

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

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологического процесса изготовления вала ступенчатого
УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Дун Цзышо		05.06.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель ИШНПТ	Галин Н.Е			05.06.2020

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП	Былкова Т.В.	к.э.н.		05.06.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	д.т.н.		05.06.2020

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
154A71	Дун Цзышо

Тема работы:

Разработка технологического процесса изготовления вала ступенчатого	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>	<b>Чертёж детали, техническое задание.</b>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка технологического процесса изготовления детали, расчёт припусков на обработку, расчёт промежуточных технологических размеров, размерный анализ технологического процесса, выбор оборудования, инструмента, расчёт режимов резания, проектирование специального приспособления, расчёт затрат на проект, обзор вопросов безопасности жизнедеятельности.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рабочий чертёж – А3</li> <li>2. Технологический процесс изготовления детали "Вал ступчатый"- 2 формата – А2</li> <li>3. Размерный анализ – А3</li> <li>4. Чертёж приспособления – А3</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Технологический	Галин Н.Е.
Конструкторский	Галин Н.Е.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Былкова Т.В.
Социальная ответственность	Сечин А.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12.02.2021
--	------------

**Задание выдал руководитель / консультант :**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст.преподаватель ИШНПТ	Галин Н.Е			12.02.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154А71	Дун Цзышо		12.02.2021

## Результаты обучения

Вый про	Результат обучения*	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки (специальности)		
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.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-1; ОК-2; ОК-3, ОК-6, ОК-9, ОПК-1; ОПК-4, ОПК-5, ПК-2, ПК-6, ПК-8) <sup>1</sup> , <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
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.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОПК-2; ОПК-3, ОПК-5, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию

		технологической оснастки механосборочного производства)
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.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-2, ОК-6, ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
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.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ОК-6; ОК-7, ОПК-2, ПК-20), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительномонтажных производствах.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-4; ОК-9; ОПК-4, ПК-16), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ОК-5; ПК-1; ПК-3; ПК-4; ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов

	<p>техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительного-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</p>	<p>(28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства, 28.001 Специалист по проектированию технологических комплексов механосборочных производств, 28.003 Специалист по автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства)</p>
P7	<p>Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-8, ПК-17; ПК-22; ПК-24; ПК-25), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>, требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства)</p>
P8	<p>Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ..., УК-8, ПК-5; ПК-6; ПК-7, ПК-10, ПК-12, ПК-19, ПК-21 ПК-23, ПК-26), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>, требования профессиональных стандартов (28.008, Специалист по инжинирингу машиностроительного производства, 40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства)</p>

	обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	
<b>Профиль 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)</b>		
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.	Требования ФГОС (ОПК-4, ПК-14, ПК-17, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (2.4, 2.5, 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.089 Специалист по компьютерному программированию станков с числовым программным управлением, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.	Требования ФГОС ВО (ПК-10; ПК-11, ПК-13; ПК-14), <i>CDIO Syllabus</i> (2.4, 2.5, 4.1, 4.2...), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> , требования профессиональных стандартов (40.031 Специалист по технологиям механообрабатывающего производства в машиностроении, 40.052 Специалист по проектированию технологической оснастки механосборочного производства, 40.083 Специалист по компьютерному проектированию технологических процессов, 40.100 Специалист по инструментальному обеспечению механосборочного производства).

---

## Оглавление

Реферат.....	11
Введение .....	13
I. Технологическая часть.....	14
1.Исходные данные.....	14
2. Анализ технологичности конструкции детали .....	14
3.Определение типа производства .....	16
4. Выбор исходной заготовки.....	17
5. Предварительный маршрут обработки.....	19
6. Размерная схема.....	26
7. График технологических размерных цепей .....	27
8. Расчёт припусков и технологических размеров на обработку .....	28
9. Выбор технологических оборудования .....	39
10. Режущие инструменты и расчёт режимы резания .....	42
11. Расчёт основного времени обработки .....	70
12. Расчёт вспомогательного времени обработки .....	81
13. Расчёт штучно-калькуляционного времени обработки .....	82
II. Конструкторская часть.....	87
1. Анализ исходных данных.....	87
2. Пояснение конструкции приспособления и принципиальной схемы составляющих сил.....	88

---

3. Определение необходимых сил зажима .....	90
III. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	94
Общие информация .....	94
3.1. Анализ рыночной среды.....	94
3.1.1. Оценка коммерческого потенциала .....	94
3.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	95
3.1.3. SWOT-анализ.....	97
3.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	100
3.3. Планирование научно-исследовательских работ .....	101
3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	101
3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	102
3.3.3 Бюджет научно-технического исследования .....	106
3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	112
Выводы по разделу .....	114
IV. Социальная ответственность .....	118
Введение .....	118
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	118
4.2. Производственная безопасность.....	120
4.2.1 Анализ условий труда на рабочем месте .....	120

---

4.2.2 Анализ показателей шума и вибрации.....	121
4.2.3 Анализ показателей микроклимата .....	122
4.2.4 Анализ освещенности рабочей зоны .....	124
4.2.5 Анализ электробезопасности .....	127
4.2.6 Анализ пожарной безопасности.....	127
4.3. Экологическая безопасность.....	128
4.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	129
Выводы по разделу .....	131
Заключение .....	132
Список литературы.....	133

---

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки и графической части. Пояснительная записка записка состоит из 133 страниц в которых изложены 5 разделов: обзор аналогов, технологическая часть, конструкторская часть, финансовый менеджмент и социальная ответственность. В состав пояснительной записки входят: 52 рисунка, 27 таблиц.

Ключевые слова: ступчатный вал, технологический процесс обработки, размерный анализ, режимы резания, расчёт приспособления.

Объектом исследования является деталь «Вал ступчатный».

Актуальность темы исследования продиктована наличием оптимальной технологии, являющегося важной частью машиностроения. Целью ВКР является разработка целесообразной технологии для вала ступчатого. Разработка включает техническую с технологией изготовления детали и конструкторскую части с разработкой устройства закрепления.

В работе освещены проблемы экономики и безопасности жизнедеятельности.

---

## **Abstract**

The final qualifying work consists of an explanatory note and a graphic part. The explanatory note consists of 133 pages in which 5 sections are set out: an overview of analogues, the technological part, the design part, financial management and social responsibility. The explanatory note includes: 52 figures, 27 tables.

Key words: stepped shaft, technological process of processing, dimensional analysis, cutting conditions, calculation of the device.

The object of research is the detail "Stepping shaft".

The relevance of the research topic is dictated by the presence of the optimal technology, which is an important part of mechanical engineering. The purpose of the WRC is to develop an expedient technology for the hub shaft. Development includes technical with the technology of manufacturing a part and a design part with the development of a fixing device.

The work highlights the problems of economics and life safety.

---

## Введение

Технология машиностроения относится к науке о производстве машин требуемого качества при наименьших затратах и материализованного труда (т.е. наименьшей стоимости) в течение определенного периода времени в количестве, определяемом производственным планом. По самой низкой цене.

Производственный процесс - это сумма всех действий персонала и производственных инструментов, необходимых данному предприятию для производства или ремонта готовой продукции.

Технические операции являются неотъемлемой частью технического процесса, выполняемого на рабочем месте. Что касается условий производства механической сборки, стандартизованное определение процесса может быть выражено в следующей форме: технический процесс осуществляется непрерывно на рабочем месте, и часть процесса одного или нескольких продуктов, которые обрабатываются или собираются на заводе. в то же время состоит из одного или нескольких рабочих.

Целью проекта является оптимальный вариант основного процесса серийного производства для снижения расхода материалов, повышения производительности, снижения затрат.

Выпускная квалификационная работа представляет собой разработку технологического процесса обработки детали «Вал ступечатный».

# I. Технологическая часть

## 1. Исходные данные

Требуемая деталь, обрабатываемая в прокте представлены на рисунке.

Годовая программа выпуска: 5000 шт.

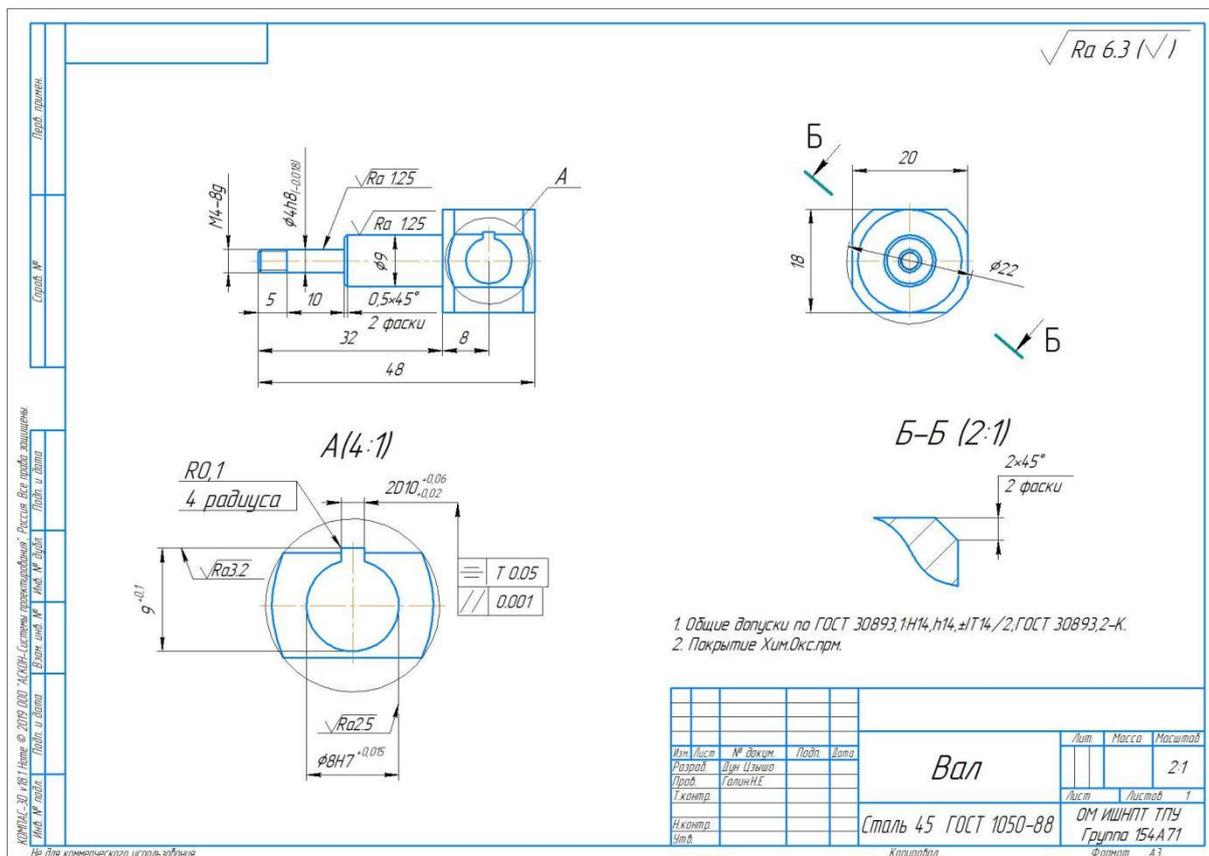


Рис.1 Детали «вал ступенчатный»

## 2. Анализ технологичности конструкции детали

Анализ технологичности конструкции детали включает технический контроль чертежей и технический анализ конструкции.

---

Рабочий чертеж детали, подлежащей механической обработке, содержит всю необходимую информацию, чтобы дать представление о детали, а именно все проекции, виды, разрезы и разрезы. На рисунке показаны все размеры с требуемыми допусками, шероховатостью обработанной поверхности, допустимым отклонением от правильной геометрии и взаимным положением поверхности. Технический чертеж содержит всю необходимую информацию о свойствах материала детали.

Техническая базовая поверхность детали очень важна при обработке детали. Используется в качестве контрольной поверхности при обработке деталей

Проанализировав конструктивные элементы деталей. Мы определили, что эта часть технологически продвинута почти во всех аспектах. Потому что для его изготовления не требуется специальных инструментов. Поверхность детали не содержит сложных геометрических форм, что также упрощает ее изготовление. Заготовка проката должна быть максимально приближена к форме детали. Для данной заготовки стоимость деталей и отходы материала будут сведены к минимуму, что снизит материальные затраты.

Деталь – вал ступечный изготовлен из стали 45. Изделию в разных сторонах необходимо провести более точные обработки, используемую на станках с ЧПУ, обеспечивает что инструмент можно легче заменить и проводить привязки при обработке отверстий и валов.

Наружные поверхности, две торца и внутренняя поверхность требуются особые требований шероховатости ( $Ra=1,25$  и  $0,63$ ). Остальные - не высокие шероховатость размеры  $Rz 40$ .

Таблица 1 Химический состав в% стали 45 (ГОСТ 5632-72)

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

Таблица 2 Физико-механические свойства стали 45

HB(MПа)	$\sigma_{0,2}$ (MПа)	$\sigma_b$ (MПа)	$(\sigma_5\%)$	K(Дж)
170-207	480	600	16	49

### 3. Определение типа производства

Тип производства и партия: если тип производства велика, то должна использоваться высокоточный и высокопроизводительный метод изготовления заготовок. Если тип производства мелка, то есть требует применения метода изготовления заготовок с небольшими затратами

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}} \quad (1.2.1)$$

где  $t_d$  – такт выпуска деталей;

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

Такт выпуска деталей определяется по формуле

---

$$t_d = \frac{60\Phi_d}{N} \quad (1.2.2)$$

где  $\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени оборудования;

$N = 5000$  – годовой объем выпуска деталей.

Годовой фонд времени работы оборудования определяется по табл. 2.1 [1, с.22] при двухсменном режиме работы:  $F_r = 3904$  ч.

Среднее штучное время рассчитывают по формуле

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{ши}}{n} \quad (1.2.3)$$

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

$n$  – число основных операций в технологическом процессе.

$$t_{шс} = \frac{0,896}{1} + \frac{0,182}{4} + \frac{0,494}{8} + \frac{0,526}{4} + \frac{0,556}{3} + \frac{0,383}{1} = 1,64 \text{ мин}$$

Тогда получено

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}} = \frac{3904 \cdot 60/5000}{1,64} = 28,57$$

Таким образом, видом производства данной детали является мелкосерийное.

#### 4. Выбор исходной заготовки

Рассматривая конструкцию деталей с точки зрения технологичности, следует обратить внимание на следующие моменты:

1) Точность обработанной поверхности не превышает 7 квалитет, а детали можно обрабатывать с нормальной точностью на станке.

2) Шероховатость обработанной поверхности не менее  $Ra = 1$

3) Все поверхности легко доступны и обрабатываются.

4) Детали имеют достаточную жесткость и прочность, и можно использовать наилучшие условия резания и усилие зажима деталей.

5) При мелкосерийном производстве будет сложно реализовать единство и преемственность деталей, поэтому технические требования чертежей деталей не могут быть выполнены.

Принимая во внимание технические характеристики материала вала (сталь 45), его размер, требования к механическим свойствам (особых требований нет) и вид производства (мелкосерийный), горячекатаный прокат использован исходной заготовкой, как показано на рисунке 2.

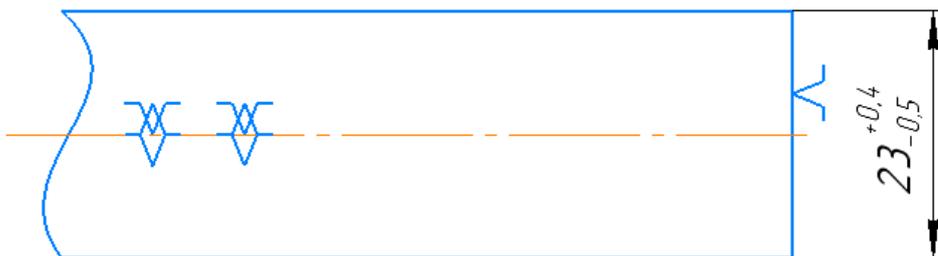
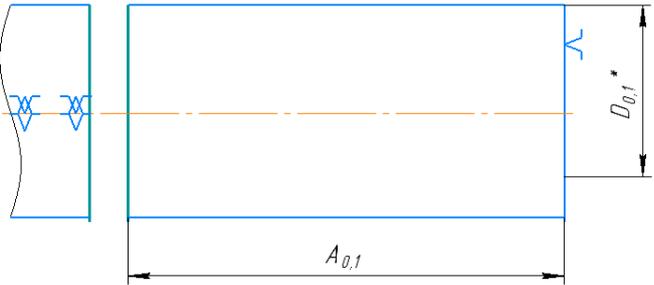
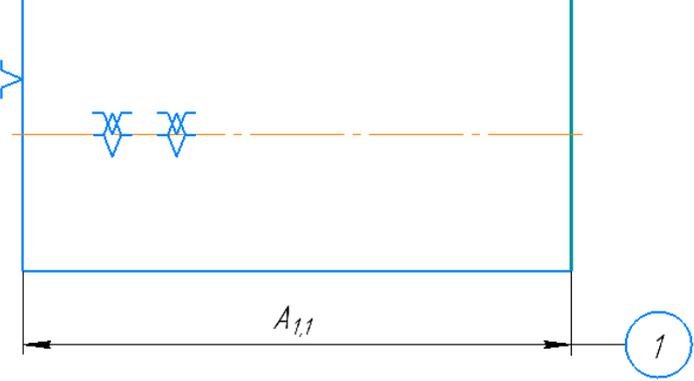
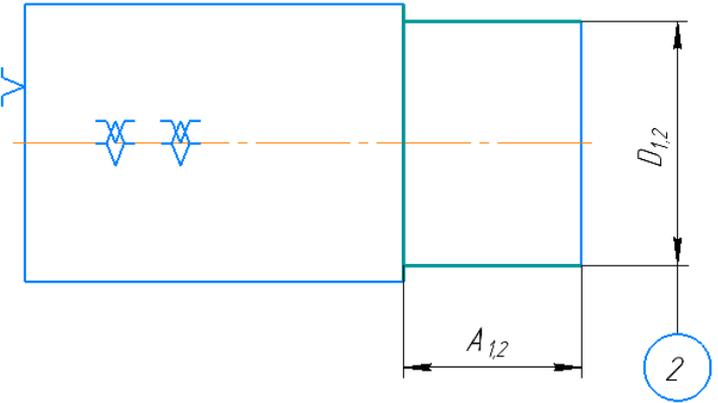
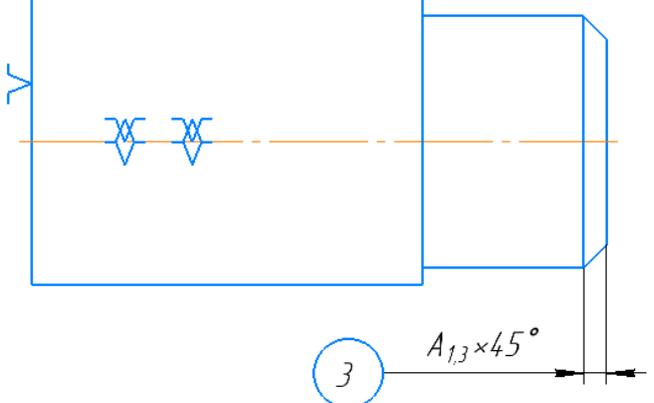
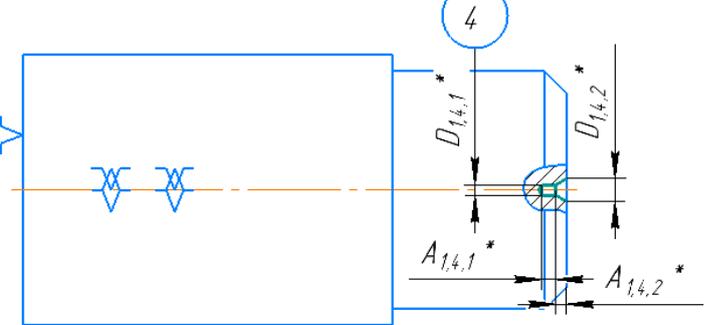


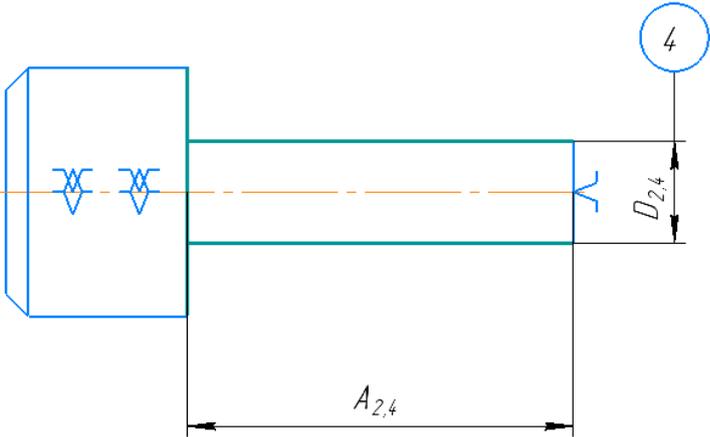
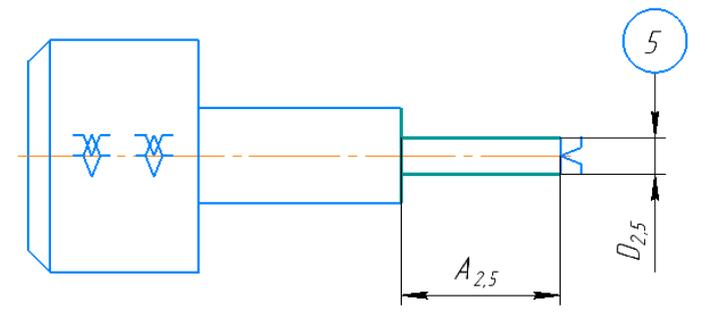
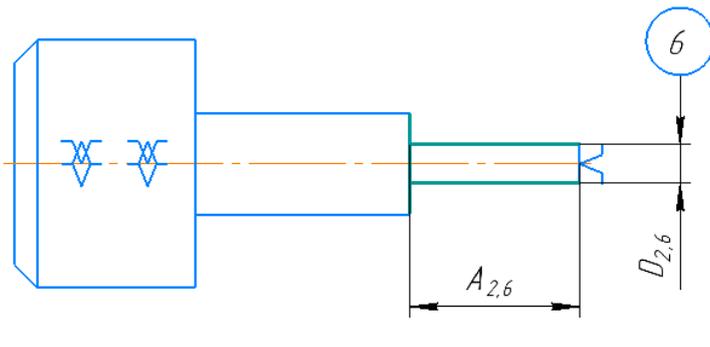
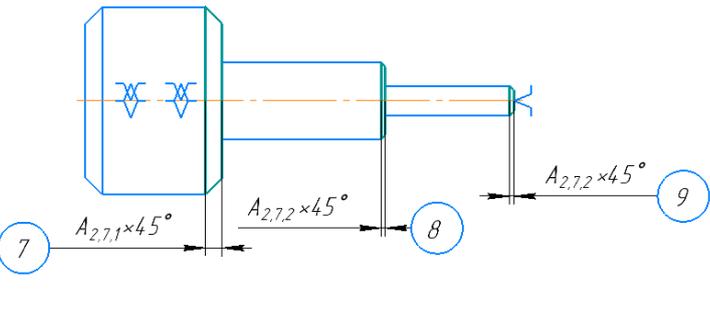
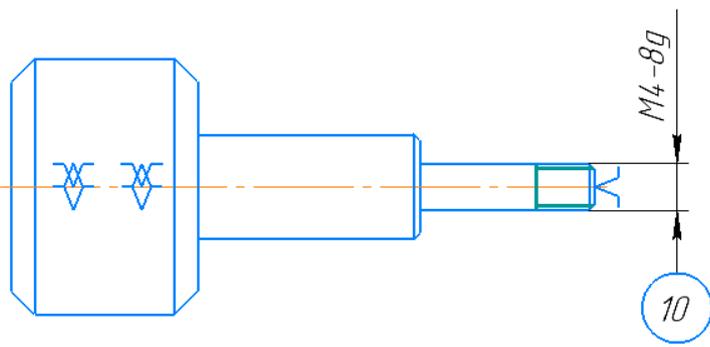
Рис.2 Чертёж заготовки

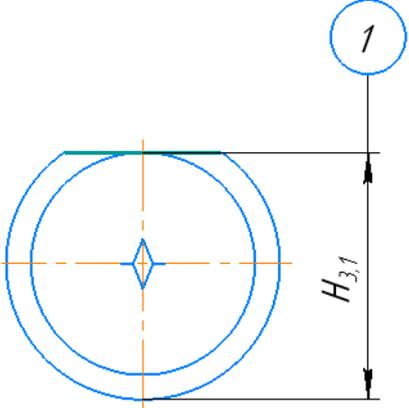
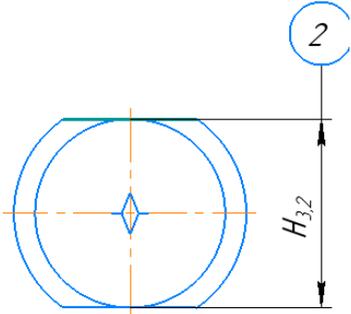
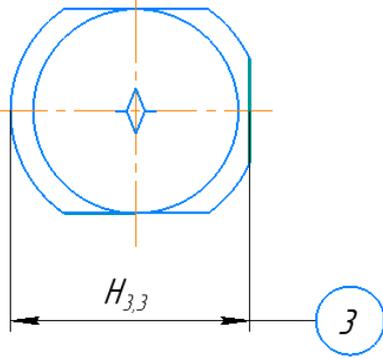
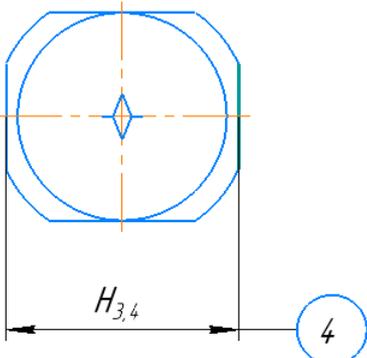
## 5. Предварительный маршрут обработки

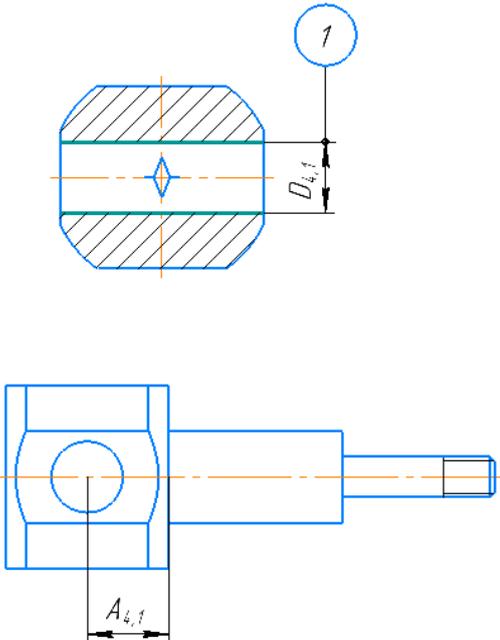
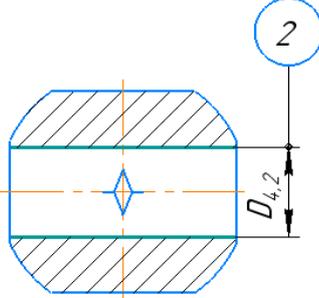
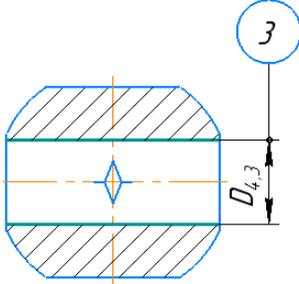
Номер		Название и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
<b>0</b>		<b>005 Заготовительная</b> <b>Выдерживая размер</b> <b><math>A_{0,1}</math> и <math>D_{0,1}</math></b>	 <p>The sketch shows a cylindrical workpiece with a dashed centerline. The length is labeled <math>A_{0,1}</math> and the diameter is labeled <math>D_{0,1}</math>. There are two chamfered ends, each with a chamfer angle symbol.</p>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>010 Чер. токарная</b> <b>Поставить и закрепить стержки в трехкулачковый патрон</b> <b>Точить торец 1</b> <b>выдерживая размер</b> <b><math>A_{1,1}</math></b>	 <p>The sketch shows a cylindrical workpiece with a dashed centerline. The length is labeled <math>A_{1,1}</math>. There is a chamfered end on the left with a chamfer angle symbol. A circled number '1' is located at the right end of the workpiece.</p>

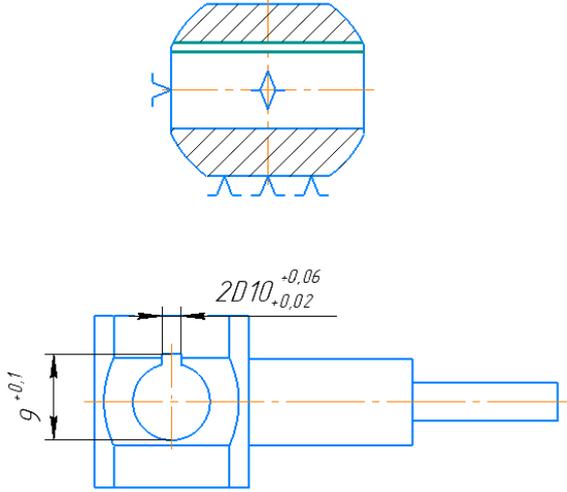
2	<p><b>Проточить</b> <b>поверхность 2,</b> <b>выдерживая размеры</b> <b><math>D_{1.2}</math> и <math>A_{1.2}</math></b></p>	
3	<p><b>Снять фаску 3,</b> <b>выдерживая размеры</b> <b>размеры <math>A_{1.3} \times 45^\circ</math></b></p>	
4	<p><b>Центровать</b> <b>отверстие 4,</b> <b>выдерживая размеры</b> <b><math>D_{1.4.1}^*</math>, <math>A_{1.4.1}^*</math>, <math>D_{1.4.2}^*</math>,</b> <b><math>A_{1.4.2}^*</math> и <math>\alpha</math>(угол)</b></p>	

<p>2</p>	<p>1</p>	<p>015 Чис. токарная</p> <p>Поставить и закрепить деталь в трехкулачковый патрон</p> <p>Точить торец 1</p> <p>выдерживая размер <math>A_{2.1}</math></p>	
	<p>2</p>	<p>Центровать отверстие 2,</p> <p>выдерживая размеры <math>D_{2.2.1}^*, A_{2.2.1}^*, D_{2.2.2}^*, A_{2.2.2}^*</math> и <math>\gamma</math> (угол)</p>	
	<p>3</p>	<p>Прочить поверхность 3, выдерживая размеры <math>D_{2.3}</math> и <math>A_{2.3}</math></p>	

4	<p>Проточить поверхность 4, выдерживая размеры <math>D_{2,4}</math> и <math>A_{2,4}</math></p>	
5	<p>Проточить поверхность 5, выдерживая размеры <math>D_{2,5}</math> и <math>A_{2,5}</math></p>	
6	<p>Проточить поверхность 6, выдерживая размеры <math>D_{2,6}</math> и <math>A_{2,6}</math></p>	
7	<p>Снять фаски 7,8 и 9, выдерживая размеры <math>A_{2,2.1}^*</math>, <math>A_{2,2.2}^*</math> и <math>A_{2,2.3}^*</math></p>	
8	<p>Нарезать резьбы 10, выдерживая размеры M4-8g</p>	

3	1	<p>020 Фрезерная</p> <p>Поставить и закрепить деталь</p> <p>Фрезеровать поверхность</p> <p>1,выдерживая размер <math>H_{3.1}</math></p>	
	2	<p>Фрезеровать поверхность</p> <p>2,выдерживая размер <math>H_{3.2}</math></p>	
	3	<p>Фрезеровать поверхность</p> <p>1,выдерживая размер <math>H_{3.3}</math></p>	
	4	<p>Фрезеровать поверхность</p> <p>4,выдерживая размер <math>H_{3.4}</math></p>	

<p><b>4</b></p>	<p><b>1</b></p>	<p><b>025 Сверлильная</b>  <b>Установить и</b>  <b>закрепить деталь</b>  <b>Сверлить отверстие</b>  <b>1,выдерживая</b>  <b>размеры D<sub>4,1</sub></b></p>	
	<p><b>2</b></p>	<p><b>Расверлить отверстие</b>  <b>2,выдерживая</b>  <b>размеры D<sub>4,2</sub></b></p>	
	<p><b>3</b></p>	<p><b>Развертеть отверстие</b>  <b>3,выдерживая</b>  <b>размеры D<sub>4,3</sub></b></p>	

5	1	<p><b>030 Долбежная</b></p> <p><b>Установить деталь в тиске, выдерживая размеры <math>2_{+0.02}^{+0.06}</math> и <math>9_{+0.1}</math></b></p>	
6	1	<p><b>035 Слесарная</b></p>	
7	1	<p><b>040 Контрольная</b></p>	
8	1	<p><b>045 Нанесение антикоррозионного покрытия</b></p>	

## 6. Размерная схема

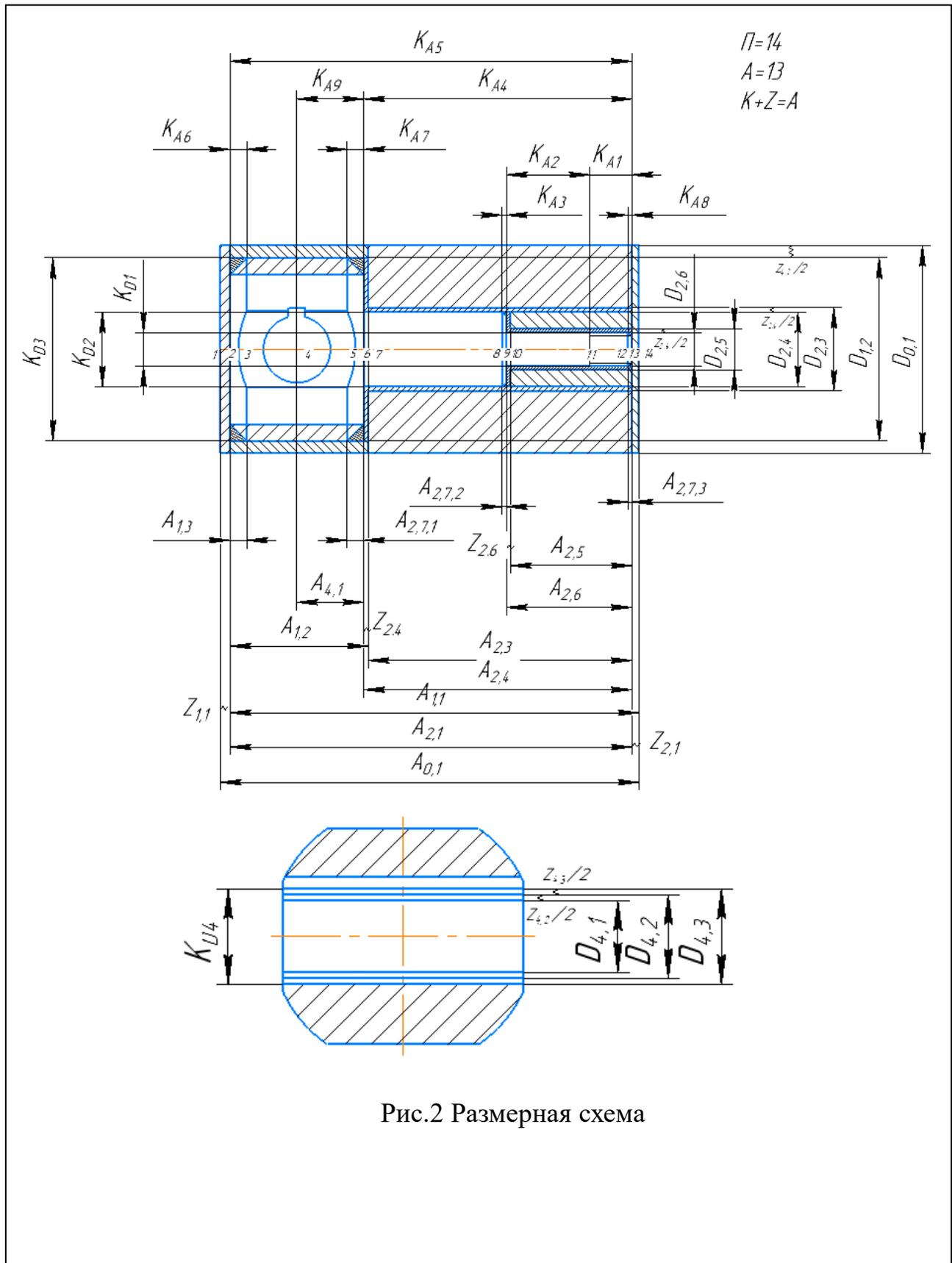


Рис.2 Размерная схема

## 7. График технологических размерных цепей

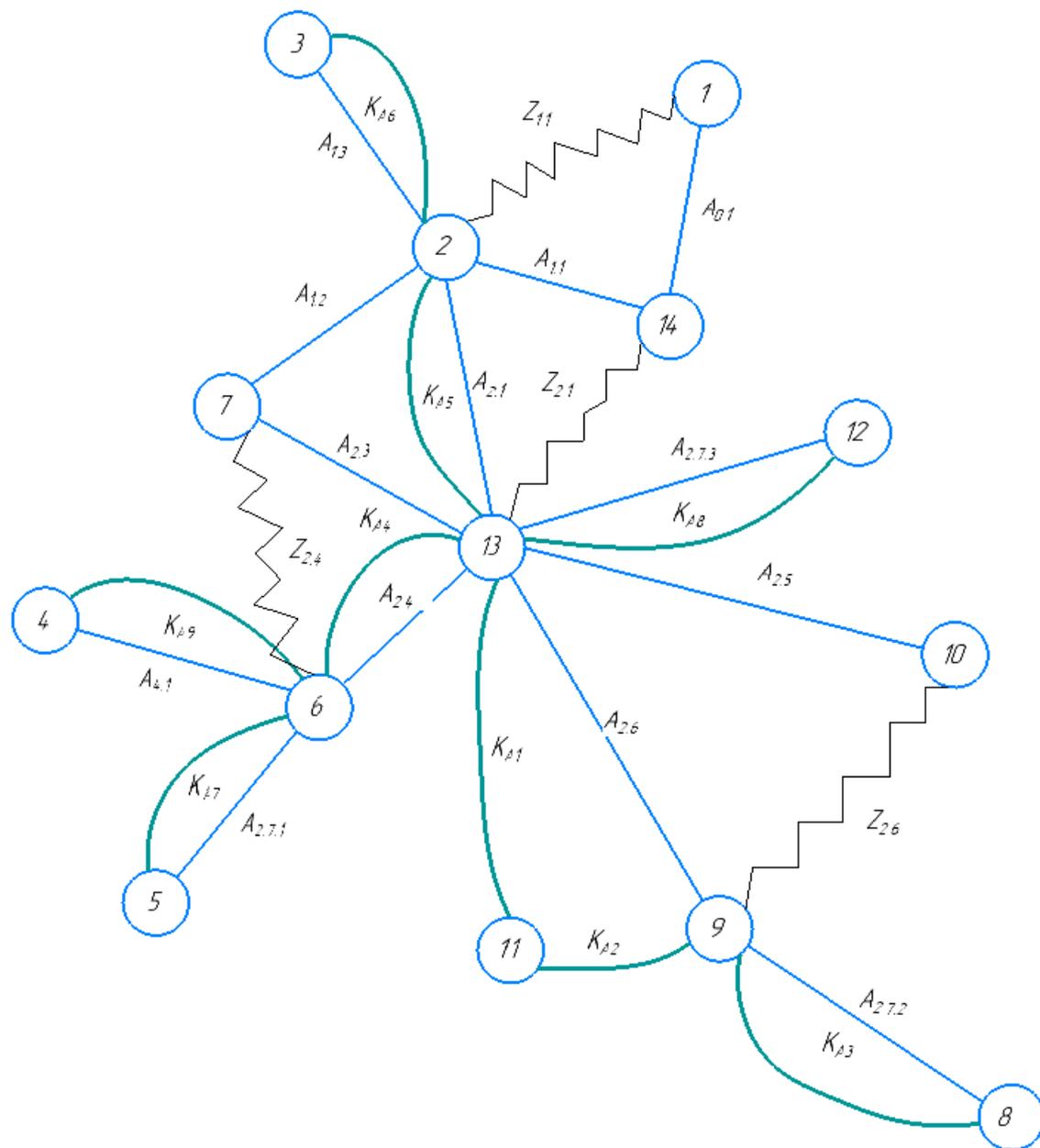


Рис.3 Граф технических размерных цепей по продольному направлению

---

## 8. Расчёт припусков и технологических размеров на обработку

### Допуски на конструкторские размеры

$$K_{A1} = 5^{+0,15}_{-0,15} \text{ мм};$$

$$K_{A2} = A_{2,6} - K_{A1} = 10^{+0,18}_{-0,18} \text{ мм};$$

$$K_{A3} = A_{2,1,2} = 0,5^{+0,2}_{-0,2} \text{ мм};$$

$$K_{A4} = A_{2,4} = 32^{+0,31}_{-0,31} \text{ мм};$$

$$K_{A5} = A_{2,1} = 48^{+0,31}_{-0,31} \text{ мм};$$

$$K_{A6} = A_{1,3} = 2^{+0,4}_{-0,4} \text{ мм};$$

$$K_{A7} = A_{2,7,1} = 2^{+0,4}_{-0,4} \text{ мм};$$

$$K_{A8} = A_{2,7,3} = 0,5^{+0,2}_{-0,2} \text{ мм};$$

$$K_{A9} = A_{4,1} = 8^{+0,18}_{-0,18} \text{ мм};$$

$$K_{D0} = D_{0,1} = 25^{+0,4}_{-0,5} \text{ мм};$$

$$K_{D1} = D_{2,6} = 4^{-0,004}_{-0,022} \text{ мм};$$

$$K_{D2} = D_{2,4} = 9_{-0,36} \text{ мм};$$

$$K_{D3} = D_{1,2} = 22_{-0,52} \text{ мм};$$

$$K_{D4} = D_{4,3} = 8^{+0,015} \text{ мм};$$

$$K_{H1} = H_{3,2} = 18^{+0,215}_{-0,215} \text{ мм};$$

$$K_{H2} = H_{3,4} = 20^{+0,26}_{-0,26} \text{ мм}$$

### Допусков на поперечные технологические размеры

Допусков на поперечные технологические размеры [2, с.42]

$$TA_i = \omega_{ci} + \rho_u + \varepsilon_\sigma \quad (1.8.1)$$

Где  $\omega_{ci}$  – статическая погрешность

$\rho_u$  – пространственное отклонение измерительной базы

$\varepsilon_\sigma$  – погрешность базирования

$$TA_{0,1} = \omega_C + \rho_u + \varepsilon_\sigma = 0,2 + \sqrt{0,15^2 + 0,2^2} + 0,1 = 0,55\text{мм}$$

$$TA_{1,1} = \omega_C + \rho_u + \varepsilon_\sigma = 0,2 + \sqrt{0,15^2 + 0,2^2} + 0,1 = 0,55\text{мм}$$

$$TA_{1,2} = \omega_C = 0,2\text{мм}$$

$$TA_{1,3} = \omega_C = 0,2\text{мм}$$

$$TA_{2,1} = \omega_C + \varepsilon_\sigma = 0,2 + 0,1 = 0,3\text{мм}$$

$$TA_{2,3} = \omega_C = 0,20\text{мм}$$

$$TA_{2,4} = \omega_C = 0,12\text{мм}$$

$$TA_{2,5} = \omega_C = 0,20\text{мм}$$

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

$$TA_{2,7,1} = \omega_C = 0,2\text{мм}$$

$$TA_{2,7,2} = \omega_C = 0,2\text{мм}$$

$$TA_{2,7,3} = \omega_C = 0,2\text{мм}$$

$$TA_{4,1} = \omega_C = 0,15\text{мм}$$

### Проверка точности конструкторских размеров

По методу максимума-минимума учитывается поля допуска и используем их проверять размеры конструкторские, соответственно проверяем по формуле:

$$TK \geq \sum_{i=1}^{n+p} TA_i \quad (1.8.2)$$

$$TK \geq \sqrt{\sum_{i=1}^{n+p} TA_i^2} \quad (1.8.3)$$

$$TK_{A1} + TK_{A2} = 0,66\text{мм} \geq TA_{2,6} = 0,1\text{мм} \quad \text{т. е. размер } K_{A1} \text{ и } K_{A2} \text{ может быть}$$

выдержан с заданной точностью

$$TK_{A3} = 0,4\text{мм} \geq TA_{2,7,2} = 0,1\text{мм} \quad \text{т. е. размер } K_{A2} \text{ может быть выдержан с}$$

заданной точностью

---

$TK_{A4} = 0,62\text{мм} \geq TA_{2,4} = 0,12\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A4}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{A5} = 0,62\text{мм} \geq TA_{2,1} = 0,3\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A5}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{A6} = 0,8\text{мм} \geq TA_{2,3} = 0,2\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A6}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{A7} = 0,8\text{мм} \geq TA_{2,7,1} = 0,2\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A7}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{A8} = 0,4\text{мм} \geq TA_{2,7,3} = 0,2\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A8}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{A9} = 0,36\text{мм} \geq TA_{4,1} = 0,15\text{мм}$  т. е. размер  $K_{A9}$  может быть выдержан с заданной точностью

### **Расчет припусков поперечные размеры**

Классический метод расчёта минимального припуска на обрабатываемый диаметр определяется по формуле:

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (1.8.4)$$

где  $z_{i \min}$  - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

$Rz_{i-1}$  - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

$h_{i-1}$  - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

$\rho_{i-1}$  - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем

переходе, мкм;

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}}$$

где  $\rho_{\phi_{i-1}}$  – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$  – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Прокат горячекатанный обычной точности:

$$R=0,1\text{мм} \quad h=0,1\text{мм} \quad \rho=0,13\text{мм}$$

Точение черное:

$$R=0,1\text{мм} \quad h=0,08\text{мм} \quad \rho=0,05\text{мм}$$

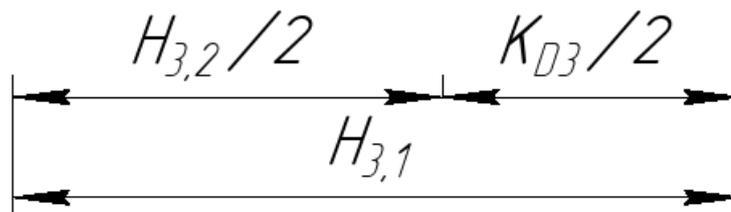
$$Z_{1,1}^{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33\text{мм}$$

$$Z_{2,1}^{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33\text{мм}$$

$$Z_{2,4}^{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,08 + 0,05 = 0,23\text{мм}$$

$$Z_{2,6}^{min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,08 + 0,05 = 0,23\text{мм}$$

### Расчёт технологических размеров(поперечные)

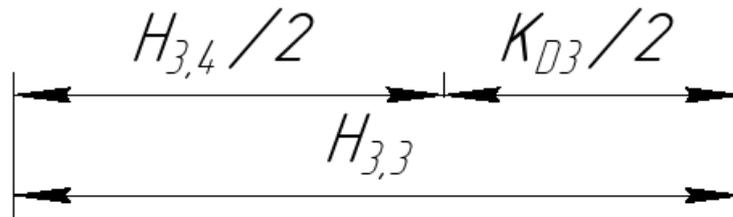


$H_{3,2}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$H_{3,2} = K_{H1} = 18_{-0,215}^{+0,215} \text{ мм};$$

$$H_{3,1}^c = H_{3,2}^c / 2 + K_{D3}^c / 2 = 9 + 11 = 20\text{мм}$$

$$\text{Принимать } H_{3,1} = 20_{-0,26}^{+0,26}\text{мм}$$

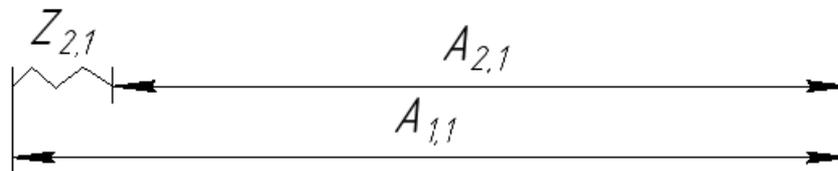


$H_{3,4}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$H_{3,4} = K_{H2} = 20_{-0,26}^{+0,26} \text{ мм};$$

$$H_{3,3}^c = H_{1,12}^c / 2 + K_{D3}^c / 2 = 10 + 11 = 21 \text{ мм}$$

Принимать  $H_{3,3} = 21_{-0,26}^{+0,26} \text{ мм}$



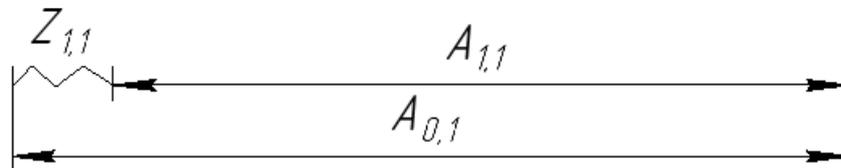
$A_{2,1}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$A_{2,1} = K_{A5} = 48_{-0,31}^{+0,31} \text{ мм};$$

$$Z_{2,1}^c = Z_{2,1}^{min} + \frac{TA_{2,1} + TA_{1,1}}{2} = 0,33 + \frac{0,31 + 0,55}{2} = 0,76 \text{ мм}$$

$$A_{1,1}^c = Z_{1,1}^c + A_{2,1}^c = 48 + 0,76 = 48,76 \text{ мм}$$

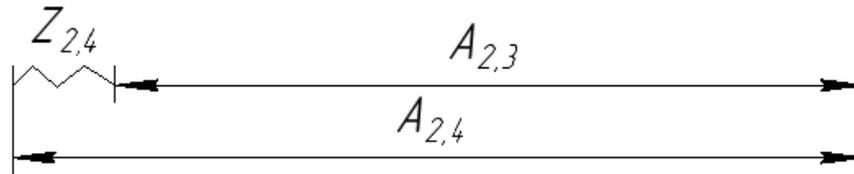
Принимать  $A_{1,1} = 48,76_{-0,31}^{+0,31} \text{ мм}$



$$Z_{1,1}^c = Z_{1,1}^{min} + \frac{TA_{1,1} + TA_{0,1}}{2} = 0,33 + \frac{0,62 + 0,55}{2} = 0,915 \text{ мм}$$

$$A_{0,1}^c = A_{1,1}^c + Z_{1,1}^c = 48,655 + 0,915 = 49,57 \text{ мм}$$

Принимать  $A_{0,1} = 49,57_{-0,31}^{+0,31} \text{ мм}$



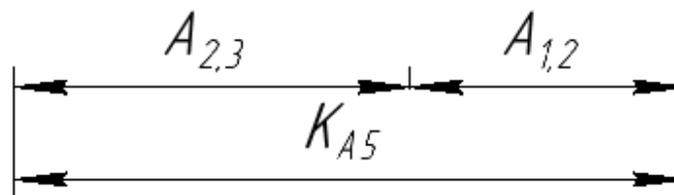
$A_{2,4}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$A_{2,4} = K_{A4} = 32^{+0,31}_{-0,31} \text{ мм};$$

$$Z_{2,4}^C = Z_{2,4}^{min} + \frac{TA_{2,3} + TA_{2,4}}{2} = 0,23 + \frac{0,2 + 0,62}{2} = 0,64 \text{ мм}$$

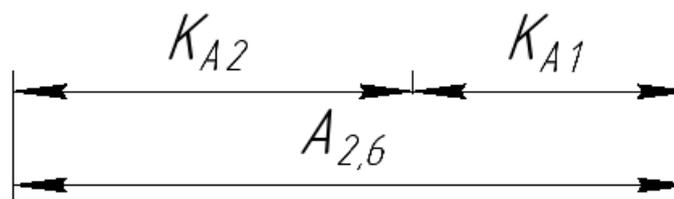
$$A_{2,3}^C = A_{2,4}^C - Z_{2,4}^C = 32 - 0,64 = 31,36 \text{ мм}$$

Принимать  $A_{2,3} = 31,36^{+0,31}_{-0,31} \text{ мм}$



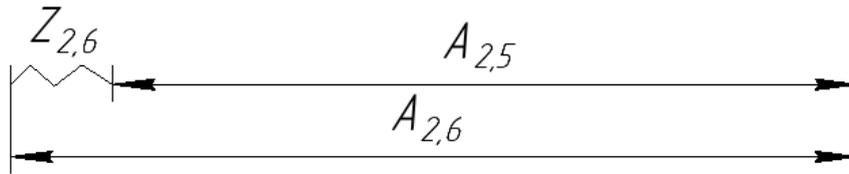
$$A_{1,2}^C = K_{A5}^C - A_{2,3}^C = 48 - 31,62 = 16,38 \text{ мм}$$

Принимать  $A_{1,2} = 16,38^{+0,215}_{-0,215} \text{ мм}$



$$A_{2,6}^C = K_{A2}^C + A_{3,3}^C = 10 + 5 = 15 \text{ мм}$$

Принимать  $A_{1,4} = 15^{+0,215}_{-0,215} \text{ мм}$



$A_{2,6}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$A_{2,6} = K_{A1} + K_{A2} = 15^{+0,215}_{-0,215} \text{ мм};$$

$$Z_{2,6}^C = Z_{2,6}^{min} + \frac{TA_{2,5} + TA_{2,6}}{2} = 0,23 + \frac{0,2 + 0,43}{2} = 0,545 \text{ мм}$$

$$A_{2,5}^C = A_{2,6}^C - Z_{2,6}^C = 15 - 0,545 = 14,455 \text{ мм}$$

$$\text{Принимать } A_{2,5} = 14,46^{+0,215}_{-0,215} \text{ мм}$$

### Определение допусков на диаметральные технологические размеры

$$TD_i = \omega_{ci} + \rho_u + \varepsilon_\sigma$$

где  $\omega_{ci}$  – статическая погрешность

$\rho_u$  – пространственное отклонение измерительной базы

$\varepsilon_\sigma$  – погрешность базирования

$$TD_{0,1} = \omega_c + \varepsilon_\sigma = 0,25 + 0,07 = 0,35 \text{ мм}$$

$$TD_{1,2} = \omega_c + \varepsilon_\sigma = 0,2 + 0,07 = 0,27 \text{ мм}$$

$$TD_{2,3} = \omega_c = 0,20 \text{ мм}$$

$$TD_{2,4} = \omega_c = 0,20 \text{ мм}$$

$$TD_{2,5} = \omega_c = 0,15 \text{ мм}$$

$$TD_{2,6} = \omega_c = 0,015 \text{ мм}$$

$$TD_{4,1} = \omega_c = 0,1 \text{ мм}$$

$$TD_{4,2} = \omega_c = 0,1 \text{ мм}$$

---

$$TD_{4,3} = \omega_c = 0,012\text{мм}$$

### Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

$$TK \geq \sqrt{\sum_{i=1}^{n+p} TD_i^2}$$

$TK_{D0} = 0,9\text{мм} \geq TD_{0,1} = 0,35\text{мм}$  т. е. размер  $K_{D0}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{D1} = 0,018\text{мм} \geq TD_{2,6} = 0,015\text{мм}$  т. е. размер  $K_{D1}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{D2} = 0,36\text{мм} \geq TD_{2,4} = 0,20\text{мм}$  т. е. размер  $K_{D2}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{D3} = 0,52\text{мм} \geq TD_{1,2} = 0,27\text{мм}$  т. е. размер  $K_{D3}$  может быть выдержан с заданной точностью

$TK_{D4} = 0,015\text{мм} \geq TD_{5,2} = 0,012\text{мм}$  т. е. размер  $K_{D4}$  может быть выдержан с заданной точностью

### Расчет припусков на продольные размеры

Минимальный припуск на продольные размеры определяется по формуле из [2, стр. 51]:

$$Z_{imin} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right) \quad (1.8.5)$$

где  $Z_{imin}$  - минимальный припуск на обработку поверхности вращения, мкм;

$Rz_{i-1}$  - шероховатость с предыдущего перехода, мкм;

---

$h_{i-1}$  - толщина дефектного поверхностного слоя, сформированного с предыдущего перехода, мкм;

$\rho_{i-1}$  - суммарная погрешность формы, полученная на предшествующем переходе, мкм;

$\varepsilon_i$  - погрешность установки и закрепления перед рассматриваемой обработкой (во время рассматриваемой обработки), мкм.

Пространственное отклонение обрабатываемой поверхности находится по формуле

$$\rho_{i-1} = \rho_{\Phi i-1} = \Delta * l \quad (1.8.6)$$

Прокат горячекатаный обычной точности:

$$R = 0,1 \text{ мм} \quad h = 0,1 \text{ мм} \quad \rho = 0,024 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0,1 \text{ мм}$$

Точение черновое:

$$R = 0,1 \text{ мм} \quad h = 0,08 \text{ мм} \quad \rho = 0,024 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0,1 \text{ мм}$$

Сверление:

$$R = 0,08 \text{ мм} \quad h = 0,1 \text{ мм} \quad \rho = 0,011 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0,05 \text{ мм}$$

Рассверление:

$$R = 0,015 \text{ мм} \quad h = 0,025 \text{ мм} \quad \rho = 0,011 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0,05 \text{ мм}$$

$$Z_{D1,2min} = 2 \left( 0,1 + 0,1 + \sqrt{0,024^2 + 0,1^2} \right) = 0,6 \text{ мм}$$

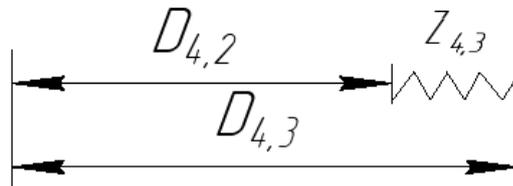
$$Z_{D2,4min} = 2 \left( 0,1 + 0,08 + \sqrt{0,024^2 + 0,1^2} \right) = 0,57 \text{ мм}$$

$$Z_{D2,6min} = 2 \left( 0,1 + 0,08 + \sqrt{0,024^2 + 0,1^2} \right) = 0,57 \text{ мм}$$

$$Z_{D4,2min} = 2 \left( 0,08 + 0,1 + \sqrt{0,011^2 + 0,05^2} \right) = 0,46 \text{ мм}$$

$$Z_{D_{4,3}min} = 2 \left( 0,015 + 0,025 + \sqrt{0,011^2 + 0,05^2} \right) = 0,18 \text{ мм}$$

### Расчёт технологических размеров(продольные)



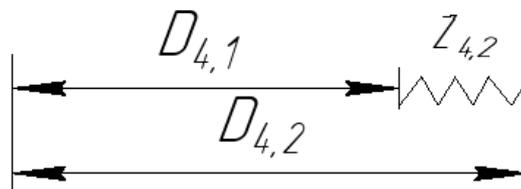
$D_{4,3}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$D_{4,3} = K_{D4} = 8^{+0,015} \text{ мм}$$

$$Z_{4,3}^C = Z_{4,3}^{min} + \frac{TD_{4,2} + TD_{4,3}}{2} = 0,18 + \frac{0,1 + 0,012}{2} = 0,236 \text{ мм}$$

$$D_{4,2}^C = D_{4,3}^C - Z_{4,3}^C = 7,992 - 0,236 = 7,756 \text{ мм}$$

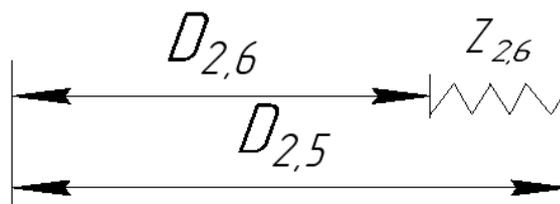
Принимать  $D_{4,2} = 7,727^{+0,058} \text{ мм}$



$$Z_{4,2}^C = Z_{4,2}^{min} + \frac{TD_{4,1} + TD_{4,2}}{2} = 0,46 + \frac{0,1 + 0,09}{2} = 0,555 \text{ мм}$$

$$D_{4,1}^C = D_{4,2}^C - Z_{4,2}^C = 7,61 - 0,555 = 7,055 \text{ мм}$$

Принимать  $D_{4,1} = 6,98^{+0,15} \text{ мм}$



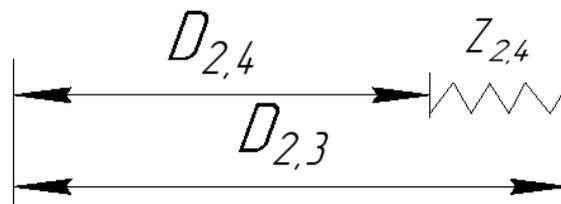
$D_{2,6}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$D_{2,6} = K_{D1} = 4_{-0,022}^{-0,004} \text{ мм}$$

$$Z_{2,6}^C = Z_{2,6}^{min} + \frac{TD_{2,5} + TD_{2,6}}{2} = 0,57 + \frac{0,15 + 0,015}{2} = 0,653 \text{ мм}$$

$$D_{2,5}^C = D_{2,6}^C + Z_{2,6}^C = 3,987 + 0,653 = 4,64 \text{ мм}$$

Принимать  $D_{2,5} = 4,72_{-0,15} \text{ мм}$



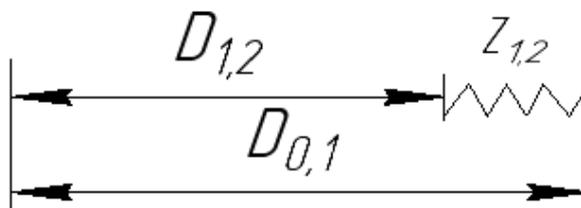
$D_{2,4}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$D_{2,4} = K_{D2} = 9_{-0,36} \text{ мм}$$

$$Z_{2,4}^C = Z_{2,4}^{min} + \frac{TD_{2,4} + TD_{2,3}}{2} = 0,5 + \frac{0,20 + 0,20}{2} = 0,7 \text{ мм}$$

$$D_{2,3}^C = D_{2,4}^C + Z_{2,4}^C = 8,82 + 0,7 = 9,52 \text{ мм}$$

Принимать  $D_{1,4} = 9,7_{-0,36} \text{ мм}$



$D_{1,2}$  – размер совпадает с конструкторским размером.

$$D_{1,2} = K_{D3} = 22_{-0,52} \text{ мм}$$

$$Z_{1,2}^C = Z_{1,2}^{min} + \frac{TD_{1,2} + TD_{0,1}}{2} = 0,6 + \frac{0,27 + 0,9}{2} = 1,485 \text{ мм}$$

$$D_{0,1}^C = D_{1,2}^C + Z_{1,2}^C = 21,74 + 1,485 = 23,225 \text{ мм}$$

Выбираем прокат  $D = 23_{-0,5}^{+0,4}$ , очевидно расчетный диаметр соответствует

выбор.

## 9. Выбор технологического оборудования

### Ленточнопильный станок JET HVBS-712K

Основные данные:

Масса, кг <sup>↵</sup>	1640 <sup>↵</sup>
Высота рабочей поверхности, мм <sup>↵</sup>	860 <sup>↵</sup>
Габаритные размеры, мм <sup>↵</sup>	1870*1210*2800 <sup>↵</sup>
Наибольший диаметр вырезаемой круглой заготовки (угол резания 90 градусов), мм:↵	440 <sup>↵</sup>
Параметры инструмента полотно ножовки↵	Междюровое расстояние 450;500мм.↵
Наибольший диаметр вырезаемой круглой заготовки (угол реза 45 градусов), мм:↵	410 <sup>↵</sup>
Наибольший размер вырезаемой заготовки квадратного сечения (угол резания 90 градусов), мм <sup>↵</sup>	440 <sup>↵</sup>
Наибольший размер обрабатываемой заготовки прямоугольного сечения (угол резания 45 градусов), мм <sup>↵</sup>	410 <sup>↵</sup>
Скорость полотна ленточной пилы, м / мин <sup>↵</sup>	20...100 <sup>↵</sup>
Длина пильного полотна, мм <sup>↵</sup>	5200*34*1,1 <sup>↵</sup>
Мощность гидронасоса, кВт <sup>↵</sup>	0,55 <sup>↵</sup>
Мощность главного привода, кВт <sup>↵</sup>	3,0 <sup>↵</sup>
Привод подачи СОЖ, кВт <sup>↵</sup>	0,12 <sup>↵</sup>



Рис.1.9.1 Модель JET HVBS-712K

## Токарный станок с ЧПУ Модель DL 3G

Основные данные:

Длина × ширина × высота, мм <sup>↵</sup>	2050x1420 x1420 <sup>↵</sup>
Вес (кг) <sup>↵</sup>	800 <sup>↵</sup>
Ход по оси X, мм <sup>↵</sup>	200 <sup>↵</sup>
Ход по оси Z, мм <sup>↵</sup>	180 <sup>↵</sup>
Ускоренное движение по оси X, м / мин <sup>↵</sup>	15 <sup>↵</sup>
Быстрое перемещение по оси Z, м / мин <sup>↵</sup>	15 <sup>↵</sup>
Максимум. Диаметр заготовки, устанавливаемой на рабочий стол, мм <sup>↵</sup>	Ø230 <sup>↵</sup>
Максимум. Диаметр точения, мм <sup>↵</sup>	Ø70 <sup>↵</sup>
Максимум. Длина точения, мм <sup>↵</sup>	150 <sup>↵</sup>
Максимум. Диаметр арматуры после обработки, мм <sup>↵</sup>	Ø44 <sup>↵</sup>
Скорость шпинделя, об / мин <sup>↵</sup>	6000 <sup>↵</sup>
Присоединительный конец шпинделя, ASA <sup>↵</sup>	A2-5 <sup>↵</sup>
Диаметр подшипника шпинделя (передний / задний), мм <sup>↵</sup>	Ø80/Ø80 <sup>↵</sup>
Диаметр отверстия шпинделя, мм <sup>↵</sup>	Ø55 <sup>↵</sup>
Максимум. Крутящий момент, кгс × м <sup>↵</sup>	11.3 <sup>↵</sup>
Привод шпинделя <sup>↵</sup>	ременный <sup>↵</sup>
Размер патрона, мм <sup>↵</sup>	Ø150 (6'') <sup>↵</sup>



Рис.1.9.2 Модель DL 3G

## Вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ Lupus 420 L

Основные данные:

Рабочая зона, ход по X / Y / Z, мм <sup>↵</sup>	765/520/510 <sup>↵</sup>
Скорость, об / мин <sup>↵</sup>	8000 <sup>↵</sup>
Мощность привода, кВт (коэффициент заполнения 100% / 40%) <sup>↵</sup>	11/15 <sup>↵</sup>
Крутящий момент Нм (коэффициент использования 40%) <sup>↵</sup>	106 <sup>↵</sup>
Быстро движущиеся X / Y / Z, м / мин <sup>↵</sup>	36/36/30 <sup>↵</sup>
Усилие подачи (X / Y / Z), кН <sup>↵</sup>	4,8 <sup>↵</sup>
Рабочая зона, мм <sup>↵</sup>	700x400 <sup>↵</sup>
Максимальная длина инструмента, мм <sup>↵</sup>	300 <sup>↵</sup>
Максимальный диаметр инструмента, мм <sup>↵</sup>	80 <sup>↵</sup>
Вес инструмента, кг <sup>↵</sup>	8 <sup>↵</sup>
Потребляемая мощность, кВт <sup>↵</sup>	30 <sup>↵</sup>
Вес (кг) <sup>↵</sup>	5200 <sup>↵</sup>
Мощность, кВт <sup>↵</sup>	21 <sup>↵</sup>
Длина × ширина × высота, мм <sup>↵</sup>	2500x2100 x2600 <sup>↵</sup>
Максимальная нагрузка на рабочий стол, кг <sup>↵</sup>	500 <sup>↵</sup>
Устройство смены инструмента <sup>↵</sup>	↵
Количество магазинов <sup>↵</sup>	16 <sup>↵</sup>
Вес инструмента, кг <sup>↵</sup>	6 <sup>↵</sup>
Устройство смены инструмента цепи <sup>↵</sup>	↵
Количество элементов библиотеки инструментов <sup>↵</sup>	24 шт <sup>↵</sup>



Рис 1.9.3 Lupus 420 L

---

## 10. Режущие инструменты и расчёт режимы резания

### Заготовительная операция 0

Для выбора материала режущего инструмента определяется по рекомендации таблицы 3 [4, с. 180] – Т15К6.

Инструмент: ленточное полотно

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача по зуб  $S$ : при металл выбираем меньше 50мм/мин таблице 108 [4, с425] ,

2) Скорость резания  $v$

3) Период стойкости инструмента  $T$

4) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$S=50\text{мм/мин}$     $T=40\text{ мин}$     $t=2,5\text{мм}$     $v=18\text{м/мм}$

### Токарная черновая операция 1

Для выбора материала режущего инструмента определяется по рекомендации таблицы 3 [4, с. 180] – Т15К6.

#### Операция 1 Перевод 1: Точить торца

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85.

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача  $S$ -принимает по таблице 11 [4, с.364]

2) Период стойкости инструмента  $T$

3) Глубина резания  $t$

---

Итоговые параметры:

$$S=0,5 \text{ мм/об } T=40 \text{ мин } t=Z_{11}^c=0,915 \text{ мм.}$$

Поправочный коэффициент  $K_V$ :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}$$

где- $K_{MV}$ – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала; [4, с.359, табл. 2]

$K_{ПV}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;  
[4, с.361, табл. 5]

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.  
[4, с.361, табл. 6]

А  $K_{MV}$  определяем по формуле

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} \quad (1.10.1)$$

где  $K_{\Gamma}$  -коэффициент,характерующий группу стали по обрабатываемости

$n_V$ -показатель степени

$$K_{MV} = 1 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^1 = 1,25$$

$$K_{ПV} = 0,9; \quad K_{ИV} = 1,15.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1,15 = 1,293.$$

$K_V$  зависит от материала обрабатываемого и материала режущеголезвия.

Т.е.если материал инструмента не изменяется,  $K_V$ -const.

Формула скорости резания при точение:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (1.10.2)$$

где  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $t$  – коэффициент и показатели степени,определены по таблице

---

17 [4, с.367].

Соответственно  $C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ,  $x = 0,15$ ,  $y = 0,45$

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,20} \cdot 0,915^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 1,293 = 248,21 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 248,21}{3,14 \cdot 23} = 3436,98 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Составляющие силы резания при наружном продольном и поперечном точении рассчитывается по формуле [4, стр.371]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (1.10.3)$$

где  $C_p$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n$  – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [4, с. 373, табл. 22]

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} K_{rp} \quad (1.10.4)$$

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.10.5)$$

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности резания [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,93^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 248,21^{-0,15} \cdot 0,66 = 478,79 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{478,79 \cdot 248,21}{1020 \cdot 60} = 1,71 \text{ кВт.} \quad (1.10.6)$$

---

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,71}{0,75} = 2,28 \text{ кВт.}$$

### **Операция 1 перевод 2: Протачивание наружной поверхности**

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85,

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача S-принимает по таблице 11 [4, с.364]
- 2) Период стойкости инструмента T
- 3) Глубина резания t

Итоговые параметры:

$$S=0,5 \text{ мм/об} \quad T=40 \text{ мин} \quad t=Z_{D1,2}^{\circ}/2=0.742 \text{ мм.}$$

$C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,20} \cdot 0.742^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 1,293 = 256,15 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 256,15}{3,14 \cdot 23} = 3546,74 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициенты:

---

$C_p=300, x=1, y=0,75, n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,93^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 256,15^{-0,15} \cdot 0,66 = 476,54 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{476,54 \cdot 256,15}{1020 \cdot 60} = 1,99 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,99}{0,75} = 2,66 \text{ кВт.}$$

### Операция 1 перевод 3:Снять фаски

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1894 ГОСТ 26611-85

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  -принимаем по таблице 11 [4, с.364]
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,5 \text{ мм/об} \quad T=30 \text{ мин} \quad t= A_{1,3}^c = 2\text{мм.}$$

$C_v = 290; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{30^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 1,293 = 233,81 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 211,77}{3,14 \cdot 22} = 3384,77 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

---

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

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 1, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,74$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=300, x=1, y=0,75, n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 233,81^{-0,15} \cdot 0,74 = 985,37 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{985,37 \cdot 211,77}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт.}$$

Практический мощность привода главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,4}{0,75} = 4,55 \text{ кВт.}$$

### **Операция 1 переход 4 центрование отверстия**

Инструмент: Центровочное сверло 2317-0106 ГОСТ 14952-75

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  - по таблице 15 [4, с.369] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$S=0,08 \text{ мм/об}$     $T=30 \text{ мин}$     $t= 1 \text{ мм}$ .

$C_v=47; m=0,20; y=0,8$  – определены по таблице 17 [4, с.368].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{47}{60^{0,20} \cdot 1^0 \cdot 0,08^{0,8}} \cdot 1,293 = 202,11 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 202,11}{3,14 \cdot 22} = 2925,78 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 1$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,74$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=408$ ,  $x=0,72$ ,  $y=0,8$ ,  $n=-0$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 1^{0,72} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 0,74 = 454,16 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{454,16 \cdot 202,11}{1020 \cdot 60} = 1,50 \text{ кВт.}$$

Практический мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,50}{0,75} = 2 \text{ кВт.}$$

## Токарная чистовая операция 2

Для выбора материала режущего инструмента определяется по рекомендации таблицы 3 [4, с. 180] – Т15К6.

### Операция 2 перевод 1: Точить торца

Инструмент: Резец проходной

---

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  - по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,4 \text{ мм/об} \quad T=40 \text{ мин} \quad t=Z_{2,1}^c=0,76 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,2} 0,76^{0,15} 0,4^{0,45}} \cdot 1,293 = 282,19 \text{ мм/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 282,19}{3,14 \cdot 23} = 3907,31 \text{ об/мин.}$$

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

Найдём  $K_{mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

---

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,76^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 282,16^{-0,15} \cdot 0,66 = 324,68 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{324,68 \cdot 282,16}{1020 \cdot 60} = 1,72 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,72}{0,75} = 2,30 \text{ кВт.}$$

### **Операция 2 переход 2 центровка отверстия**

Инструмент:центровочное сверло 2317-0101 ГОСТ 14952-75

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  -по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,08 \text{ мм/об} \quad T=60 \text{ мин} \quad t=1\text{мм.}$$

$$C_v = 47; m = 0,20; y = 0,8 \text{ – определены по таблице 17 [4, с.368].}$$

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{47}{60^{0,20} \cdot 1^0 \cdot 0,08^{0,8}} \cdot 1,293 = 202,11 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 202,11}{3,14 \cdot 22} = 2925,78 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

---

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 1, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,74$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=408, x=0,72, y=0,8, n=0$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 408 \cdot 1^{0,72} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 0,74 = 454,16 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{454,16 \cdot 202,11}{1020 \cdot 60} = 1,50 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,50}{0,75} = 2 \text{ кВт.}$$

### **Операция 2 перевод 3: Проточение наружной поверхности**

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  - по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$S=0,3 \text{ мм/об}$   $T=40 \text{ мин}$   $t = 13/2=6,5 \text{ мм}$ , принимаем  $t = 2,17 \text{ мм}$ .

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

---

$C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,20} \cdot 2,17^{0,15} \cdot 0,3^{0,45}} \cdot 1,293 = 212,23 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 212,23}{3,14 \cdot 9} = 9680,84 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3,25^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 212,23^{-0,15} \cdot 0,66$$
$$= 1167,8 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1167,8 \cdot 212,23}{1020 \cdot 60} = 4,05 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{4,05}{0,75} = 5,40 \text{ кВт.}$$

**Операция 2 перевод 4: Проточение наружной поверхности**

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85

---

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача  $S$  -принимаем по таблице 14 [4, с.366]

2) Период стойкости инструмента  $T$

3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,1 \text{ мм/об} \quad T=60 \text{ мин} \quad t = Z_{D2,4}^c/2= 0,35 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v = 350$ ;  $m = 0,15$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0,15} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 1,293 = 351,34 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 351,34}{3,14 \cdot 9} = 12432,63 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=300$ ,  $x=1$ ,  $y=0,75$ ,  $n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 351,34^{-0,15} \cdot 0,66 = 51,15 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{51,15 \cdot 351,34}{1020 \cdot 60} = 0,29 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,29}{0,75} = 0,39 \text{ кВт.}$$

## Операция 2 перевод 5: Проточение наружной поверхности

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  - по таблице 11 [4, с.364]
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,3 \text{ мм/об} \quad T=40 \text{ мин} \quad t = 5/3 = 1,67 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,20} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,45}} \cdot 1,293 = 220,75 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 220,75}{3,14 \cdot 4} = 17574,55 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

---

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

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{r p} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p=300, x=1, y=0,75, n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,67^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 217,64^{-0,15} \cdot 0,66 = 597,8 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{597,8 \cdot 220,75}{1020 \cdot 60} = 2,16 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{2,16}{0,75} = 2,88 \text{ кВт.}$$

## **Операция 2 перевод 6: Проточение наружной поверхности**

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1501 ГОСТ 26611-85

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  -по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,1 \text{ мм/об} \quad T=60 \text{ мин} \quad t = Z_{D2,6}^c/2 = 0,326 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v = 350$ ;  $m = 0,15$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,2$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{350}{60^{0,15} \cdot 0,326^{0,15} \cdot 0,1^{0,20}} \cdot 1,293 = 355,1 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 355,1}{3,14 \cdot 4} = 28273,07 \text{ об/мин.}$$

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

Найдём  $K_{mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 0,89$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

$C_p = 300$ ,  $x = 1$ ,  $y = 0,75$ ,  $n = -0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,326^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 355,1^{-0,15} \cdot 0,66 = 47,57 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{44,53 \cdot 551,29}{1020 \cdot 60} = 0,27 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,27}{0,75} = 0,37 \text{ кВт.}$$

**Операция 2 перевод 7:Снятие фаски**

---

Инструмент: Резец проходной СМП 2100-1894 ГОСТ 26611-85,

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S$  - по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента  $T$
- 3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,5 \text{ мм/об} \quad T=40 \text{ мин} \quad t = A^{c_{2,7,1}} = 2 \text{ мм.}$$

$$\text{Глубина резания: } t = A^{c_{2,7,1}} = 2 \text{ мм.}$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v$$

$C_v = 290$ ;  $m = 0,2$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$  – определены по таблице 17 [4, с.367].

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{290}{40^{0,20} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,45}} \cdot 1,293 = 233,81 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 211,77}{3,14 \cdot 22} = 3384,77 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

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

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\varphi p} = 1$ ,  $K_{\gamma p} = 1$ ,  $K_{\lambda p} = 1$ ,  $K_{rp} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,74$$

Определить связные коэффициенты:

---

$C_p=300, x=1, y=0,75, n=-0,15$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности [2, с. 371]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 233,81^{-0,15} \cdot 0,74$$
$$= 985,37 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{985,37 \cdot 211,77}{1020 \cdot 60} = 3,4 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{3,4}{0,75} = 4,55 \text{ кВт.}$$

### **Операция 2 перевод 8: Нарезание резьбы**

Инструмент: Плашка круглая 2650-1521 ГОСТ 9740-71

Материал инструмент-9ХС

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача S-по таблице 11 [4, с.364] для данной глубины резания
- 2) Период стойкости инструмента T
- 3) Глубина резания t

Итоговые параметры:

$S = 0,7 \text{ мм/об}$  , так как по ГОСТ 24705-2004 шаг резьбы 0,7мм

$T=90 \text{ мин}$     $t = (D-D_1)/2 = 0,379\text{мм}$ .

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v \quad (1.10.7)$$

$C_v = 2,7; m = 0,5; y = 1,2; q=1,2$

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{CV}$$

где  $K_{CV}$  – коэффициент, учитывающий способ нарезания резьбы (принимают равным 1,0, если резьба нарезается черновым и чистовым резцами; и 0,75, если резьба нарезается одним чистовым резцом);

$K_{MV}$  и  $K_{IV}$  выбираем по следующей таблице (табл. 1.10.1)

Таблица 1.10.1 Поправочные коэффициенты на скорость резания и крутящий момент для метчиков, плашек и резьбовых головок

Обрабатываемый материал	Поправочные коэффициенты на скорость резания в зависимости от			Поправочный коэффициент $K_{MP}$ , на крутящий момент
	обрабатываемого материала $K_{MV}$	марки инструментального материала $K_{IV}$		
		P6M5	9XC; У10А; У12А	
Сталь:				
Углеродистая: $\sigma_B < 600$ МПа	0,7	1,0	0,7	1,3
$\sigma_B = 600 \geq 800$ МПа	1,0			1,0
легированная: $\sigma_B < 700$ МПа	0,9			1,0
$\sigma_B = 700 \geq 800$ МПа	0,8			0,85
Чугун серый:				
HB < 140	1,0	1,0	0,7	1,0
HB 140-180	0,7			1,2
HB > 180	0,5			1,5

Принимаем

$$K_{MV} = 1; \quad K_{IV} = 0,7; \quad K_{CV} = 1.$$

$$K_V = 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,7.$$

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v \cdot d^q}{T^m \cdot S^y} K_v = \frac{2,7 \cdot 4^{1,2}}{90^{0,5} \cdot 0,7^{1,2}} \cdot 0,7 = 1,61 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 1,61}{3,14 \cdot 4} = 128,44 \text{ об/мин.}$$

Крутящий момент, Н·м, при нарезании резьбы метчиками, резьбовыми головками, определен по формуле

$$M_{кр} = 10 C_M D^q P^y K_p \quad (1.10.8)$$

где  $P$  — шаг резьбы, мм;

$D$  — номинальный диаметр резьбы, мм.

$C_{M,u,q}$ - коэффициенты и показатели степени

$K_p$ -поправочный коэффициент,  $K_p = K_{MP}$

Таблица 1.10.2 Значения коэффициентов и показателей степени в формулах силовых зависимостей при нарезании резьбы

Обрабатываемый материал	Тип инструмента	Коэффициенты и показатели степени				
		$C_p$	$C_M$	$u$	$q$	$i$
Сталь конструкционная углеродистая, $\sigma_b = 750$ МПа	Резцы	148	-	1,7	-	0,71
	Метчики: машинные гаечные автоматные	-	0,0270	1,5	1,4	-
			0,0041		1,7	
			0,0025		2,0	
Плашки круглые	0,0450	1,1				
Резьбовые головки	0,0460					
Чугун	Резцы	103	-	1,8	-	0,82
	Метчики машинные	-	0,0130	1,5	1,4	-
Силумин	Метчики гаечные		0,0022		1,8	

Определить связные коэффициент, по таблице 1.10.2:

$$C_M = 0,045, u = 1,5, q = 1,1.$$

$$M_{кр} = 10 C_M D^q P^u K_p = 10 \cdot 0,045 \cdot 4^{1,1} \cdot 0,7^{1,5} \cdot 1 = 1,21 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Мощности резания получится по формуле:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_{см}}{975} = \frac{1,21 \cdot 128,44}{975} = 0,15 \text{ кВт.}$$

### Фрезерная операция 3

Инструмент: Концевая фреза  $\phi 14$  2220-0154 ГОСТ 17025-71,

Характеристики фрезы:  $D_{фр} = 16$  мм.,  $z = 5$ ,  $B = 13$  или 9 мм.

Материал режущей части фрезы берем T15K6.

### Операция 3 переход 1 и 2: фрезерование поверхности

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S_z$
- 2) Период стойкости инструмента  $T$ , приведен из табл.82 [4, с. 411]
- 3) Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с.

405]

Итоговые параметры:

$$S_z = 0,05 \text{ мм/зуб} \quad T = 80 \text{ мин} \quad t = 2 \text{ мм.}$$

Формула скорости фрезерования, м/мин.:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v; \quad (1.10.9)$$

Где  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $m$  – коэффициент и показатели степени

$K_v$  – поправочный коэффициент, определяемый

$T$  – период стойкости инструмента

$C_v=145$ ;  $q=0,44$ ;  $x=0,24$ ;  $y=0,26$ ;  $u=0,1$ ;  $p=0,13$ ;  $m=0,37$ . определим по таблице 81 [4, с.410]

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{145 \cdot 14^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 2^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 13^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1,293$$
$$= 145,51 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 145,51}{3,14 \cdot 14} = 3310,11 \text{ об/мин.}$$

Формула силы резания при фрезеровании отличается от то при точение

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp} \quad (1.10.10)$$

где z-число зубьев фрезы;

n-частота вращения фрезы,об/мин.

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$C_p=12,5$ ;  $x=0,85$ ;  $y=0,75$ ;  $u= 1$ ;  $q=0,73$ ;  $w=-0,13$ .

Поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{Mp}$  выберем по табл. 9 [4, стр.362],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,3} = 0,85$$

Тогда сила резания,крутящий момент и мощности получатся:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 2^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 13^1 \cdot 5}{14^{0,73} \cdot 3310,11^{-0,13}} \cdot 0,85 = 646,9 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{646,9 \cdot 14}{2 \cdot 100} = 45,28 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{646,9 \cdot 145,51}{1020 \cdot 60} = 1,54 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{1,54}{0,75} = 2,05 \text{ кВт.}$$

### **Операция 3 переход 3 и 4: фрезерование контура.**

Соответственно выбираем следующие характеристики:

- 1) Подача  $S_z$
- 2) Период стойкости инструмента  $T$  , приведен из табл.82 [4, с. 411]
- 3) Глубину фрезерования и подачу на зуб выбираем из таблицы 77 [4, с.

Итоговые параметры:

$$S_z = 0,05 \text{ мм/зуб} \quad T = 80 \text{ мин} \quad t = 1 \text{ мм.}$$

Формула скорости фрезерования, м/мин.:

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

Где  $C_v$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $m$  – коэффициент и показатели степени

$K_v$  – поправочный коэффициент, определяемый

$T$  – Период стойкости инструмента

$C_v=145$ ;  $q=0,44$ ;  $x=0,24$ ;  $y=0,26$ ;  $u=0,1$ ;  $p=0,13$ ;  $m=0,37$  определим по таблице 81 [4, с.410]

Расчёт скорости резания и частоты вращения шпинделя:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v = \frac{145 \cdot 14^{0,44}}{80^{0,37} \cdot 1^{0,24} \cdot 0,05^{0,26} \cdot 9^{0,1} \cdot 5^{0,13}} \cdot 1,293$$

$$= 178,29 \text{ м/мин.}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 178,29}{3,14 \cdot 14} = 4055,64 \text{ об/мин.}$$

Формула силы резания при фрезеровании отличается от то при точение

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

где  $z$ -число зубьев фрезы;

$n$ -частота вращения фрезы, об/мин.

Коэффициенты и показатели степени определим по таблице 83 [4, с.412]:

$$C_p=12,5; \quad x=0,85; \quad y=0,75; \quad u=1; \quad q=0,73; \quad w=-0,13.$$

Поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала  $K_{Mp}$

---

выберем по табл. 9 [4, стр.362],

$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n$$
$$K_{Mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,3} = 0,85$$

Тогда сила резания, крутящий момент и мощности получатся:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp} = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 1^{0,85} \cdot 0,05^{0,75} \cdot 9^1 \cdot 5}{14^{0,73} \cdot 4055,64^{-0,13}} \cdot 0,85$$
$$= 255,10 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100} = \frac{255,10 \cdot 14}{2 \cdot 100} = 17,86 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{255,10 \cdot 178,29}{1020 \cdot 60} = 0,74 \text{ кВт.}$$

Практическая мощность главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,74}{0,75} = 1 \text{ кВт.}$$

#### **Сверлильная операция 4**

Инструменты:

Спиральное сверло  $\phi 7$  2300-3421 ГОСТ 10902-77,

Спиральное сверло  $\phi 7,8$  2300-3435 ГОСТ 10902-77,

Развертка  $\phi 8$  2363-0072 ГОСТ 1672-80

Материал режущего инструмента выбираем в соответствии с рекомендациями [4, с. 214] ---Р6М5

#### **Операция 4 период 1 Сверление отверстия**

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача -определены по таблице 35 [4, с.381] для данной глубины

---

резания

2) Период стойкости инструмента  $T$  по таблице 40 [4, с.384]

3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$S=0,15$  мм/об  $T=25$  мин  $t = 0,5 \cdot D_{4,1} = 0,5 \cdot 7 = 3,5$  мм

Формула скорости резания

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v \quad (1.10.11)$$

$C_v=7$ ,  $q=0,4$ ,  $y=0,7$ ,  $m=0,2$ . определим по таблице 38 [4, с.383]

Из-за того что материал инструмента поменялся, необходимо пересчитать коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV}$$

А поправочный коэффициент  $K_{MV}$  необходимо определить по формуле

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

где  $K_{\Gamma}$  -коэффициент,характерующий группу стали по обрабатываемости

$n_v$ -показатель степени

$$K_{MV} = 1 \cdot \left( \frac{750}{600} \right)^{0,9} = 1,22$$

$$K_{ПV} = 0,9;$$

$$K_{IV} = 1 \quad \text{определим по таблице 41 [4, с.385]}$$

$$K_v = 1,22 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1,098.$$

Расчёт скорости резания , частоты вращения шпинделя:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 7^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,15^{0,7}} \cdot 1,098 = 34 \text{ м/мин}$$

---

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 7} = 1546,86 \text{ об/мин};$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10C_M D^q s^y K_p \quad (1.10.12)$$

$C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 42 [2 с.385].

Коэффициент  $K_p = K_{мп}$

$$K_{мп} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{600}{750}\right)^{0,75} = 0,85;$$

Расчёт крутящего момента и мощности:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 7^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,85 = 3,15 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,15 \cdot 1546,86}{9750} = 0,50 \text{ кВт}$$

#### **Операция 4 переход 2:Рассверление отверстия:**

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача -определены по таблице 35 [4, с.381] для данной глубины резания

2) Период стойкости инструмента T по таблице 40 [4, с.384]

3) Глубина резания t

Итоговые параметры:

$$S=0,19 \text{ мм/об} \quad T=25 \text{ мин} \quad t = 0,5 \cdot D_{4,2} = 0,5 \cdot 7,8 = 3,9 \text{ мм}$$

Формула скорости резания:

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

---

$C_V=16,2$   $q=0,4$   $x=0,2$   $y=0,5$   $m=0,2$ . определим по таблице 38 [4, с.383]:

Расчёт скорости резания, частоты вращения шпинделя:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{16,2 \cdot 7,8^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 3,9^{0,2} \cdot 0,19^{0,5}} \cdot 1,098 = 38,05 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 38,05}{3,14 \cdot 7,8} = 1553,47 \text{ об/мин};$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q t^x s^y K_p$$

$C_M = 0,09$ ;  $q = 1,0$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$  – определены по таблице 42 [2 с.385].

Коэффициент  $K_p = K_{mp}$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

Расчёт крутящего момента и мощности:

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 7,8^1 \cdot 3,9^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,85 = 3,02 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{3,02 \cdot 1553,47}{9750} = 0,51 \text{ кВт}$$

#### **Операция 4 переход 3: разверывание отверстия:**

Соответственно выбираем следующие характеристики:

1) Подача - определены по таблице 37 [4, с.381] для данной глубины резания

2) Период стойкости инструмента  $T$  по таблице 40 [4, с.384]

3) Глубина резания  $t$

Итоговые параметры:

$$S=0,8 \text{ мм/об} \quad T=25 \text{ мин} \quad t = 0,5 \cdot D_{4,3} = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм}$$

Формула скорости резания:

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

$C_v=10,5$ ;  $q=0,3$ ;  $x=0,2$ ;  $y=0,65$  ;  $m=0,4$ . определим по таблице 39 [4, с.383]

Расчёт скорости резания , частоты вращения шпинделя:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} K_v = \frac{10,5 \cdot 8^{0,3}}{25^{0,4} \cdot 4^{0,2} \cdot 0,8^{0,65}} \cdot 1,098 = 5,20 \text{ м/мин}$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 5,20}{3,14 \cdot 8} = 207,06 \text{ об/мин};$$

Определяем крутящий момент по формуле:

$$M_{кр} = \frac{10C_p t^x s_z^y D z}{2 \cdot 100} \quad (1.10.13)$$

где  $s_z$ -подача,мм на один зуб инструмента,равная  $s/z$

По ГОСТ 1672-80  $z=6$ ,поэтому  $s_z=0.8/6=0.13$  мм/зуб

$C_p =67$ ;  $x = 1,2$  ;  $y = 0,65$  – определены по таблице 22 [2 с.385].

Коэффициент  $K_p = K_{мр}$

$$K_{мр} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85;$$

Расчёт крутящего момента и мощности:

$$M_{кр} = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100} = \frac{10 \cdot 67 \cdot 4^{1,2} \cdot 0,13^{0,65} \cdot 8 \cdot 6}{2 \cdot 100} = 225,33 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{225,33 \cdot 212,15}{9750} = 4,90 \text{ кВт}$$

### Долбежная операция 5

Инструмент: Резец долбежный 2184-0551 ГОСТ 10046-72

М а т е р и а л инструмента: Т15К6

Соответственно выбираем следующие характеристики:

---

1) Подача -определены по таблице 37 [4, с.381]

2) Период стойкости инструмента T

3) Глубина резания t

Итоговые параметры:

S=0,08 дв ход T=25 мин t=0,5мм

Формула скорости резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m S^y} K_v \quad (1.10.14)$$

$C_v=47$ ,  $m=0.2$ ,  $y=0.8$  определены по таблице 17 [2, с.367]

Формула числа двойных ходов долбяка в минуту:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L} \quad (1.10.15)$$

где L-длина хода

Расчёт скорости резания , число двойных ходов:

$$V = \frac{47}{60^{0.2} \cdot 0,08^{0,8}} \cdot 1,293 = 202,11 \text{ м/мин,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot V}{2 \cdot L} = \frac{1000 \cdot 202,11}{2 \cdot 20} = 5052,82 \text{ (об)/мин}$$

Найдём  $K_{Mp}$  [4, стр.362, табл. 9],

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

$$K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{600}{750} \right)^{0,75} = 0,85$$

$K_{\text{фр}} = 0,89$ ,  $K_{\text{гр}} = 1$ ,  $K_{\text{лр}} = 1$ ,  $K_{\text{тр}} = 0,87$  [4, стр.374, табл. 23]

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,87 = 0,66$$

Определить связные коэффициент:

---

$C_p=408, x=0,72, y=0,8, n=-0$ . [4, стр.372, табл. 22]

Расчёт сила резания и мощности:

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 0,5^{0,72} \cdot 0,08^{0,8} \cdot 0,66 = 216,74 \text{ Н}$$

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{216,74 \cdot 202,11}{1020 \cdot 60} = 0,72 \text{ кВт.}$$

Мощность привода главного движения:

$$N_{пр} = \frac{N}{\eta} = \frac{0,72}{0,75} = 0,95 \text{ кВт.}$$

## 11. Расчёт основного времени обработки

Формула основного времени указана следующим образом:

$$t_o = \frac{L \cdot i}{S_M} \quad (1.11.1)$$

где  $L$  –Длина обработки, мм;

$i$  –число рабочих ходов;

$S_M$  –подача, мм/мин.

Длина обработки состоит из 4 части:

$$L = l + l_B + l_{сх} + l_{под} \quad (1.11.2)$$

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

$l_B$  –величина врезания инструмента,мм

$l_{сх}$  –величина схода инструмента, мм;

$l_{под}$  –величина подвода инструмента, мм.

Величина врезания инструмента (для точения):

$$l_B = \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} \quad (1.11.3)$$

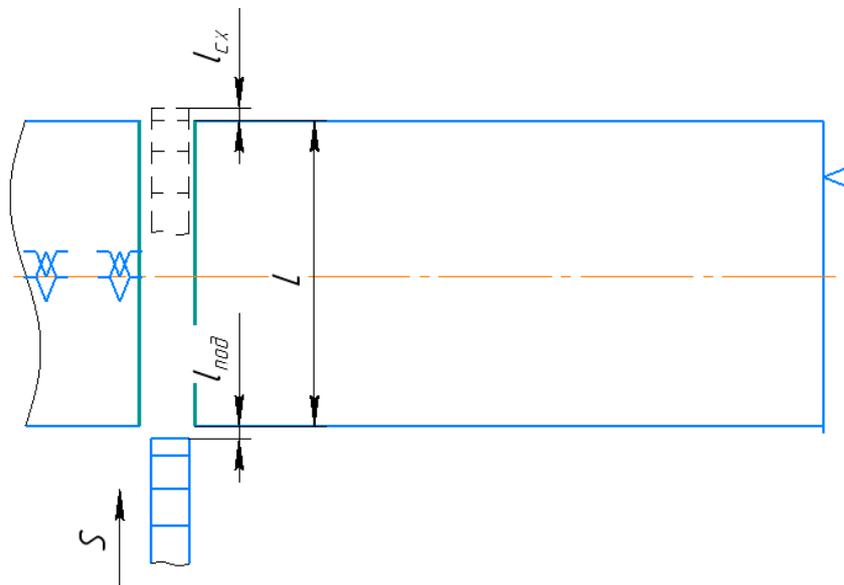
где  $t$  – глубина резания, мм;  $\varphi$  – угол в плане.

Тогда окончательная формула для определения основного времени:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S}$$

### Заготовительная операция

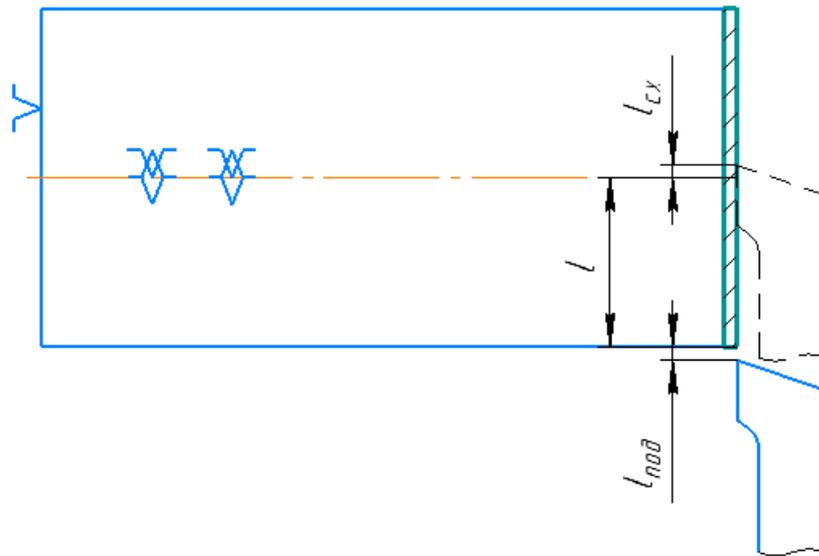
$$t_o = \frac{(l + l_{\text{пер}} + l_{\text{подв}}) \cdot i}{S} = \frac{23 + 1 + 1}{50} = 0,5 \text{ мин}$$



### Токарная черновая операция 1:

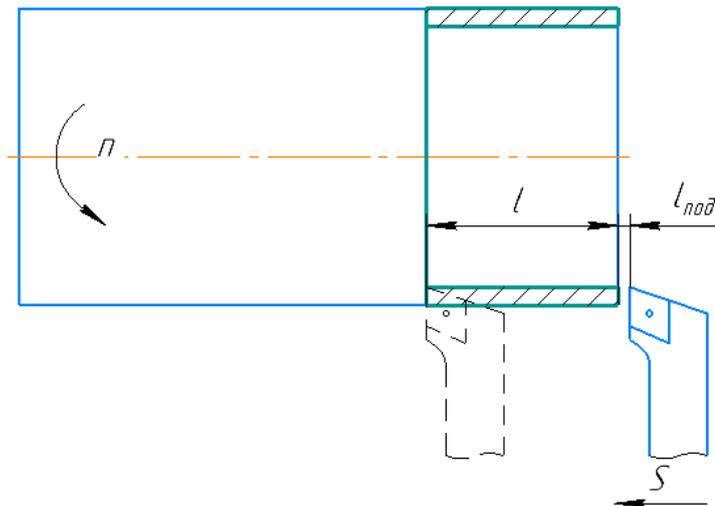
Переход 1:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + l_{\text{сх}} + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(11,5 + \frac{0,915}{\operatorname{tg}90} + 1 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 3436,98} = 0,01 \text{ мин}$$



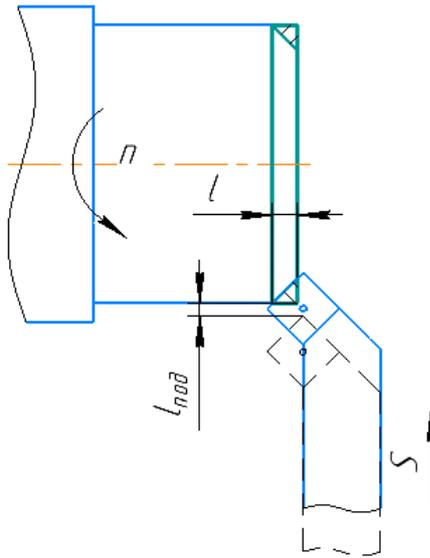
Переход 2:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(16 + \frac{0.742}{\operatorname{tg}90} + 0 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 3546,74} = 0,01 \text{мин}$$



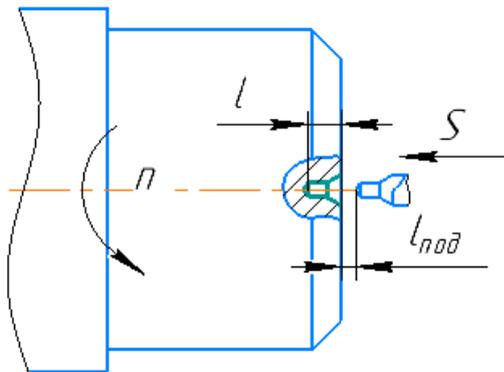
Переход 3:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\operatorname{tg}\varphi} + l_{\text{cx}} + l_{\text{под}}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(2 + \frac{2}{\operatorname{tg}45} + 0 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 3384,77} = 0,003 \text{мин}$$



Переход 4:

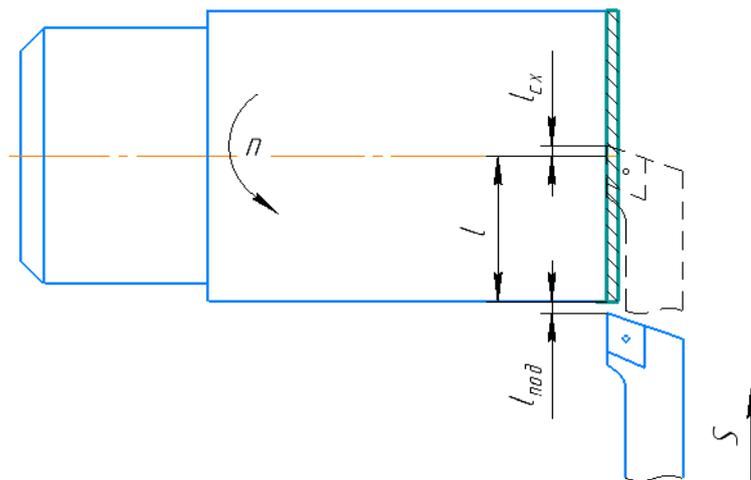
$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(1 + 1 + 0 + 1) \cdot 1}{0,08 \cdot 2925,78} = 0,012 \text{ мин}$$



### Токарная черновая операция 2:

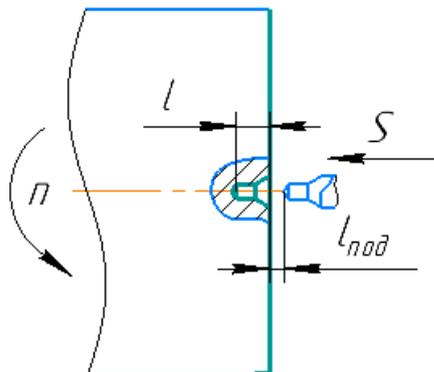
Переход 1:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(11,5 + \frac{0,76}{\text{tg}90} + 1 + 1) \cdot 1}{0,4 \cdot 3907,31} = 0,01 \text{ мин}$$



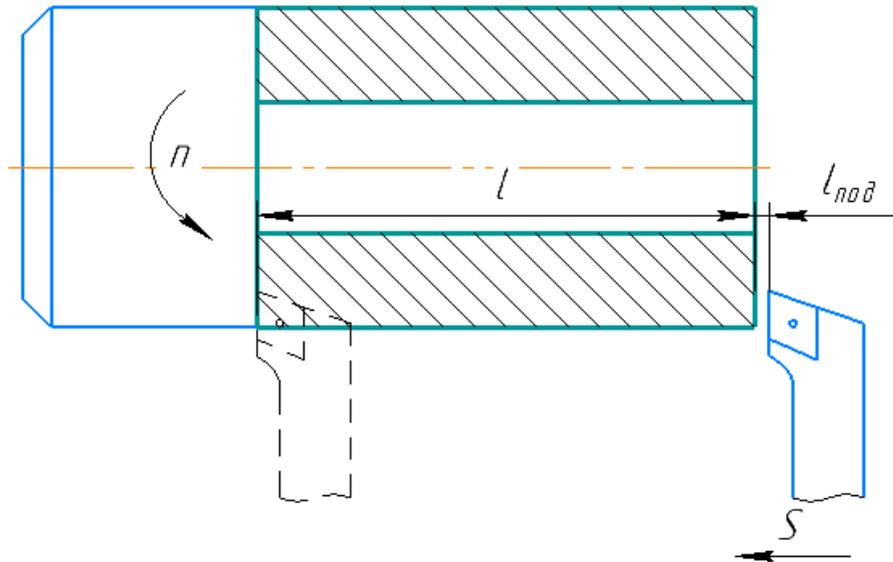
Переход 2:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(1 + 1 + 0 + 1) \cdot 1}{0,08 \cdot 2925,78} = 0,012 \text{ мин}$$



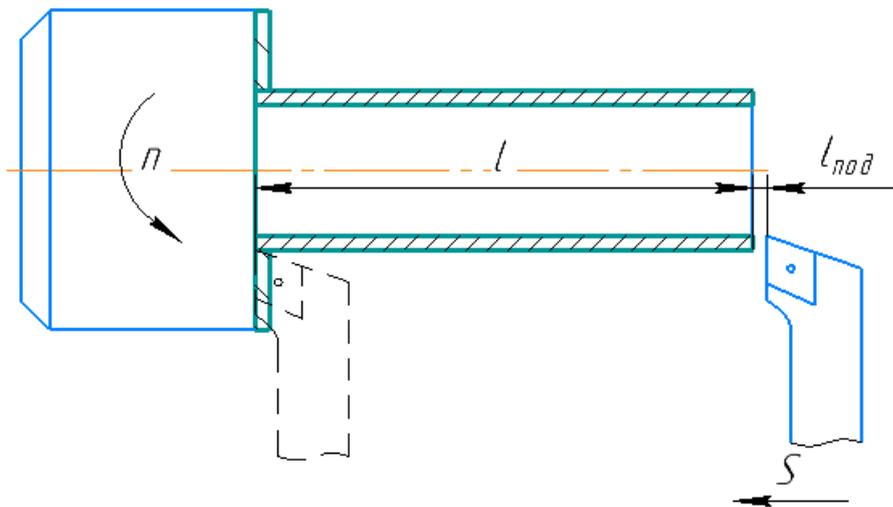
Переход 3:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(32 + \frac{6,5}{\text{tg}90} + 0 + 1) \cdot 2}{0,3 \cdot 9680,84} = 0,022 \text{ мин}$$



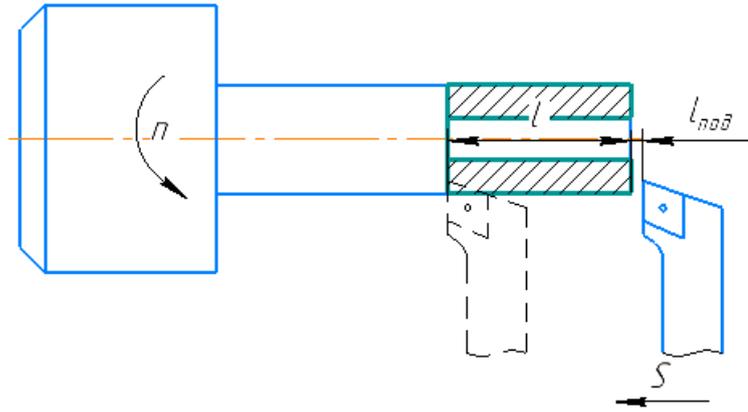
Переход 4:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(32 + \frac{0,35}{\text{tg}90} + 0 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 12432,63} = 0,027 \text{ мин}$$



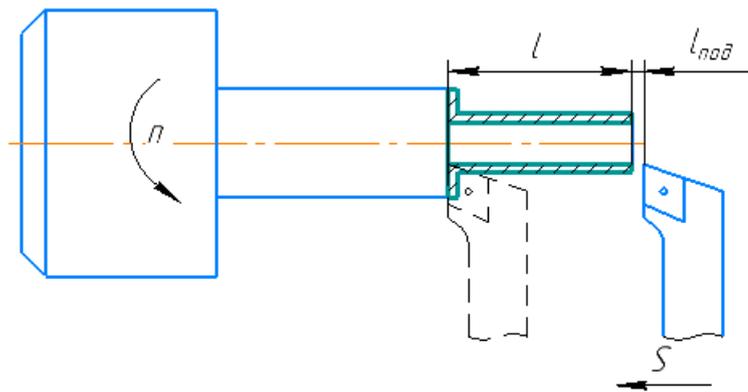
Переход 5:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(15 + \frac{2,5}{\text{tg}90} + 0 + 1) \cdot 4}{0,4 \cdot 17328,40} = 0,012 \text{ мин}$$



Переход 6:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(15 + \frac{0,326}{\text{tg}90} + 0 + 1) \cdot 1}{0,1 \cdot 28273,07} = 0,006 \text{мин}$$

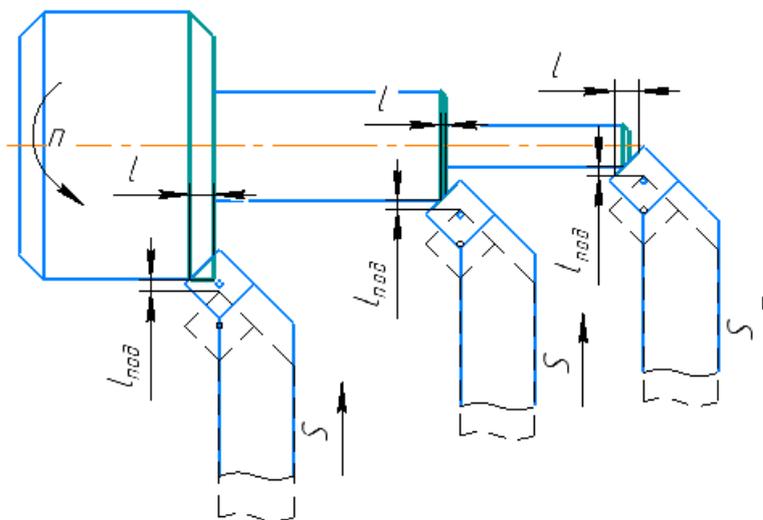


Переход 7:

$$t_o = \frac{(l + \frac{t}{\text{tg}\varphi} + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S}$$

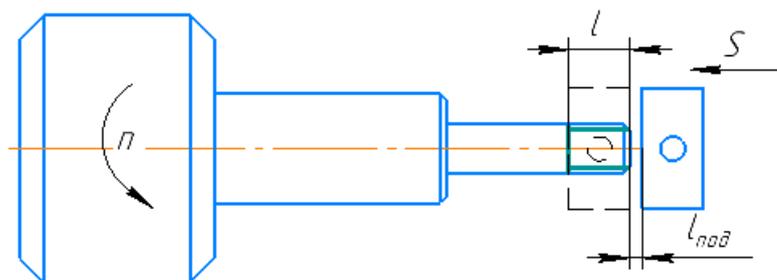
$$= \frac{(2 + \frac{2}{\text{tg}45} + 0 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 3384,77} + \frac{(0,5 + \frac{0,5}{\text{tg}45} + 0 + 1) \cdot 1}{0,5 \cdot 3384,77} \times 2$$

$$= 0,005 \text{мин}$$



Переход 8:

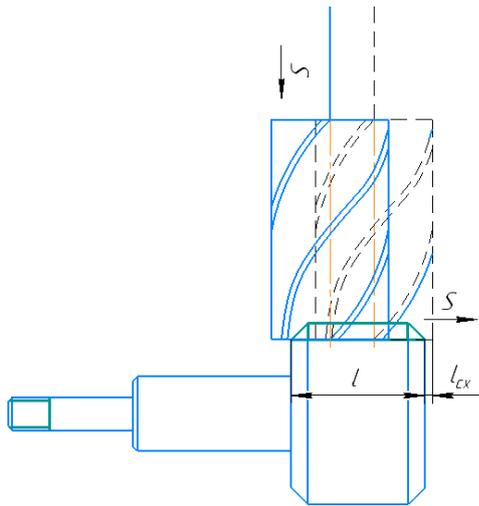
$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(5 + 0 + 0 + 1) \cdot 2}{0,7 \cdot 128,44} = 0,13 \text{ мин}$$



### Фрезерная операция 3

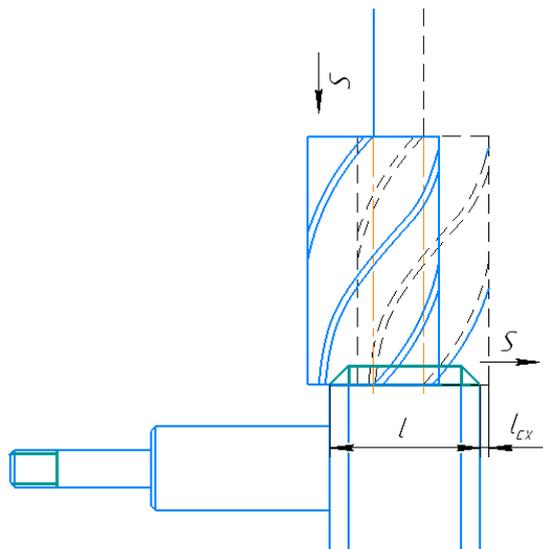
Переход 1:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12,65 + 0 + 3 + 3) \cdot 1}{0,1 \cdot 1992,48} = 0,094 \text{ мин}$$



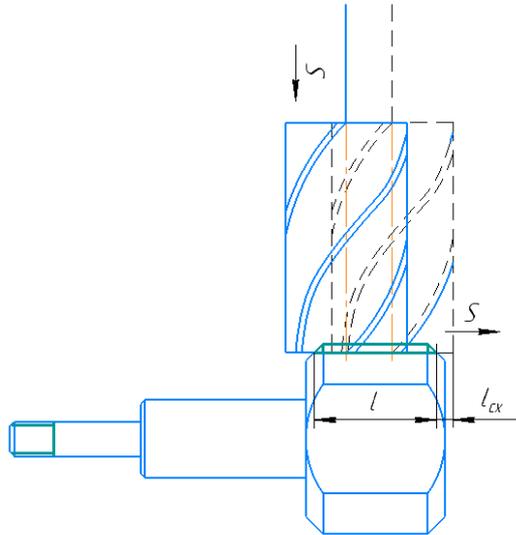
Переход 2:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(12,65 + 0 + 3 + 3) \cdot 1}{0,1 \cdot 1992,48} = 0,094 \text{ мин}$$



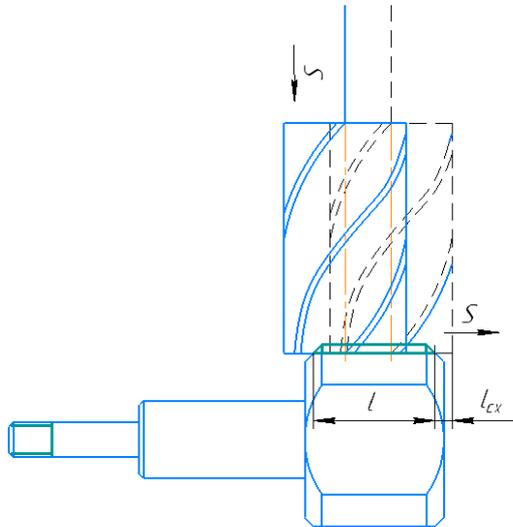
Переход 3:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(9,17 + 0 + 3 + 3) \cdot 1}{0,1 \cdot 2352,96} = 0,064 \text{ мин}$$



Переход 4:

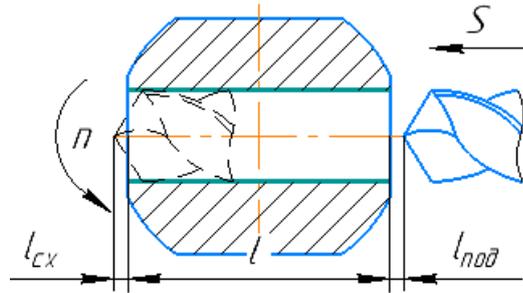
$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(9,17 + 0 + 3 + 3) \cdot 1}{0,1 \cdot 2352,96} = 0,064 \text{ мин}$$



#### Сверлильная операция 4

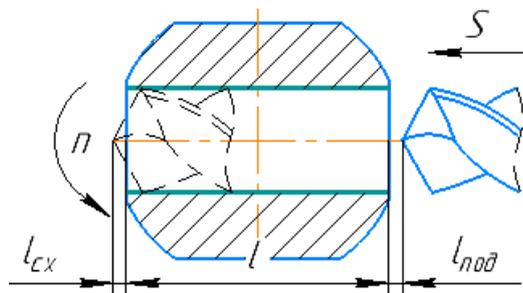
Переход 1:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{cx} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + 0 + 1 + 5) \cdot 6}{0,15 \cdot 1546,86} = 0,66 \text{ мин}$$



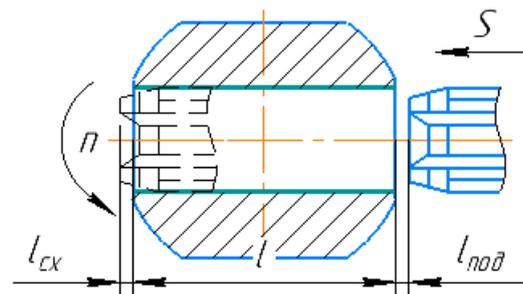
Переход 2:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + 0 + 1 + 5) \cdot 5}{0,19 \cdot 1553,47} = 0,44 \text{ мин}$$



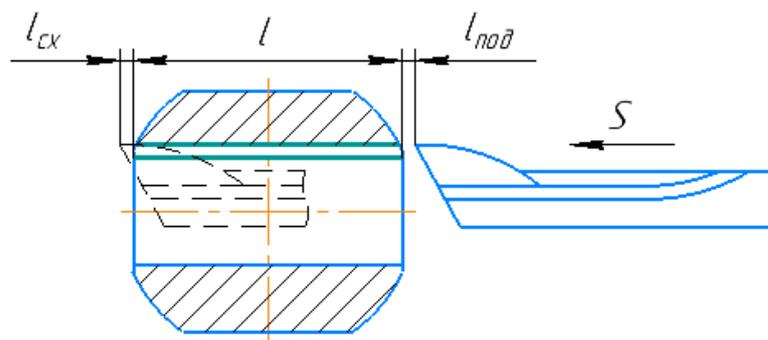
Переход 3:

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + 0 + 1 + 5) \cdot 5}{0,8 \cdot 212,15} = 0,75 \text{ мин}$$



### Долбежная операция 5

$$t_o = \frac{(l + l_B + l_{сх} + l_{под}) \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(20 + 0 + 1 + 1) \cdot 3}{0,08 \cdot 5052,82} = 0,17 \text{ мин}$$



## 12. Расчёт вспомогательного времени обработки

Вспомогательное время разделится на четыре части (время, затраченного на установку и снятие деталей, управление станком и измерение деталей) [1, с.101]:

$$T_B = T_{уст.} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} \quad (1.12.1)$$

где  $T_{уст.}$ - время на установку и снятие детали по таблице 5.1-5,6. [4, с.197];

$T_{з.о.}$ - время на закрепление и открепление детали по таблице 5.7. [4, с.201];

$T_{уп}$ - время на управление станком по таблице 5.9. [1, с.205];

$T_{из}$ - время на измерение детали по таблице 5.12. [1, с.207];

### Заготовительная операция:

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,2 + 0,03 + 0 + 0 = 0,23 \text{ мин.} \end{aligned}$$

### Токарная операция 1:

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,07 + 0,03 + 0 + 0,03 = 0,13 \text{ мин.} \end{aligned}$$

---

**Токарная операция 2:**

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,07 + 0,03 + 0 + 0,14 = 0,24 \text{ мин} \end{aligned}$$

**Фрезерная операция 3:**

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,034 + 0,058 + 0 + 0,07 = 0,162 \text{ мин.} \end{aligned}$$

**Сверлильная операция 4:**

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,034 + 0,058 + 0 + 0,07 = 0,162 \text{ мин.} \end{aligned}$$

**Долбежная операция 5:**

$$\begin{aligned} T_B &= T_{у.с} + T_{з.о.} + T_{уп} + T_{из} = \\ &= 0,037 + 0,03 + 0,04 + 0,07 = 0,177 \text{ мин.} \end{aligned}$$

**13. Расчёт штучно-калькуляционного времени обработки**

В производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени

$T_{шт.к}$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} \quad (1.13.1)$$

Формула штучного времени [4, с.101]:

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} \quad (1.13.2)$$

где  $T_0$ -основное время,мин

$T_B$ -вспомогательное время,мин

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

---

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

$$T_{об} = T_{тех} + T_{орг} \quad (1.13.3)$$

где  $T_{тех}$ - время на техническое обслуживание рабочего места ,мин

$T_{орг}$ - время на организационное обслуживание

Для токарных ,фрезерных,сверлильных операций:

$$T_{тех} = T_0 t_{см}/T \quad (1.13.4)$$

А для остальных операций:

$$T_{тех} = T_0 П_{тех}/T \quad (1.13.5)$$

где  $П_{тех}$ -затраты на техническое обслуживание рабочего места в процентах от основного [1, с.212] табл.5.20

$T$  -период стойкости при работе инструментом,мин

$t_{см}$ -время на смену инструментов и подналадку станка,мин [1, с.209]

табл.5.17

$$T_{орг} = (T_0 + T_в) \cdot a_{орг}/100 \quad (1.13.6)$$

где  $a_{орг}$ -время на организационное обслуживание в процентах от оперативного времени. [1, с.212] табл.5.21

$$T_{от} = (T_0 + T_в) \cdot a_{от}/100 \quad (1.13.7)$$

где  $a_{от}$ -время перерывов на одых и личные потребности в процентах от оперативного времени. [1, с.213] табл.5.22

Подготовительно-заключительное время  $T_{п.з}$  [1, с.215] табл.6,3

n-количество деталей в настроечной партии,n=5000шт.

**Заготовительная операция:**

$$T_{п.з}=14\text{мин}$$

---

$$T_{от} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{от}}{100} = \frac{(0,5 + 0,23) \cdot 8}{100} = 0,066 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} = 0,5 + 0,23 + 0 + 0,066 = 0,896 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} = \frac{14}{5000} + 0,896 = 0,899 \text{ мин;}$$

### Токарная операция 1:

$$T_{п.з} = 12 \text{ мин}$$

$$T_{тех} = \frac{T_0 t_{см}}{T} = \frac{0,035 \cdot 2,5}{40} = 0,002 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{орг}}{100} = \frac{(0,035 + 0,13) \cdot 1,7}{100} = 0,003 \text{ мин}$$

$$T_{от} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{от}}{100} = \frac{(0,035 + 0,13) \cdot 7}{100} = 0,012 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} = 0,035 + 0,13 + 0,002 + 0,003 + 0,012 \\ = 0,182 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} = \frac{12}{5000} + 0,182 = 0,184 \text{ мин;}$$

### Токарная операция 2:

$$T_{п.з} = 14 \text{ мин}$$

$$T_{тех} = \frac{T_0 t_{см}}{T} = \frac{0,218 \cdot 5}{90} = 0,012 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{орг}}{100} = \frac{(0,218 + 0,24) \cdot 1,7}{100} = 0,008 \text{ мин}$$

$$T_{от} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{от}}{100} = \frac{(0,218 + 0,24) \cdot 7}{100} = 0,032 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} = 0,206 + 0,24 + 0,011 + 0,008 + 0,032$$

$$= 0,495 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} = \frac{14}{5000} + 0,494 = 0,498 \text{ мин};$$

### Фрезерная операция 3:

$$T_{п.з} = 20 \text{ мин}$$

$$T_{тех} = \frac{T_0 t_{см}}{T} = \frac{0,308 \cdot 1,8}{80} = 0,007 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{орг}}{100} = \frac{(0,308 + 0,162) \cdot 2,4}{100} = 0,011 \text{ мин}$$

$$T_{от} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{от}}{100} = \frac{(0,308 + 0,162) \cdot 8}{100} = 0,038 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} = 0,308 + 0,162 + 0,007 + 0,011 + 0,038$$

$$= 0,526 \text{ мин}$$

$$T_{шт.к} = \frac{T_{п.з}}{n} + T_{шт} = \frac{20}{5000} + 0,526 = 0,53 \text{ мин};$$

### Сверлильная операция 4:

$$T_{п.з} = 10 \text{ мин}$$

$$T_{тех} = \frac{T_0 t_{см}}{T} = \frac{0,898 \cdot 0}{80} = 0 \text{ мин}$$

$$T_{орг} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{орг}}{100} = \frac{(0,898 + 0,162) \cdot 1}{100} = 0,011 \text{ мин}$$

$$T_{от} = \frac{(T_0 + T_B) \cdot a_{от}}{100} = \frac{(0,898 + 0,162) \cdot 8}{100} = 0,085 \text{ мин}$$

$$T_{шт} = T_0 + T_B + T_{об} + T_{от} = 1,85 + 0,162 + 0,011 + 0,085 = 2,108 \text{ мин}$$

---

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{10}{5000} + 2,108 = 2,11 \text{ мин};$$

**Долбежная операция 5:**

$$T_{\text{п.з}} = 12 \text{ мин}$$

$$T_{\text{тех}} = \frac{T_0 P_{\text{тех}}}{T} = \frac{0,17 \cdot 2,5}{60} = 0,007 \text{ мин}$$

$$T_{\text{орг}} = \frac{(T_0 + T_{\text{в}}) \cdot a_{\text{орг}}}{100} = \frac{(0,17 + 0,177) \cdot 1,3}{100} = 0,005 \text{ мин}$$

$$T_{\text{от}} = \frac{(T_0 + T_{\text{в}}) \cdot a_{\text{от}}}{100} = \frac{(0,17 + 0,177) \cdot 7}{100} = 0,024 \text{ мин}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{шт}} &= T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{об}} + T_{\text{от}} = 0,17 + 0,177 + 0,007 + 0,005 + 0,024 \\ &= 0,383 \text{ мин} \end{aligned}$$

$$T_{\text{шт.к}} = \frac{T_{\text{п.з}}}{n} + T_{\text{шт}} = \frac{12}{5000} + 0,383 = 0,385 \text{ мин};$$

## II. Конструкторская часть

### 1. Анализ исходных данных

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана фрезерная операция.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице

Таблица 1

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «вал ступенчатый» на вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ Lupus 420 L.
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «вал ступенчатый».
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки «вал ступенчатый» с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – мелкосерийный Программа выпуска - 5000 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели Lupus 420 L
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, принципиальная схема сборки специального приспособления.

## 2. Пояснение конструкции приспособления и принципиальной схемы составляющих сил.

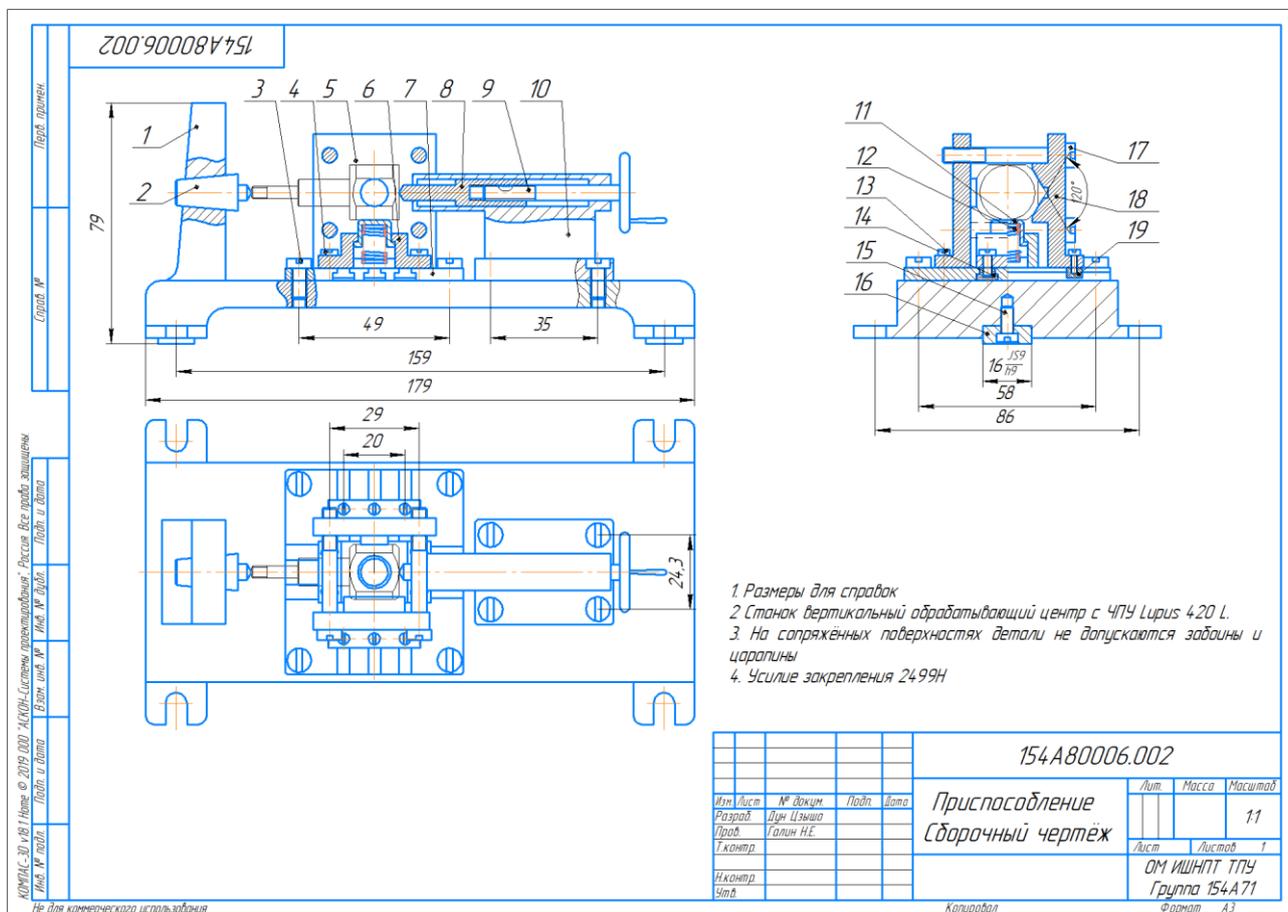


Рис 2.1 Сборный чертёж приспособления

Считав особенности данной детали(тонкая стержка и маленький размер и.т.д.), проектировал специальное приспособление (рис 2.1).

Вал ступенчатый фиксируется задним центром 2 и передним центром,обладающим поступление слева направа.Жесткая губка 5 и 18, и комплекс упругого опора 6,11,12 обеспечивают ,что при фрезерования обрабатываемая деталь не вращается вследствие того что осевые условие из фрезы действуют на поверхность детали. Через подтяжку винта 17 губка 5 и 18

закрепляют вал полностью. Жесткая губка 5 и 18, и корпус упругого опора 6 закреплены на пластине с траекторией 7 винтами и блоками. Ослабив винты 13, жесткая губка 5 и 18 могут скользить по траектории.

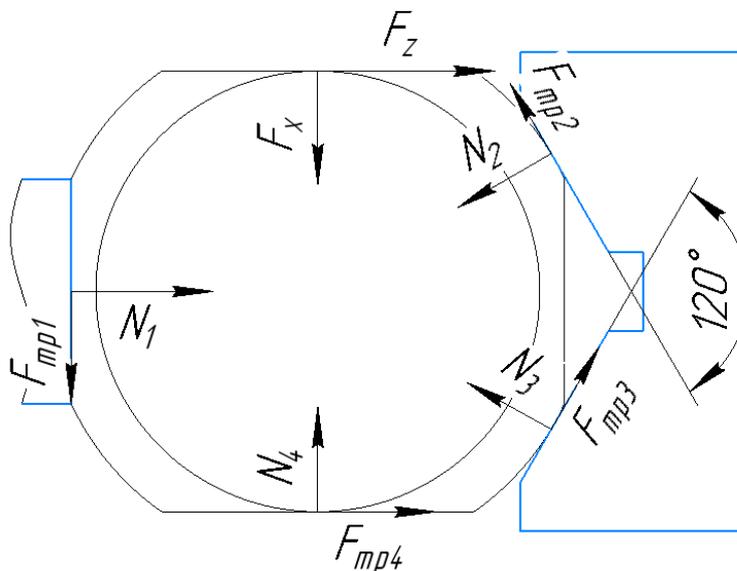


Рис 2.2 Схема действия сил

На заготовку в приспособлении действуют силы обработки, объемные силы (вес заготовки) и силы зажима и реакции элементов приспособления. Все силы - величины векторные, имеющие свое направление и значение. Поэтому необходим силовой расчет приспособления путем решения задач пространственного характера. Однако с целью ускорения и упрощения расчета можно рассматривать условие равновесия в наиболее опасных направлениях в одной или нескольких плоскостях.

Активными силами являются составляющие силы резания и силы зажима.

$N_1, N_2, N_3$  и  $N_4$  относятся к силе зажима.  $F_x$  и  $F_z$  представляются собой силы резания.

А  $F_{тр1}, F_{тр2}$  рассматривается реакциями опора.

Составляющая сила в направлении параллельном режущих кромок

---

определена по формуле:

$$F_x = 0.28P_z tg\omega \quad (2.1)$$

где-  $\omega$ - угол наклона кановки фрезы,обычно  $30^\circ-35^\circ$  ,принимаем  $30^\circ$

$F_z$  равно 646,9Н.(см. 1.10 фрезерная операция)

$$F_x = 0.28P_z tg\omega = 0.28 \cdot 646,9 \cdot tg30 = 104,58 \text{ Н}$$

### 3. Определение необходимых сил зажима

Условие пространственного равновесия заготовки в приспособлении можно описать уравнением статики:

$$K \sum M_{\text{акт}} = \sum M_{\text{прот}} \quad (2.2)$$

где  $\sum M_{\text{акт}}$  - сумма активных моментов, стремящихся повернуть заготовку;

$\sum M_{\text{прот}}$ - сумма моментов, противодействующих повороту заготовки;

$K$  – коэффициент запаса определяемый по формуле:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 \quad (2.3)$$

где  $K_0$  – гарантированный коэффициент запаса,  $K_0 = 1,5$ ,

Коэффициент  $k_1$  учитывает наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, что вызывает увеличение сил резания. Для черновой обработки  $k_1 = 1,2$ ; для чистовой и отделочной обработки  $k_1 = 1,0$ . Принимаем  $k_1=1,2$ .

Коэффициент  $k_2$  учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента ( $k_2=1,0 \div 1,7$ ). Принимаем  $k_2=1,0$ .

$K_3$  учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании и, например, при точении и торцевом фрезеровании достигает значения 1,2.

---

Принимаем  $k_3=1,2$ .

Коэффициент  $k_4$  учитывает непостоянство сил, развиваемых зажимным устройством. Для ручных устройств  $k_4 = 1,3$ , так как силы закрепления не постоянны. При наличии пневматических и гидравлических зажимных устройств прямого действия  $k_4 = 1,0$ . Для пневмокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и других устройств, в которых допуск на размер заготовки влияет на силу закрепления,  $k_4 = 1,2$ . Принимаем  $k_4=1,2$ .

Коэффициент  $k_5$  характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном положении и малом угле поворота рукоятки  $k_5 = 1,0$ ; при большом угле поворота ( $>90$ град.)  $k_5 = 1,2$ . Принимаем  $k_5=1,2$ .

$K_6$  учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку;  $k_6 = 1,0$ , когда заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, и  $k_6=1,5$ , когда заготовка установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта. Принимаем  $k_6=1$ .

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 = 3,11$$

В наше расчете будет учитываться только при фрезеровании первого хода, так как тогда крутящий момент из силы резания наибольший, т.е. можем рассчитать максимальное усилие зажима.

$$\sum M_{\text{акт}} = F_z \cdot r$$
$$\sum M_{\text{прот}} = (F_{\text{тр}1} + F_{\text{тр}2} + F_{\text{тр}3} + F_{\text{тр}4}) \cdot R$$

$$F_{\text{тр}i} = \mu N_i$$

---

где  $\mu$  - коэффициент трения, для углеродной стали используем 0,3

Поскольку вал находится в стабильном состоянии.

$$\sum F = 0$$

Горизонтальная плоскость:

$$N_1 - (N_2 + N_3) \cdot \cos 30 = 0$$

$$N_2 = N_3 = Q$$

Получить результат:  $N_1 = \sqrt{3}Q$

Вертикальная плоскость:

$$N_4 - F_x = 0$$

$$N_4 = 104,58 \text{ Н}$$

Упорядочиваем предельные уравнения:

$$K \cdot F_z \cdot r = (\sqrt{3}\mu Q + 2\mu Q + \mu N_4) \cdot R$$

$$3,11 \cdot 646,9 \cdot 18 = ((\sqrt{3} + 2) \cdot 0,3 \cdot Q + 0,3 \cdot 101,58) \cdot 22$$

$$Q = 1443 \text{ Н}$$

Силы зажимы:

$$N_1 = 2499 \text{ Н}$$

$$N_2 = N_3 = 1443 \text{ Н}$$

$$N_4 = 104,58 \text{ Н}$$

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154A71	Дун Цзышо

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %.

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Анализ конкурентных технических решений; -SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- Планирование работ; - Разработка графика Ганта; - Формирование бюджета затрат.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- Описание потенциального эффекта.

**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>	01.02.2021 г.
---	---------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Валисильевна	Канд.экон.наук		01.02.2021 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
154A71	Дун Цзышо		01.02.2021 г.

---

## **III. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **Общие информация**

Основная цель данного раздела-оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта,представленного в рамках исследовательской работы.

Данный раздел предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки
- Планирование научно-исследовательской работы
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы
- Определение ресурсной,финансовой,бюджетной,эффективности исследования.

### **3.1. Анализ рыночной среды**

#### **3.1.1.Оценка коммерческого потенциала**

Оценка коммерческого потенциала технологии – это оценка ее характеристик как актива компании, т. е. легального инструмента извлечения прибыли.

Как фирма машиностроения в физической отрасли, она должен удовлетворять различные потребности разных клиентов в необходимом

оборудовании или деталях. Для машиностроительных компаний мы проанализируем сегментацию рынка по видам продукции и размер предприятия.

К нестандартные изделия относится данное изделие из-за того что имеет более сложную структуру и большую технологичность, чем стандартные болты.

Таблица 3.1

		Вид продукции		
		специальное оборудование	Технические оборудование	Нестандартные изделия
размер предприятия	Крупные			
	Средние			
	Малые			

Фирма А: Завод радиотехнологического оснащения 

Фирма Б: СПИКОМЭНЕРГО 

Фирма В: Кубаньжелдормаш 

### 3.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Согласно результатам исследования и проектирования, для обработки во время обработки необходимо использовать два вида технических оборудования.

- 1) Токарной станок с числовым программным управлением

Подобное оснащение оборудования под программным управлением и техническими характеристиками такого вида, существенно расширяет область их технологических возможностей, повышается класс точности. Одновременно маршруты обработки, привязки и замена инструмента обеспечены системам автоматического управления. Станок имеет различные методы обработки.

## 2) Вертикально-сверлильный станок

Вследствие характеристик структуры движения, имеющий станок относится к типам: Сверление, рассверливание, зенкерование, нарезание резьбы и т.д. Он тоже годится для обработки фрезерования.

Необходим подробный анализ, потому что у каждого сплава есть свои достоинства и недостатки. В таблице 3.1 показано сравнение конкурентного развития и развития НИ с точки зрения технико-экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 3.2 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно-способность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	5	4	0,75	0,75	0,60
2. Энергоэкономичность	0,10	5	4	4	0,5	0,4	0,40
3. Ударопрочность	0,05	4	4	3	0,2	0,20	0,15
4. надежность	0,2	4	5	3	0,8	1	0,6
5. Помехоустойчивость	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
6. Эффективность работы	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,20
7. Безопасность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
8. Простота эксплуатации	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Цена	0,12	4	5	4	0,48	0,48	0,48
2.Предполагаемый срок эксплуатации	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
3. Функциональная мощность(предоставляемые возможности)	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>42</b>	<b>4,93</b>	<b>4,35</b>	<b>3,8</b>

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i \quad (3.1.2)$$

Где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

### 3.1.3. SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации

проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.3 – Матрица SWOT-анализа

<b>Сильные стороны</b>	<b>Слабые стороны</b>
С1. Повышение производительности труда пользователя	Сл1. Устаревшие технологии
С2. Наличие опытного руководителя	Сл2. Высокая стоимость оборудования
С3. Высокое квалифицированное изделие	Сл3. Отсутствие реальной эксплуатации
С4. Наличие современного программ и оборудования	Сл4. Возможность нецелесообразного процесса обработки
С5. Экологичность технологии.	Сл5. Вероятность получения брака.
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области	У1. Появление новых технологий
В2. Внедрение технологии в аэрокосмической области.	У2. Введение дополнительных государственных требований
В3. Использование оборудования ТПУ	У3. Возможность того, что рынок захвачен
В4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубеж.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 3.4 и 3.5

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

<b>Сильные стороны проекта</b>						
		C1	C2	C3	C4	C5
<b>Возможности проекта</b>	B1	+	+	+	0	0
	B2	-	+	+	+	-
	B3	+	0	+	0	+
	B4	+	+	+	+	0

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	V1	0	0	-	-
	V2	+	-	0	0
	V3	0	-	0	0
	V4	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>С1.Повышение производительности труда пользователя</p> <p>С2.Наличие опытного руководителя</p> <p>С3.Высокое квалифицированное изделие</p> <p>С4.Наличие современного программ и оборудования</p> <p>С5.Экологичность технологии.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b></p> <p>Сл1. Устаревшие технологии.</p> <p>Сл2. Высокая стоимость оборудования</p> <p>Сл3. Возможность нецелесообразного процесса обработки</p> <p>Сл4. Вероятность получения брака.</p>
<p><b>Возможности</b></p> <p>V1. Сотрудничество с зарубежными профессорами в этой области</p> <p>V2.Внедрение технологии в аэрокосмической области.</p> <p>V3. Использование оборудования ТПУ</p> <p>V4. Внедрение на мировой рынок, экспорт за рубежом.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Активно укреплять технические преимущества и способствовать расширению сотрудничества;</p> <p>2. Ускорьте технологические инновации и подготовьтесь к технологиям в новых областях.</p> <p>3. При наличии вышеперечисленных достоинств расширять рынок B2B за рубежом.</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</b></p> <p>1. Приобретите хорошее оборудование для обслуживания и ремонта продукта.</p> <p>2. Регулярно учиться за границей и внести более передовые технологии.</p>
<p><b>Угрозы</b></p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2 Введение дополнительных государственных требований</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</b></p> <p>1.Увеличить продукт инновации</p> <p>2.Запустить</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</b></p> <p>1.Продвигать сильные стороны и избегать слабых мест, создавать комплексное</p>

УЗ Возможность того, что рынок захвачен	диверсифицированный маркетинг	преимущество 2.Через многоканальные каналы пережить зиму и улучшить корпоративный социальный имидж.
--	----------------------------------	---

SWOT анализ позволил определить факторы отрицательно влияющие на продвижение разработки на рынок. К таким факторам относится:

- 1) Низкая прибыль из-за высокой стоимости обработки (стоимость оборудования и стоимость использования)
- 2) Влияние новых технологий на исходный рынок
- 3) Слишком много конкурентов ведет к жесткой конкуренции, и тогда качество продукции падает.

Результаты SWOT-анализа показывают, что преимущества разработанной технологии перевешивают ее недостатки. Эти недостатки еще не устранены на практике, но теоретически уже есть возможность их устранить. Результаты анализа учтены в дальнейших исследованиях и разработках.

### **3.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований**

Реализация метода предусматривает следующие этапы

- 1.Точная формулировка проблемы исследования.
- 2.Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.
- 3.Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике.
- 4.Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

Таб.3.7 Морфологическая матрица для вала ступенчатого

	1	2	3
А. Типа резьбы	Метрическая (М)	Метрическая коническая (МК)	Цилиндрическая (МЦ)
Б. Формы головок болтов	Шестигранный	Квадратный	Круглый
С. Материал детали	Сталь 45	Сталь 20Г2Р	Сталь 40Х
Д. Число ступени	2	3	более 3
Е. Окружающая среда работы	сухой	влажные	с химически активной средой

Для данной матрицы это может быть таким желательным функционально конкретным решением: А1Б2С1Д2Е1.

### 3.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ

осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Результатом такого планирования является составление линейного

графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы и стандартизация по теме	Инженер
	4	Выбор темы исследования	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование обработки	Инженер Руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер Руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (3.1)$$

---

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой  $i$ -ой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \times K_{кал} \quad (3.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$K_{кал}$  – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$K_{\text{кал.инж.}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (3.4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни			$t_{\text{max}}$ , чел-дни			$t_{\text{ож}}$ , чел-дни								
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Составление и утверждение технического задания	2	2	3	4	3	5	2.8	2.4	3.8	2.8	2.4	3.8	4.14	3.55	5.62
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	2	3	4	3	1.8	3.4	2.4	0.9	1.7	1.2	1.33	2.51	1.77
3. Подбор и изучение литературы и стандартизация по теме	7	6	5	10	10	10	8.2	7.6	7	8.2	7.6	7	12.1	11.2	10.3
4. Выбор темы исследования	2	3	2	3	5	4	2.4	3.8	2.8	2.4	3.8	2.8	3.55	5.62	4.14
5. Планирование обработки	2	6	5	4	8	6	2.8	6.8	5.4	1.4	3.4	2.7	2.07	5.03	3.99
6. Подготовка образцов для эксперимента	3	5	5	4	7	6	3.4	5.8	5.4	3.4	5.8	5.4	5.03	8.58	7.99

7.Проведение эксперимента	10	15	12	15	20	18	12	17	14.4	12	17	14.4	17.7	25.1	21.3
8.Обработка полученных данных	7	10	8	9	13	10	7.8	11.2	8.8	7.8	11.2	8.8	11.5	16.5	13.0
9.Оценка правильности полученных результатов	2	3	2	4	5	3	2.8	3.8	2.4	1.4	1.7	1.2	2.07	2.51	1.77
10.Составление пояснительной записки	7	8	6	12	10	10	9	8.8	7.6	9	8.8	7.6	13.3	13.0	11.2
<b>Итого:</b>	43	61	50	68	85	75	53	70.6	60	49.3	63.4	54.9	72.9	93.8	81.2

Примечание:Варианты исползнения берутся из раздела 2.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп.	Т <sub>кп.</sub> кал. дн.	Продолжительность работ												
				февр			март			апр			май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Исп1	4	█												
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█												
3	Подбор и изучение литературы и стандартизация по теме	Исп2	11		█											
4	Выбор темы исследования	Исп2	6			█										
5	Планирование обработки	Исп1 Исп2	7			█										
6	Подготовка образцов для эксперимента	Исп2	9				█									
7	Проведение эксперимента	Исп2	25					█	█	█						
8	Обработка полученных данных	Исп2	18								█	█	█			
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5										█	█		
10	Составление пояснительной	Исп2	13											█	█	

№	Вид работ	Исп.	Т <sub>кi</sub> . кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	записки														

Примечание:  – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

### 3.3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 3.3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \times \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (3.5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к

использованию при выполнении научного исследования;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида, потребляемых материальных ресурсов (руб./шт, руб./кг, руб./м<sup>2</sup> и т.д.)

$k_T$  - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для нашего проекта принисаем  $k_T = 0,15$ , вследствие чего создаваем следующие таблицы

Таблица 3.11 материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Затраты в материалы ( $Z_m$ ), руб.
Канцтовары	340	5	1955
Программа САПР (Компас)	1000	1	1150
Итого:			3105

### 3.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Таблица 3.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1	ПЭВМ	1	50	50
2	Чертежный принтер	2	15	30
3	КСЕРОКС	1	32	32
Итого				112

### 3.3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по

---

следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (3.6)$$

где  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.

(таблица 3.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{136500 \times 10,4}{246} = 5770,7 \text{ руб.} \quad (3.7)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;  $M$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{76629,15 \times 11,2}{213} = 4029,3 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{\text{мс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_d) \times K_p \\ &= 70000 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 13650 \end{aligned} \quad (3.8)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \times (1 + K_{\text{пр}} + K_d) \times K_p = 39297 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 76629,15$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$K_{пр}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$K_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$K_{р}$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 3.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 3.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{тс}$ ·руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ ·руб	$Z_{дн}$ ·руб	$T_{р}$ ·раб. дн.	$Z_{осн}$ ·руб
Руководитель	70000	0,3	0,2	1,3	136500	5770,7	49,3/63,4/54,9	284495,5/365862,4/316811,4
Инженер	39297	0,3	0,2	1,3	7662,2	4029,3	49,3/63,4/54,9	198644,5/255457,6/221208,6
Итого:								483140/621320/538020

### 3.3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп1} = K_{доп} \times Z_{осн1} = 0,15 \times 284495,5 = 42764,3 \text{ руб} \quad (3.9)$$

$$Z_{доп2} = K_{доп} \times Z_{осн2} = 0,15 \times 365862,4 = 54879,4 \text{ руб}$$

$$Z_{доп3} = K_{доп} \times Z_{осн3} = 0,15 \times 316811,4 = 47521,7 \text{ руб}$$

– для инженера:

---

$$З_{\text{доп1}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} = 0,15 \times 198644,5 = 29796,7 \text{руб}$$

$$З_{\text{доп2}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн2}} = 0,15 \times 255457,6 = 38318,6 \text{ руб}$$

$$З_{\text{доп3}} = K_{\text{доп}} \times З_{\text{осн3}} = 0,15 \times 221208,6 = 33181,3 \text{ руб}$$

где  $K_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

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

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$З_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) \quad (3.10)$$

где  $K_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2014 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

– для руководителя:

$$З_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (284495,5 + 42764,3) = 98150,9 \text{ руб}$$

$$\begin{aligned} З_{\text{внеб2}} &= K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн2}} + З_{\text{доп2}}) = 0,3 \times (365862,4 + 54879,4) \\ &= 126222,5 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} З_{\text{внеб3}} &= K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн3}} + З_{\text{доп3}}) = 0,3 \times (316811,4 + 47521,7) \\ &= 109299,9 \text{ руб} \end{aligned}$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб1}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн1}} + З_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (198644,5 + 29762,7) = 68532,4 \text{ руб}$$

$$З_{\text{внеб2}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн2}} + З_{\text{доп2}}) = 0,3 \times (255457 + 38318,7) = 88132,9 \text{ руб}$$

$$З_{\text{внеб3}} = K_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн3}} + З_{\text{доп3}}) = 0,3 \times (221208,6 + 33181,3) = 76317 \text{ руб}$$

### 3.3.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. В следующей таблице показана сумма пяти рассчитанных выше статей затрат, использующихся для расчета накладных расходов. Величина накладных расходов определяется по формуле

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей} \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 16%.

### 3.3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 3.14 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма,руб.			Примечание
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	3105	3105	3105	Пункт 3.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	112000	112000	112000	Пункт 3.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	483140	621320	538020	Пункт 3.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	72471	93198	80703	Пункт 3.3.4
5	Отчисления во	166683,3	214355,4	185616,9	Пункт 3.3.5

	внебюджетные фонды				
6	Накладные расходы	167479,8	208795,6	183888,9	Пункт 3.3.6
	Бюджет затрат НИР	1004879,1	1252774	1103333,9	Сумма ст. 1- 6

### 3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

**Интегральный финансовый показатель** разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.1)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 1004879,1$  ;  $\Phi_{\text{исп.}2} = 1252774$  руб;  $\Phi_{\text{исп.}3} = 1103333,9$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тех.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тех.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1004879,1}{1252774} = 0,80$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{\text{исп.}2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1252774}{1252774} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{\text{исп.}3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1103333,9}{1252774} = 0,88$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по

трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов выполнения НИР ( $I_{pi}$ ) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.1.).

Таблица 4.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР.

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1(Текущий проект)	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,15	4	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	4	5
3. Высокая производительность	0,2	5	3	4
4. Отличные механические свойства	0,3	5	3	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	4
ИТОГО	1	4,65	3,65	3,9

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^5 a_i \times b_i \quad (4.2)$$

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

$a_i$  -весовой коэффициент i-го варианта исполнения

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

$$I_{p-исп1} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,3 \times 5 + 0,15 \times 5 = 4,65$$

$$I_{p-исп2} = 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,3 \times 3 + 0,15 \times 4 = 3,65$$

$$I_{p-исп3} = 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,3 \times 3 + 0,15 \times 4 = 3,9$$

### **Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения**

разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}} \quad (4.3)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,80} = 5,81 \quad I_{исп.2} = \frac{3,65}{1} = 3,65 \quad I_{исп.3} = \frac{3,9}{0,88} = 4,43$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1(Текущий проект)	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,80	1	0,88
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,65	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	5,81	3,65	4,43
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,63	0,76

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

### **Выводы по разделу**

В результате достижения целей данного раздела можно сделать

---

следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является то, что по сравнению с другими методами выбирается наиболее подходящее и оптимизированное решение для выполнения исследовательской работы.

2. В процессе планирования для руководителей и инженеров устанавливается график выполнения этапа работ, чтобы вы могли оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определите следующее: общее количество дней для выполнения работы составляет 102 дня; общее количество дней для работы инженера - 78 дней; общее количество дней для работы менеджера - 16 дней;

3. Для оценки стоимости проекта составлен бюджет проекта в размере 1004879,1 руб .;

4. По результатам оценки эффективности НИОКР можно сделать следующие выводы:

1) значение общего финансового индекса  $IR$  составляет 0,80, что показывает, что  $IR$  является финансово прибыльным по сравнению с аналогичными продуктами;

2) значение интегрального индекса ресурсоэффективности  $PI$  составляет 4,65, при этом 3,65 и 3,9 совпадают;

3) Значение интегрального показателя эффективности  $IR$  составляет 3,65 и 4,43 по сравнению с 5,81, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в  $IR$ , является наиболее эффективным выбором.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
154A71	Дун Цзышо

<b>ШКОЛА</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Материаловедение</b>
<b>Уровень образования</b>	бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

**Тема дипломной работы: «Разработка технологии изготовления детали «вал ступенчатый»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>• организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Приводится перечень НТД, используемой в данном разделе.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b> <b>Анализ показателей шума и вибрации</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• установление соответствие показателей нормативному требованию;</li> </ul> <p><b>Анализ показателей микроклимата</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• показатели температурные, скорости движения воздуха, запыленности.</li> </ul> <p><b>Анализ освещенности рабочей зоны</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• типы ламп, их количество, соответствие нормативному требованию освещенности;</li> <li>• при расчете освещения указать схему размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</li> </ul> <p><b>Анализ электробезопасности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• наличие электроисточников, характер их опасности;</li> <li>• установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления.</li> <li>• при расчете заземления указать схему размещения заземлителя согласно проведенному расчету.</li> </ul> <p><b>Анализ пожарной безопасности</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• присутствие горючих материалов, тем самым, присутствие повышенной степени пожароопасности.</li> <li>• категории пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение.</li> <li>• Разработать схему эвакуации при пожаре.</li> </ul>	<p><b>Для всех случаев вредных и опасных факторов на рабочем месте указать ПДУ, ПДД, допустимые диапазоны существования, в случае превышения этих значений:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечислить средства коллективной и индивидуальной защиты;</li> <li>• привести классы электроопасности помещений, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления,</li> <li>• категорию пожароопасности помещения,</li> <li>• марки огнетушителей, их назначение.</li> </ul> <p>При отклонении показателя предложить мероприятия.</p>

<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• защита селитебной зоны</li> <li>• анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>• анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>• анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>• разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Наличие отходов (металлическая стружка, абразивная пыль, черновики бумаги, отработанные картриджи принтера, обрезки электромонтажных проводов) потребовали разработки методов (способов) утилизации перечисленных отходов. Наличие радиоактивных отходов также требует разработки их утилизации.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>Рассматриваются 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой; 2) техногенная – исключить несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (большая вероятность проведения диверсии). Предусмотреть мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>• организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>Приведены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень НТД, используемых в данном разделе,</li> <li>• схема эвакуации при пожаре,</li> <li>• схема размещения светильников на потолке согласно проведенному расчету.</li> </ul>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.20 г.
--	-------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Сечин А.И.	Д.т.н.		26.02.21 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154A71	Дун Цзышо		26.02.21 г.

---

## **IV. Социальная ответственность**

### **Введение**

В данном разделе рассматриваются вопросы, связанные с правилами эксплуатации помещения, техникой безопасности и охранной труда в цехе, как при возникновении опасной ситуации, так и при ЧС. А также проведен анализ вредных и опасных факторов и их воздействие на человека, чтобы определить средства индивидуальной и коллективной защиты, и решить вопросы обеспечения безопасности в целом, как для помещения, так и для организации в целом.

Рабочим местом является учебная цеха. Так как данное помещение находится внутри здания, на проектировщика возможны действия следующих вредных и опасных факторов: ультрафиолетовое излучение, превышение уровня шума, отклонение показателей микроклимата, монотонный режим работы, недостаточная освещенность, электрический ток, пожар. Воздействие вредных производственных факторов на работающих может привести к заболеванию и снижению производительности труда.

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

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации. Согласно ТК РФ каждый работник имеет право на рабочее место, отвечающее требованиям охраны труда; обязательное

---

социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

1. Нормальная продолжительность рабочего времени [ТК РФ Статья 91];

2. Установления работникам предусмотренных ТК РФ гарантий и компенсаций [ТК РФ г. 28];

3. Сменная работа [ТК РФ Статья 101]:

Работа в две, три или четыре смены - вводится в тех случаях, когда длительность производственного процесса превышает допустимую продолжительность ежедневной работы, а также в целях более эффективного использования оборудования, увеличения объема выпускаемой продукции или оказываемых услуг.

4. Продолжительность ежегодного основного оплачиваемого отпуска [ТК РФ г. 115].

В соответствии с ГОСТ 12.2.033-78 «Система стандартов безопасности труда рабочее место при выполнении работ стоя» При проектировании оборудования и организации рабочих

Помещение учитывает антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование предоставляется мужчинами и женщинами, это общий средний уровень мужчин и женщин. Организация рабочего места и конструкция оборудования обеспечивают прямое и свободное положение корпуса тела работающего или наклон его вперед не более чем на 15°.

## 4.2. Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ) Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень типичных вредных факторов в среде проектирования и производства приведен в виде таблицы.

Таблица 4.2 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разра- ботка	Изготовл ение	Эксплуат ация	
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы. Например, требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*[59].
2. Повышение уровня шума		+	+	
3. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним		+	+	
4. Недостаточное освещение рабочей зоны		+	+	
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	

### 4.2.1 Анализ условий труда на рабочем месте

Среди химических веществ, выделяющихся при работе на станках, наибольший вред приносят: пылевыведение, сопровождающиеся процессы

---

абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.), а также при работе с СОЖ.

В составе современных жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла, масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.)

Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

## **4.2.2 Анализ показателей шума и вибрации**

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

Таблица 4.3 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	Легкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжелый труд 1 степени	Тяжелый труд 2 степени	Тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженность труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженность труд 2 степени	50	50	-	-	-

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

Согласно ГОСТ 23337-2014, методы и средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации подразделяются на строительно-акустические, архитектурно-планировочные и организационно-технические и включают в себя:

1) изменение направленности излучения шума; 2) рациональную планировку предприятий и производственных помещений; 3) применение звукоизоляции.

### **4.2.3 Анализ показателей микроклимата**

Согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

Допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях

должны соответствовать величинам, приведенным в табл. 3.2, 3.3.

Табл. 4.4. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений (СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Ниже оптимальных величин более	Выше оптимальных величин не более
Холодный	Ia	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0		0,1	0,2
	IIa	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0		0,1	0,3
	IIб	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0		0,2	0,4
	III	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0		0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0		0,1	0,3
	IIa	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0		0,1	0,4
	IIб	16,0 - 18,9	21,1 - 27,0	15,0 - 28,0		0,2	0,5
	III	15,0 - 17,9	20,1 - 26,0	14,0 - 27,0		0,2	0,5

Из-за характера работы рабочих в станочном цехе требуются высокоинтенсивные непрерывные операции для приведения микросреды в наилучшее состояние как наилучшее рабочее состояние. Из таблицы видно, что максимальное сохранение окружающей среды в штате Ia помогает рабочим повысить эффективность производства.

## 4.2.4 Анализ освещенности рабочей зоны

Помещение проектирования – 101 аудитория 16А корпуса ТПУ – имеет два оконных проема для освещения аудитории в дневное время, общая площадь которых составляет  $36\text{ м}^2$ . Светильниками используются ШОД-2-40.

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рис. 2):

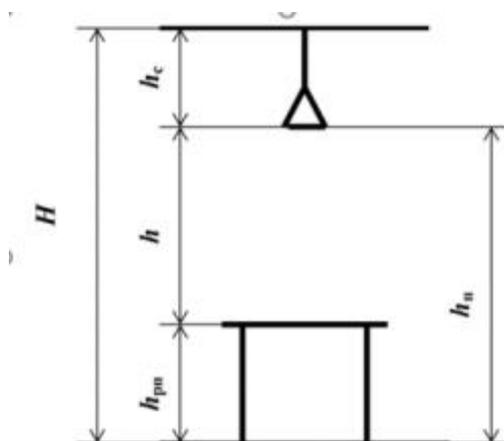


Рис 4.1 схема расположения светильников

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор  $\rho_c=50\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{п}=70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_z = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z= 1,2$

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda = 1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

---

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p = 3,2 - 1,2 = 2 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по

формуле:  $L = l \times h = 1,2 \cdot 2 = 2,4 \text{ м}$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$L/3 = 0,8 \text{ м.}$$

Определяем количество рядов светильников и количество светильников в

ряду:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(4,5 - \frac{2}{3} \cdot 2,4)}{2,4} + 1 \approx 2$$

где  $n_{\text{ряд}}$  – количество рядов;  $B$  – ширина помещения, м;  $L$  – расстояние между рядами светильников, м.

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(8 - \frac{2}{3} \cdot 2,4)}{1,22 + 0,5} \approx 4$$

где  $n_{\text{св}}$  – количество светильников в ряду;  $A$  – длина помещения, м;  $l_{\text{св}}$  – длина светильника, м.

Размещаем светильники в 2 ряда. В каждом ряду можно установить 4 светильников типа ШОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,22 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе план помещения и размещения на нем светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 8$



Находим индекс помещения

$$i = S / h(A+B) = 36 / (2(8 + 4,5)) = 1,3$$

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,48.$$

Определяем потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{0,48 \cdot 40} = 1012 \text{ лм}$$

Выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛБ 20 Вт с потоком 1020 лм.

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$\text{Получаем: } -10\% \leq 0,78\% \leq +20\%$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки  $P = 20 \cdot$

$$8 = 160 \text{ Вт.}$$

---

## **4.2.5 Анализ электробезопасности**

Поражение электрическим током может возникать при взаимодействии человека с токоведущими частями электрооборудования вследствие пробоя или неисправности. Удар током может привести к летальному исходу.

Все производственные помещения по опасности поражения током разделяются на три категории (согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)):

- 1) Помещения с повышенной опасностью; 2) Особо опасные помещения;
- 3) Помещения без повышенной опасности

Так как гидропривод и механический привод работают от электродвигателя, соблюдение правил электробезопасности является важной задачей при эксплуатации прибора. При несоблюдении техники безопасности оператором при работе с устройством возможно получение удара электрическим током.

## **4.2.6 Анализ пожарной безопасности**

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А); 2) взрывопожароопасность (Б); 3) пожароопасность (В1 - В4); 4) умеренная пожароопасность (Г);

---

## 5) пониженная пожароопасность(Д)

Необходимо предусмотреть наличие эвакуационных выходов для персонала. Число эвакуационных выходов из здания с каждого этажа должно быть не менее двух. План эвакуации приведен на рис. 4.2



Рис.4.2 – План эвакуации при пожаре из корпус 16А.

## 4.3. Экологическая безопасность.

### 1) Защита селитебной зоны.

Обосновать необходимость применения следующих методов защиты жилых территорий: санитарно-защитные зоны, установление требований защиты к проектированию зданий, технологических процессов и оборудования.

### 2) Защита атмосферы

Для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха в экологический период приняты следующие защитные меры:

1) Зеленение техпроцессов; 2) Очистить газ от вредных примесей; 3) Газы, выбрасываемые в атмосферу; 4) Соответствует стандартам допустимого сброса

---

опасных веществ; 5) Электро-гигиенический план строительства, защитная зона и т.д.

### **3) Защита гидросферы**

Защищайте поверхностные воды от засорения, загрязнения и истощения. Среди отходов рост почвы и других объектов влияет на качество воды, среду обитания рыб и т.д. Отрицательное влияние. Для достижения защиты источники воды от загрязнения включены следующие мероприятия:

1) Разработка безотходных и безводных технологий, использование систем оборотного водоснабжения и утилизации отходов; 2) Очистная промышленность, очистка городских и сточных вод и т.д.; 3) Нейтрализация городских сточных вод и санитарная очистка; 4) Решение проблемы поверхностного стока в городских химических промышленных зонах; 5) Установка водоохраные зоны.

### **4) Защита литосферы.**

Тип отходов, образующихся при разработке и эксплуатации технических решений. План сбора отходов. Обращение с отходами (переработка, утилизация).

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

Для Сибири зима - типичный морозный сезон. Достижение экстремально низких температур вызовет обрушение системы отопления и системы жизнеобеспечения, остановку работы, обморожение и даже приведет к несчастным случаям. Если трубопровод заморожен, необходимо предусмотреть резервный подогреватель газа с каталитическим нейтрализатором. Их

---

количество и мощность должны быть достаточными, чтобы работа на производстве не прекращалась. В случае обрыва сетевого шнура необходимо предусмотреть генератор, который мы используем для электрических обогревателей и другого оборудования.

Чтобы не допустить непрофессионалы в цеху, использование станки и другое профессиональное оборудование, перед мастерской следует поставить яркий предупреждающий знак и назначить администратора. Если необходимо войти, проконсультируйтесь с администратором и примите соответствующие меры защиты (рабочая одежда, защитные очки и т.д.)

---

## **Выводы по разделу**

В данном разделе ВКР рассмотрены проблемы, связанные с организацией рабочего места в цехе по производству деталей машин в соответствии с требованиями промышленной гигиены, промышленной безопасности и защиты окружающей среды.

Основная цель этого раздела - создать лучшие условия для улучшения условий труда, обеспечения безопасности человеческого производства, повышения их производительности, поддержания их работоспособности во время деятельности и защиты среды.

При проектировании рабочего места учитывается наличие освещения, температуры, шума и других гигиенически опасных веществ, чтобы организовать гигиенические требования на рабочем месте. Безопасность производства можно повысить за счет расширения вспомогательного оборудования и оптимизации рабочей среды. (Например, каждый человек распределены защитные очки, термостойкие перчатки и т. д.)

В процессе проектирования техпроцесса обращено внимание на охрану окружающей среды, особенно на организацию безотходного производства. Также учтена возможность возникновения аварийной ситуации.

---

## Заключение

В наше исследования мы выяснили осуществимость предусмотренного процесса технологии изготовления, а также экономичность и безопасность производства.

При решении технологической части приведены технологичность, типа производства, после чего был составлен маршрут обработки детали, составлены размерный анализ техпроцесса (проектирование и проверка допуска), рассчитаны все технологические размеры на обработку детали, выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование операций.

При решении конструкторской части показаны проектирование приспособления, расчёт усилия зажима.

При решении финансового менеджмента проведены анализ конкурентоспособности проекта, произведено планирование, а также был рассчитан бюджет на реализацию проекта, выявлена эффективность реализации проекта.

При решении социальной ответственности рассмотрены возможные опасные и вредные факторы при проектировании.

---

## Список литературы

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. 100 с.
3. 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.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова— 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2003. 496 с.
5. Грубый С.В. Расчёт сил и момента резания при фрезеровании концевыми фрезами [Текст] /С.В. Грубый//Известия высших учебных заведений.машиностроение.- 2020 №.37 С.26-36
6. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2016.
7. Сущность методики FAST в области ФСА.
8. Методы оценки финансово-экономической эффективности инвестиционного проекта без учета фактора времени.
9. Давыдов, Борис Ильич. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / Б. И. Давыдов, В. С. Тихончук, В. В. Антипов. — Москва: Энергоатомиздат, 1984. — 177 с.

## **Приложение А**



## **Приложение Б**

154A80006.002

Перв. примен.

Справ. №

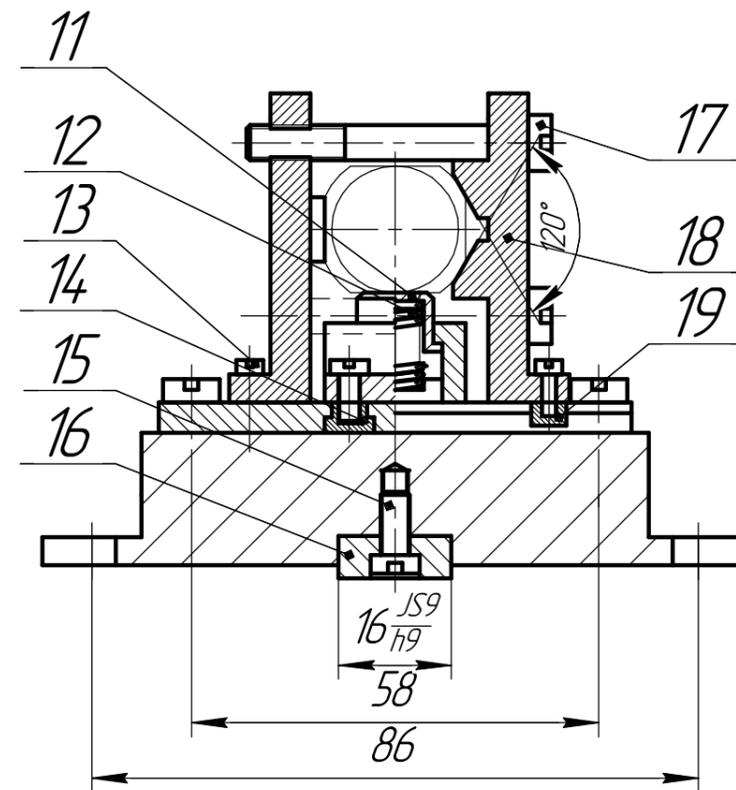
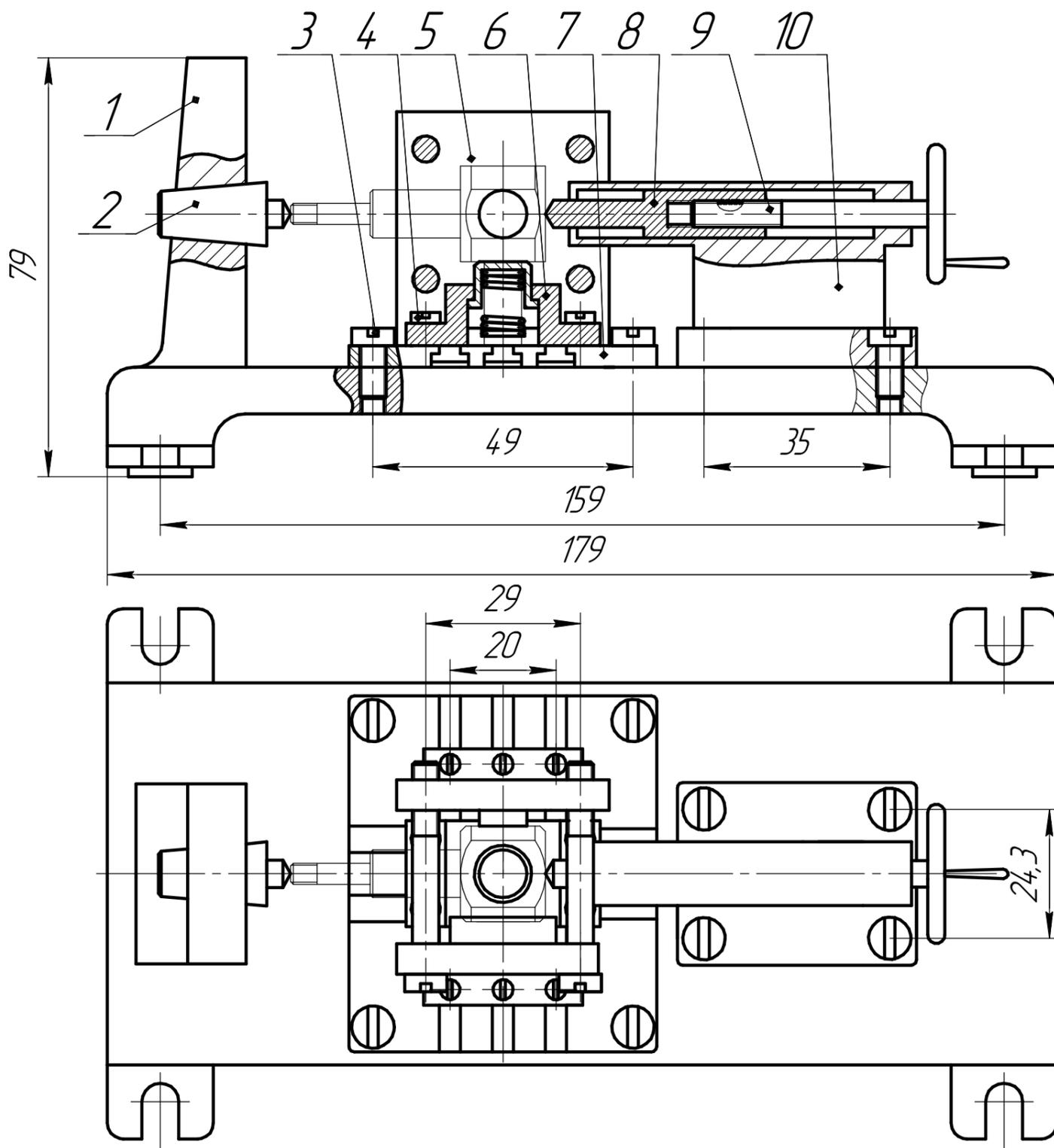
Подл. и дата

Изм. № подл.

Взам. инв. №

Изм. № дробл.

Подл. и дата



1. Размеры для справок
2. Станок вертикальный обрабатывающий центр с ЧПУ Lupus 420 L.
3. На сопряжённых поверхностях детали не допускаются забоины и царапины
4. Усилие закрепления 2499Н

				154A80006.002				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приспособление Сборочный чертёж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Дун Цзышо							1:1
Проб.	Галин Н.Е.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ОМ ИШНПТ ТПУ Группа 154А71		
Н.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А3





## **Приложение В**



