25^{1,0} \cdot 4}{25^{0,86} \cdot 341,61^0} \cdot 1,08 = 5041,7 \text{ Н}$$

8) Определяем крутящий момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{5041,7 \cdot 25}{2 \cdot 1000} = 63,02 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

9) Определяем эффективную мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{26,83 \cdot 5041,7}{1020 \cdot 60} = 2,21 \text{ кВт}$$

12) Определяем требуемую мощность главного привода из условия (1,19)

$$N_{треб} = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{2,21}{0,9} = 2,45 \text{ кВт}$$

Так как КПД главного привода неизвестен, выбираем ориентировочное значение  $\eta = 0,9$  для современного станка с ЧПУ.

- 13) Проверяем условие выполнения данного перехода на выбранном станке:

$$N_{\text{треб}} \leq N_{\text{ст}} \Rightarrow 2,45 \text{ кВт} < 15 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

### 1.6.5 Расчет режимов резания для круглошлифовальной операции с ЧПУ

Выбираем круглошлифовальный станок ОШ – 525Ф3. Его технические характеристики представлено в табл. 1.7.

Таблица 1.7. Технические характеристики станка

Мощность главного привода, кВт	5,5
Частота вращения шлифовального шпинделя, об/мин	60000
Диаметр шлифования в центрах, мм	220
Длина шлифования в центрах, мм	500
Высота центров, мм	140
Наружный диаметр шлифовального круга для наружного шлифования, мм	500
Высота шлифовального круга для наружного шлифования, мм	50
Наличие системы ЧПУ	Да
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	3800 x 3850 x 1900
Масса станка, кг	4820

Выбираем шлифовальный круг – 500x40x203,2 24А F30 Р 6 К5 А 40м/с. 2 кл. ГОСТ Р 52781-2007

Переход 4.1 (Чистовое шлифование поверхности  $\Phi D_{4,1}$ )

1.10 Назначаем параметры резания при шлифовании с продольной подачей на каждый ход по таблице 130 [3, с.438]:

- i. Скорость круга  $v_k = 30$  м/с
- ii. Скорость заготовки  $v_3 = 25$  м/мин
- iii. Глубина шлифования  $t = 0,015$  мм
- iv. Продольная подача  $s = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 40 = 8$  мм/об

1.11 Частота вращения круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_k}{\pi \cdot d_k} \cdot \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{\pi \cdot 500} = 1145,92 \text{ об/мин}$$

1.12 Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d_3} \cdot \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 80,1135} = 99,33 \text{ об/мин}$$

1.13 Эффективная мощность при шлифовании с продольной подачей на каждый ход вычисляется по формуле;

$$N_3 = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot t^x \quad (1,23)$$

где  $d$  – диаметр шлифования, мм

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени берем по таблице 131 [3, с.441]:

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

Подставляя все известные в формулу (1,23) получим,

$$N_e = 2,2 \cdot 25^{0,5} \cdot 80,1135^0 \cdot 0,015^{0,5} \cdot 8^{0,55} = 4,23 \text{ кВт}$$

5) Мощность главного привода определяется из условия (1,19);

$$N_{пр} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{ст}$$

где  $\eta$  – КПД ( $\eta = 0,9$ )

$$N_{\text{пр}} = \frac{4,23}{0,9} = 4,70 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 5,5 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

#### Переход 4.2 (Чистовое шлифование поверхности $\phi D_{3,1}$ )

1.14 Назначаем параметры резания по таблице 130 [3, с.438]:

- i. Скорость круга  $v_k = 30 \text{ м/с}$
- ii. Скорость заготовки  $v_3 = 20 \text{ м/мин}$
- iii. Продольная подача  $s = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ мм/мин}$
- iv. Глубина шлифования  $t = 0,015 \text{ мм}$

1.15 Частота вращения круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_k}{\pi \cdot d_k} \cdot \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{\pi \cdot 500} = 1145,92 \text{ об/мин}$$

1.16 Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d_3} \cdot \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 90,1635} = 70,61 \text{ об/мин}$$

1.17 Эффективная мощность при продольном шлифовании вычисляется по формуле (1,23);

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

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени берем по таблице 131 [3, с.441]:

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

Подставляя все известные в формулу (1,23) получим,

$$N_e = 2,2 \cdot 20^{0,5} \cdot 0,015^{0,5} \cdot 8^{0,55} \cdot 1 = 3,78 \text{ кВт}$$

5) Мощность главного привода определяется из условия (1,19);

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{\text{ст}}$$

где  $\eta$  – КПД ( $\eta = 0,9$ )

$$N_{\text{пр}} = \frac{3,78}{0,9} = 4,2 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 5,5 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

### Переход 4.3 (Чистовое шлифование поверхности $\Phi D_{3,2}$ )

1.18 Назначаем параметры резания при шлифовании с продольной подачей на каждый ход по таблице 130 [3, с.438]:

- i. Скорость круга  $v_k = 30 \text{ м/с}$
- ii. Скорость заготовки  $v_3 = 25 \text{ м/мин}$
- iii. Глубина шлифования  $t = 0,015 \text{ мм}$
- iv. Продольная подача  $s = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ мм/об}$

1.19 Частота вращения круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_k}{\pi \cdot d_k} \cdot \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{\pi \cdot 500} = 1145,92 \text{ об/мин}$$

1.20 Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d_3} \cdot \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 80,1135} = 99,33 \text{ об/мин}$$

1.21 Эффективная мощность при шлифовании с продольной подачей на каждый ход вычисляется по формуле (1,23);

$$N_3 = C_N \cdot v_3^r \cdot s^y \cdot d^q \cdot t^x$$

где  $d$  – диаметр шлифования, мм

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени берем по таблице 131 [3, с.441]:



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

Подставляя все известные в формулу (1,23) получим,

$$N_e = 2,2 \cdot 25^{0,5} \cdot 80,1135^0 \cdot 0,015^{0,5} \cdot 8^{0,55} = 4,23 \text{ кВт}$$

5) Мощность главного привода определяется из условия (1,19);

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{\text{ст}}$$

где  $\eta$  – КПД ( $\eta = 0,9$ )

$$N_{\text{пр}} = \frac{4,23}{0,9} = 4,70 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 5,5 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

#### Переход 4.4 (Чистовое шлифование поверхности $\varnothing D_{3,3}$ )

1.22 Назначаем параметры резания при шлифовании с продольной подачей на каждый ход по таблице 130 [3, с.438]:

- i. Скорость круга  $v_k = 30 \text{ м/с}$
- ii. Скорость заготовки  $v_3 = 30 \text{ м/мин}$
- iii. Глубина шлифования  $t = 0,015 \text{ мм}$
- iv. Продольная подача  $s = 0,2 \cdot B = 0,2 \cdot 40 = 8 \text{ мм/об}$

1.23 Частота вращения круга

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot v_k}{\pi \cdot d_k} \cdot \frac{1000 \cdot 60 \cdot 30}{\pi \cdot 500} = 1145,92 \text{ об/мин}$$

1.24 Частота вращения заготовки

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_3}{\pi \cdot d_3} \cdot \frac{1000 \cdot 30}{\pi \cdot 70,126} = 136,17 \text{ об/мин}$$

1.25 Эффективная мощность при шлифовании с продольной подачей на каждый ход вычисляется по формуле (1,23);

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

где  $d$  – диаметр шлифования, мм

Значения коэффициента  $C_N$  и показателей степени берем по таблице 131 [3, с.441]:

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

Подставляя все известные в формулу (1,23) получим,

$$N_e = 2,2 \cdot 30^{0,5} \cdot 70,126^0 \cdot 0,015^{0,5} \cdot 8^{0,55} = 4,63 \text{ кВт}$$

5) Мощность главного привода определяется из условия (1,19);

$$N_{пр} = \frac{N_e}{\eta} \leq N_{ст}$$

где  $\eta$  – КПД ( $\eta = 0,9$ )

$$N_{пр} = \frac{4,63}{0,9} = 5,15 \text{ кВт} < N_{ст} = 5,5 \text{ кВт} - \text{условие (1,19) выполняется}$$

### 1.6.6 Выбор средств измерения

Средства измерения выбираются в зависимости от следующих основных факторов;

- номинальный размер, качество и допуск размера;
- конструктивные особенности контролируемых деталей;
- допускаемая погрешность измерения, нормированная ГОСТ 8.051-81;
- тип производства;
- предел допускаемой погрешности средства измерения нормированная РД 50-98-86.

Средство измерения считается пригодным, если соотношение его предельной погрешности к допускаемой погрешности равно 0,6..0,7.

Рассчитываем предельную погрешность измерения размеров, получаемых на черновых переходах заготовительной и фрезерно-центровальной операциях

Наибольший размер =  $474_{-1,55}$  мм.

Допускаемая погрешность  $\delta$  по ГОСТ 8.051-81 = 320 мкм

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,6 \cdot \delta = 0,6 \cdot 320 = 192 \text{ мкм}$$

Выберем штангенциркуль ШЦЦ-III-250-630-0,01 ГОСТ166-89, предел погрешности, которого равен 50 мкм.

Рассчитываем предельную погрешность измерения размеров, получаемых начерновых и чистовых переходах токарной и токарно-фрезерной операциях

Наибольший размер =  $224 \pm 0,575$  мм.

Допускаемая погрешность  $\delta$  по ГОСТ 8.051-81 = 120 мкм

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,6 \cdot \delta = 0,6 \cdot 120 = 72 \text{ мкм}$$

Выберем штангенциркуль ШЦЦ-I-250-0,01 ГОСТ166-89, предел погрешности, которого равен 40 мкм.

Рассчитываем предельную погрешность измерения при измерении размеров, получаемых при тонком точении и круглошлифовании.

Наибольший размер =  $90,181_{-0,035}$  мм.

Допускаемая погрешность  $\delta$  по ГОСТ 8.051-81 = 10 мкм

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм}$$

Выберем штангенциркули МК Ц100-1 ГОСТ 6507-90, предел погрешности, которого равен 3 мкм и МК Ц75-1 ГОСТ 6507-90, предел погрешности, которого равен 2 мкм.

Рассчитываем предельную погрешность измерения при измерении фасок.  
Наибольший размер =  $(3,283 \pm 0,245)$ мм  $\times 45^\circ$

Допускаемая погрешность  $\delta$  по ГОСТ 8.051-81 = 60 мкм

$$\Delta_{\text{пр}} = 0,7 \cdot \delta = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм}$$

Выберем для измерения фасок цифровой фаскомер INSIZE 1180, предел погрешности, которого равен 20 мкм.

## 1.7 Нормирование технологического процесса изготовления детали

Техническое нормирование труда — это совокупность методов и приёмов по выявлению резервов рабочего времени и установлению меры труда.

Задачами технического нормирования являются выявление резервов рабочего времени и улучшение организации труда на предприятии, определение нормы времени, повышение производительности труда и увеличение объёма производства.

Норма времени, необходимая для изготовления одной детали (мин):

$$T = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n \quad (1,24)$$

где  $n = 1500$  – количество деталей в партии.

Норма штучного времени  $T_{\text{шт}}$  (мин) ,

$$T_{\text{шт}} = t_o + t_b + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л.}} \quad (1,25)$$

где  $t_o$  – основное (технологическое) время;

$t_b$  – вспомогательное время;

$t_{\text{обс}}$  – время обслуживания рабочего места;

$t_{\text{от.л.}}$  – время на отдых и личные надобности.

Вспомогательное время берется от основного времени в соотношении

$$t_b = 0,15 \cdot t_o \quad (1,26)$$

Оперативное время вычисляется по формуле;

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_b \quad (1,27)$$

Время обслуживания рабочего места

$$t_{\text{обс}} = t_{\text{T}} + t_{\text{орг}} \quad (1,28);$$

где  $t_{\text{T}}$  – время технического обслуживания (6% от  $t_{\text{оп}}$ ); –  $t_{\text{орг}}$  время организационного обслуживания (0,6 – 8 % от  $t_{\text{оп}}$ ).

Время на личные потребности (2,5% от  $t_{\text{оп}}$ ).

Подготовительно – заключительное время  $t_{\text{п.з}} = t_{\text{смены}} = 8\text{ч}$

### 1.7.1 Расчет норм времени заготовительной операции

Переход 0.1 (отрезание заготовки)

Эскиз данного перехода представлен на рисунке 1.18

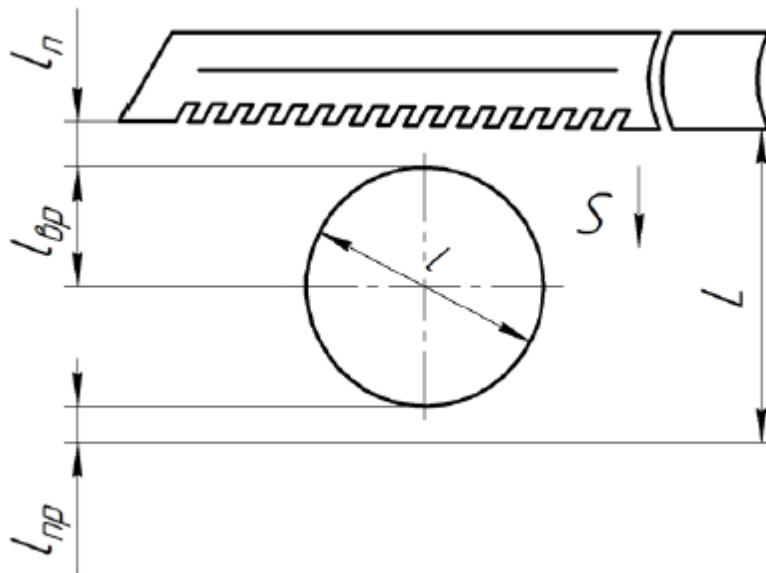


Рис. 1.18. Эскиз отрезания заготовки

Основное время определяем по формуле:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S_M} \quad (1,29)$$

где  $L$  – длина пути режущего инструмента в направлении подачи, мм;

$i$  – число проходов

$s_M = 50$  мм/мин – подача

Длина пути режущего инструмента находим по формуле;

$$L = l + l_1 + l_2$$

где  $l = 97$  мм – длина обрабатываемой поверхности

$l_1 = l_{\text{п}} = 5$  мм – величина врезания;

$l_2 = l_{\text{пр}} = 3$  – величина перебега

Подставим все известные, получим:

$$t_{01} = \frac{(3 + 97 + 3) \cdot 1}{50} = 2,06 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,15 \cdot t_o = 0,15 \cdot 2,06 = 0,309 \text{ мин}$$

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{в}} = 2,06 + 0,309 = 2,369 \text{ мин}$$

$$t_{\text{обс}} = 0,06 \cdot t_{\text{оп}} + 0,08 \cdot t_{\text{оп}} = 0,14 \cdot 2,369 = 0,332 \text{ мин}$$

$$t_{\text{от.л}} = 0,025 \cdot t_{\text{оп}} = 0,025 \cdot 2,369 = 0,059 \text{ мин}$$

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л}} = 2,06 + 0,309 + 0,332 + 0,059 = 2,76 \text{ мин}$$

$$T = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 2,76 + \frac{8 \cdot 60}{1500} = 3,08 \text{ мин}$$

## 1.7.2 Расчет норм времени фрезерно-центральной операции

### Переход 1.1 (фрезерование торцов)

Эскиз данного перехода представлен на рис. 1.19

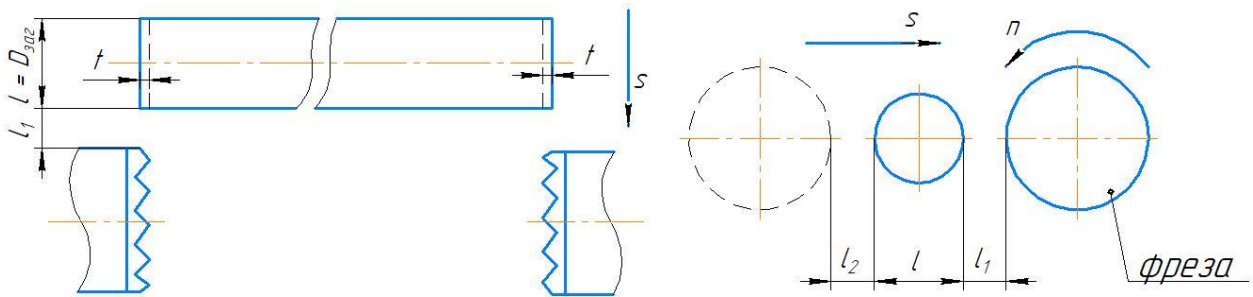


Рис. 1.19. Эскиз фрезерования торцов заготовки

Основное время определяем по формуле (1,29):

где  $L$  – длина пути режущего инструмента в направлении подачи, мм;

$i$  – число проходов

$n = 75$  об/мин – частота вращения заготовки;

$s$  – подача, мм/об;

$$s = s_z \cdot z = 0,22 \cdot 8 = 1,76 \text{ мм/об}$$

Длина пути режущего инструмента находим по формуле;

$$L = l + l_1 + l_2$$

где  $l$  – длина обрабатываемой поверхности

$l_1$  – величина врезания;

$l_2$  – величина перебега



Величина врезания определяется по формуле;

$$l_1 = \sqrt{t \cdot (D - t)} = \sqrt{2 \cdot (125 - 2)} = 15,68 \text{ мм}$$

где  $t = 2$  мм – глубина резания,

$D = 125$  мм – диаметр фрезы, мм

Величина перебега  $l_2 = (0,5 \div 1)D = 0,6 \cdot 125 = 75$  мм

$$t_{0,1} = \frac{(97 + 15,68 + 75) \cdot 1}{1,76 \cdot 75} = 1,42 \text{ мин}$$

Переход 1.2 (сверление центровых отверстий)

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.20

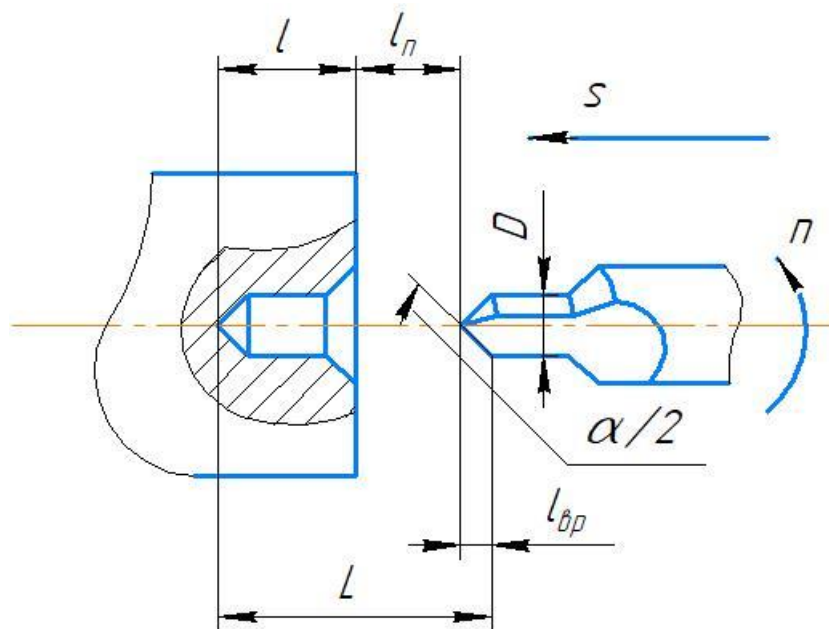


Рис. 1.20. Эскиз сверления центровых отверстий

Основное время при сверлении находится по формуле (1,29);

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot s}$$

где  $L$  – общий ход сверла

Общий ход сверла определяется по формуле;

$$L = l + l_a + l_u$$

где  $l = 17,89$  мм – глубина отверстия, мм;

$l_a$  – длина подвода и врезания, мм;

$$\text{Для глухих отверстий } l_a = l_{\text{п}} + l_{\text{вр}} = 1 + \frac{D}{2 \cdot \tan\left(\frac{\sigma}{2}\right)}$$

где  $\sigma$  - угол при вершине сверла

$l_u$  – величина перебега ( $l_u = 0$  для глухих отверстий)

По формулам (1,24) – (1,28) рассчитываем,

$$t_{0,2} = \frac{17,89 + 1 + \frac{8}{2 \cdot \tan\left(\frac{120}{2}\right)}}{0,2 \cdot 1000} = 0,11 \text{ мин}$$

$$t_{01} = t_{0,1,1} + t_{0,1,2} = 1,42 + 0,11 = 1,53 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,15 \cdot t_0 = 0,15 \cdot 1,53 = 0,2295 \text{ мин}$$

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{в}} = 1,53 + 0,2295 = 1,7595 \text{ мин}$$

$$t_{\text{обс}} = 0,06 \cdot t_{\text{оп}} + 0,08 \cdot t_{\text{оп}} = 0,14 \cdot 1,7595 = 0,246 \text{ мин}$$

$$t_{\text{от.л}} = 0,025 \cdot t_{\text{оп}} = 0,025 \cdot 1,7595 = 0,044 \text{ мин}$$

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_B + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л}} = 1,53 + 0,2295 + 0,246 + 0,044 = 2,0495 \text{ мин}$$

$$T = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 2,0495 + \frac{8 \cdot 60}{1500} = 2,3695 \text{ мин}$$

### 1.7.3 Расчет норм времени токарной операции с ЧПУ

Основное технологическое время определяем по формуле (1,29):

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}$$

где  $L = l + l_1 + l_2$ ;

$l$  – расчетная длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1 = t \cdot ctg\varphi$  – величина врезания резца, мм;

$t$  – глубина резания, мм;

$\varphi$  – главный угол в плане резца, град;

$l_2 = 1 \dots 3$  мм – выход (перебег) резца;

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

$s$  – подача, мм/об;

$i$  – число проходов.

### Переход 2.1 (черновое точение поверхности $\Phi D_{2,1}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.21.

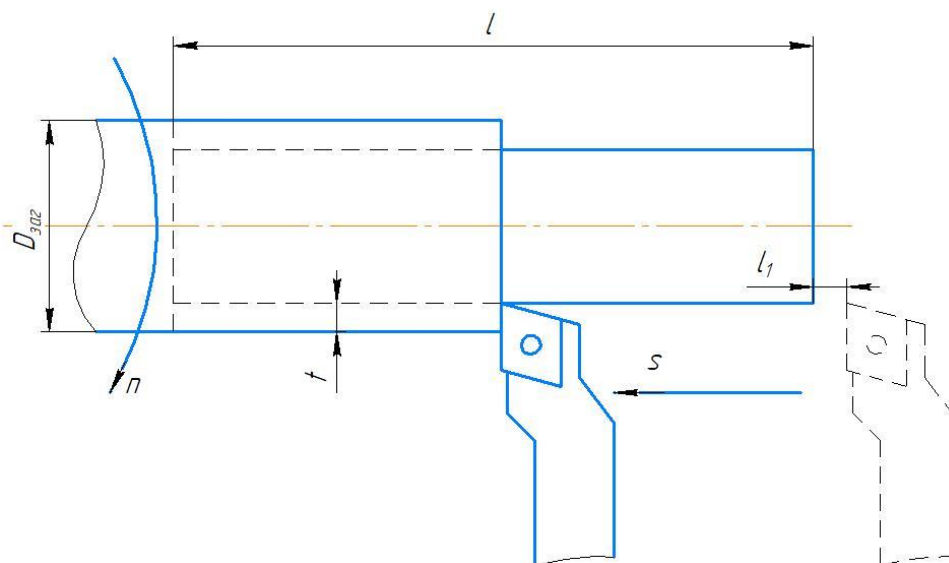


Рис. 1.21. Эскиз чернового точения поверхности  $\Phi D_{2,1}$

На данном переходе используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,1} = 224$  мм.  $l_2 = 0$  так как формируется ступень вала, перебега резца нет).  $n = 268,3$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 3$  – точение на 3 прохода.

$$t_{0,2,1} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(224 + 0 + 0) \cdot 3}{268,3 \cdot 0,8} = 3,13 \text{ мин}$$

## Переход 2.2 (черновое точение поверхности $\Phi D_{2,2}$ )

Эскиз данного перехода представлен на рис. 1.22.

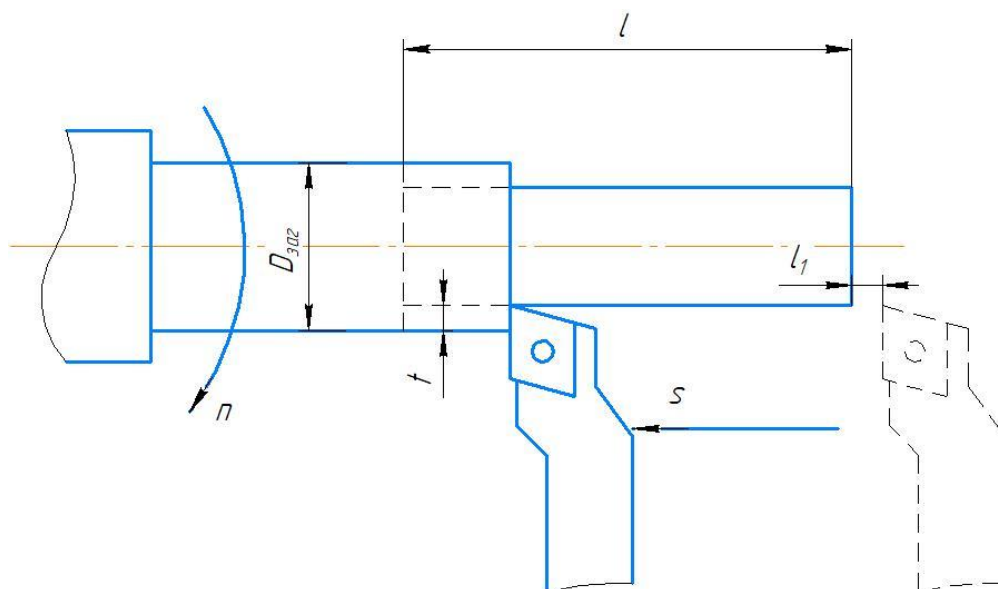


Рис. 1.22. Эскиз чернового точения поверхности  $\Phi D_{2,2}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,2} = 140$  мм.  $l_2 = 0$  так как формируется ступень вала, перебега резца нет).  $n = 268,3$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 2$  – точение на 2 прохода.

$$t_{0,2} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(140 + 0 + 0) \cdot 2}{268,3 \cdot 0,8} = 1,3 \text{ мин}$$

### Переход 2.3 (чистовое точение поверхности $\Phi D_{2,3}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.23.

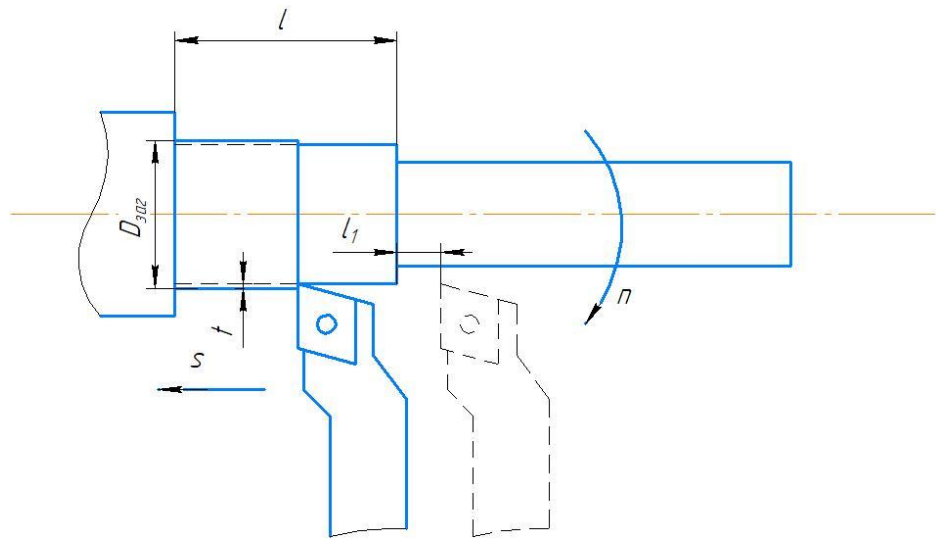


Рис. 1.23. Эскиз чистового точения поверхности  $\Phi D_{2,3}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,1} - A_{2,2} = 224 - 140 = 84$  мм.  $l_2 = 0$ .  $n = 393,82$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0_{2,3}} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(84 + 0 + 0) \cdot 1}{393,82 \cdot 0,8} = 0,267 \text{ мин}$$

### Переход 2.4 (чистовое точение поверхности $\Phi D_{2,4}$ )

Эскиз данного перехода представлен на рис. 1.24.

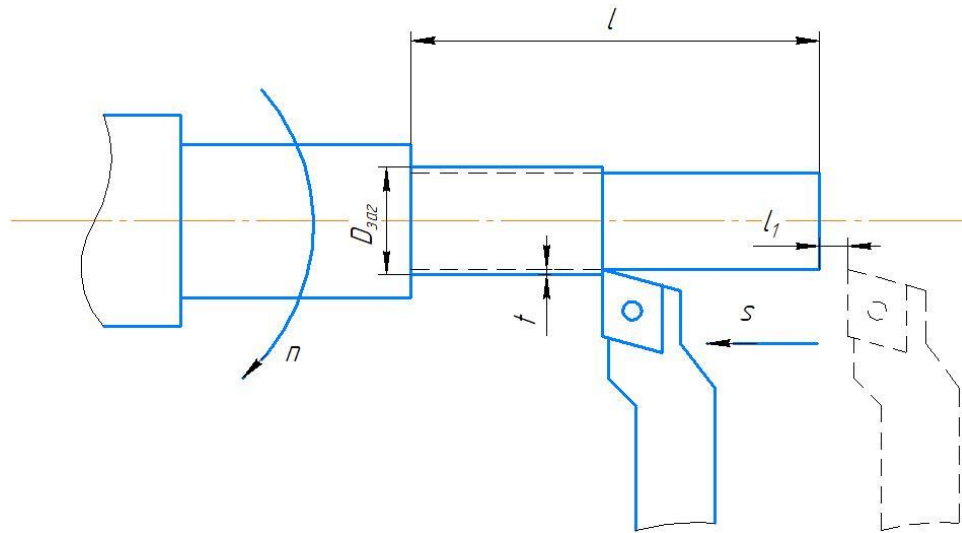


Рис. 1.24. Эскиз чистового точения поверхности  $\Phi D_{2,4}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,2} = 140$  мм.  $l_2 = 0$ .  $n = 393,82$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,4} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(140 + 0 + 0) \cdot 1}{393,82 \cdot 0,8} = 0,44 \text{ мин}$$

## Переход 2.5 (черновое точение поверхности $\Phi D_{2,5}$ )

Эскиз данного перехода представлен на рис. 1.25.

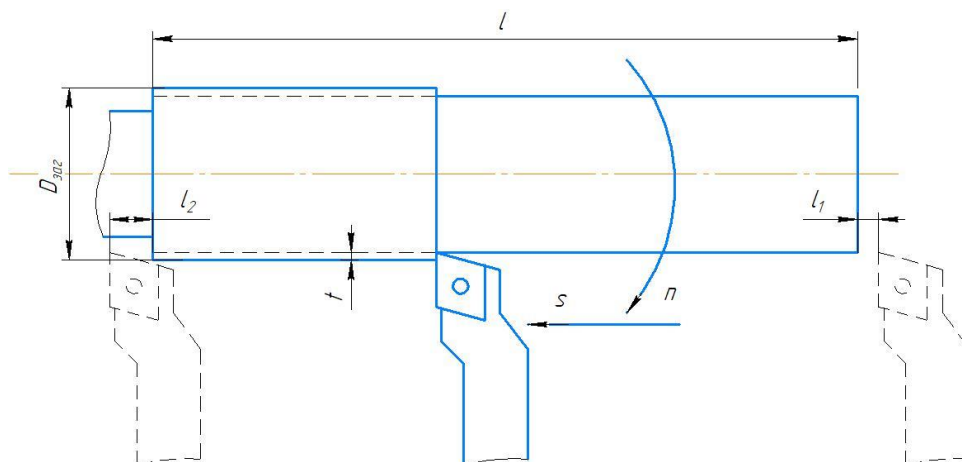


Рис. 1.25. Эскиз чернового точения поверхности  $\Phi D_{2,5}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{1,1}^1 - A_{2,1} = 470 - 224 = 246$  мм.  $l_2 = 1$  мм.  $n = 268,3$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,2,5} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(246 + 0 + 1) \cdot 1}{268,3 \cdot 0,8} = 1,15 \text{ мин}$$



## Переход 2.6 (черновое точение поверхности $\Phi D_{2,6}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.26.

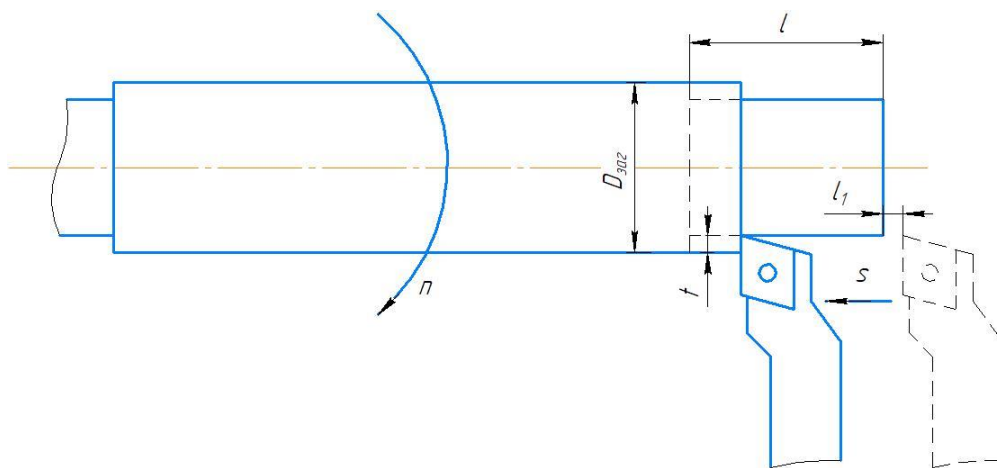


Рис. 1.26. Эскиз чернового точения поверхности  $\Phi D_{2,6}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,6} = 58$  мм.  $l_2 = 0$  так как формируется ступень вала, перебега резца нет).  $n = 268,3$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 2$  – точение на 2 прохода.

$$t_{0_{2,6}} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(58 + 0 + 0) \cdot 2}{268,3 \cdot 0,8} = 0,54 \text{ мин}$$

## Переход 2.7 (чистовое точение поверхности $\Phi D_{2,7}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.27.

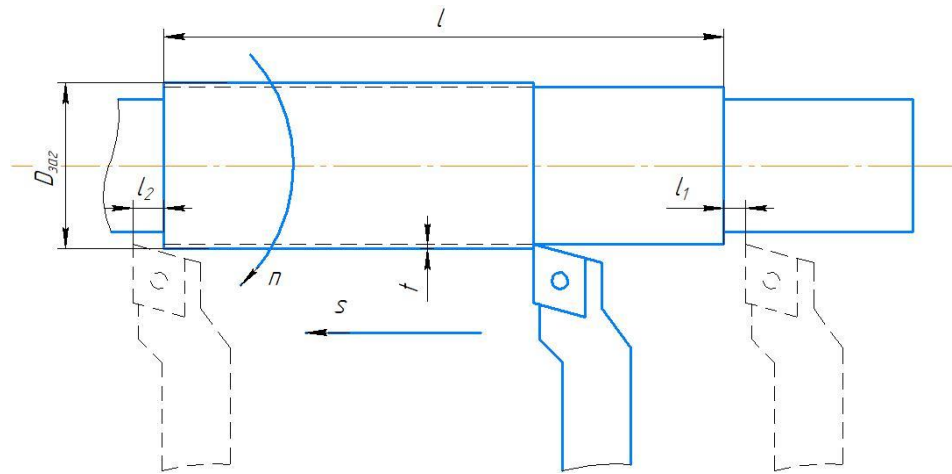


Рис. 1.27. Эскиз чистового точения поверхности  $\Phi D_{2,7}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{1,1}^1 - A_{2,1} - A_{2,6} = 188$  мм.  $l_2 = 1$  мм.  $n = 393,82$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,2,7} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(188 + 0 + 1) \cdot 1}{393,82 \cdot 0,8} = 0,6 \text{ мин}$$

## Переход 2.8 (чистовое точение поверхности $\varnothing D_{2,8}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.28.

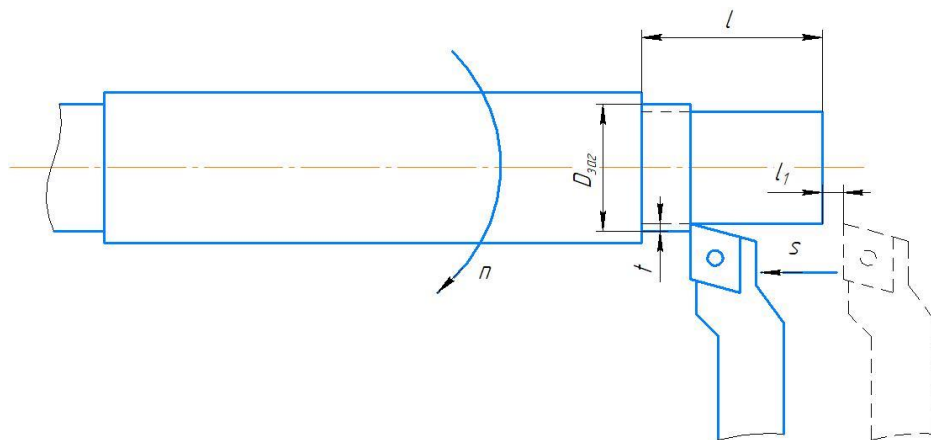


Рис. 1.28. Эскиз чистового точения поверхности  $\varnothing D_{2,8}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,6} = 58$  мм.  $l_2 = 0$  так как перебега резца нет).  $n = 393,82$  об/мин и  $s = 0,8$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,2,8} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(58 + 0 + 0) \cdot 1}{393,82 \cdot 0,8} = 0,18 \text{ мин}$$

Определяем общее основное технологическое время  $t_0$  данной операции:

$$\begin{aligned} t_{02} &= t_{0,2,1} + t_{0,2,2} + t_{0,2,3} + t_{0,2,4} + t_{0,2,5} + t_{0,2,6} + t_{0,2,7} + t_{0,2,8} \\ &= 3,13 + 1,3 + 0,267 + 0,44 + 1,15 + 0,54 + 0,6 + 0,18 = 7,6 \text{ мин} \end{aligned}$$

Вспомогательное время:

$$t_B = 0,15 \cdot t_0 = 0,15 \cdot 7,6 = 1,14 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{в}} = 7,6 + 1,14 = 8,74 \text{ мин}$$

Время обслуживания рабочего места:

$$t_{\text{обс}} = t_{\text{т}} + t_{\text{орг}} = 0,06t_{\text{оп}} + 0,08t_{\text{оп}} = 0,14t_{\text{оп}} = 0,14 \cdot 8,74 = 1,2236 \text{ мин}$$

Время на отдых и личные надобности:

$$t_{\text{от.л}} = 0,025 \cdot t_{\text{оп}} = 0,025 \cdot 8,74 = 0,2185 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время:

$$T_{\text{п.з}} = t_{\text{смена}} = 8 \text{ часов} \times 60 = 480 \text{ мин}$$

Норма штучного времени  $T_{\text{шт}}$ :

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_{\text{в}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л.}} = 7,6 + 1,14 + 1,2236 + 0,2185 = 10,1821 \text{ мин}$$

Окончательно определим норму времени данной операции :

$$T = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}/n = 10,1821 + 480/1500 = 10,5021 \text{ мин}$$

### 1.7.4 Расчет норм времени токарно-фрезерной операции с ЧПУ

Переход 3.1 (тонкое точение поверхности  $\phi D_{3,1}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.29.

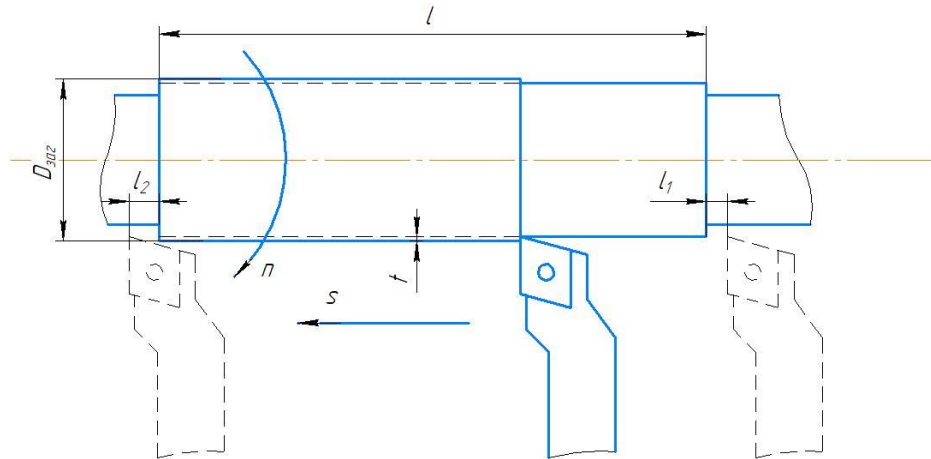


Рис. 1.29. Эскиз тонкого точения поверхности  $\phi D_{3,1}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{1,1}^1 - A_{2,1} - A_{2,6} = 188$  мм.  $l_2 = 2$ .  $n = 1056,93$  об/мин и  $s = 0,07$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,3,1} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(188 + 0 + 2) \cdot 1}{1056,93 \cdot 0,07} = 2,55 \text{ мин}$$

### Переход 3.2 (тонкое точение поверхности $\varnothing D_{3,2}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.30.

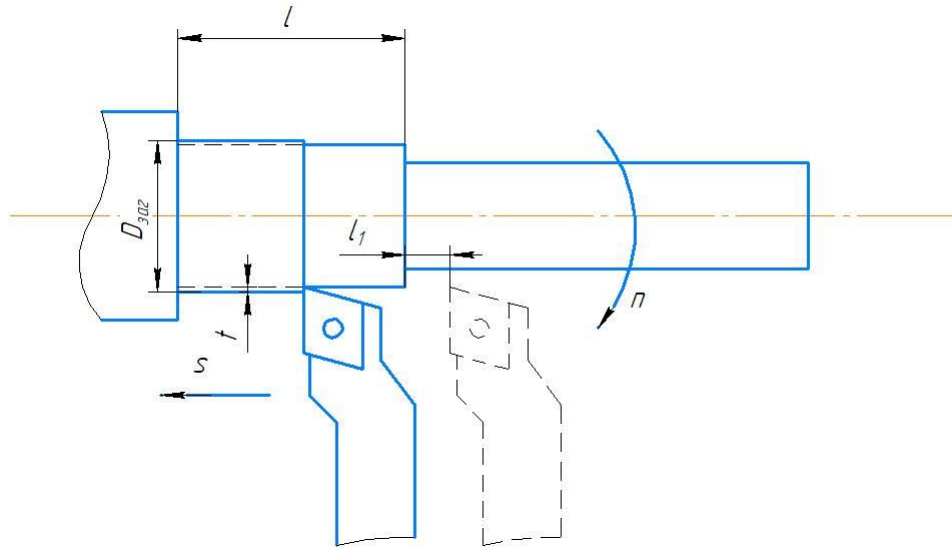


Рис. 1.30. Эскиз тонкого точения поверхности  $\varnothing D_{3,2}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,1} - A_{2,2} = 224 - 140 = 84$  мм.  $l_2 = 0$ .  $n = 1056,93$  об/мин и  $s = 0,07$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0_{3,2}} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(84 + 0 + 0) \cdot 1}{1056,93 \cdot 0,07} = 1,135 \text{ мин}$$

### Переход 3.3 (тонкое точение поверхности $\Phi D_{3,3}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.31.

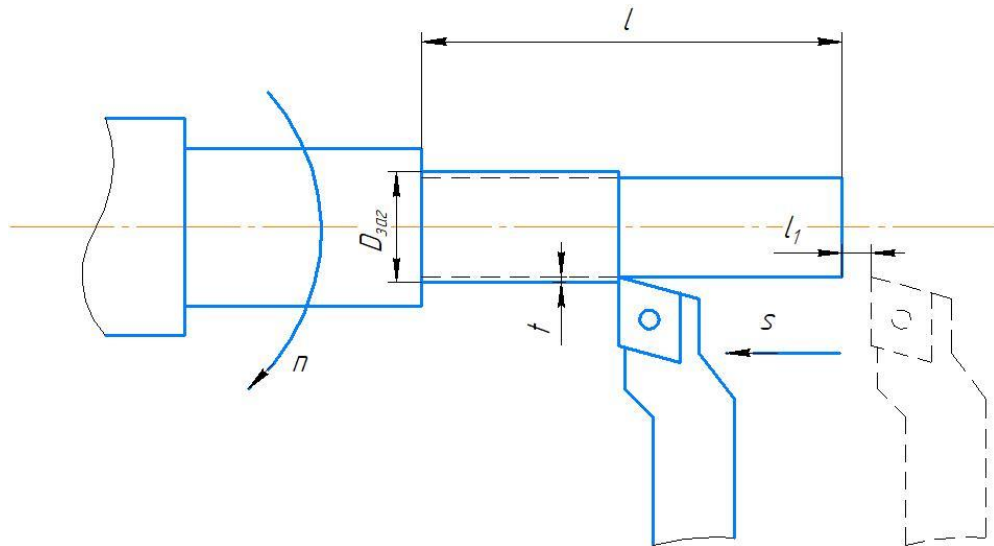


Рис. 1.31. Эскиз тонкого точения поверхности  $\Phi D_{3,3}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90^\circ$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,2} = 140$  мм.  $l_2 = 0$  так как перебега резца нет).  $n = 1056,93$  об/мин и  $s = 0,07$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0,3,3} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(140 + 0 + 0) \cdot 1}{1056,93 \cdot 0,07} = 1,89 \text{ мин}$$

### Переход 3.9 (фрезерование паза $A_{3,9}^1$ )

Эскиз данного перехода представлен на рис. 1.32.

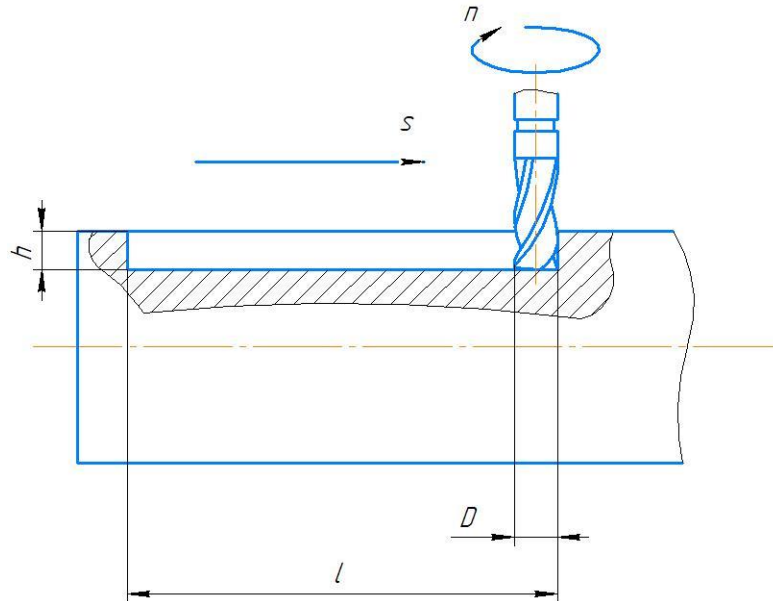


Рис. 1.32. Эскиз фрезерования паза  $A_{3,9}^1$

На данном переходе также используется концевая фреза с диаметром  $D = 20$  мм. Глубина паза  $t = h = 7,626$  мм.  $l = 100$  мм – длина шпоночного паза.  $n = 432,9$  об/мин и  $s_z = 0,08$  мм/зуб – берем из предыдущего расчета.

Определяем подачу на один оборот фрезы:

$$s_0 = s_z \cdot z = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ мм/об}$$

Определяем продольную минутную подачу:

$$s_{\text{МП}} = s_0 \cdot n = 0,32 \cdot 432,9 = 138,53 \text{ мм/мин}$$

Определяем вертикальную минутную подачу:



$$s_{MB} = 0,25 \cdot s_{МПР} = 0,25 \cdot 138,53 = 34,63 \text{ мм/мин}$$

Определяем основное технологическое время данного прохода:

$$t_{0,9} = \frac{h + 1}{s_{MB}} + \frac{l - D}{s_{МПР}} = \frac{7,626 + 1}{34,63} + \frac{100 - 20}{138,53} = 0,82 \text{ мин}$$

Переход 3.10 (фрезерование паза  $A_{3,10}^1$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.33.

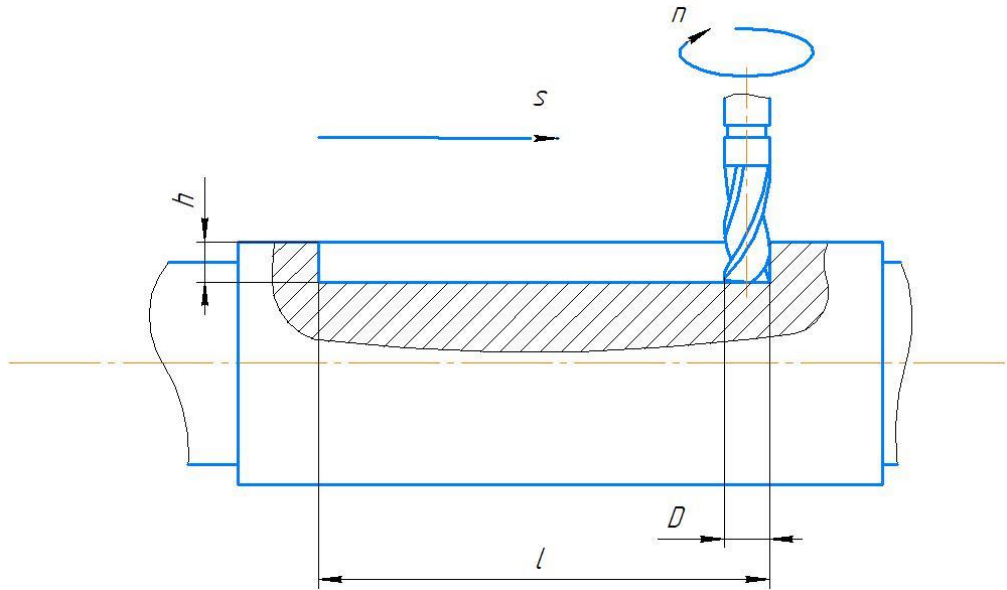


Рис. 1.33. Эскиз фрезерования паза  $A_{3,10}^1$

На данном переходе также используется концевая фреза с диаметром  $D = 25$  мм. Глубина паза  $t = h = 9,1635$  мм.  $l = 150$  мм – длина шпоночного паза.  $n = 341,61$  об/мин и  $s_z = 0,08$  мм/зуб – берем из предыдущего расчета.

Определяем подачу на один оборот фрезы:

$$s_0 = s_z \cdot z = 0,08 \cdot 4 = 0,32 \text{ мм/об}$$

Определяем продольную минутную подачу:

$$s_{\text{МПР}} = s_0 \cdot n = 0,32 \cdot 341,61 = 109,32 \text{ мм/мин}$$

Определяем вертикальную минутную подачу:

$$s_{\text{МВ}} = 0,25 \cdot s_{\text{МПР}} = 0,25 \cdot 109,32 = 27,33 \text{ мм/мин}$$

Определяем основное технологическое время данного прохода:

$$t_{0_{3,10}} = \frac{h + 1}{s_{\text{МВ}}} + \frac{l - D}{s_{\text{МПР}}} = \frac{9,1635 + 1}{27,33} + \frac{150 - 25}{109,32} = 1,52 \text{ мин}$$

Переход 3.11 (тонкое точение поверхности  $\Phi D_{3,11}$ )

Эскз данного перехода представлен на рис. 1.34.

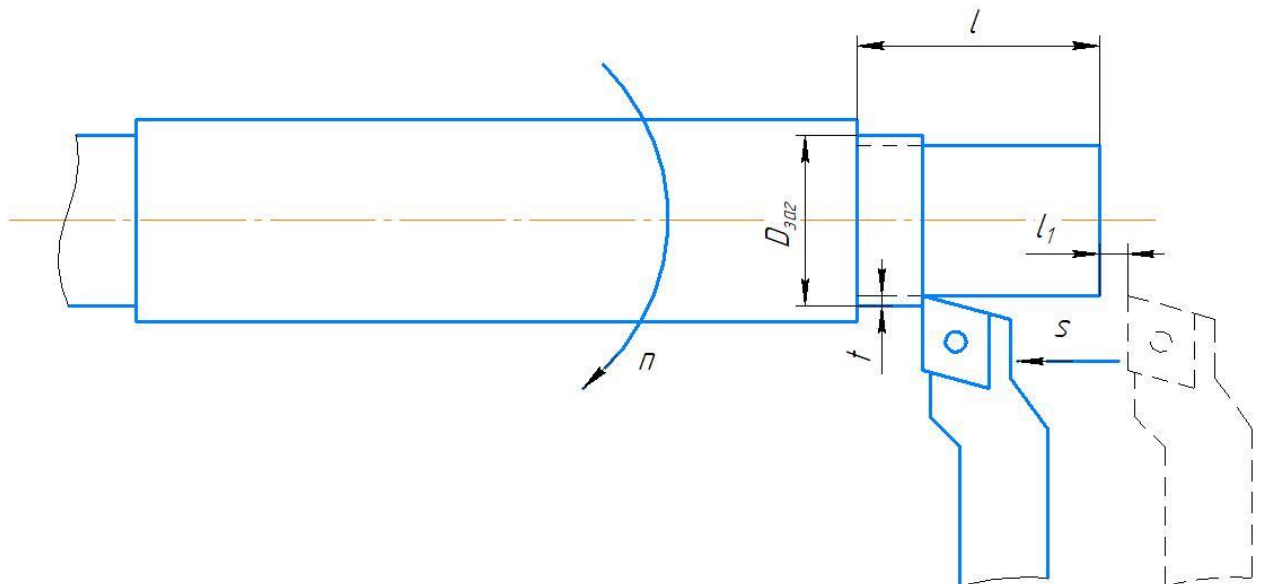


Рис. 1.34. Эскиз тонкого точения поверхности  $\Phi D_{3,11}$

На данном переходе также используется проходной упорный резец с  $\varphi = 90$ . Следовательно  $t \cdot ctg\varphi = 0$ .  $l = A_{2,6} = 58$  мм.  $l_2 = 0$  так как перебега резца нет.  $n = 1056,93$  об/мин и  $s = 0,07$  мм/об – берем из предыдущего расчета.  $i = 1$  – точение на проход.

$$t_{0_{3,11}} = \frac{(l + t \cdot ctg\varphi + l_2) \cdot i}{n \cdot s} = \frac{(58 + 0 + 0) \cdot 1}{1056,93 \cdot 0,07} = 0,78 \text{ мин}$$

Определяем общее основное технологическое время  $t_0$  данной операции:

$$\begin{aligned} t_{03} &= t_{0_{3,1}} + t_{0_{3,2}} + t_{0_{3,3}} + t_{0_{3,9}} + t_{0_{3,10}} + t_{0_{3,11}} \\ &= 2,55 + 1,135 + 1,89 + 0,82 + 1,52 + 0,78 = 8,695 \text{ мин} \end{aligned}$$

Вспомогательное время:

$$t_B = 0,15 \cdot t_0 = 0,15 \cdot 8,695 = 1,304 \text{ мин}$$

Оперативное время:

$$t_{оп} = t_0 + t_B = 8,695 + 1,304 = 10,0 \text{ мин}$$

Время обслуживания рабочего места:

$$t_{обс} = t_T + t_{орг} = 0,06t_{оп} + 0,08t_{оп} = 0,14t_{оп} = 0,14 \cdot 10 = 1,4 \text{ мин}$$

Время на отдых и личные надобности:

$$t_{от,л} = 0,025 \cdot t_{оп} = 0,025 \cdot 10 = 0,25 \text{ мин}$$

Подготовительно-заключительное время:

$$T_{ПЗ} = t_{смена} = 8 \text{ часов} \times 60 = 480 \text{ мин}$$

Норма штучного времени  $T_{шт}$ :

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{обс} + t_{от.л.} = 8,695 + 1,304 + 1,4 + 0,25 = 11,649 \text{ мин}$$

Окончательно определим норму времени данной операции :

$$T = T_{шт} + T_{ПЗ}/n = 11,649 + 480/1500 = 11,969 \text{ мин}$$

### 1.7.5 Расчет норм времени для круглошлифовальной операции с ЧПУ

Переход 4.1 (шлифование поверхности  $\emptyset D_{4,1}$ )

Основное время при продольном шлифовании определяется по формуле;

$$t_0 = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot s \cdot t} \cdot K \quad (1,30)$$

где  $L$  – величина хода стола, мм; Коэффициент выхаживания при чистовом шлифовании равен  $K = 1,4$

$$L = l - (1 - k \cdot m) \times B_k$$

где  $l = 58$  – длина шлифуемой поверхности, мм;

$k$  – число сторон перебега круга;

$s = 8$  мм/об – продольная подача;

$n_3 = 99,33$  об/мин – частота вращения заготовки;

$B_k = 40$  – ширина шлифовального круга, мм;

$m$  – перебе́г в долях ширины круга,  $m = 0,5$  мм

$$h = \frac{Z_{Д4.1}}{2} = 0,051 \text{ мм}$$

$$t_{0_{4.1}} = \frac{[58 - (1 - 1 \cdot 0.5) \times 40] \cdot 0,051 \cdot 1,4}{99,33 \cdot 8 \cdot 0,015} = 0,228 \text{ мин}$$

#### Переход 4.2 (шлифование поверхности $\emptyset Д_{4,2}$ )

Основное время при продольном шлифовании определяется по формуле (1,30);

$$t_0 = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot s \cdot t} \cdot K$$

где  $L$  – величина хода стола, мм; Коэффициент выхаживания при чистовом шлифовании равен  $K = 1,4$

$$L = l - (1 - k \cdot m) \times B_k$$

где  $l = 188$  – длина шлифуемой поверхности, мм;

$k$  – число сторон перебега круга;

$s = 8$  мм/об – продольная подача;

$n_3 = 70,61$  об/мин – частота вращения заготовки;

$B_k = 40$  – ширина шлифовального круга, мм;

$m$  – перебе́г в долях ширины круга,  $m = 0,5$  мм

$$h = \frac{Z_{Д4.2}}{2} = 0,05775 \text{ мм}$$

$$t_{0_{4,2}} = \frac{[188 - (1 - 1 \cdot 0.5) \times 40] \cdot 0,05775 \cdot 1,4}{70,61 \cdot 8 \cdot 0,015} = 1,6 \text{ мин}$$

#### Переход 4.3 (шлифование поверхности $\emptyset Д_{4,3}$ )

Основное время при продольном шлифовании определяется по формуле (1,30);

$$t_0 = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot s \cdot t} \cdot K$$

где  $L$  – величина хода стола, мм; Коэффициент выхаживания при чистовом шлифовании равен  $K = 1,4$

$$L = l - (1 - k \cdot m) \times B_k$$

где  $l = 58$  – длина шлифуемой поверхности, мм;

$k$  – число сторон перебега круга;

$s = 8$  мм/об – продольная подача;

$n_3 = 99,33$  об/мин – частота вращения заготовки;

$B_k = 40$  – ширина шлифовального круга, мм;

$m$  – перебег в долях ширины круга,  $m = 0,5$  мм

$$h = \frac{Z_{Д4.3}}{2} = 0,051 \text{ мм}$$

$$t_{0_{4,3}} = \frac{[58 - (1 - 1 \cdot 0.5) \times 40] \cdot 0,051 \cdot 1,4}{99,33 \cdot 8 \cdot 0,015} = 0,228 \text{ мин}$$

Переход 4.4 (шлифование поверхности  $\emptyset D_{4,4}$ )

Основное время при продольном шлифовании определяется по формуле (1,30);

$$t_0 = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot s \cdot t} \cdot K$$

где  $L$  – величина хода стола, мм; Коэффициент выхаживания при чистовом шлифовании равен  $K = 1,4$

$$L = l - (1 - k \cdot m) \times B_k$$

где  $l = 140$  – длина шлифуемой поверхности, мм;

$k$  – число сторон перебега круга;

$s = 8$  мм/об – продольная подача;

$n_3 = 136,17$  об/мин – частота вращения заготовки;

$B_k = 40$  – ширина шлифовального круга, мм;

$m$  – перебег в долях ширины круга,  $m = 0,5$  мм

$$h = \frac{Z_{D_{4,4}}}{2} = 0,04825 \text{ мм}$$

$$t_{0_{4,4}} = \frac{[140 - (1 - 1 \cdot 0.5) \times 40] \cdot 0,04825 \cdot 1,4}{136,17 \cdot 8 \cdot 0,015} = 0,496 \text{ мин}$$

$$t_{04} = t_{04,1} + t_{04,2} + t_{04,3} + t_{04,4} = 0,228 + 1,6 + 0,228 + 0,496 = 2,552 \text{ МИН}$$

$$t_B = 0,15 \cdot t_0 = 0,15 \cdot 2,552 = 0,3828 \text{ МИН}$$

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_B = 2,552 + 0,3828 = 2,9348 \text{ МИН}$$

$$t_{\text{обс}} = 0,06 \cdot t_{\text{оп}} + 0,08 \cdot t_{\text{оп}} = 0,14 \cdot 2,9348 = 0,411 \text{ МИН}$$

$$t_{\text{от.л}} = 0,025 \cdot t_{\text{оп}} = 0,025 \cdot 2,9348 = 0,07337 \text{ МИН}$$

$$T_{\text{шт}} = t_0 + t_B + t_{\text{обс}} + t_{\text{от.л}} = 2,552 + 0,3828 + 0,411 + 0,07337 = 3,42 \text{ МИН}$$

$$T = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n} = 3,42 + \frac{8 \cdot 60}{1500} = 3,74 \text{ МИН}$$



## 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Описание и принцип работы приспособления

Для контроля отклонений формы и взаимного расположения шеек вала редуктора проектировано специальное приспособление. Данное приспособление (рис. 2.1) представляет собой призмы 1 ГОСТ 6541-66, установленные и закрепленные на плоском основании 2 с помощью шестигранных винтов 3. Призмы 1 базируются на основании по плоскости и направляющим поверхностям основания. Они также жестко закреплены специально на определенном расстоянии.

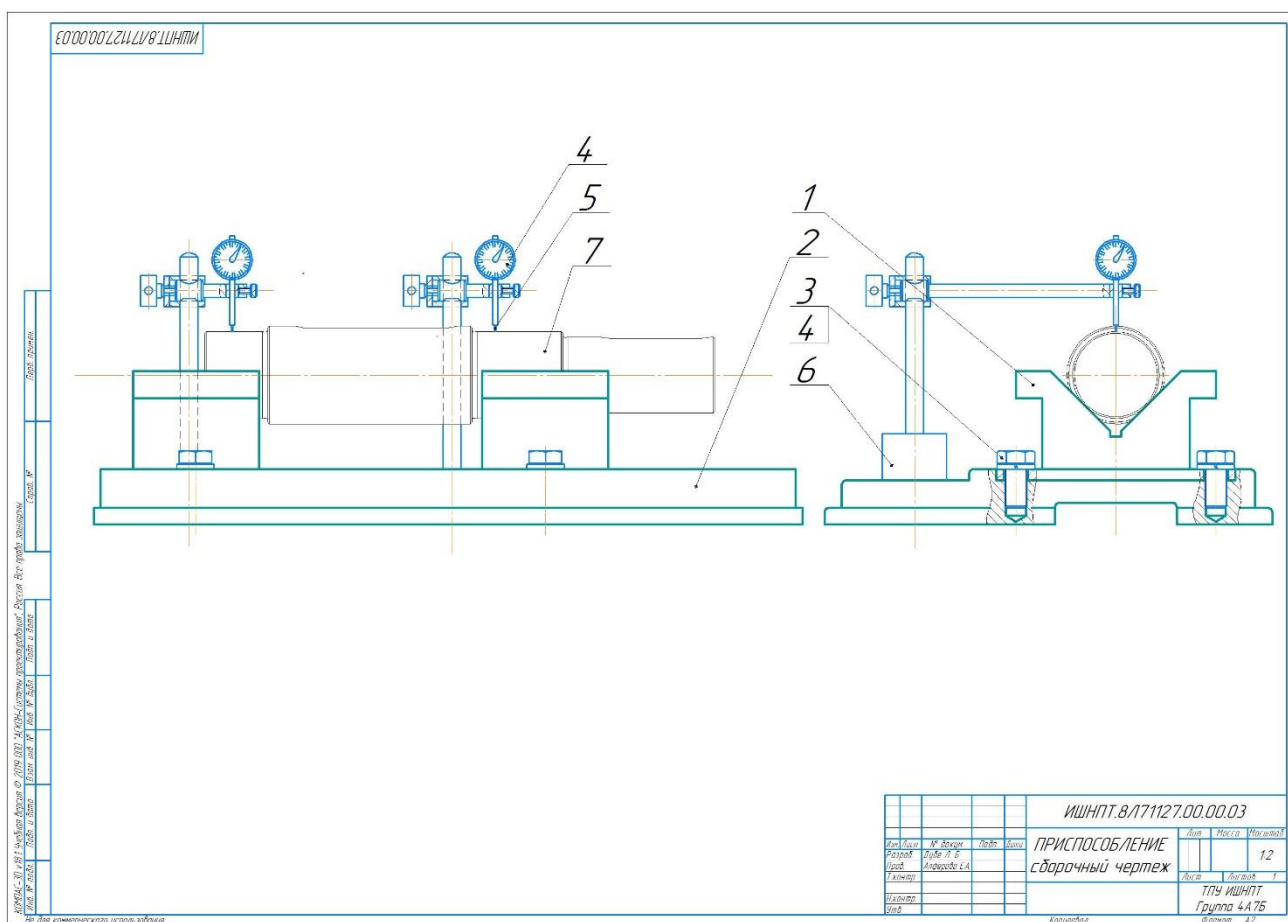


Рис. 2.1. Чертеж приспособления

Расположение стойки индикатора 4 при измерении регулируется магнитной стойкой 6. При измерении, контролируемая деталь 7 устанавливается свободно в призмы 1, индикаторный щуп 5 приводится на нужное расстояние на контролируемую поверхность вала, медленно вращая деталь рассчитывается показания головки индикаторов 4 и определяются погрешности формы и взаимного расположения поверхностей вала.

## 2.2 Описание хода измерения

Проектированное приспособление предназначено для контроля отклонения от круглости и отклонения от параллельности шеек вала относительно друг друга. Для контроля отклонения от соосности вал редуктора устанавливается свободно в призмы (рис. 2.2). Щупы индикаторов приводятся на шейки вала, вращая его и снимая показания индикаторов, отклонение от параллельности рассчитывается путем вычитания этих показаний.

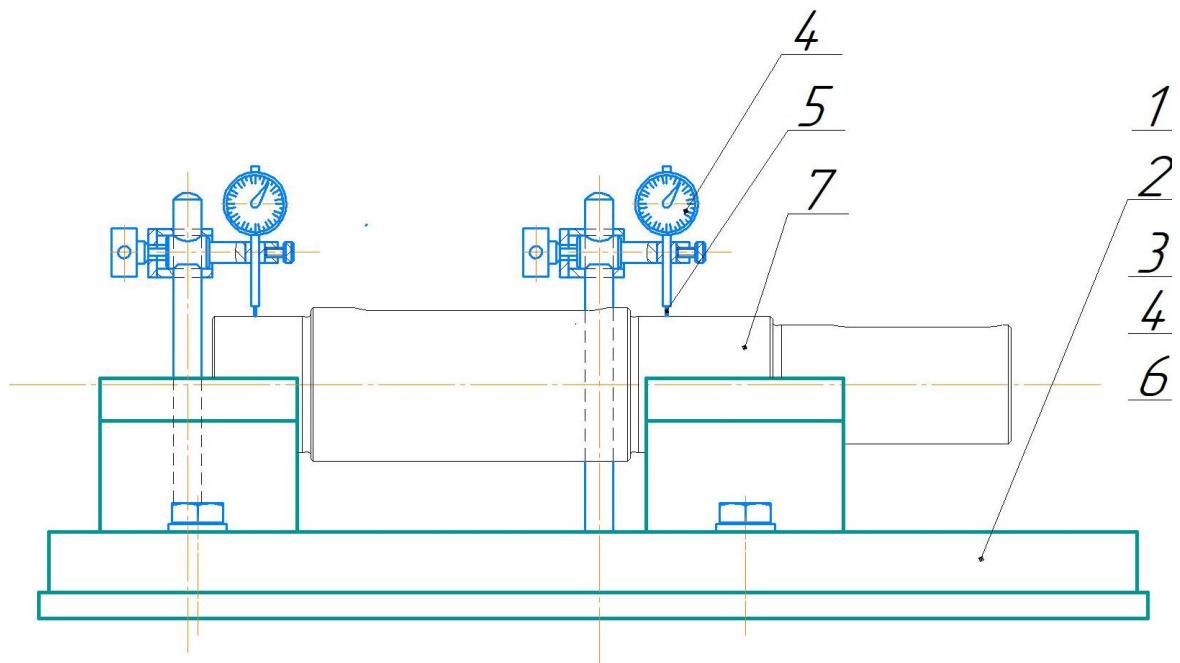


Рис. 2.2. Схема для определения отклонения от соосности шеек вала

Для определения отклонения от круглости и торцевого биения одной шейки вала используется один индикатор (рис. 2.3). Сначала снимать показания одной шейки вала и используя другую как база, затем снимать показания для другой шейки вала.

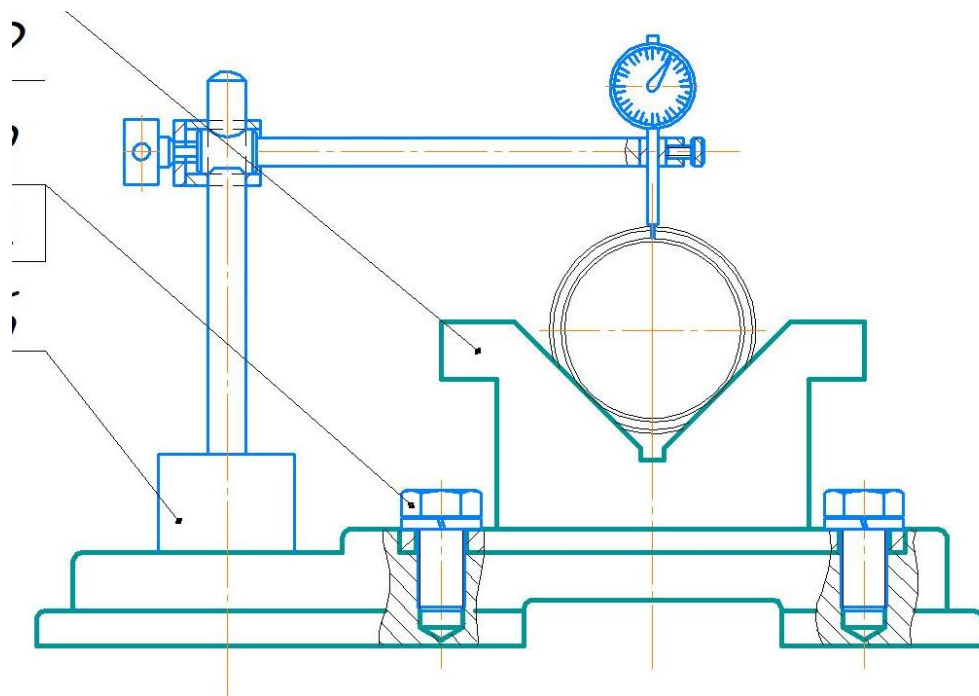


Рис. 2.3. Схема для определения отклонения от круглости и торцевого биения шеек вала

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А7Б	Дубе Лунгелве Буле

<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Материаловедение
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 «Машиностроение»

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 400 000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 140 000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Страховые взносы общие – 30,2%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Составить карту сегментирования рынка, оценочную карту для сравнения конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составить перечень этапов, работ и распределения исполнителей проекта; определить трудоемкость выполнения работ, найти временные показатели проведения исследования, разработать календарный план-график (график Ганта)  Рассчитать материальные затраты, затраты на специальное оборудование, заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы, сформировать бюджет затрат на проект

3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать интегральные показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности, эффективности вариантов исполнения и сравнительную эффективность.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**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:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	к.э.н.		05.04.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7Б	Дубе Л.Б		05.04.2021

### **3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

#### **Введение**

Продуктом исследования в этом разделе выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления вала редуктора. В данном разделе проанализируем технологический процесс изготовления вала с точки зрения финансового обеспечения с целью определения возможности успешного внедрения результатов настоящего исследования на современный рынок. Определим коммерческую привлекательность разрабатываемого технологического процесса изготовления вала редуктора.

Область применения результатов настоящего исследования включает сферы машиностроительной деятельности по изготовлению и сборке всех видов редукторов. Реальными и потенциальными пользователями разрабатываемого решения являются машиностроительные предприятия и частные компании Российской Федерации по изготовлению и сборке всех видов редукторов. Для сравнительного анализа на территории г. Томска такие выделим предприятия, как ООО «Томская Приборостроительная Компания», АО «НПФ «Микран», ООО «Сибмаш» и другие.

Целью данного раздела является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для достижения поставленной цели решим следующие задачи:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
2. Планирование научно-исследовательских работ;

3. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.



### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования проанализируем целевой рынок и проведем его сегментирование.

**Сегмент рынка** – это часть рынка, включающая группу потребителей, имеющих общие нужды и одинаковую реакцию на маркетинговое воздействие.

Сегментирование рынка представляет собой процесс разбивки потребителей на четкие группы, для каждой из которых могут потребоваться отдельные товары и комплексы маркетинга.

**Целевой сегмент** – это один из сегментов рынка, выбранный в качестве основного для компании с точки зрения разработки и реализации продукции.

К категории потребителей относятся коммерческие организации, наиболее значимыми критериями для рынка будут являться:

1. отрасль экономики, к которой относятся предприятия-заказчики;
2. область применения вала редуктора.

На основании данных критериев строится карта сегментирования рынка, представленная в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Карта сегментирования рынка предприятий, использующих в своей деятельности вал редуктора

Отрасль экономики	Область применения детали	
	Сборка узлов оборудования	Ремонт и обслуживание оборудования
Строительство и СХТ	ОАО «Строимашина»	

Автомобилестроение	ОАО «УралАЗ» Уральский Автомобильный Завод	ОА «ЦАРЗ» Центральный Автомобильно-ремонтный Завод
Станкостроение	ООО «НПО Станкостроение»	
Нефтедобывающая промышленность	АО «Транснефть-Центральная Сибирь»	ООО «Ямалсервисцентр»

Таким образом, наиболее привлекательными и перспективными сегментами рынка являются отрасли автомобилестроения и нефтедобывающей промышленности.

### **3.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Анализ конкурентных технических решений позволяет оценить конкурентные преимущества проекта, а также помогает внести коррективы в проект, улучшающие его слабые стороны. Данный анализ также позволяет оценить сильные и слабые стороны конкурентов, изготавливающих аналогичные детали. Для анализа конкурентных технических решений разработки технологии изготовления вала составлена оценочная карта по технологии QUAD.

Технология QUAD (Quality Advisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QUAD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

#### **4) Показатели оценки качества разработки:**

- Скорость производства;

- Энергоэффективность;
- Универсальность;
- Производственная мощность;
- Потребность в дополнительной оснастке;
- Сложность исполнения;
- Трудоемкость;
- Ресурсоемкость;
- Безопасность;
- Экологичность;
- Технологичность.

**4) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:**

- Конкурентоспособность продукта;
- Перспективность рынка;
- Цена;
- Послепродажное обслуживание;
- Финансовая эффективность;
- Наличие патента.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QUAD проводим оценку в табличной форме (табл. 3.2). в которой оценивались следующие потенциальные конкуренты:

- к1 – ООО «Томская Приборостроительная Компания»;
- к2 – АО «НПФ «Микран»

В соответствии с технологией QUAD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 3.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Факторы оценки	Вес фактора $V_i$	Баллы			Максимальный балл	Относительное значение			Средневзвешенное значение (конкурентоспособность)		
		Бф1	Бк1	Бк2		3х6	4х6	5х6	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Показатели оценки качества разработки											
Скорость производства	0,09	92	88	87	100	0,92	0,88	0,87	0,0828	0,0792	0,0783
Энегоэффективность	0,07	65	40	45	100	0,65	0,40	0,45	0,0455	0,028	0,0315
Универсальность	0,05	73	80	80	100	0,73	0,80	0,80	0,0365	0,04	0,04
Производственная мощность	0,01	79	70	69	100	0,79	0,70	0,69	0,0079	0,007	0,0069
Потребность в дополнительной оснастке	0,06	21	30	35	100	0,21	0,30	0,35	0,0126	0,018	0,021
Сложность исполнения	0,03	59	70	75	100	0,59	0,70	0,75	0,0177	0,021	0,0225

Трудоемкость	0,05	40	30	33	100	0,40	0,30	0,33	0,02	0,01 5	0,01 65
Ресурсоемкость	0,08	75	64	64	100	0,75	0,64	0,64	0,06	0,05 12	0,05 12
Безопасность	0,05	98	75	80	100	0,98	0,75	0,80	0,04 9	0,03 75	0,04
Экологичность	0,05	96	85	91	100	0,96	0,85	0,91	0,04 8	0,04 25	0,04 55
Технологичность	0,17	95	70	79	100	0,95	0,70	0,79	0,16 15	0,11 9	0,13 43
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки											
Конкурентоспособность продукта	0,04	40	20	15	100	0,40	0,20	0,15	0,01 6	0,00 8	0,00 6
Перспективность рынка	0,03	41	32	20	100	0,41	0,32	0,20	0,01 23	0,00 96	0,00 6
Цена	0,09	83	90	92	100	0,83	0,90	0,92	0,07 47	0,08 1	0,08 28
Послепродажное обслуживание	0,01	10	20	20	100	0,10	0,20	0,20	0,00 1	0,00 2	0,00 2
Финансовая эффективность	0,09	88	40	60	100	0,88	0,40	0,60	0,07 92	0,03 6	0,05 4
Наличие патента	0,03	37	25	32	100	0,37	0,25	0,32	0,01 11	0,00 75	0,00 96
<b>Отого</b>	<b>1</b>								<b>0,73 58</b>	<b>0,67 35</b>	<b>0,64 76</b>

## Оценка качества и перспективности по технологии QUAD

определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i = 0,7358$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки.

Средневзвешенное значение позволяет судить о перспективности разработки. Если значение показателя в процентах получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 59 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

Таким образом, по результатам расчетов, перспективность данной разработки выше всех остальных для конкурентов.

### 3.1.3 SWOT-Анализ

Для того, чтобы оценить внутренние и внешние факторы которые влияют на разработку технологии изготовления вала редуктора примем метод стратегического планирования, который называется SWOT-анализ. SWOT-анализ нужен, чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта и определить перспективы развития и угрозы извне.

Таблица 3.3 – SWOT-анализ

<b>Внешние факторы</b>		<b>Внутренние факторы</b>	
		<p><b>Сильные стороны проекта:</b>                  С1. Высокая точность станков                  С2.Высококвалифицированные рабочие                  С3.Доступность материала, необходимого для реализации проекта от ближайших поставщиков.                  С4.Использование режимов станков, обеспечивающие высокую точность изготовления                  С5.Возможность покупать необходимый материал по доступным ценам.                  С6.Сравнительно низкие затраты на транспортирование заготовительных материалов                  С7.Наличие программного обеспечения для проектирования и анализа изготавливаемых изделий.                  С8.Надежность поставщиков заготовительных материалов</p>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b>                  Сл1.Отсутствие постоянных заказчиков                  Сл2.Высокая стоимость оборудования                  Сл3.Отсутствие маркетинговых мероприятий по продвижению продуктов на новых каналах сбыта.                  Сл4.Высокая конкуренция                  Сл5.Высокая стоимость электрической энергии</p>
	<p><b>Возможности:</b>                  В1. Увеличение темпов рынка                  В2.Повышение квалификации рабочих                  В3. Сотрудничество с другими крупными компаниями                  В4. Появление новых заказчиков                  В5. Повышение эффективности производства за счет внедрения высокотехнологического оборудования и снижения материалоемкости и энергоемкости производства</p>	<p>При увеличении темпов рынка будут полезны сильные стороны как С1, С2, С3, С4, С5 С6, С7 и С8                  При повышении квалификации рабочих будут использоваться такие сильные стороны как С1, С4 и С7                  При заключении договоров сотрудничества с другими компаниями будут полезны сильные стороны как С3, С5, С6 и С8                  При повышении эффективности производства за счет внедрения высокотехнологического оборудование и снижения материалоемкости и энергоемкости производства будут использоваться сильные стороны как С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7 и С8</p>	<p>Чтобы повысить число заказчиков нужно будет использовать такие возможности как В1 В3 и В4                  Для преодоления такой слабости как отсутствие автоматизированного производства будут использоваться возможности как В2 и В5                  Чтобы преодолеть такую слабость как высокая конкуренция нужно будет использовать такие возможности как В1, В2, В3, В4 и В5                  Для преодоления такой слабости как Отсутствие</p>

			маркетинговых мероприятий по продвижению продуктов на новых каналах сбыта можно использовать возможности как В1, В2, В3, В4 и В5
	<p><b>Угрозы:</b>  У1.Наличие зарубежных предприятий-конкурентов, выпускающих аналогичную продукцию  У2.Рост цен на заготовительный материал  У3.Возрастающая конкуренция  У4.Экономическая нестабильность в стране  У5.Изменение требований регулирующих органов и законодательства</p>	<p>Для устранения такой угрозы как наличие зарубежных предприятий-конкурентов, выпускающих аналогичную продукцию следует использовать такие сильные стороны как С1, С2, С3, С4, С5, С6, С7 и С8  Чтобы устранить такую угрозу как экономическая нестабильность в стране следует использовать такие сильные стороны как С2, С3, С5, С6 и С8  Для устранения такой угрозы как изменение требований регулирующих органов и законодательства следует использовать такие сильные стороны как С1, С2, С3, С4 и С8</p>	<p>Для устранения такой угрозы как экономическая нестабильность в стране, необходимо избавиться от таких слабостей, как Сл1, Сл4.  Чтобы устранить такую угрозу как наличие зарубежных предприятий-конкурентов, выпускающих аналогичную продукцию, следует избавиться от таких слабостей, как Сл2, Сл3.  Для устранения такой угрозы как возрастающая конкуренция, необходимо избавиться от таких слабостей, как Сл2 и Сл3  Для устранения такой угрозы, как рост цен на заготовительный материал, необходимо избавиться от таких слабостей, как Сл1</p>

Таким образом, по результатам SWOT – анализа можно сделать заключение, что технологический процесс изготовления вала редуктора обладает



большим количеством сильных сторон и возможностей, которые можно будет реализовать в будущем. Однако, необходимо избавиться от слабостей как высокая конкуренция и отсутствие постоянных заказчиков путем проведения мероприятия по продвижению продукта на новых каналах сбыта и использования таких возможностей как возможность сотрудничать с другими крупными компаниями.

Также необходимо повысить производительность и автоматизировать производство путем использования таких возможностей как повышение эффективности производства за счет внедрения высокотехнологического оборудования и снижения материало и энергоемкости производства.

### 3.2. Планирование научно-исследовательской работы

Планирование научно-исследовательских работ проводится с целью распределения обязанностей между исполнителями проекта, расчета заработной платы работников, задействованных в проекте, а также позволяет реализовать проект в установленные сроки.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научного исследования.

#### 3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ, результаты представим в таблице 3.3.

Таблица 3.4. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования

Основные этапы	№ ра б	Содержание работ	Должность исполнителя	$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{ож i}$	$T_{P i}$
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	1	Анализ исходных данных, разработка и утверждение технического задания	Руководитель темы; Студент-дипломник	7	10	9	5

	2	Определение типа производства и выбор исходной заготовки	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	8	9	9	3
	3	Разработка предварительного маршрута технологического процесса	Руководитель темы; Консультант темы; Студент-дипломник	20	25	22	8
	4	Размерный анализ технологического процесса	Студент-дипломник	25	32	28	28
	5	Выбор оборудования, мерительных и режущих инструментов и расчет режимов резания	Студент-дипломник	14	17	16	16
	6	Расчет норм времени технологического процесса	Студент-дипломник	12	14	13	13
	7	Разработка общего маршрута технологического процесса	Студент-дипломник	5	7	6	6
КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	8	Выбор и проектирование приспособления	Руководитель темы; Студент-дипломник	6	8	7	7
	9	Составление технической документации приспособления	Студент-дипломник	3	4	3	3

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ  $t_{ож i}$  используется следующая формула:

$$t_{ож i} = \frac{(3t_{min i} + 2t_{max i})}{5} \quad (3.1)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес заработной платы в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{p i} = t_{ож i} / Ч_i \quad (3.2)$$

где  $T_{p i}$  – продолжительность одной работы, раб. Дн.;

$t_{ож i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Произведем расчет ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы первого этапа по формуле 3.1:

$$t_{ож1} = \frac{(3t_{min1} + 2t_{max1})}{5} = \frac{(3 \cdot 7 + 2 \cdot 10)}{5} = 9 \text{ чел. - дн.}$$

Произведем расчет продолжительности одной работы первого этапа по формуле 3.2:

$$T_{P1} = \frac{t_{ож1}}{Ч_1} = \frac{9}{2} = 5 \text{ раб. дн.}$$

Аналогичным образом произведены расчеты для последующих этапов, результаты выполненных расчетов представлены в таблице 3.3.

### 3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, переведем длительность каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни. Воспользуемся следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = T_{кал} / (T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}) \quad (3.4)$$

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;

Произведем расчет коэффициента календарности для 2021 года по формуле 3.4 ;

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 122} = 1,5$$

Расчет длительности каждого из этапов работ в календарных днях представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Количество исполнителей	Длительность работ в рабочих днях	Коэффициент календарности и 2021 года	Длительность работ в календарных днях
	t <sub>min</sub> , чел-дни	t <sub>max</sub> , чел-дни	тож <sub>i</sub> , чел-дни				
Анализ исходных данных и разработка технического задания	7	10	9	2	5	1,5	8
Определение типа производства и выбор исходной заготовки	8	9	9	3	3	1,5	5
Разработка технологического маршрута	20	25	22	3	8	1,5	12
Размерный анализ технологического процесса	25	30	28	1	28	1,5	42
Выбор оборудования, мерительных и режущих	14	17	16	1	16	1,5	24

инструментов и расчет режимов резания							
Расчет норм времени технологического процесса изготовления вала редуктора	12	14	13	1	13	1,5	20
Составление общего маршрута технологического процесса изготовления вала редуктора	5	7	6	1	6	1,5	9
Выбор и проектирование приспособления	6	8	7	2	7	1,5	11
Составление технической документации приспособления	3	4	3	1	3	1,5	5

На основе произведенных расчетов, представленных в таблице 3.5, построим календарный план-график – график Ганта, с помощью которого графически изображается ход проекта, порядок выполнения задач, их продолжительность, время начала и завершения. График Ганта представлен в таблице 3.6.

Красным цветом выделена продолжительность работ в календарных днях руководителя темы (Р). Желтым цветом выделена продолжительность работ в календарных днях консультанта темы (К). Синим цветом выделена продолжительность работ в календарных днях студента-дипломника (С)







### 3.2.4 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет проекта – это план, выраженный в количественных показателях и отражающий затраты, необходимые для достижения поставленной цели проекта. Составление бюджета проекта предполагает расчет первоначальных инвестиций, необходимых для разработки и внедрения проекта и расчет текущих затрат на проект.

#### 3.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Рассматриваем стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта, например, приобретаемое сырьё и материалы, комплектующие изделия, полуфабрикаты и т.д. Расчет материальных затрат осуществляется по формуле;

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (3.5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -ого вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

$C_i$  - цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов

$k_T$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы

Материальные затраты, необходимые для выполнения данного проекта заносим в таблицу 3.7

Таблица 3.7 – Материальные затраты НТИ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед, руб	Затраты на материалы( $Z_m$ ), руб
Прутки стального проката 40Х	шт.	1	864	864
Штангенциркуль	шт.	1	1 990	1 990
Микрометр	шт.	1	5 400	5 400

Смазочно-охлаждающие технологические средства	шт.	1	4 150	4 150
Индикатор часового типа	шт.	1	2 600	2 600
Итого				15 004

$k_t = 20\%$  от стоимости материалов

Итак,  $Z_m = (1 + 0,2) \times 15004 = 18\,005$  руб

### 3.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

К затратам на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ по разработке технологии изготовления вала редуктора относится использование следующего оборудования и специальных инструментов: ножовочно-отрезной станок 8725 АМ-300, токарный обрабатывающий центр TAKISAWA LA-250M, токарный станок с ЧПУ ЛТ 200 Урал-инструмент-Пумори и круглошлифовальный станок с ЧПУ ОШ 525Ф3.

Вышеуказанное оборудование имеется в организации, поэтому его стоимость учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Рассчитаем амортизационные отчисления линейным способом, применяющимся как в бухгалтерском, так и в налоговом учете, по формуле:

$$\sum AO = PC \cdot n \quad (3.6)$$

где PC – первоначальная стоимость оборудования в бухгалтерском (налоговом) учете;

$n$  – ежемесячная норма амортизации, рассчитываемая как отношение 1 к СПИ (срок полезного использования), выраженному в месяцах.

СПИ для применяемого в настоящем проекте оборудования, определим в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. От 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы». Для вышеперечисленных металлообрабатывающих станков СПИ равен 10 годам.

Произведем расчет амортизации ножовочно-отрезного станка по формуле 3.6:

$$\sum AO = PC \cdot n = 400\,000 \cdot 1/120 = 3\,333 \text{ руб.}$$

Аналогичным способом производим расчет амортизационных отчислений для остального оборудования. Результаты расчетов заносим в таблицу 3.8.

Таблица 3.8 – Расчет бюджета амортизационных отчислений спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	СПИ, мес.	Амортизация (Зм), руб.
Ножовочно-отрезной станок 8725 АМ-300	шт.	1	400 000	120	3 333
Токарный обрабатывающий центр с ЧПУ TAKISAWA LA-250M	шт.	1	8 550 037	120	71 250
токарный станок с ЧПУ ЛТ 200 Урал-инструмент-Пумори	шт.	1	4 034 900	120	33 624
Круглошлифовальный станок с ЧПУ ОШ 525Ф3	шт.	1	4 500 000	120	37 500
Итого					145 707

Таким образом, амортизационные отчисления спецоборудования для разработки технологии изготовления вала редуктора составили 145 707 руб.

### 3.2.4.3 Заработная плата исполнителей проекта

В настоящую статью включается основная заработная плата Зосн и дополнительная заработная плата Здоп руководителя темы, консультанта темы и студента-дипломника. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата руководителя темы и консультанта темы рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями. В соответствии с «Положением об оплате труда в Томском политехническом университете» оклад доцента кафедры (руководитель темы) равен 35 120, 00 руб., оклад старшего преподавателя (консультант темы) равен 27 500, руб.;

- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. По условию, стимулирующая выплата в виде премии выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада;

- иные выплаты, к которым в соответствии с «Положением об оплате труда в Томском политехническом университете» относится доплата кандидату технических наук (руководитель темы) составляет 3 000,00 руб., доплата консультанту темы за интенсивность труда составляет 20 % от оклада;

- районный коэффициент на территории Томской области составляет 30 %.

Основная заработная плата студента-дипломника рассчитывается на основании «Положения об оплате труда Томский РВПиС» и предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется штатным расписанием Томский РВПиС, оклад начальника ремонтно-эксплуатационной базы (студент-дипломник) равен 15 800, 00 руб.;

- стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. По условию, стимулирующая выплата в виде премии выплачивается ежемесячно из фонда заработной платы в размере 30 % от оклада;

- иные выплаты, к которым в соответствии с «Положением об оплате труда Томский РВПиС» относится доплата за напряженность труда (выплачивается ежемесячно) составляет 20 % от оклада;

- районный коэффициент на территории Томской области составляет 30 %.

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (3.7)$$

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых исполнителем проекта, раб.дн. (таблица 3.10);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Чтобы провести расчет  $T_p$  для каждого исполнителя проекта воспользуемся следующей формулой:

$$T_p = \frac{\sum T_p}{T_{p \text{ ср}}} \cdot n \quad (3.8)$$

где  $\sum T_p$  – сумма длительности работ, раб.дн.;

$T_{p\text{ ср}}$  – среднее количество рабочих дней, раб.дн.;

$n$  – количество работ выполняемых исполнителем проекта.

Средняя заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (3.9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- для студента-дипломника при отпуске в 40 раб.дн.  $M$  равен 10,5 месяцев, 5-дневная неделя;

- для руководителя темы и консультанта темы при отпуске в 56 раб.дн.  $M=10$  месяцев, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей проекта, раб.дн.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p \quad (3.10)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{\text{тс}}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем для:

- руководителя темы 0,85 (т.к. доплата в 3 000, руб. От оклада в 35 120,00 руб. Составляет 85 %);

- консультанта темы и студента дипломника 0,2 (т.к. доплата составляет 20% от оклада);

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. 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 рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (3.11)$$

Где  $k_{\text{доп}}$  – это коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{доп}} + Z_{\text{осн}} \quad (3.12)$$

На основании приведенных выше формул 3.7 – 3.12 произведем расчет заработной платы руководителя темы:

$$Z_M = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p = 35\,120 \cdot (1 + 0,3 + 0,85) \cdot 1,3 = 98\,160,40 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{98\,160,40 \cdot 10}{366 - 66 - 56} = 4\,023 \text{ руб.}$$

$$T_p = \frac{\sum T_p}{T_{p \text{ ср}}} \cdot n = \frac{89}{29} \cdot 4 = 13 \text{ раб. дн.}$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p = 4\,023 \cdot 13 = 52\,299 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 52\,299 = 7\,844,85 \text{ руб.}$$



$$З_{зп} = З_{доп} + З_{осн} = 7\,844,85 + 52\,299 = 60\,143,85 \text{ руб.}$$

Аналогичным способом произведем расчет заработной платы консультанта темы:

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p = 27\,500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53\,625 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}} = \frac{53\,625 \cdot 10}{366 - 66 - 56} = 2\,197,75 \text{ руб.}$$

$$T_p = \frac{\sum T_p}{T_{p\text{ ср}}} \cdot n = \frac{89}{29} \cdot 2 = 7 \text{ раб. дн.}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 2\,197,75 \cdot 7 = 15\,384,25 \text{ руб.}$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 15\,384,25 = 2\,307,64 \text{ руб.}$$

$$З_{зп} = З_{доп} + З_{осн} = 15\,384,25 + 2\,307,64 = 17\,691,89 \text{ руб.}$$

Произведем расчет заработной платы студента-дипломника:

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_p = 15\,800 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 30\,810 \text{ руб.}$$

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}} = \frac{30\,810 \cdot 10,5}{366 - 118 - 40} = 1\,555,30 \text{ руб.}$$

$$T_p = \frac{\sum T_p}{T_{p\text{ ср}}} \cdot n = \frac{89}{29} \cdot 9 = 28 \text{ раб. дн.}$$

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p = 1\,555,30 \cdot 28 = 43\,548,4 \text{ руб.}$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,15 \cdot 43\,548,4 = 6\,532,26 \text{ руб.}$$

$$З_{зп} = З_{доп} + З_{осн} = 43\,548,4 + 6\,532,26 = 50\,080,66 \text{ руб.}$$

Результаты произведенных расчетов представим в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет заработной платы исполнителей проекта

Исполнитель проекта	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , руб.	$Z_{осн}$ , руб.	$k_{доп}$	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зп}$ , руб.
Руководитель темы	35 120,00	0,3	0,85	1,3	98 160,40	4 023,00	13	52 299,00	0,15	7 844,85	60 143,85
Консультант темы	27 500,00	0,3	0,2	1,3	53 625,00	2 197,75	7	15 384,25	0,15	2 307,64	17 691,89
Студент-дипломник	15 800,00	0,3	0,2	1,3	30 810,00	1 555,30	28	43 548,40	0,15	6 532,26	50 080,66
Итого	78 420,00				182 595,40	7 776,05	42	111 231,65		16 684,75	127 916,4

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

Поскольку Федеральный закон «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования» от 24.07.2009 N 212-ФЗ утратил силу, в настоящей выпускной квалификационной работе в целях расчета отчислений во внебюджетные фонды будем руководствоваться Федеральным законом от 01.04.2020 N 102-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации», Приказом ФНС России от 18.09.2019 N ММВ-7-11/470@ «Об утверждении формы расчета по страховым взносам, порядка ее заполнения, а также формата представления расчета по страховым взносам в электронной форме и о признании утратившим силу приказа Федеральной налоговой службы от 10.10.2016 N ММВ-7-11/551@».

В соответствии с подпунктами 1-3 пункта 2 статьи 425 Налогового кодекса Российской Федерации размер страховых взносов в 2021 году составляет 30,2 %.

Результаты расчетов отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб.
Руководитель темы	52 299,00	7 488,85
Консультант темы	15 384,25	2 307,67
Студент-дипломник	43 548,84	6 532,26
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Руководитель темы	18 055,93	
Консультант темы	5 342,96	
Студент-дипломник	15 124,49	
Итого отчисления во внебюджетные фонды	38 523,38	

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) за всех исполнителей проекта составляют 38 523,38 руб.

### 3.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие расходы, не относящиеся к предыдущим статьям. Например, оплата услуг связи, электроэнергии, отопления, канцелярские товары, охрана и т.д.

Расчет накладных расходов ведется по формуле:

$$Z_{\text{нак}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \times k_{\text{нр}} = k_{\text{нр}} \times (Z_{\text{М}} + Z_{\text{АО}} + Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{ВНЕБ}})$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы ( $k_{\text{нр}} = 16\%$ ).

$$Z_{\text{нак}} = 0,16 \times (18\ 005 + 145\ 707 + 127\ 916,4 + 38\ 523,38) = 52\ 824,28 \text{ руб.}$$

### 3.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В данной выпускной квалификационной работе будут применены следующие определения:

исп.1 – разработка технологического процесса изготовления вала редуктора в настоящем исследовании;

исп.2 – технологический процесс изготовления вала редуктора в ООО «Томская Приборостроительная Компания»;

исп.3 – технологический процесс изготовления вала редуктора в АО «НПФ «Микран».

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора представлен в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Бюджет затрат на проектирование разработки технологии изготовления вала редуктора

Наименование статья	Сумма, руб			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
Материальные затраты НТИ	18 005	19 345	20 563	Пункт 3.2.4.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ)	145 707	168 469	187 030	Пункт 3.2.4.2
Затрат по основной заработной плате исполнителей темы	111 231,65	129 376,23	134 560,45	Пункт 3.2.4.3
Затрат по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16 684,75	19 545,47	21 544,56	Пункт 3.2.4.3

Отчисления во внебюджетные фонды	38 523,38	39 343,29	40 643,09	Пункт 3.2.4.4
Накладные расходы	52 824,28	54 679,13	55 789,89	16% от суммы ст. 1-5
Бюджет затрат НИИ	382 985,06	430 758,12	460 130,99	Сумма ст. 1-5

### 3.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

#### 3.3.1 Интегральный показатель финансовой эффективности

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования (таблица 3.11) и определяют как:

$$I_{\text{исп.}i/\text{финр}} = \Phi_{pi} / \Phi_{\text{max}} \quad (3.13)$$

где  $I_{\text{исп.}i/\text{финр}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Определим интегральные показатели финансовой эффективности для каждого варианта исполнения по формуле 3.13:

$$I_{\text{исп.}1/\text{финр}} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = 382\,985,06 / 460\,130,99 = 0,83;$$

$$I_{\text{исп.2/финр}} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = 430\,758,12/460\,130,99 = 0,93;$$

$$I_{\text{исп.3/финр}} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = 460\,130,99/460\,130,99 = 1;$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки технологии изготовления вала редуктора настоящего исследования отражает численное удешевление стоимости разработки в разах по сравнению с имеющимися технологическими процессами

### 3.3.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора определяется следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (3.14)$$

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.

Таблица 3.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования/ Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп.2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда	0,14	5	3	4

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,13	4	3	4
3. Энергосбережение	0,22	5	4	3
4. Помехоустойчивость	0,13	4	3	4
5. Надежность	0,25	5	5	4
6. Материалоемкость	0,13	4	4	3
Итого	1			

Произведем расчеты интегральных показателей ресурсоэффективности технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования и остальных исполнений по формуле 3.3.2;

$$I_{p1} = \sum a_1 \cdot b_1 = 5 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,13 = 4,61$$

$$I_{p2} = \sum a_2 \cdot b_2 = 3 \cdot 0,14 + 3 \cdot 0,13 + 4 \cdot 0,22 + 3 \cdot 0,13 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,13 = 3,85$$

$$I_{p3} = \sum a_3 \cdot b_3 = 4 \cdot 0,14 + 4 \cdot 0,13 + 3 \cdot 0,22 + 4 \cdot 0,13 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,13 = 3,65$$

### 3.3.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального финансового показателя по формуле

$$I_{исп.i} = \frac{I_{р-исп.i}}{I_{финр.i}} \quad (3.15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволяет определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = I_{\text{исп.1}}/I_{\text{исп.2}} \quad (3.16)$$

где  $I_{\text{исп.1}}$  – интегральный показатель эффективности для исп.1;

$I_{\text{исп.2}}$  – интегральный показатель эффективности для исп.2;

Сравнение значений интегральных показателей эффективности разработки технологического процесса изготовления вала редуктора в настоящем исследовании относительно технологических процессов изготовления вала редуктора в ООО «Томская Приборостроительная Компания» и АО «НПФ «Микран» представлены в таблице 13.

Таблица 3.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,83	0,93	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,61	3,85	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	5,55	4,12	3,65
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения исп.1 с исп.2	1,43		
5	Сравнительная эффективность вариантов исполнения исп.1 с исп.3	1,90		

Сравнительный анализ показал, что вариант разработки технологии изготовления вала редуктора настоящего исследования более конкурентоспособен по отношению к имеющимся технологическим процессам.



## ВЫВОДЫ ПО РАЗДЕЛУ

В результате выполнения данного раздела получены следующие результаты:

Проведены анализ конкурентоспособности и SWOT анализ разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования, выявлены слабые и сильные стороны, разработаны мероприятия по устранению и снижению слабых сторон;

Проведено планирование проекта и построен график Ганта, в результате которого установлен срок реализации разработки 140 календарных дней;

Рассчитан и составлен бюджет затрат на реализацию разработки технологического процесса изготовления вала редуктора – составляет 382 985,06 руб.;

Рассчитан интегральный показатель эффективности исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования – составляет 0,83, что отражает численное удешевление стоимости разработки по сравнению с имеющимися технологическими процессами;

Рассчитан интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования по пятибалльной шкале составляет 4,61 что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов;

И так, в результате проведенных исследований, установлено что разработанный технологический процесс изготовления вала редуктора настоящего исследования является более эффективным и экономически целесообразным чем существующие технологические процессы.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А7Б	Дубе Лунгелве Буле

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

Тема ВКР:

<b>Проектирование технологического процесса изготовления детали «Вал редуктора»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<b>Объектом исследования</b> является рабочее место работника-цеха.  <b>Область применения:</b> автоматизация технологического процесса на предприятии.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</p> <p>ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.</p> <p>СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, «Трудовой кодекс Российской Федерации» № 197-ФЗ и т.п.</p>

<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><b>Вредные факторы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– отклонение параметров микроклимата в помещении;</li> <li>– повышенный уровень шума/вибрация;</li> <li>– отсутствие или недостаток естественного света;</li> </ul> <p><b>Опасные факторы:</b> - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования и т.п.</p>
<p><b>4. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><b>Литосфера:</b></p> <p>Загрязнение окружающей среды и пищи работников СОТС и стружкой.</p> <p><b>Гидросфера:</b></p> <p>Загрязнение источников питьевой воды смазочно-охлаждающими жидкостями.</p> <p><b>Атмосфера:</b></p> <p>Загрязнение окружающего воздуха испарением смазочно-охлаждающих технологических средств</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p><b>Возможные ЧС:</b></p> <p>ЧС техногенного характера для места – пожар, взрывы и обрушение производственных зданий.</p> <p>Природные ЧС – землетресение и наводнение</p> <p>Биологические ЧС – пандемия и др.</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		05.04.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7Б	Дубе Лунгелве Буле		05.04.2021

## 4 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Объектом исследования в этом разделе выпускной квалификационной работы является технологический процесс изготовления вала редуктора, его воздействие и рабочей зоны на организм человека и окружающую среду. Рабочая зона представляет собой рабочее место работника цеха и место станков и оборудования, используемого при изготовлении детали.

Область применения результатов исследования включает сферы машиностроительной деятельности по изготовлению и сборке всех видов редукторов. Реальными и потенциальными пользователями разрабатываемого решения являются предприятия и частные компании по изготовлению и сборке всех видов редукторов.

Географическое положение места выполнения работы – город Томск, Россия.

Разработка технологического процесса изготовления вала редуктора будет проанализирована с точки зрения социальной ответственности. С этой целью приведены специальные нормы трудового законодательства, применимые к спроектированному технологическому процессу изготовления детали, учтены требования к эргономике рабочего пространства. Выявлены и проанализированы возможные источники возникновения опасных и вредных факторов, которым подвергаются работники цеха при изготовлении вала редуктора, предложены пути минимизации воздействия этих факторов. Также выявлено влияние спроектированного процесса на окружающую среду, выбраны мероприятия по обеспечению экологической безопасности, а также проанализированы возможные чрезвычайные ситуации, из них выбрана наиболее вероятная, разработаны меры по предупреждению ее возникновения.

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

При разработке технологического процесса изготовления вала редуктора составление технологии выполняет инженер-технолог, а далее на этапе изготовления работники цеха выполняют функцию реализации этой технологии в реальном мире с помощью различных видов металлообрабатывающих оборудований. В данном разделе будем учитывать вопросы обеспечения безопасности всех работников цеха, участвующих в разработке технологии и ее реализации в реальном мире. Трудовые функции регламентируются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (с изм. На 20.04.2021) (далее – ТК РФ), имеющим приоритетное значение перед другими действующими федеральными законами, связанными с трудовыми отношениями.

В соответствии со статьей 100 ТК РФ режим рабочего времени работника цеха должен предусматривать пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями. В соответствии со статьей 115 ТК РФ работнику цеха должен предоставляться ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней. Также частью 3 статьи 133, частью 11 статьи 133.1 ТК РФ работнику цеха гарантирована месячная заработная плата (отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего нормы труда), не ниже минимального размера оплаты труда.

В соответствии со статьей 215 ТК РФ проекты технологических процессов должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда. Технологические процессы, материалы должны соответствовать государственным нормативным требованиям охраны труда и иметь декларацию о соответствии и (или) сертификат соответствия. В производстве запрещается применение вредных или опасных веществ, материалов, продукции, товаров,

токсикологическая (санитарно-гигиеническая, медико-биологическая) оценка которых не проводилась.

Кроме того, действует Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ (ред. От 05.04.2021) «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». В соответствии со статьей 4 ФЗ от 24.07.1998 N 125 работникам цеха гарантированы права на обеспечение по страхованию; экономическая заинтересованность субъектов страхования в улучшении условий и повышении безопасности труда, снижении производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; обязательность регистрации в качестве страхователей всех лиц, нанимающих работников, подлежащих обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; обязательность уплаты страхователями страховых взносов.

Основные эргономические требования согласно ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» частям 2.1 – 2.7 для обеспечения безопасности, а также создания комфортной среды для работников цеха в производственных условиях рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля; организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работника цеха или наклон его вперед не более чем на 15°; для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине.

## 4.2 Производственная безопасность

Согласно «ГОСТ 12.0.003-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 N 602-ст) были идентифицированы потенциальные вредные и опасные факторы, характерные для разработки технологического процесса изготовления вала редуктора. Перечень выявленных возможных вредных и опасных факторов представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Возможные вредные и опасные факторы, характерные для разработки технологического процесса изготовления вала редуктора.

Факторы (ГОСТ 12.0.003.2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	разработка	изготовление	эксплуатация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНИП 41-01-2003.
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНИП 23-03-2003.
3. Превышение уровня вибрации				СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.



4. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНИП 23-05-95*
5. Подвижные части производственного оборудования			+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

#### 4.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

##### 1. Отклонение показателей микроклимата.

Показателями, характеризующими микроклимат на рабочем месте являются: температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение. Несоответствие параметров микроклимата рабочей зоны допустимым ведет к снижению комфорта работников, качества выполняемой работы, приводит к высокой утомляемости, а при длительном несоответствии требуемым приведет к проблемам со здоровьем.

Допустимые нормы микроклимата в производственных помещениях регламентируются СанПиН 2.2.4.548–96 и ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ, оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория тяжести работ	Температура, °С			Относительная влажность, %	
		Оптимальная	Допустимая		Оптимальная	Допустимая, не более
			Верхняя граница	Нижняя		

				граница		
Холодный	Легкая	21-23	24	20	40-60	75
	Средняя	17-19	21	23	40-60	75
Теплый	Легкая	22-24	28	30	40-60	60(при 27°С)
	Средняя	20-22	27	16	40-60	70(при 25°С)

Для достижения необходимых параметров микроклимата рабочей зоны необходимо обеспечить надлежащий тепло- и воздухообмен, вентиляцию помещения в теплое время года и отопление в холодное, изолировать источники высокой и низкой температуры.

#### **4. Превышение уровня шума**

Основными источниками шума при изготовлении вала редуктора являются: Ножовочно-отрезной станок 8725AM-300, Фрезерно-центровальный станок 2Г942, Токарный станок с ЧПУ ЛТ 200 Урал-инструмент-пумори, Токарный обрабатывающий центр TAKISAWA LA-250M, Круглошлифовальный станок ОШ 525Ф3.

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562- 96.2.2.4, уровень шума в производственных помещениях не должен превышать максимально допустимого 90 дБ . Его превышение влечет за собой не только тугоухость при длительных воздействиях, но и снижает скорость реакций, что резко повышает вероятность несчастного случая на производстве.

К средствам индивидуальной защиты от воздействия шума относятся одноразовые или многоразовые вкладыши, защитные наушники с пассивной защитой или активным шумоподавлением. Коллективная защита заключается в

планировке помещения, позволяющей снизить воздействие шума и изменить его направленность.

#### **4. Превышение уровня вибрации**

В соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий основными показателями вибрации являются виброактивность и и вибрационная характеристика машины или оборудования. Эти показатели отражают способность оборудования или его части производить или передавать вибрацию во время работы в соответствии с испытательным кодом по вибрации.

Значения нормируемых параметров вибрации на рабочих местах не должны превышать значений показателей, регламентированных в гигиенических нормативах СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Для среднечастотной локальной вибрации, значения вибрации не должно превышать максимального допустимого 63 Гц.

Основным средством обеспечения вибрационной безопасности является создание условий работы, при которых вибрация, воздействующая на человека, не превышает некоторых установленных пределов (гигиенических нормативов). Использование виброзащитных перчаток для ручных машин.

#### **4. Недостаток необходимого естественного и искусственного освещения рабочей зоны**

В соответствии с частью 7 «СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение» на пункте 2 «Освещение помещений производственных и складских зданий» для общего освещения производственных помещений следует использовать светодиоды и энергоэффективные разрядные источники света. Освещенность рабочей

поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения. При этом освещенность от общего освещения должна быть не менее 200 лк. Создавать освещенность от общего освещения в системе комбинированного более 1200 лк разрешается только при наличии обоснований.

В помещениях без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну ступень. В производственных помещениях освещенность проходов и участков, где зрительные работы не проводятся, должна составлять не более 25% нормируемой освещенности, создаваемой светильниками общего освещения, но не менее 100 лк.

Освещение рабочей зоны должно быть оптимальным по величине, а его спектр должен быть максимально приближен к дневному (солнечному) освещению, лучше всего соответствующему физиологии человека. Чрезмерно высокая освещенность так же, как и недостаточная, вызывает быстрое утомление глаз, снижение видимости.

Освещение должно быть достаточно равномерным по площади, так как при переводе взгляда с менее освещенных на ярко освещенные поверхности и наоборот происходит снижение остроты зрения на некоторый период времени, связанный с переадаптацией глаз. Мерой защиты от данного фактора является подбор оптимального освещения в зависимости от категории работ.

## **5. Подвижные части производственного оборудования**

В соответствии с ГОСТ 12.2.003-91 движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны

быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства, предотвращающие травмирование.

Конструкция производственного оборудования должна исключать на всех предусмотренных режимах работы нагрузки на детали и сборочные единицы, способные вызвать разрушения, представляющие опасность для работающих.

Материалы конструкции производственного оборудования не должны оказывать опасное и вредное воздействие на организм человека на всех заданных режимах работы и предусмотренных условиях эксплуатации.

Для защиты от возможного травмирования необходимо применить средства механизации, автоматизации (в том числе автоматического регулирования параметров рабочих процессов) дистанционного управления и контроля.

#### **4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)**

Согласно Федеральному закону «О специальной оценке условий труда» от 28.12.2013 N 426-ФЗ (далее – ФЗ от 28.12.2013 N 426-ФЗ) первоочередным мероприятием по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов при разработке технологического процесса изготовления вала редуктора является проведение специальной оценки условий труда рабочего места работника цеха (далее – СОУТ). Согласно статье 68 ТК РФ и статье 15 ФЗ от 28.12.2013 N 426-ФЗ работник цеха должен быть ознакомлен с результатами СОУТ, знать параметры имеющихся вредных и опасных факторов, планы профилактических мероприятий, полагающиеся ему льготы и компенсации за работу во вредных условиях труда.

Кроме технических устройств, в помещении работника цеха должны быть: - инструкции по охране труда и пожарной безопасности; - нормативно-техническая документация и методические материалы, необходимые для работы; - плакаты по охране труда; - аптечка первой помощи.

Работник цеха должен быть обеспечены следующими средствами защиты: - приборы и устройства для обеспыливания и обеззараживания воздуха; - системы и устройства для вентиляции, кондиционирования и отопления.

Для создания и автоматического поддержания на рабочем зоне работника цеха независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха.. Согласно ГОСТ 12.1.003- 2014 ССБТ эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА. Для того чтобы добиться этого уровня шума рекомендуется применять звукопоглощающее покрытие стен. В производственных и административных помещениях, в случаях преимущественной работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк.

### **4.3 Экологическая безопасность**

В соответствии со статьей 1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ экологическая безопасность – состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.

Наиболее активная форма экологической безопасности на этапе разработки технологического процесса изготовления вала редуктора является сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным способам проектирования технологии. Для перехода к безотходному производству при разработке технологии изготовления вала редуктора необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров и, соответственно, бумаги. Необходимо заключить договор с организацией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов компаниям, занимающимся переработкой отходов. Также необходимо утилизировать средства освещения.

На этапе изготовления вала редуктора основными загрязнителями окружающей среды являются стружка и смазочно-охлаждающие технологические средства (далее – СОТС). В зависимости от состояния технологической среды эти загрязнители могут наносить загрязнение источникам питьевой воды, окружающему воздуху, рабочей и бытовой средам работников цеха. Испарение СОТС при жестких режимах механической обработке может приносить негативное воздействие на атмосферу и окружающий воздух в рабочей зоне. Жидкие СОТС могут также попасть в пищу и источники питьевой воды принося загрязнение литосферу и гидросферу. Основным загрязнителем литосферы при изготовлении вала редуктора является стружка. Утилизация и переработка отходов производственного процесса изготовления вала редуктора берутся в соответствии с требованиями по охране окружающей среды, регламентированными в документах «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ и «Об отходах производства и потребления» от 01.01.2014 N 458.

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При разработке технологического процесса и изготовлении вала редуктора возможными чрезвычайными ситуациями (далее – ЧС) являются пожар, взрывы, обрушение производственных зданий, землетрясение, наводнение и пандемия.

К чрезвычайным ситуациям техногенного характера относятся пожар, взрывы и обрушение производственных зданий; к природным относятся землетрясение и наводнение; к биологическим относится пандемия. В настоящее время в рамках данной выпускной квалификационной работы актуальными являются заражение коронавирусной инфекцией и пожар.

Разработку технологического процесса и изготовление вала редуктора следует выполнить согласно режиму «Повышенная готовность», введенному первым распоряжением Администрации Томской области от 18.03.2020 № 156-ра «О введении режима функционирования «повышенная готовность» для органов управления и сил звеньев территориальной подсистемы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Томской области». При разработке технологического процесса изготовления вала редуктора в режиме «Повышенная опасность» в целях профилактики коронавирусной инфекции работнику цеха необходимо соблюдать следующие правила:

- не прикасаться руками к лицу;
- мыть руки, использовать антисептики и перчатки;
- носить маску, которую необходимо менять каждые 2-3 часа;
- избегать близких контактов, соблюдать социальную дистанцию (расстояние в 1,5-2 м);



- проветривать помещение в течение не менее 20 минут каждые 2 часа.

Также актуальным ЧС остается пожар. В процессе производственного цикла существует опасность возгорания. Причиной возгорания может являться замыкание в электросети оборудования, несоблюдения правил пользования электрооборудованием, а также курение в неположенных местах.

Согласно НПБ 105-03 бюро относится к категории В4 (пожароопасные)

– Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. На любом участке пола помещения площадь каждого из участков пожарной нагрузки не более 10 кв.м.

Согласно СНиП 2.01.02-85 технологическое бюро относится к 1 степени огнестойкости. (данное помещение выполнено из трудно сгораемого материала (кирпича)). В целях ликвидации или локализации возгорания на первоначальной стадии применяются средства, которые обычно используются до прибытия пожарной бригады. Эти средства называют первичными средствами пожаротушения.

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители. Типов огнетушителей бывает довольно большое множество. Приведём некоторые из них: огнетушитель водо-пенный (ОХВП-10). Используются для тушения пожара при отсутствии электроэнергии; углекислотные и порошковые огнетушители применяются для ликвидации возгорания различных электроустановок, которые находятся под напряжением до 1000В.

## ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы были достигнуты следующие результаты:

учтены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности работников цеха на этапах разработки технологического процесса и изготовления вала редуктора в соответствии с Трудовым кодексом РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ и Федеральным законом от 24.07.1998 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»;

учтены требования к эргономике рабочего пространства работников цеха в соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работы стоя. Общие эргономические требования»;

Выявлены и проанализированы в основании ГОСТ 12.0.033-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» возможные источники возникновения опасных и вредных производственных факторов, которым подвергаются работники цеха на этапах разработки технологического процесса и изготовления вала редуктора;

согласно соответствующим нормативным документам приведены пути минимализации воздействия этих факторов;

выявлено влияние спроектированного технологического процесса и рабочей зоны работников цеха на окружающую среду согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ;

выбраны мероприятия, в основании Федерального закона «Об отходах производства и потребления» от 01.01.2014 N 458, по обеспечению экологической безопасности;

проанализированны возможные чрезвычайные ситуации, из них выбрана наиболее вероятна и актуальна в настоящее время и разработаны меры по предупреждению ее возникновения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы по теме «Разработка технологического процесса изготовления вала редуктора», в технологической части, решены следующие задачи:

выполнен анализ технологичности детали;

разработан предварительный маршрут технологии изготовления вала редуктора, определена серийность производства и обоснован способ получения и выбрана исходная заготовка;

рассчитаны режимы резания всех переходов операций технологического процесса;

подобраны требуемые режущие и мерительные инструменты и выбрано необходимое металлообрабатывающее оборудование;

рассчитаны нормы времени технологического процесса и составлен окончательный маршрут технологического процесса.

В конструкторской части выбран процесс для применения спроектированного приспособления, спроектировано специальное приспособления для контроля отклонений формы поверхностей вала редуктора, описан ход использования при измерении и принцип работы приспособления.

В разделе «Социальная ответственность» выявлены и проанализированы возможные источники возникновения опасных и вредных факторов, которым подвергаются работники цеха при изготовлении вала редуктора, предложены пути минимизации воздействия этих факторов. Также выявлено влияние спроектированного процесса на окружающую среду, выбраны мероприятия по обеспечению экологической безопасности, а также проанализированы

возможные чрезвычайные ситуации, из них выбрана наиболее вероятная, разработаны меры по предупреждению ее возникновения.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведены анализ конкурентоспособности и SWOT анализ разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования, выявлены слабые и сильные стороны, разработаны мероприятия по устранению и снижению слабых сторон;

Проведено планирование проекта и построен график Ганта, в результате которого установлен срок реализации разработки 140 календарных дней;

Рассчитан и составлен бюджет затрат на реализацию разработки технологического процесса изготовления вала редуктора – составляет 382 985,06 руб.; Рассчитан интегральный показатель эффективности исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования – составляет 0,83, что отражает численное удешевление стоимости разработки по сравнению с имеющимися технологическими процессами;

Рассчитан интегральный показатель ресурсоэффективности исполнения разработки технологического процесса изготовления вала редуктора настоящего исследования по пятибалльной шкале составляет 4,61 что значительно выше показателей ресурсоэффективности имеющихся технологических процессов;

И так, в результате проведенных исследований, установлено что разработанный технологический процесс изготовления вала редуктора настоящего исследования является более эффективным и экономически целесообразным чем существующие технологические процессы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – Стереотипное издание. Перепечатка с издания 1983 г. – М.: Альянс, 2015. – 256с.
2. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. С74 Т.1/Под ред. А.М Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова. – 5-е изд., исправл. – М.: Машиностроение-1, 2003 г. 912 с., ил.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. С74 Т.2/Под ред. 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. С42 Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009.-91с. ISBN 5-98298-450-7
5. Скворцов В.Ф. С42 Основы технологии машиностроения: учебное пособие / В.Ф. Скворцов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета. 2012. – 352 с
6. Электронный ресурс, Режим доступа: [Способы и средства измерения износа и контроля деталей \(studfile.net\)](#) (последнее дата обращения - 27/04/2021)
7. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
8. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – 24 с.

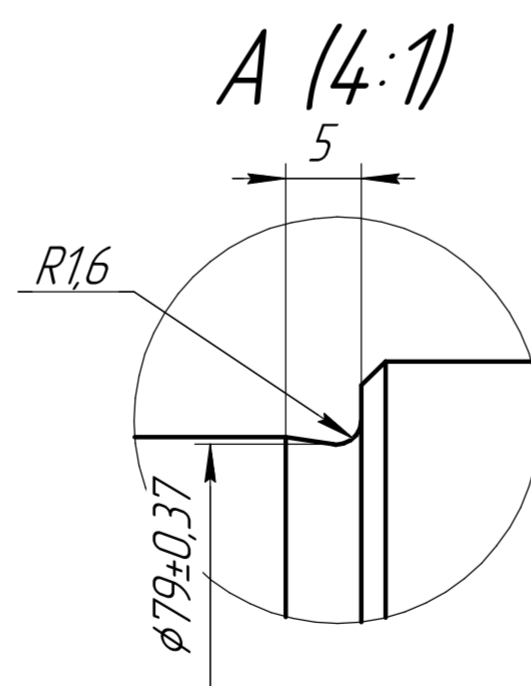
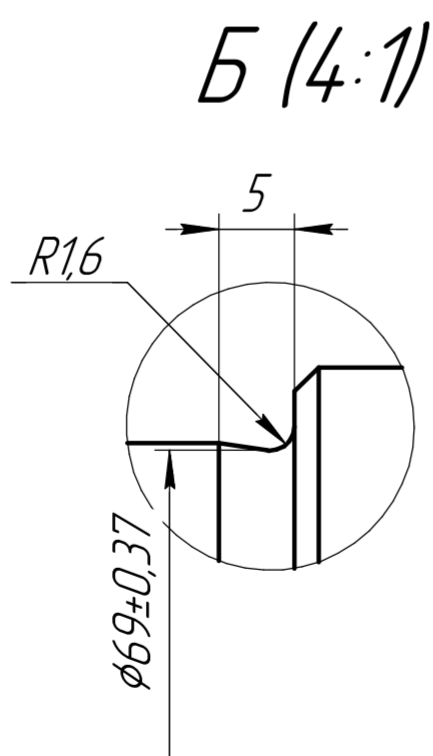
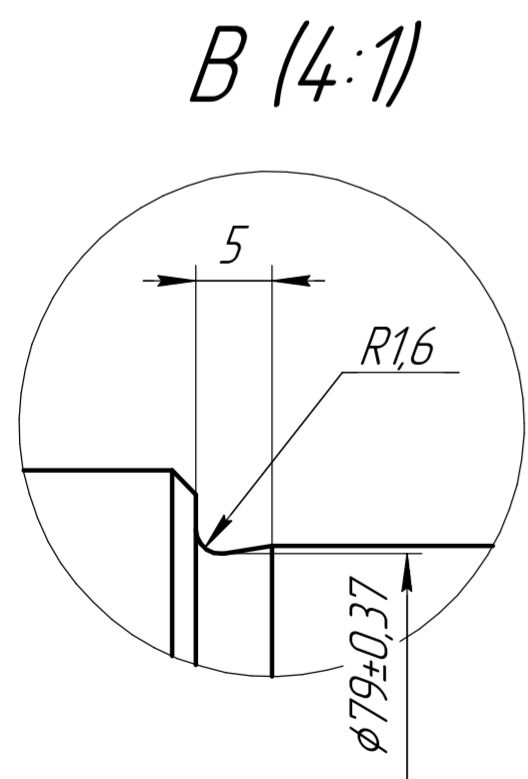
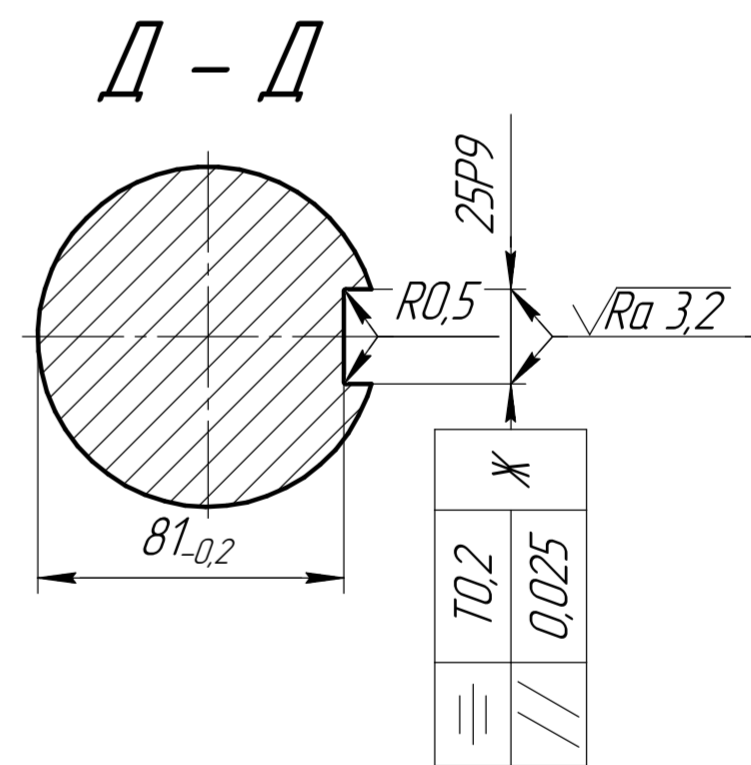
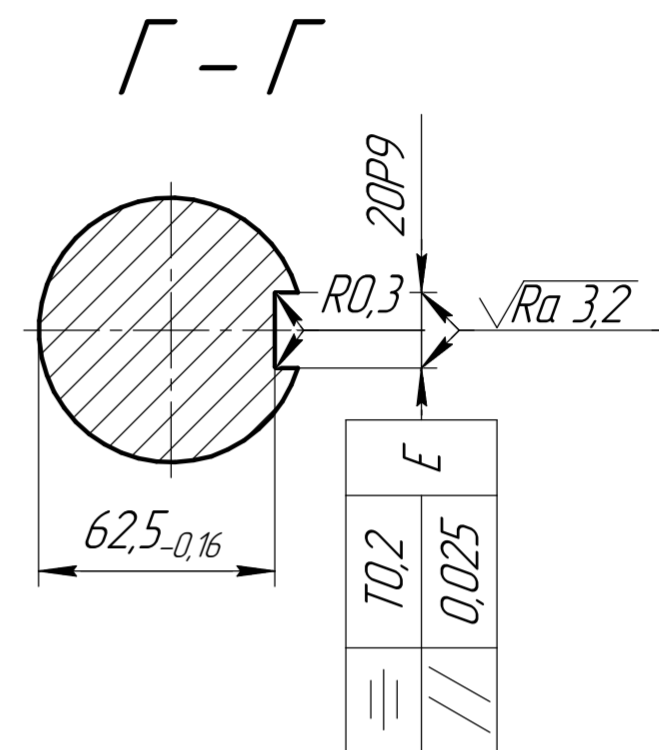
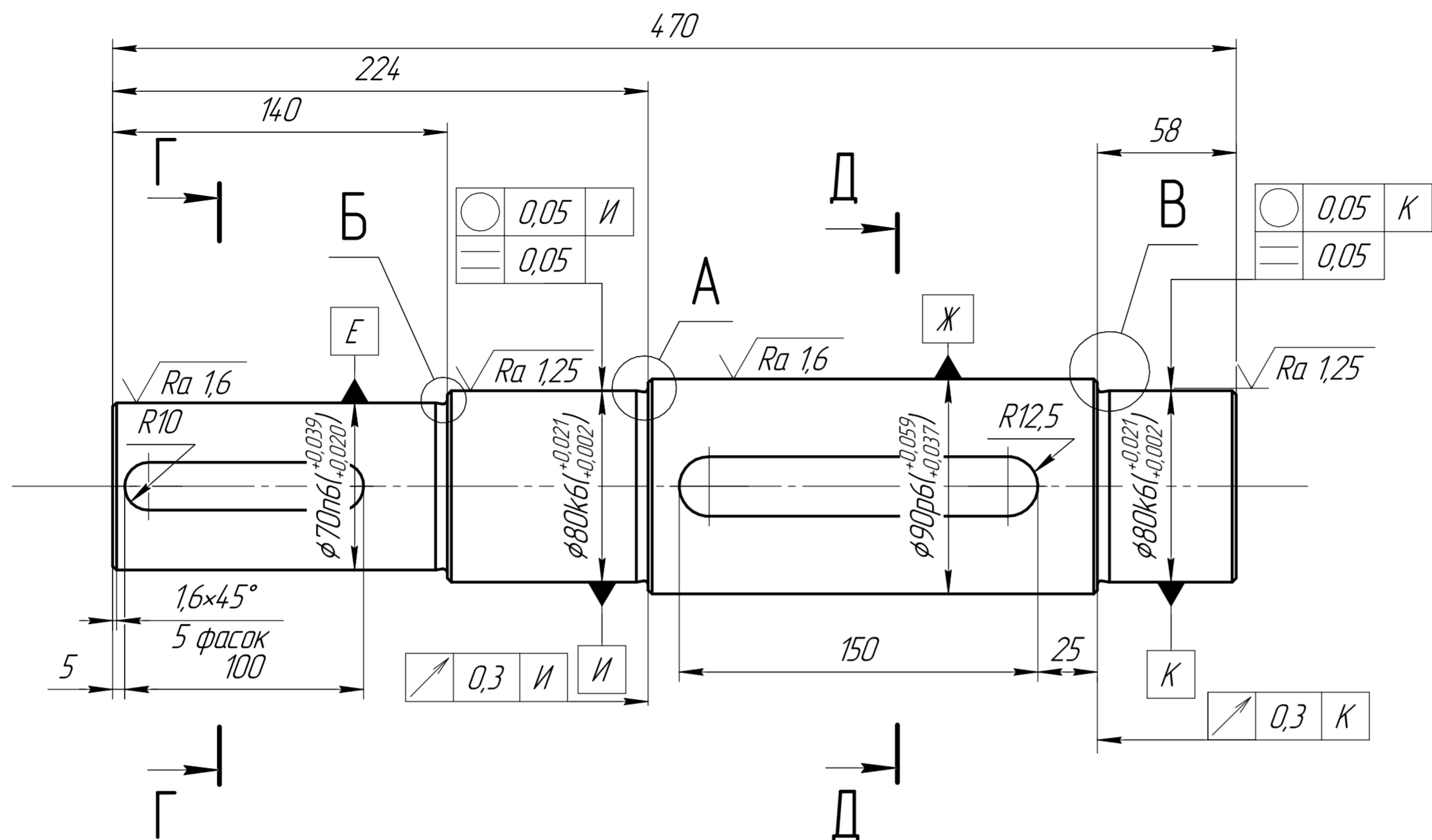
9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына: ТПУ – Томск: Изд-во ТПУ. 2014 -36с.
10. ГОСТ 2590-2006: ПРОКАТ СОРТОВОЙ СТАЛЬНОЙ ГОРЯЧЕКАТАНЫЙ КРУГЛЫЙ. Сортамент
11. Положение об оплате труда в «Томском политехническом университете»
12. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 N 7-ФЗ
13. ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров.
14. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (с изменениями и дополнениями).
15. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
16. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
18. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
19. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
20. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
21. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация.

- 22.ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.  
Общие эргономические требования.
- 23.ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя.  
Общие эргономические требования.
- 24.Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие – М.: Высшая школа.2006.- 399с.



# **ПРИЛОЖЕНИЯ А**

## **Чертеж детали**



1. Неуказанные предельные отклонения размеров: H14, h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$
2. HВ 220...250
3. Остальные неуказанные предельные отклонения размеров по ОСТ 2Н31-2-72.

ИШНПТ.8/Л71127.00.00.01				Лист	Масса	Масштаб
Вал редуктора				4	19,2	1:2
97 ГОСТ 2590-2006 КРУЗ 40Х ГОСТ 4543-71				Лист	Листов	1
Копировал				ТПУ ИШНПТ Группа 4А7Б Формат А2		

КОМПАС-3D v11.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.  
 Идент. № подл. Подп. и дата  
 Идент. № подл. Подп. и дата  
 Идент. № подл. Подп. и дата

Перв. примен.

Справ. №

## **ПРИЛОЖЕНИЯ Б**

### **Размерный анализ**

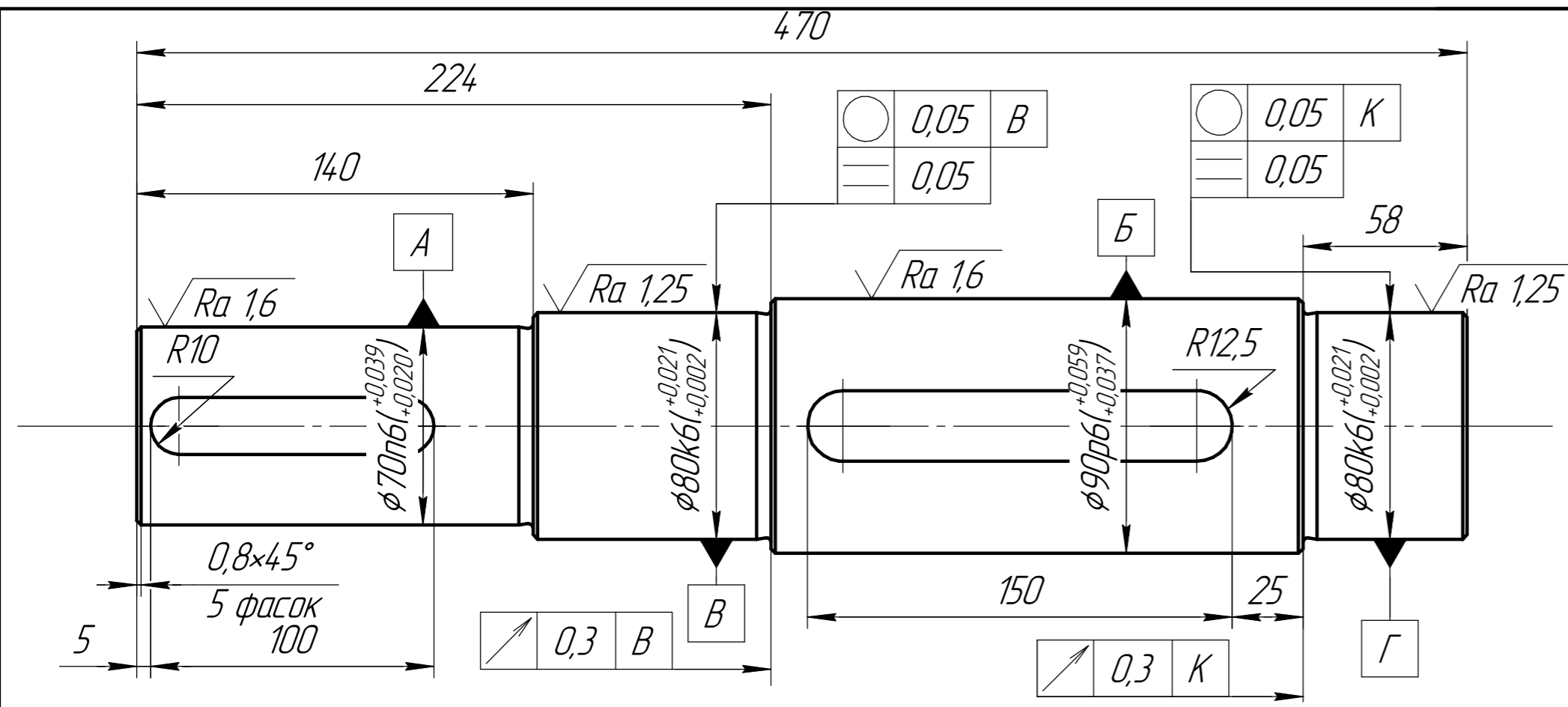


## **ПРИЛОЖЕНИЯ В**

### **Карта технологического процесса**

Карта технологического процесса

Материал	Код ед. величины	Масса детали, кг	Заготовка			
Наименование, марка			Код и вид	Профиль Размеры	Кол.	Масса, кг
Сталь 40Х		19,7	Сортной прокат	Круглый $\phi 97 \times 6000$	160	348,06



Номер операции	перехода	Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз	Оборудование	Приспособление	Инструмент		Наличие оборудования, обрабатываемых деталей	Число рабочих ходов	Диаметр или ширина в направлении подачи, мм	Длина в направлении подачи, мм	Глубина резания, мм	Режим обработки		Нормы времени						
						режущий	мерительный						mm/об	mm/мин	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>
0	1	<b>Заготовительная:</b> А) Установить и закрепить заготовку Отрезать заготовку выдержая размеры 1 и 2		Ножовочно-отрезной станок 8725АМ300					1	97	2000		50	12	2,06	0,309	480	2,76	3,08		
1	1	<b>Фрезерно-центровальная:</b> А) Установить и закрепить заготовку Подрезать торцы выдержая размер 3		Фрезерно-центровальный полуавтомат 21942	Тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75	Фреза 2214-04.15 1 ГОСТ 26594-85			1	97	474	2	176	132	75	29,55					
	2	Центровать торцы выдерживая размеры 3-10		Фрезерно-центровальный полуавтомат 21942	Тиски 7200-0251 ГОСТ 21168-75	Сверла 2317-0010 2 ГОСТ 14952-75			4	97	470	4	0,2	200	1000	22,69	1,53	0,23	480	2,05	2,37
2	1	<b>Токарная с ЧПУ:</b> А) Установить и закрепить заготовку Точить поверхность с подрезкой торца выдерживая размеры 11 и 12		Токарный станок с ЧПУ АТ200 Урал-инструмент-Пумори	Патрон универсальный поводковый	Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73			3	97	470	3,228	0,8	214,64	268,3	81,76					
	2	Точить поверхность с подрезкой торца выдерживая размеры 13 и 14		Токарный станок с ЧПУ АТ200 Урал-инструмент-Пумори	Патрон универсальный поводковый	Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73			2	81,84	226	3,228	0,8	214,64	268,3	81,76	7,6	1,14	480	10,182	10,422
	3	Точить поверхность выдерживая размер 15		Токарный станок с ЧПУ АТ200 Урал-инструмент-Пумори	Патрон универсальный поводковый	Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73			1	81,84	84	0,43	0,8	315,06	393,82	112,98					
	4	Точить поверхность выдерживая размер 16		Токарный станок с ЧПУ АТ200 Урал-инструмент-Пумори	Патрон универсальный поводковый	Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73			1	71,75	140	0,43	0,8	315,06	393,82	112,98					

ИШНПТ.8/171127.001

Карта технологического процесса

Лит. Масса Масштаб

у 1:1

Лист Листов 1

ТПУ ИШНПТ

Группа 4А75

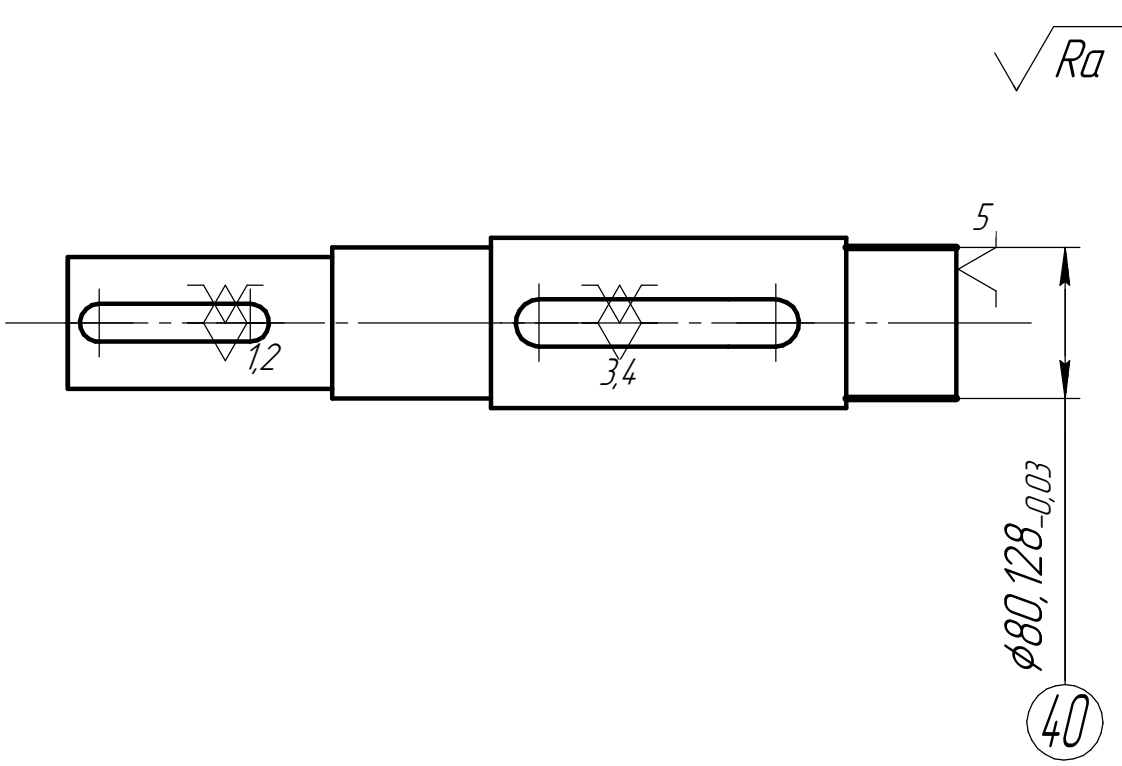
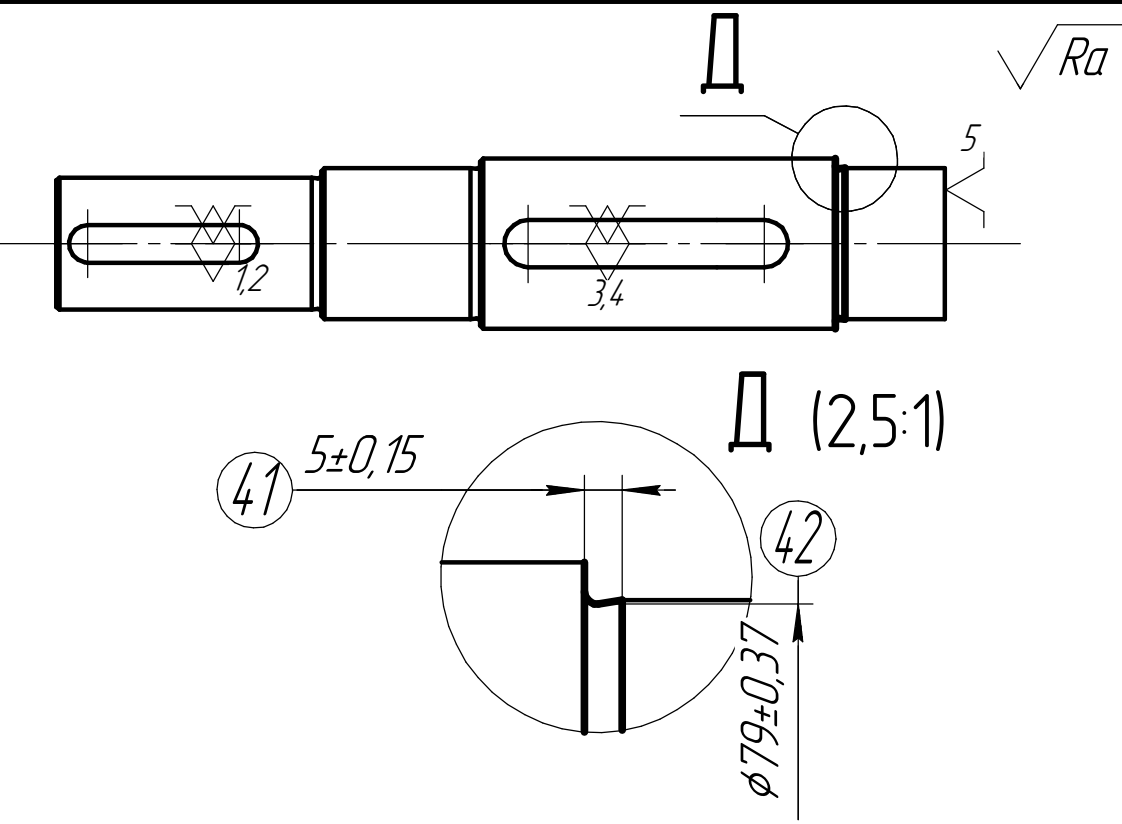
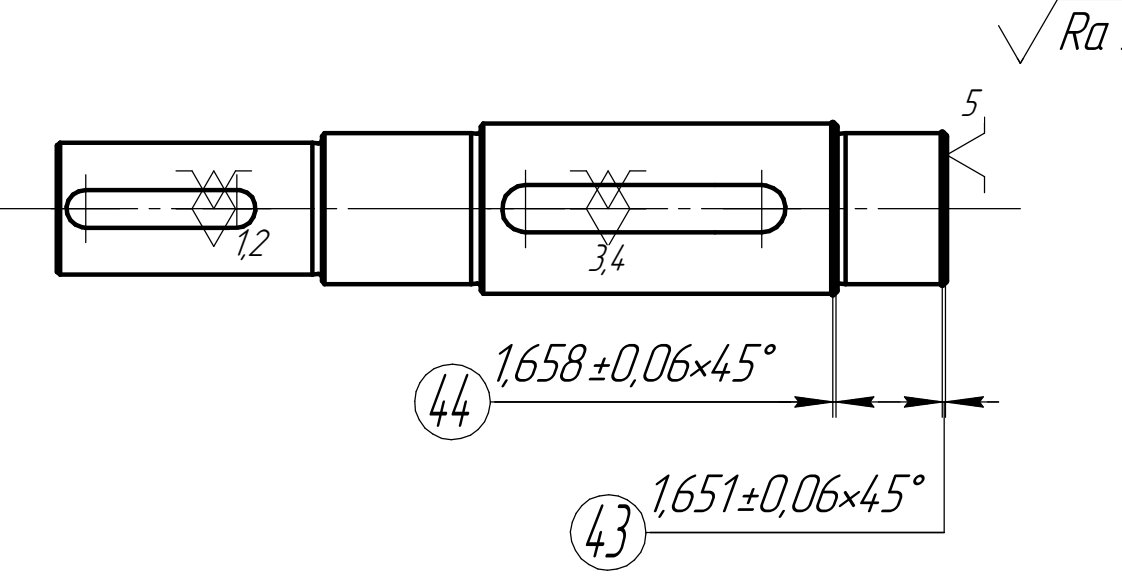
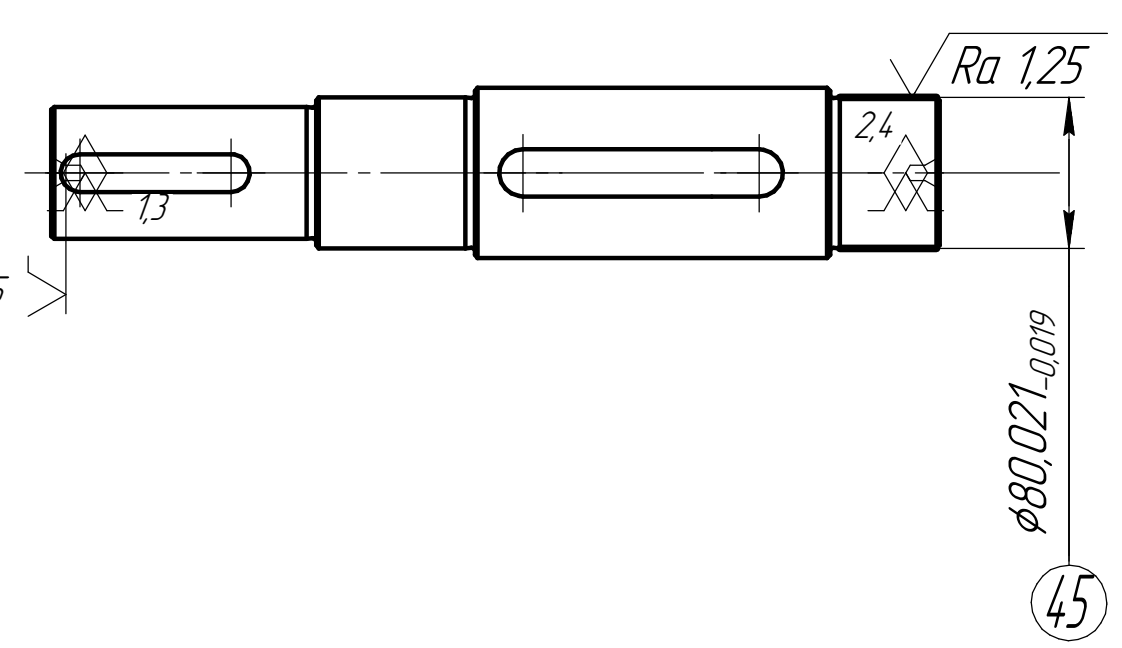
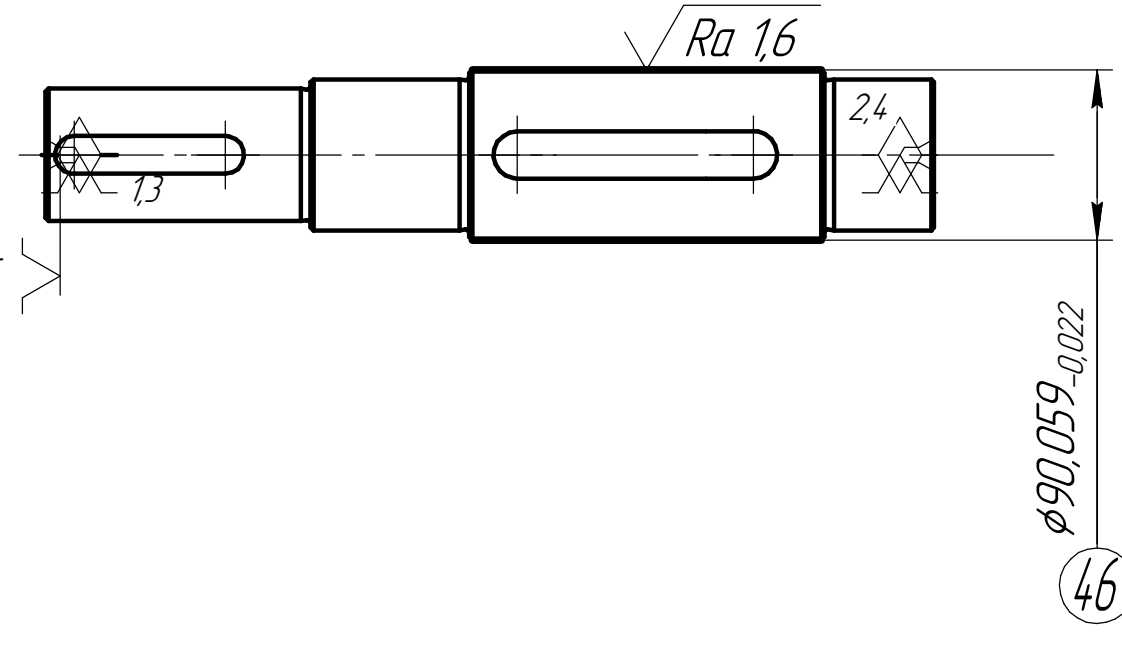
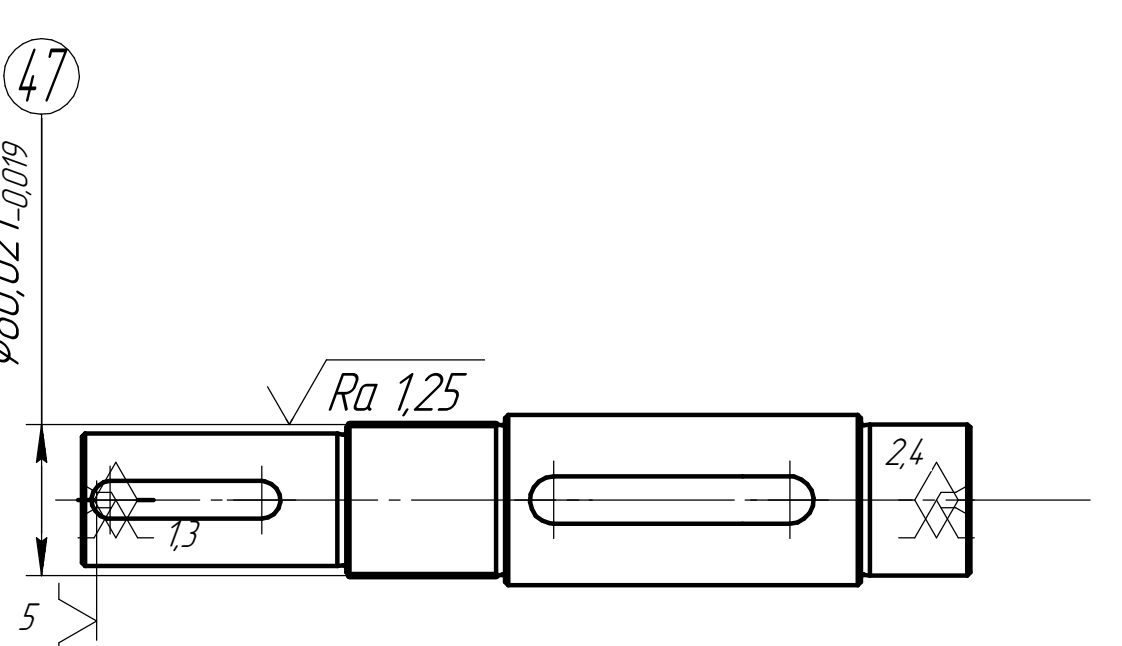
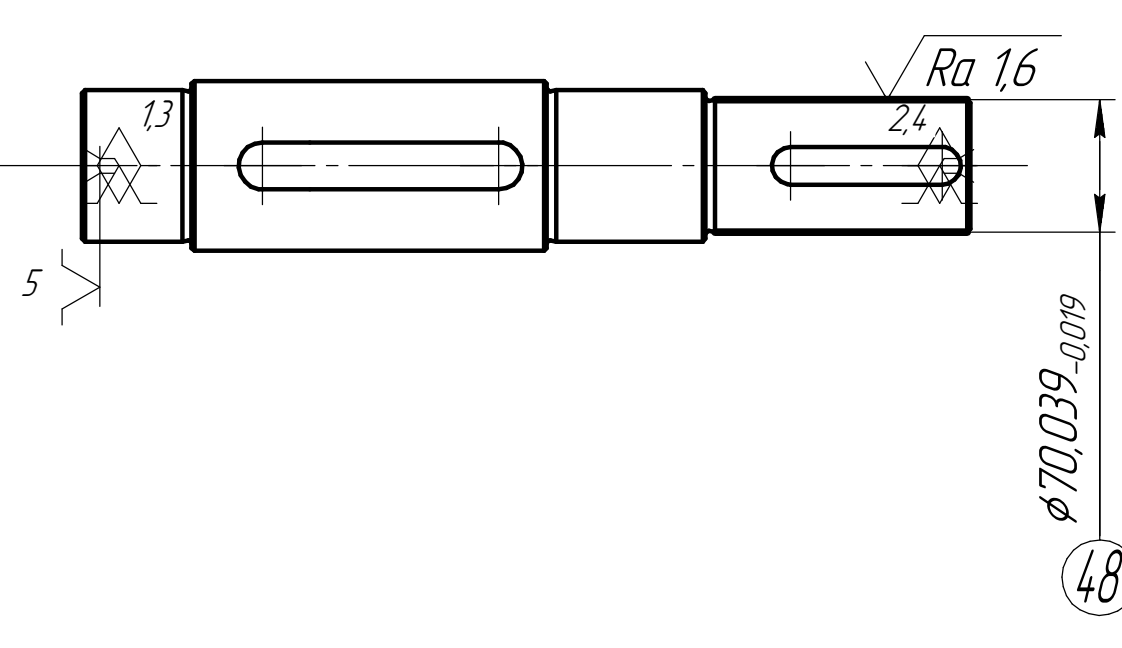
Копировал

Формат А1

ИЗМ. № 01 от 14.05.2019 г. Утвержден. © 2019 ООО "АСОФ-Системы проектирования". Рисунки все права защищены. Вид, № табл. Подп. и дата. Изм. № табл. Подп. и дата. Стр. № 1

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	
	9	Б) Переустановить и закрепить заготовку Точить поверхность выдерживая размер 40					Резец 2103-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73 Микрометр МК Ц100-1 ГОСТ 6507-90	-	1	80,313	84	0,147	0,07	73,98	1056,93	300,36						
	10	Точить канавку выдерживая размеры 41 и 42					Резец 2120-0520 ГОСТ 18874-73															
	11	Снять фаски выдерживая размер 43 и 44					Резец 2136-0507 ГОСТ 18875-73															
	1	Круглошлифовальная: А) Установить и закрепить заготовку. Шлифовать поверхность выдерживая размер 45						-	4	80,114	58	0,015	8	794,64	99,33	V <sub>3</sub> =25						
	2	Шлифовать поверхность выдерживая размер 46						-	4	90,164	188	0,015	8	564,88	70,61	V <sub>3</sub> =20						
	3	Шлифовать поверхность выдерживая размер 47						-	4	80,114	58	0,015	8	794,64	99,33	V <sub>3</sub> =25						
	4	Б) Установить и закрепить заготовку Шлифовать поверхность выдерживая размер 48						-	4	70,126	140	0,015	8	1089,36	136,17	V <sub>3</sub> =30						
				Круглошлифовальный станок с ЧПУ ОШ-525Ф3	Патрон универсальный поводковый	Шлифовальный круг-500х40х203,5 24А F30 P6 K5 A40м/с 2кл.	Микрометр МК Ц100-1 ГОСТ 6507-90										2,552	0,383	480	3,420	3,740	
							Микрометр МК Ц175-1 ГОСТ 6507-90															
ИШНПТ-8/171127.003																						

КОМПАС-3D 18/1 Уведом. версия © 2019 ООО "АСКОМ-Системы проектирования". Распространены  
Не для коммерческого использования

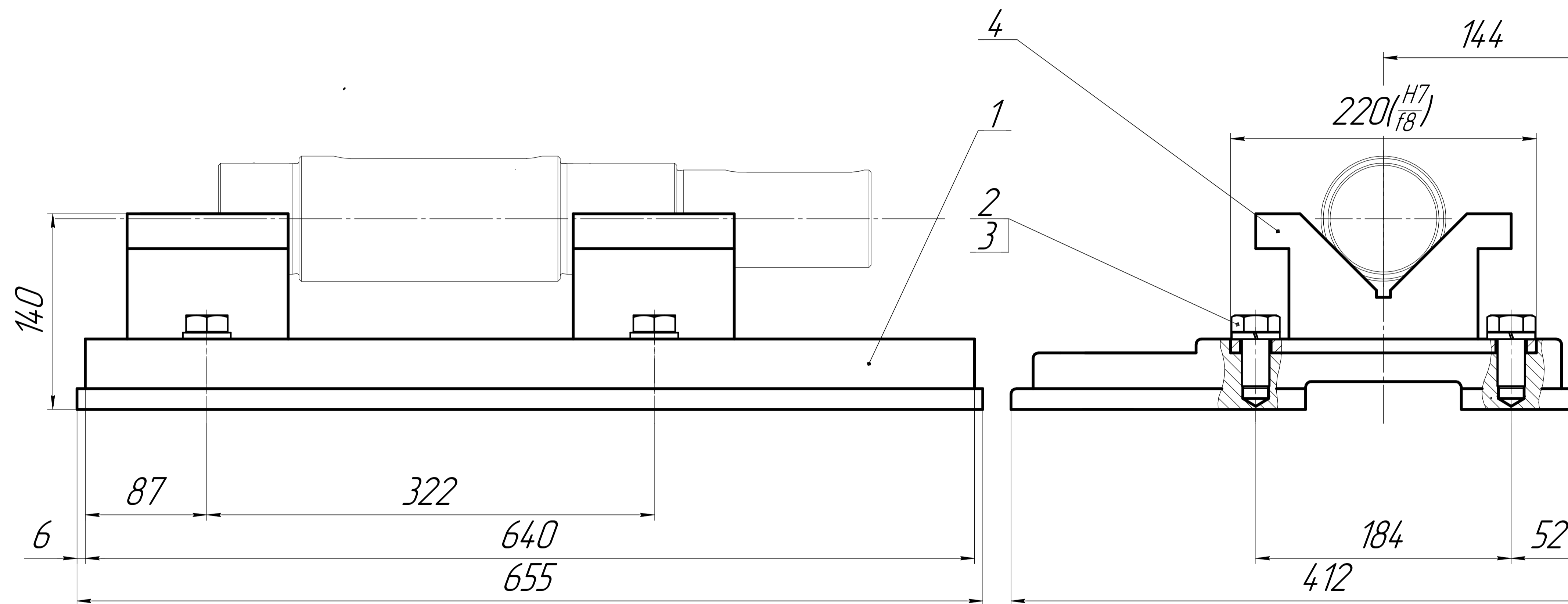


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
5	1	<u>Слесарная:</u>  Зачистить заусенцы и притупить острые кромки																				
5	1	<u>Контрольная:</u>  Контролировать размеры согласно чертежу																				

КОМПАС-3D 18/1 Уведом. версия © 2019 ООО "АСКОМ-Системы проектирования". Распространены без гравировки. Не для коммерческого использования

## **ПРИЛОЖЕНИЯ Г**

### **Чертеж приспособления**



#### Технические характеристики

1. Расстояние между призмами  $l=322$  мм
2. Максимальный диаметр детали, устанавливаемой в призму  $d_{\max} = 130$  мм

#### Технические требования

1. Отклонение базовых поверхностей основания от плоскостности по ГОСТ 24643-81 не более 40 мкм
2. Отклонение базовых поверхностей призм от шероховатости и перпендикулярности по ГОСТ 5641-66
3. Максимальное допускаемое отклонение направляющих основания от параллельности по ГОСТ 24643-81 равно 25 мкм

ИШНПТ-8/171127.00.00.00 СБ				Лист	Масса	Масштаб
ПРИСПОСОБЛЕНИЕ						1:1
сборочный чертеж				Лист	Листов	1
ТПУ ИШНПТ				Группа 4А75		
Формат А1				Копировал		

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.		Справ. №		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
								<u>Документация</u>			
				А0			ИШНПТ.8Л71127.00.00.00 СБ	Сборочный чертеж	1		
								<u>Детали</u>			
						1	ИШНПТ.8Л71127.00.00.01	Основание	1		
								<u>Стандартные изделия</u>			
						2		Винт с шестигранной головкой ГОСТ Р ИСО 8676-M20x15x40	4		
						3		Шайба 2 22Л ГОСТ 6402-70	4		
						4		Призма III-1-1 ГОСТ 5641-66	2		
							ИШНПТ.8Л71127.00.00.03				
Изм.		Лист		№ докум.		Подп.		Дата			
Разраб.		Дуде Л.Б									
Пров.		Алферова Е.А									
Н.контр.											
Утв.											
<b>СПЕЦИФИКАЦИЯ</b>								Лит.	Лист	Листов	
										1	
								ТПУ ИШНПТ Группа 4А7Б			