

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки: 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления червяка двухзаходного симметричного</b>

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Алфёрова Э.В.		7.06.2021

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		7.06.2021

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Канд.экон.наук, доцент		7.06.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			7.06.2021

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Ефременков Е.А.	К.Т.Н.		7.06.2021

## Результаты обучения

Код результата	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья,

	<p>безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительномонтажных производствах.</p>
Р6	<p>Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительномонтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований</p>
Р7	<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>
Р8	<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 обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.</p>

Специализация 3 (Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)

P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P12	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.

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

Школа: Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность): 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение материаловедения

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

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

В форме:

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

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л61	Алфёровой Эльвире Владимировне

Тема работы:

Разработка технологии изготовления червяка двухзаходного симметричного	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№111-34/с от 21.04.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	7.06.2021
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Чертеж детали «Червяк двухзаходный симметричный», технические требования к детали, программа выпуска.
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Определение типа производства, анализ конструкции детали на технологичность, составление маршрута операций, размерный анализ ТП, расчет припусков и технологических размеров, расчет режимов резания и норм времени, конструирование специальных приспособлений для токарной и фрезерной операций.
<b>Перечень графического материала</b>	Чертеж детали, размерный анализ, технологический процесс изготовления детали, чертеж приспособлений.

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Технологический и конструкторский</b>	Арляпов Алексей Юрьевич
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Трубченко Татьяна Григорьевна
<b>Социальная ответственность</b>	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

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

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Арляпов Алексей Юрьевич	к.т.н.		16.12.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Л61	Алфёрова Эльвира Владимировна		16.12.2020

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 99 листов, 9 рисунков, 22 таблицы.

Ключевые слова: Технологический процесс, червяк двухзаходный симметричный, разработка, режимы резания, нормы времени, приспособление.

Объект исследования: Деталь «Червяк двухзаходный симметричный».

Цель работы: Разработка технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный».

В ходе работы был выполнен анализ технологичности детали. Разработана операционная технология механической обработки. Выполнен размерный анализ, в ходе которого рассчитаны предельные значения межоперационных технологических размеров и припусков на обработку, рассчитаны параметры режимов резания и нормы времени.

В конструкторской части спроектированы две разрезные втулки для закрепления червяка. Одна для закрепления на фрезерной операции с ЧПУ, другая для закрепления на последней токарной операции.

В работе освещены вопросы по экологической безопасности, а также выполнен финансовый анализ технологии изготовления червяка двухзаходного симметричного.

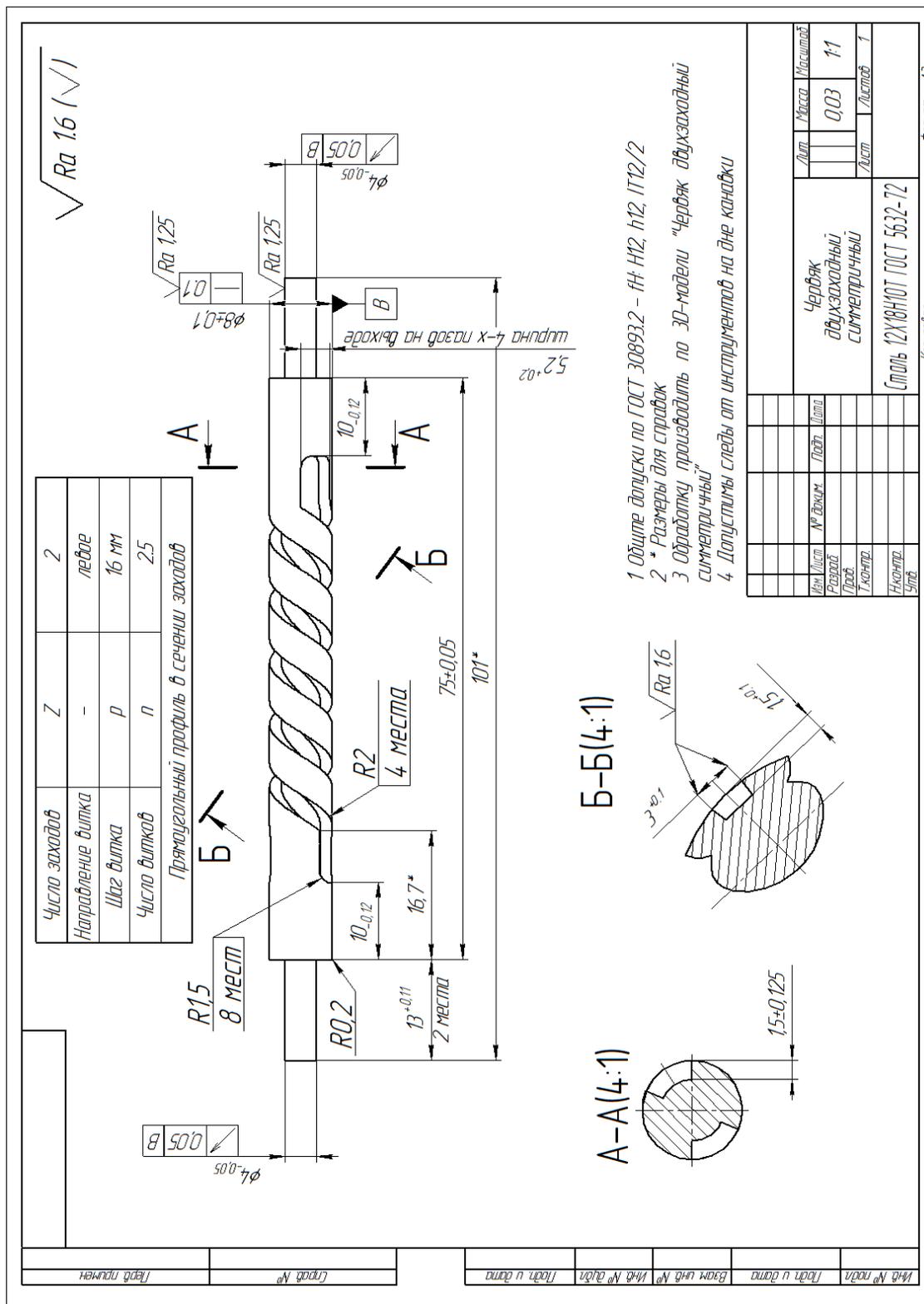
## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	13
1.1. Определение типа производства.....	13
1.2. Анализ технологичности конструкции детали.....	15
1.3. Выбор исходной заготовки.....	15
1.4. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций.....	17
1.5. Размерный анализ технологического процесса.....	20
1.6. Определение допусков на технологические размеры.....	22
1.6.1. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров.....	23
1.7. Расчет минимальных припусков на обработку.....	25
1.8. Расчет технологических размеров.....	27
1.8.1. Расчет диаметральных технологических размеров.....	27
1.8.2. Расчет продольных технологических размеров.....	28
1.9. Выбор оборудования.....	30
1.10. Расчет режимов резания. Выбор режущего инструмента.....	33
1.11. Расчет норм времени.....	44
1.11.1. Определение норм основного времени.....	44
1.11.2. Определение норм вспомогательного времени.....	46
1.11.3. Определение штучно-калькуляционного времени.....	47
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	50
2.1. Анализ исходных данных.....	50
2.2. Разработка приспособления и принципиальной схемы компоновки приспособления.....	50
2.3. Расчет сил закрепления.....	53
Заключение.....	56
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	57
3.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
3.2. Анализ конкурентных технических решений.....	58

3.3. SWOT-анализ разработки технологического процесса изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный» .....	59
3.4. Планирование научно – исследовательских работ .....	64
3.4.1. Структуры работ в рамках научного исследования .....	64
3.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	65
3.4.3. Разработка графика проведения научного исследования .....	66
3.4.4. Бюджет научно-исследовательского проекта (НИТ).....	69
3.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта .....	73
Вывод.....	77
4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	78
ВВЕДЕНИЕ .....	79
4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	79
4.2. Производственная безопасность .....	80
4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	80
4.3. Экологическая безопасность .....	86
4.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	86
4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований.....	87
4.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.....	87
Выводы по разделу .....	89
Список литературы .....	90
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	92

## Техническое задание

Разработать технологию изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный». Чертеж детали показан на рис.1. Годовая программа выпуска: 1500 шт.



## **ВВЕДЕНИЕ**

Медико-инструментальная промышленность играет значимую роль для социального и экономического развития страны. Во многом благодаря медицинским приборам, улучшилось качество жизни, стало возможным лечение ряда сложных заболеваний.

Значимость предприятий медицинской промышленности такова, что, несмотря на коммерческий характер деятельности предприятий этой отрасли и их ориентированность, в первую очередь на показатели прибыльности, они всё же вносят огромный вклад в обеспечение необходимого уровня здоровья нации.

Главной задачей медико-инструментальной промышленности является оснащение медицинских учреждений современным качественным оборудованием, используемым в разных областях медицины.

Так, например, лапараскопия – метод хирургии, благодаря которому операции на внутренних органах проводятся через небольшие отверстия (до 1,5 см) на передней брюшной стенке. Их может быть 3-4. Через эти проколы в брюшную полость вводят углекислый газ, видеокамеру, которая передаёт изображение на монитор, и инструменты, которыми проводится операция.

На сегодняшний день лапароскопически проводится 90% операций. Одной из самых распространенных операций, проводимых лапароскопическим методом, является лечение грыж.

С появлением высокотехнологичных инструментов данная методика в лечении грыж имеет широкое распространение. Для выполнения операции нет необходимости выполнять длинный кожный разрез.

В брюшной стенке выполняется пара проколов, через которые выделяется грыжевой мешок, разделяются сращения если таковые имеются и устанавливается особый сетчатый протез. Сетчатый протез фиксируется при помощи герниостеплера.

Герниостеплер предназначен для фиксации спиралевидными титановыми скобками сетчатого протеза при лапароскопическом методе лечения грыж.

У герниостеплера простая и универсальная конструкция. Инструмент состоит из: базовой ручки-манипулятора, рабочей части, экстрактора скобок и скобок. Действие герниостеплера основано на преобразовании линейного движения толкателя во вращательное движение скобки при помощи червяка двухзаходного симметричного, находящегося в корпусе ручки.

Цель данной работы представляет собой разработку технологического процесса изготовления детали – «Червяк двухзаходный симметричный». Для этого следует:

- Выполнить размерный анализ детали;
- Рассчитать оптимальные режимы резания;
- Выбрать оборудование и инструмент;
- Разработать оснастку;
- Определить ресурсную, финансовую, бюджетную, социальную и экономическую эффективность разработки;
- Определить правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Определение типа производства

Тип производства определяется по коэффициенту закрепления операций

$$K_{30} = \frac{t_d}{t_{шс}} \quad (1.1)$$

Где  $t_d$  – такт выпуска деталей;

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

Такт выпуска деталей:

$$t_d = \frac{60 \cdot \Phi_d}{N} \quad (1.2)$$

Где  $\Phi_d$  – действительный годовой фонд времени.

$N$  – годовой объем выпуска деталей.

$$t_d = \frac{60 \cdot 2070}{1500} = 82,8 \text{ мин.}$$

Годовой фонд времени работы оборудования при односменном режиме работы:

$\Phi_d = 2070$  ч. [1, стр. 22, табл. 2.1].

$$t_{шс} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{ши}}{n} \quad (1.3)$$

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

$n$  – число основных операций в технологическом процессе.

Штучное время каждой операции:

$$t_{ш} = \varphi_k \cdot T_0 \quad (1.4)$$

Где  $\varphi_k$  – коэффициент, зависящий от вида станка;

$T_0$  – основное технологическое время.

- Токарная с ЧПУ

$$T_{01} = (0,052(D^2 - d^2) + 0,52dl + 0,17dl + 0,19D^2) \cdot 10^{-3}$$

$$\begin{aligned} T_{01} &= (0,052 \cdot (10^2 - 0^0) \cdot 2 + 0,52 \cdot 1 \cdot 2,5 + 0,17 \cdot 8 \cdot 120 \cdot 2 + 0,19 \cdot 8^2) \cdot 10^{-3} \\ &= 350,3 \cdot 10^{-3} \text{ мин} = 0,35 \text{ мин} \end{aligned}$$

$$\varphi_{к1} = 2,14$$

$$t_{шт1} = \varphi_{к1} \cdot T_{01} = 2,14 \cdot 0,35 = 0,75 \text{ мин}$$

- Токарная

$$T_{02} = (0,052(D^2 - d^2) + 0,17dl) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{02} = (0,052 \cdot (10^2 - 0^0) \cdot 2 + 0,17 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 28,1 \cdot 10^{-3} \text{ мин} \\ = 0,028 \text{ мин}$$

$$\varphi_{к2} = 2,14$$

$$t_{шт2} = \varphi_{к2} \cdot T_{02} = 2,14 \cdot 0,028 = 0,06 \text{ мин}$$

- Фрезерная с ЧПУ

$$T_{03} = 7l \cdot 10^{-3}$$

$$T_{03} = 7 \cdot (97,4 \cdot 2 \cdot 3) \cdot 10^{-3} = 4090,8 \cdot 10^{-3} \text{ мин} = 4,1 \text{ мин}$$

$$\varphi_{к3} = 1,84$$

$$t_{шт3} = \varphi_{к3} \cdot T_{03} = 1,84 \cdot 4,1 = 7,54 \text{ мин}$$

- Токарная

$$T_{04} = (0,19D^2 + 0,052(D^2 - d^2) + 0,17dl) \cdot 10^{-3}$$

$$T_{04} = (0,19 \cdot 8^2 + 0,052 \cdot (8^2 - 0^2) \cdot 2 + 0,17 \cdot 4 \cdot 13 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 36,6 \cdot 10^{-3} \text{ мин} \\ = 0,037 \text{ мин}$$

$$\varphi_{к4} = 2,14$$

$$t_{шт4} = \varphi_{к4} \cdot T_{04} = 2,14 \cdot 0,037 = 0,079 \text{ мин}$$

Среднее штучное время на выполнение операций технологического процесса:

$$t_{шт}^{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{t_{шт i}}{n} \quad (1.5)$$

$$t_{шт}^{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{0,75 + 0,06 + 7,54 + 0,079}{4} = 2,11 \text{ мин}$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{30} = \frac{82,8}{2,11} = 39,2$$

$20 < K_{30} < 40$ , что соответствует мелкосерийному типу производства.

## 1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Разработка ТП выполняется для изделий, конструкция которых отработана на технологичность. Конструкция детали непосредственно влияет на разработку технологического процесса, выбор средств технологического оснащения, зажимных приспособлений и возможно будет признана технологичной, в случае если гарантирует простое и дешевое изготовление этого изделия. В зависимости от материала изделия выбирается способ получения заготовки и её вид (прокат, штамповка поковка, и т.д.), режимы резания, материал инструмента.

Выполним анализ чертежа конструкции детали «Червяк двухзаходный симметричный» и сможем дать качественную оценку технологичности.

Тип детали – Червяк двухзаходный симметричный.

Сталь 12Х18Н10Т широко распространенный и используемый в производстве машин и оборудования материал для сфер, связанных с медициной и пищевой промышленности, так как этого требуют нормативные документы такие как ГОСТ и СанПин.

Таблица 1 – Химический состав Стали 12Х18Н10Т

Химический состав в %									
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
<0,12	<0,8	<2	9-11	<0,02	<0,035	17-19	<0,3	0,4-1	≈67

При проектировании изделий, обрабатываемых резанием, необходимо учитывать также следующие факторы: обрабатываемость сталей зависит от их состава, т.е. содержания углерода и легирующих элементов.

В качестве технологических баз будем использовать наружный диаметр и центровое отверстие, которые дают возможность обработать практически все наружные поверхности вала на одних базах с помощью установки в трехкулачковый патрон. При размерном анализе конструкторские размеры могут и не совпадать с технологическими, что вызовет ужесточение допусков на некоторые размеры.

Предъявляемые требования к шероховатости поверхностей червяка двухзаходного симметричного, при соблюдении технологии, являются выполнимыми. Наружные поверхности детали имеют открытую форму, что обеспечивает обработку на проход и свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям.

Есть поверхности с высокими требованиями, обработка которых занимает значительное время, а также можно выделить три основные проблемы, которые необходимо учесть при обработке нержавеющей стали:

- Деформационное упрочнение;
- Ограниченный ресурс рабочего инструмента;
- Удаление стружки.

Проанализировав сказанное выше, можно сделать вывод, что данная деталь является технологичной.

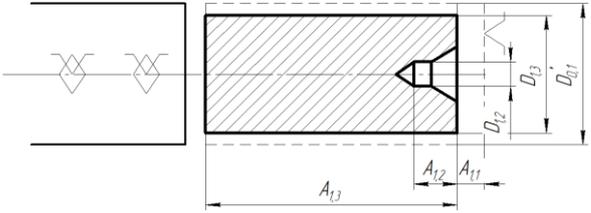
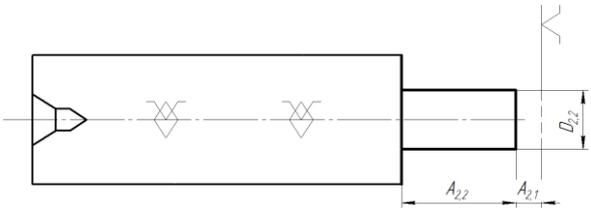
### **1.3. Выбор исходной заготовки**

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь 12Х18Н10Т), её формы и массы, требований к механическим свойствам, а также типом производства, выбираем в качестве исходной заготовки – прокат холоднокатаный повышенной точности.

#### 1.4. Разработка маршрута обработки поверхностей заготовки и содержания технологических операций

Проанализировав несколько технологических маршрутов изготовления подобных деталей предлагаем следующий технологический процесс изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный». Технологический процесс изготовления детали представим в виде таблицы 2:

Таблица 2 – Технологический процесс изготовления детали

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
00		<u>Токарная с ЧПУ</u>	
5	A	Установить заготовку в трехкулачковый патрон; Базы: наружный диаметр, торец.	
	1	Подрезать торец выдерживая размер $A_{1.1}$	
	2	Сверлить центровочное отверстие $D_{1.2}$ на длину $A_{1.2}$	
	3	Подать пруток с поджатием центра и точить заготовку в $D_{1.3}$ Отрезать заготовку в размер $A_{1.3}$	
01	A	<u>Токарная</u> Установить заготовку в трехкулачковый патрон;	

	1 2	<p>Базы: наружный диаметр, торец.</p> <p>Подрезать торец в размер <math>A_{2.1}</math></p> <p>Точить деталь выдерживая размеры <math>A_{2.2}</math> и <math>D_{2.2}</math></p>	
01 5	A 1	<p><u>Фрезерная с ЧПУ</u></p> <p>Со стороны левого торца закрепить деталь через разрезную втулку в 3-х кулачковый патрон, со стороны правого торца поджать деталь центром.</p> <p>Фрезеровать червяк по 3D модели, выдерживая размеры <math>A_{3.1}</math> и <math>A_{3.2}</math></p>	
02 0	1	<p><u>Слесарная</u></p> <p>Удалить заусенцы и острые кромки</p>	
02 5	A 1 2 3	<p><u>Токарная</u></p> <p>Установить деталь в трехкулачковый патрон через специальную разрезную втулку</p> <p>Базы: наружный диаметр, торец</p> <p>Отрезать ложный центр, выдерживая размер <math>A_{4.1}</math></p> <p>Подрезать торец в размер <math>A_{4.2}</math></p>	

		<i>Точить наружный диаметр в размер <math>D_{4.3}</math>, выдерживая <math>A_{4.3}</math></i>	
--	--	---	--

## 1.5. Размерный анализ технологического процесса

Разработка конструкции изделия подразумевает установление технических требований к его частям в целом, а еще к точности всех составных частей. Последнюю задачу компетентно решить на базе размерного анализа конструкции изделия. Под размерным анализом как правило понимается выявление замыкающих звеньев и построения схем размерных цепей, выбор способов достижения точности замыкающих звеньев.

Размерный анализ произведем согласно методического пособия [2. стр. 51].

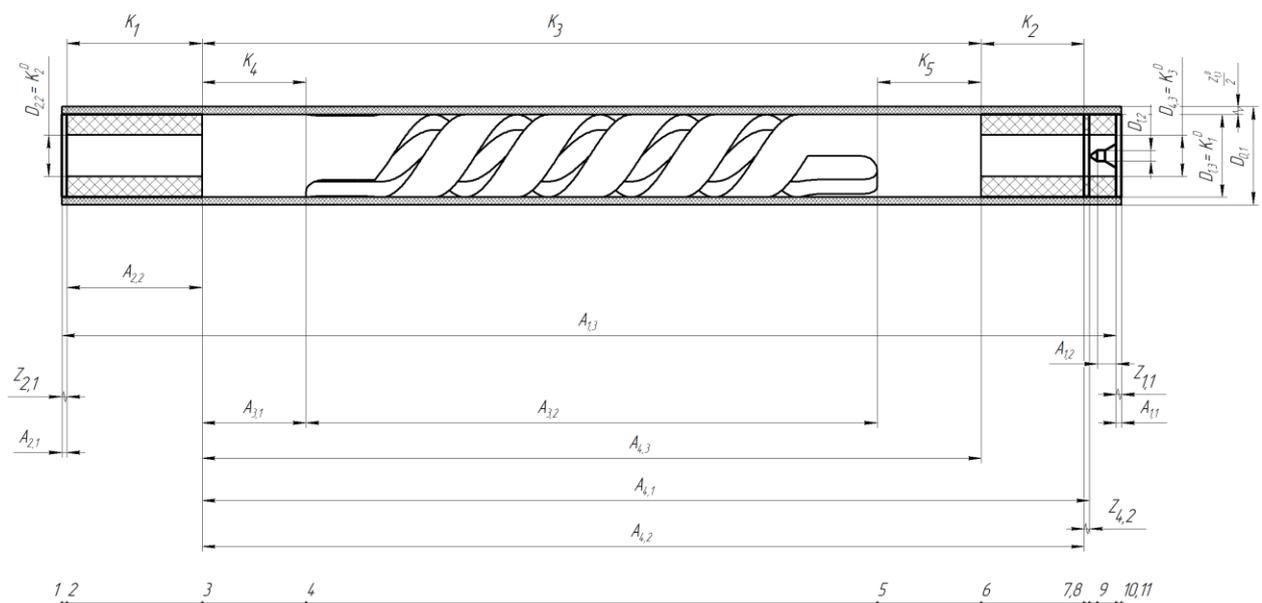


Рис. 2 – размерная схема технологического процесса

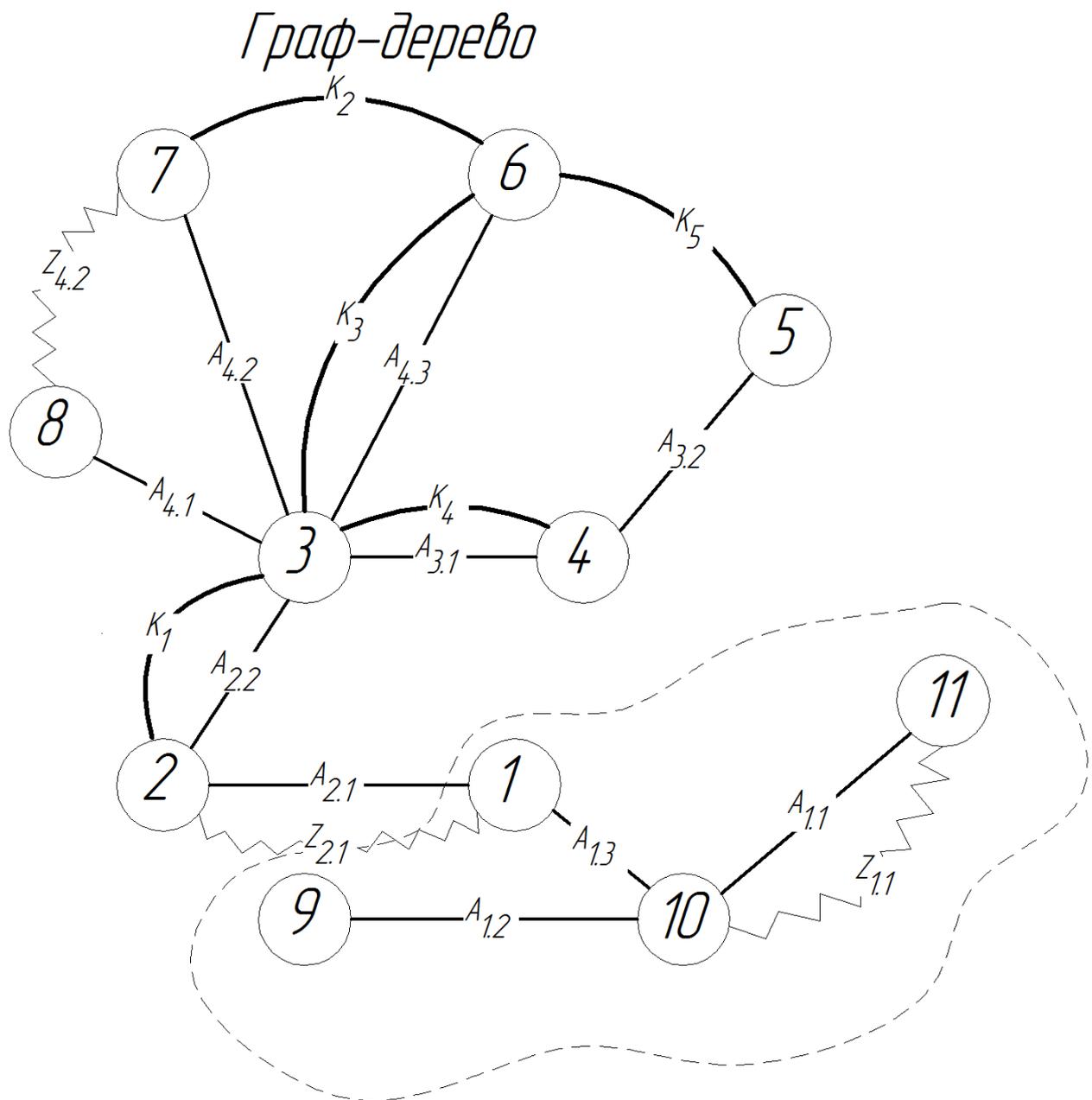


Рис. 3 – Граф-дерево технологических размеров

Выделенная часть граф дерева имеет незамкнутую цепь вследствие того, что размеры  $A_{1.1}$ ,  $A_{1.2}$ ,  $A_{1.3}$  выполнены в заготовке для установки детали на токарной и фрезерной операциях и в последующем будут удалены на последней токарной операции.

## 1.6. Определение допусков на технологические размеры.

Допуски размеров исходной заготовки находятся по соответствующим стандартам и справочным материалам. Допуски размеров, получаемых на операциях механической обработки, определяются с использованием таблиц точности. Эти таблицы включают в себя статистические данные по погрешностям размеров заготовок, обрабатываемых на различных металлорежущих станках. Величина допуска непосредственно зависит от вида и метода обработки, используемого оборудования, числа рабочих ходов и размера обрабатываемой поверхности.

Допуски на конструкторские осевые размеры:

$$TK_1 = TK_2 = 0,11 \text{ мм}$$

$$TK_3 = 0,1 \text{ мм}$$

$$TK_4 = TK_5 = 0,12 \text{ мм}$$

Допуски на конструкторские диаметральные размеры:

$$TK_1^D = 0,2 \text{ мм}$$

$$TK_2^D = 0,05 \text{ мм}$$

$$TK_3^D = 0,05 \text{ мм}$$

Согласно правилу назначения допусков на технологические размеры [2. стр. 34]:

- допуски на диаметральные размеры, а также допуски на расстояния между поверхностями, обработанными с одной установки, могут быть приняты равными статистической погрешности ( $\omega_{c_i}$ );
- допуски на расстояние ( $A_i$ ) между обработанной поверхностью и измерительной базой в общем случае могут быть определены по формуле:

$$TA_i = \omega_{c_i} + \rho_{и} + \varepsilon_6 \quad (1.6)$$

где  $\omega_{c_i}$  – статистическая погрешность размера  $A$ ;

$\rho_{и}$  – погрешность формы, полученная на предыдущей операции;

$\varepsilon_6$  – погрешность базирования.

Исходя из этого, назначим допуски на технологические осевые и диаметральные размеры:

$$TA_{1.1} = \omega_{1.1} + \rho_{0.1} + \varepsilon_{1.1} = 0,2 + 0,4 + 0,1 = 0,7 \text{ мм}$$

$$TD_{0.1} = 0,6 \text{ мм}$$

$$TA_{1.2} = \omega_{1.2} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TD_{1.2} = \omega_{1.2} = 0,12 \text{ мм}$$

$$TA_{1.3} = \omega_{1.3} + \varepsilon_{1.1} = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ мм}$$

$$TD_{1.3} = TK_1^D = 0,2 \text{ мм}$$

$$TA_{2.1} = \omega_{2.1} + \rho_{1.1} = 0,3 + 0,06 = 0,36 \text{ мм}$$

$$TD_{2.2} = TK_2^D = 0,05 \text{ мм}$$

$$TA_{2.2} = \omega_{2.2} = 0,1 \text{ мм}$$

$$TD_{4.3} = TK_3^D = 0,05 \text{ мм}$$

$$TA_{3.1} = \omega_{3.1} + \varepsilon_{2.1} = 0,05 + 0,03 = 0,08 \text{ мм}$$

$$TA_{3.2} = \omega_{3.2} = 0,04 \text{ мм}$$

$$TA_{4.1} = \omega_{4.1} + \rho_{2.1} = 0,2 + 0,03 = 0,23 \text{ мм}$$

$$TA_{4.2} = \omega_{4.2} = 0,05 \text{ мм}$$

$$TA_{4.3} = \omega_{4.3} = 0,06 \text{ мм}$$

### 1.6.1. Проверка обеспечения точности конструкторских размеров

Выполним проверку обеспечения точности конструкторских размеров, для этого из размерной схемы (рис. 2) выделим размерные цепи, замыкающими звеньями в которых являются конструкторские размеры.

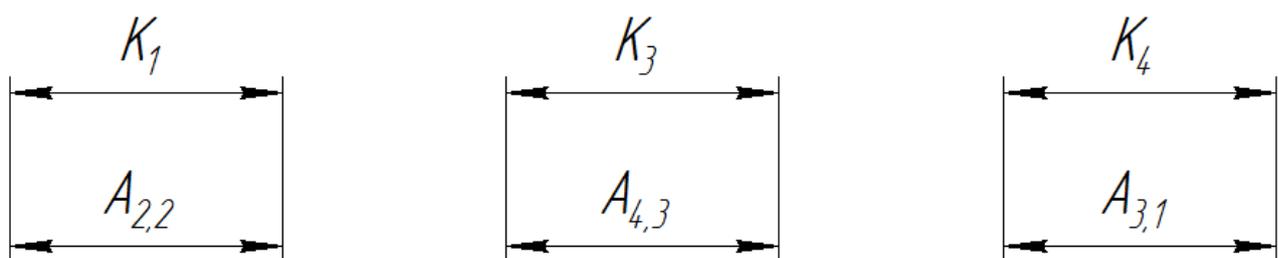


Рис. 4 – Конструкторские осевые размеры, выдерживаемые непосредственно.

Для проверки обеспечения точности размеров  $K_1$ ,  $K_3$  и  $K_4$  воспользуемся уравнением расчета размерных цепей методом максимума-минимума.

$$TK_i \geq \sum TA_i \quad (1.7)$$

$$TK_1(0,11) \geq TA_{2.2}(0,1)$$

$$TK_1^D(0,2) \geq TD_{1.3}(0,2)$$

$$TK_3(0,1) \geq TA_{4.3}(0,06)$$

$$TK_2^D(0,05) \geq TD_{2.2}(0,05)$$

$$TK_4(0,12) \geq TA_{3.1}(0,08)$$

$$TK_3^D(0,05) \geq TD_{4.3}(0,05)$$

Т.к. условия выполняются, размеры могут быть обеспечены с заданной точностью. Тогда, технологические размеры будут выглядеть следующим образом:

$$A_{2.2} = 13^{+0,1} \text{ мм}$$

$$D_{1.3} = \varnothing 8 \pm 0,05 \text{ мм}$$

$$A_{4.3} = 75 \pm 0,03 \text{ мм}$$

$$D_{2.2} = \varnothing 4_{-0,05} \text{ мм}$$

$$D_{4.3} = \varnothing 4_{-0,05} \text{ мм}$$

$$A_{3.1} = 10_{-0,08}$$

Для проверки обеспечения точности конструкторских осевых размеров  $K_2$  и  $K_5$ , не выдерживаемых непосредственно, выделим следующие размерные схемы (Рис. 5).

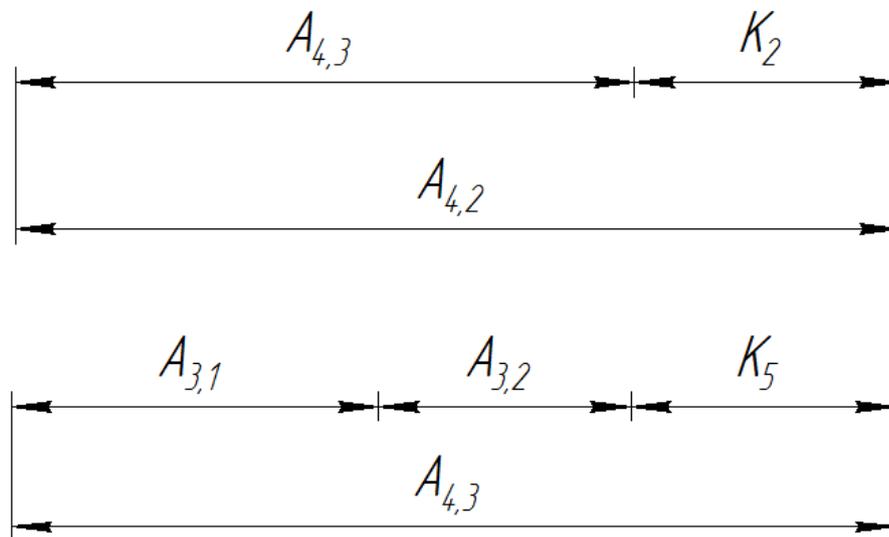


Рис. 5 – Конструкторские осевые размеры, не выдерживаемые непосредственно.

Размер  $K_2$  проверим методом максимума-минимума:

$$TK_2 \geq TA_{4.3} + TA_{4.2}$$

$$0,11 \geq 0,06 + 0,05$$

Размер  $K_2$  обеспечивается технологией с заданной точностью.

Для проверки размера  $K_5$  воспользуемся уравнением расчета размерных цепей вероятностным методом [2, стр. 10]:

$$TA_{\Delta} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n+p} (TA_i)^2} \quad (1.8)$$

$$\begin{aligned} TK_5 &= \sqrt{(TA_{3.1})^2 + (TA_{3.2})^2 + (TA_{4.2})^2} = \\ &= \sqrt{(0,08)^2 + (0,04)^2 + (0,05)^2} = 0,084 \text{ мм} \end{aligned}$$

Размер  $K_5$  обеспечивается технологией с заданной точностью.

### 1.7. Расчет минимальных припусков на обработку

Существует два метода определения минимальных припусков на обработку: нормативный и расчетно-аналитический [2].

При нормативном методе значения минимального припуска находят непосредственно по таблицам, которые составлены путем обобщения и систематизации производственных данных.

При расчетно-аналитическом методе минимальный припуск находят путем суммирования отдельных составляющих, что позволяет наиболее полно учесть конкретные условия обработки.

Расчет минимальных значений припуска на осевые технологические размеры произведем согласно следующей формуле [2, стр. 42]:

$$Z_{i \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{\phi-1} + \rho_{p-1} \quad (1.9)$$

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

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

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

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

$\rho_{p-1}$  – погрешность расположения обрабатываемой поверхности относительно технологических баз, возникшая на предшествующем переходе (операции) ее обработки, мкм.

Минимальные значения припуска на диаметральные технологические размеры:

$$Z_{i \min} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}^2} \right) \quad (1.10)$$

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_{\phi_{i-1}}^2 + \rho_{p_{i-1}}^2} \quad (1.11)$$

Где  $\varepsilon_{y_i}$  – погрешность установки на выполняемом переходе.

Токарная с ЧПУ

1) Припуск  $Z_{1.3 \min}^D$  (чистовое протачивание поверхности):

$Rz_{i-1} = 50 \dots 100$  мкм (прокат повышенной точности);

$h_{i-1} = 80 \dots 150$  мкм(прокат повышенной точности);

В данном случае обрабатываемая поверхность является технологической базой, поэтому погрешность  $\rho_{p_{i-1}}^2 = 0$ , а погрешность формы  $\rho_{\phi_{i-1}}$  представляет собой изогнутость заготовки, и находится по следующей формуле:

$$\rho_{\phi_{i-1}} = \Delta_k \cdot l \quad (1.12)$$

Где  $\Delta_k$  – кривизна проката;

$l$  – вылет заготовки из патрона.

$$\rho_{i-1} = 0,5 \cdot 110 = 55 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y_i} = 200 \text{ мкм}$$

$$Z_{1.3 \min}^D = 2 \left( 80 + 120 + \sqrt{55^2 + 200^2} \right) \approx 820 \text{ мкм}$$

2) Припуск  $Z_{1.1 \min}$

$$Rz_{i-1} = 80 \dots 150 \text{ мкм (черновое точение);}$$

$$h_{i-1} = 50 \dots 100 \text{ мкм(черновое точение);}$$

$$\rho_{\phi-1} = 30 \text{ мкм}$$

$$\rho_{p-1} = 90 \text{ мкм}$$

$$Z_{1.1 \min} = 120 + 70 + 30 + 90 = 310 \text{ мкм}$$

Токарная

3) Припуск  $Z_{2.1 \min}$  и  $Z_{4.2 \min}$

$$Rz_{i-1} = 15 \dots 25 \text{ мкм (чистовое точение);}$$

$$h_{i-1} = 20 \dots 30 \text{ мкм(чистовое точение);}$$

$$\rho_{\phi-1} = 30 \text{ мкм}$$

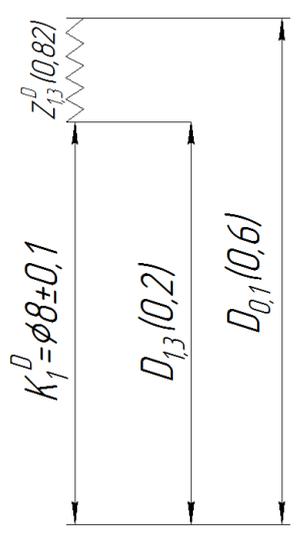
$$\rho_{p-1} = 90 \text{ мкм}$$

$$Z_{2.1 \min} = Z_{4.2 \min} = 20 + 30 + 30 + 90 = 170 \text{ мкм}$$

## 1.8. Расчет технологических размеров

### 1.8.1. Расчет диаметральных технологических размеров.

1) Расчет диаметра проката  $D_{0.1}$ .



The diagram shows a shaft with two diameters:  $D_{1.3}$  and  $D_{0.1}$ . The diameter  $D_{1.3}$  has a tolerance of  $(0,2)$  and a surface texture symbol  $Z_{1.3}^D(0,82)$ . The diameter  $D_{0.1}$  has a tolerance of  $(0,6)$ . The overall diameter is  $K_1^D = \phi 8 \pm 0,1$ . The allowance  $Z_{1.3}^{Dc}$  is the difference between  $D_{0.1}$  and  $D_{1.3}$ .

$$D_{1.3} = 8 \pm 0,05 \text{ мм} \quad D_{1.3}^c = 8 \text{ мм}$$

$$Z_{1.3}^{Dc} = \frac{Z_{1.3 \min}^D + Z_{1.3 \max}^D}{2}$$

$$Z_{1.3}^{Dc} = Z_{1.3 \min}^D + TD_{1.3} + TD_{0.1}$$

$$Z_{1.3}^{Dc} = Z_{1.3 \min}^D + \frac{TD_{1.3} + TD_{0.1}}{2} = 0,82 + \frac{0,2 + 0,6}{2} = 1,22 \text{ мм}$$

$$D_{0.1}^c = D_{1.3}^c + Z_{1.3}^{Dc} = 8 + 1,22 = 9,22 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = D_{0.1}^c + \frac{TD_{0.1 \min} + TD_{0.1 \max}}{2} = 9,22 + \frac{0,6}{2} = 9,52 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = 9,52_{-0,5}^{+0,1} \text{ мм}$$

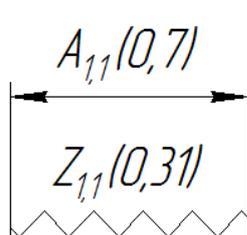
Наибольший ближайший размер проката согласно ГОСТ 2590-88 –  $\phi 10$  мм.

$$\text{Тогда } D_{0.1 \text{ факт}} = 10_{-0,5}^{+0,1} \text{ мм}$$

$$Z_{1.3}^D = D_{0.1 \text{ факт}} - D_{1.3} = 10_{-0,5}^{+0,1} - 8 \pm 0,05 = 2_{-0,55}^{+0,15} \text{ мм}$$

## 1.8.2. Расчет продольных технологических размеров.

1) Размер  $A_{1.1}$ .



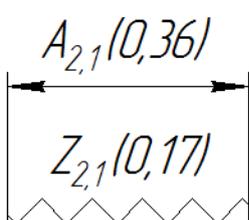
$$A_{1.1 \min} = Z_{1.1 \min} = 0,31 \text{ мм}$$

$$A_{1.1 \max} = Z_{1.1 \min} + TA_{1.1} = 0,31 + 0,7 = 1,01 \text{ мм}$$

$$A_{1.1}^c = \frac{A_{1.1 \min} + A_{1.1 \max}}{2} = \frac{0,31 + 1,01}{2} = 0,66 \text{ мм}$$

$$A_{1.1} = 0,66 \pm 0,35 \text{ мм}$$

2) Размер  $A_{2.1}$ .



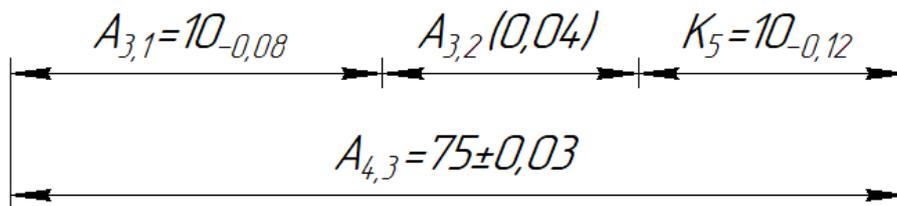
$$A_{2.1 \min} = Z_{2.1 \min} = 0,17 \text{ мм}$$

$$A_{2.1 \max} = Z_{2.1 \min} + TA_{2.1} = 0,17 + 0,36 = 0,53 \text{ мм}$$

$$A_{2.1}^c = \frac{A_{2.1 \min} + A_{2.1 \max}}{2} = \frac{0,17 + 0,53}{2} = 0,35 \text{ мм}$$

$$A_{2.1} = 0,35 \pm 0,18 \text{ мм}$$

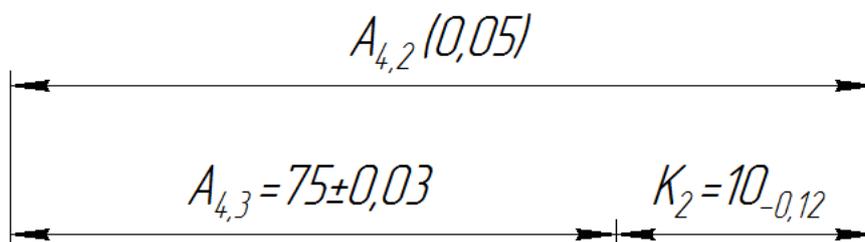
3) Размер  $A_{3.2}$ .



$$A_{3.2}^c = A_{4.3}^c - A_{3.1}^c - K_5^c = 75 - 9,96 - 9,94 = 55,1 \text{ мм}$$

$$A_{3.2} = 55,08^{+0,04} \text{ мм}$$

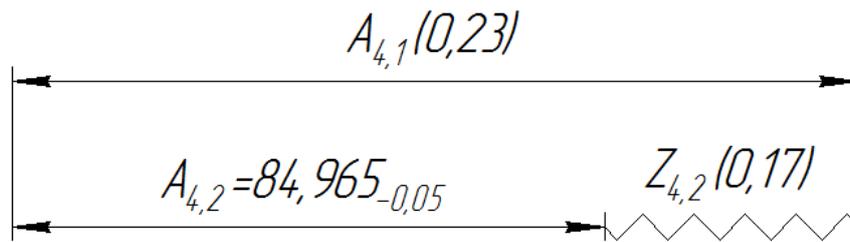
4) Размер  $A_{4.2}$ .



$$A_{4.2}^c = A_{4.3}^c + K_2^c = 75 + 9,94 = 84,94 \text{ мм}$$

$$A_{4.2} = 84,965_{-0,05} \text{ мм}$$

5) Размер  $A_{4.1}$ .



$$A_{4.2} = 84,965_{-0,05} \text{ мм}$$

$$A_{4.2}^c = 84,94 \text{ мм}$$

$$Z_{4.2}^c = \frac{Z_{4.2 \min} + Z_{4.2 \max}}{2}$$

$$Z_{4.2 \max} = Z_{4.2 \min} + TA_{4.2} + TA_{4.1}$$

$$Z_{4.2}^c = Z_{4.2 \min} + \frac{TA_{4.2} + TA_{4.1}}{2} = 0,17 + \frac{0,06 + 0,23}{2} = 0,315 \text{ мм}$$

$$A_{4.1}^c = A_{4.2}^c + Z_{4.2}^c = 84,94 + 0,315 = 85,255 \text{ мм}$$

$$A_{4.1} = 85,37_{-0,23} \text{ мм}$$

$$Z_{4.2} = A_{4.1} - A_{4.2} = 85,37_{-0,23} - 84,965_{-0,06} = 0,405_{-0,23}^{+0,06} \text{ мм}$$

### Технологические размеры

$$A_{1.1} = 0,66 \pm 0,35 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = 10_{-0,5}^{+0,1} \text{ мм}$$

$$A_{1.2}^* = 2,5 \pm 0,03 \text{ мм}$$

$$D_{1.2}^* = 1^{+0,06} \text{ мм}$$

$$A_{1.3}^* = 110_{-0,4} \text{ мм}$$

$$D_{1.3} = 8 \pm 0,05 \text{ мм}$$

$$A_{2.1} = 0,35 \pm 0,18 \text{ мм}$$

$$D_{2.2} = 4_{-0,05} \text{ мм}$$

$$A_{2.2} = 13^{+0,11} \text{ мм}$$

$$D_{4.3} = 4_{-0,05} \text{ мм}$$

$$A_{3.1} = 10_{-0,08} \text{ мм}$$

$$A_{3.2} = 55,08^{+0,04} \text{ мм}$$

$$A_{4.1} = 85,37_{-0,23} \text{ мм}$$

$$A_{4.2} = 84,965_{-0,05} \text{ мм}$$

$$A_{4.3} = 75 \pm 0,03 \text{ мм}$$

## 1.9. Выбор оборудования

Для выполнения операции «005 Токарная с ЧПУ» выбираем универсальный токарный станок HAAS TL-1, основные технологические характеристики которого указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Основные характеристики универсального токарного станка с ЧПУ HAAS TL-1

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, обрабатываемой над станиной, мм	508
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, обрабатываемой над кареткой, мм	279
Максимальный обрабатываемый диаметр, мм	406
Наибольшая длина обработки (без патрона), мм	762
Диаметр 3-х кулачкового патрона, мм	250
Диаметр отверстия в шпинделе, мм	76
Перемещение по оси X, мм	203
Перемещение по оси Z, мм	762
Количество гнезд в автоматическом револьвере, шт	4*/8*
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	3000
Точность позиционирования, мм	±0,010
Повторяемость, мм	±0,005
Максимальный крутящий момент, Нм	146
Максимальная мощность шпинделя, кВт	7,5
Масса станка, кг	2230

\* Опция

Для операций «010 и 025 Токарная» выбираем токарно-винторезный станок 16К20.

Таблица 4 – основные характеристики токарно-винторезного станка 16К20

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки типа «Диск» обрабатываемой над станиной, мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки типа «Вал» обрабатываемой над суппортом, мм	220
Расстояние между центрами, мм	1000/1500
Размер внутреннего конуса в шпинделе	Морзе 6
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе, мм	55
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5-2000
Число ступеней вращения шпинделя	23
Число ступеней частот обратного вращения шпинделя	12
Число ступеней рабочих подач	
Продольных	42
Поперечных	42
Пределы рабочих подач	
Продольных	0,7-4,16
Поперечных	0,035-2,08
Наибольший крутящий момент, кНм	2
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10
Габаритные размеры станка (ДхШхВ), мм	2812/3200x1166x1324
Масса станка, кг	3035

Для фрезеровки профиля червяка на операции 015 выбираем малогабаритный вертикально-фрезерный центр HAAS VF-1 с ЧПУ, дополнительно станок необходимо дооснастить поворотным столом (4-я ось) HAAS HRC160 с задней бабкой.

Таблица 5 – основные характеристики вертикально-фрезерного центра HAAS VF-1 с ЧПУ

Максимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	610
Минимальное расстояние от стола до торца шпинделя, мм	102
Максимальное перемещение по оси X, мм	508
Максимальное перемещение по оси Y, мм	406
Максимальное перемещение по оси Z, мм	508
Длина стола, мм	660
Ширина стола, мм	356
Размер конуса шпинделя	40
Максимальная частота вращения шпинделя, об/мин	8100
Максимальная мощность шпинделя, кВт	22,4
Максимальный крутящий момент, Нм	122
Максимальное осевое усилие, кН	18,7
Максимальная скорость холостых подач, м/мин	25,4
Максимальные рабочие подачи по осям XYZ, м/мин	16,5
Количество позиций в автоматическом сменщике инструмента	20
Максимальный диаметр инструмента (при занятых соседних позициях), мм	89
Время смены инструмента (среднее), сек	4,2
Точность позиционирования, мм	±0,0050
Повторяемость, мм	±0,0025
Масса станка, кг	3550

### 1.10. Расчет режимов резания. Выбор режущего инструмента.

Так как в «Справочнике технолога машиностроителя» [3] данные для расчета режимов резания уже устарели, воспользуемся справочником – «Обработка специальных материалов в машиностроении» [4].

Сталь 12Х18Н10Т относится к III группе обрабатываемости [4].

#### Токарная с ЧПУ

1) Подрезать торец, выдерживая размер  $0,66 \pm 0,35$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), Т15К6.

2. Глубина резания:  $t_1 = 0,46$  мм,  $t_2 = 0,2$  мм.

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об.

4. Скорость резания [4, стр. 218]:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,35} \cdot S^{0,15} \cdot t^{0,15}} \quad (1.13)$$

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_1 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,46^{0,15}} = 179,31 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,2^{0,15}} = 203,18 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_{\text{заг}}} \quad (1.14)$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 179,31}{\pi \cdot 10} = 5707,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 203,18}{\pi \cdot 10} = 6467,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 3000 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача:

$$S_m = n \cdot S \quad (1.15)$$

$$S_M = 3000 \cdot 0,15 = 450 \text{ мм/мин}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.16)$$

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 10 \cdot 3000}{1000} = 94,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Сила резания [4, стр. 219]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot V^{-0,15} \cdot S^{0,75} \cdot t^{0,95} \quad (1.17)$$

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z1} = 10 \cdot 3400 \cdot 94,3^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,46^{0,95} = 1981 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 3400 \cdot 94,3^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,2^{0,95} = 898 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (1.18)$$

$$N_1 = \frac{1981 \cdot 94,3}{1020 \cdot 60} = 3,05 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

$$N_2 = \frac{898 \cdot 94,3}{1020 \cdot 60} = 1,38 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

где  $N_{\text{ст}}$  – мощность шпинделя станка.

2) Сверлить центровочное отверстие  $\varnothing 1^{+0,06}$  мм на длину  $2,5 \pm 0,03$  мм.

1. Режущий инструмент: Сверло центровочное комбинированное (2317-0101  $\varnothing 1$  ГОСТ 14952-75). Материал сверла: P6M5.

2. Подача:  $S = 0,02$  мм/об [4, стр. 232, табл. 7.24].

3. Стойкость:  $T = 40$  мин.

4. Скорость резания [4, стр. 233]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{0,75}}{T^{0,25} \cdot S^{0,85}} \quad (1.19)$$

Коэффициент  $C_v$  [3, стр. 234, табл. 7.26]:  $C_v = 0,80$

$$V = \frac{0,80 \cdot 1^{0,75}}{40^{0,25} \cdot 0,02^{0,85}} = 8,85 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Сила резания:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D \cdot S^{0,7} \quad (1.20)$$

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 234, табл. 7.26]:  $C_p = 1100$

$$P_0 = 10 \cdot 1100 \cdot 1 \cdot 0,02^{0,7} = 711,4 \text{ Н}$$

6. Крутящий момент:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M^{0,15} \cdot D^{1,9} \cdot S^{0,8} \cdot 10^{-2} \quad (1.21)$$

Коэффициент  $C_M$  [4, стр. 234, табл. 7.26]:  $C_M = 80$

$$M_{кр} = 10 \cdot 80^{0,15} \cdot 1^{1,9} \cdot 0,02^{0,8} \cdot 10^{-2} = 0,008 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.22)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 8,85}{\pi \cdot 1} = 2815 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Минутная подача:

$$S_M = 2815 \cdot 0,02 = 56,3 \text{ мм/мин}$$

9. Мощность резания:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (1.23)$$

$$N = \frac{0,008 \cdot 2815}{9750} = 0,0024 \text{ кВт}$$

3) Точить заготовку выдерживая размер  $\varnothing 8 \pm 0,05$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), Т15К6.

2. Глубина резания:  $t_1 = 0,5$  мм,  $t_2 = 0,5$  мм.

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об [4, стр. 266, табл. 2]

4. Скорость резания:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_{1,2} = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,5^{0,15}} = 177,1 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_{1,2} = \frac{1000 \cdot 177,1}{\pi \cdot 8} = 7046 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

6. Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 3000 \text{ об/мин}$$

7. Минутная подача:

$$S_{\text{м}} = 3000 \cdot 0,15 = 450 \text{ мм/мин}$$

8. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 3000}{1000} = 75,4 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

9. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z 1,2} = 10 \cdot 3400 \cdot 75,4^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,5^{0,95} = 2218 \text{ Н}$$

10. Мощность резания:

$$N_{1,2} = \frac{2218 \cdot 75,4}{1020 \cdot 60} = 2,73 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

4) Отрезать заготовку в размер  $110_{-0,4}$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец отрезной (ГОСТ 18874-73)  $a = 3$  мм, ВК8.

2. Подача:  $S = 0,07$  мм/об [4, стр. 214, табл. 7.4]

3. Скорость резания [4, стр. 219]:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,25} \cdot S^{0,15}} \quad (1.24)$$

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 210$

Тогда скорость резания:

$$V = \frac{210}{90^{0,35} \cdot 0,07^{0,15}} = 64,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 64,8}{\pi \cdot 8} = 2577,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Минутная подача:

$$S_M = 2577,7 \cdot 0,07 = 180,4 \text{ мм/мин}$$

6. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_z = 10 \cdot 3400 \cdot 64,8^{-0,15} \cdot 0,07^{0,75} = 2475 \text{ Н}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{2475 \cdot 64,8}{1020 \cdot 60} = 2,62 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

### Токарная

1) Подрезать торец в размер  $0,35 \pm 0,18$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), Т15К6.

2. Глубина резания:  $t_1 = 0,175$  мм,  $t_2 = 0,175$  мм.

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об [4, стр. 266, табл. 2]

4. Скорость резания:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_{1,2} = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,175^{0,15}} = 207,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_{1,2} = \frac{1000 \cdot 207,3}{\pi \cdot 8} = 8247 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача:

$$S_M = 2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ мм/мин}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 2000}{1000} = 50,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z 1,2} = 10 \cdot 3400 \cdot 50,3^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,175^{0,95} = 869 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N_{1,2} = \frac{2218 \cdot 50,3}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

2) Точить деталь, выдерживая размеры  $13^{+0,11}$  мм и  $\varnothing 4_{-0,05}$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), T15K6.

2. Глубина резания:  $t_1 = 1,75$  мм,  $t_2 = 0,25$  мм.

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об [4, стр. 266, табл. 2]

4. Скорость резания:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_1 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 1,75^{0,15}} = 146,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,25^{0,15}} = 196,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 207,3}{\pi \cdot 4} = 11677 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 196,5}{\pi \cdot 4} = 15636 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача:

$$S_{\text{м}} = 2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ мм/мин}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z1} = 10 \cdot 3400 \cdot 25,2^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1,75^{0,95} = 8597 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 3400 \cdot 25,2^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,25^{0,95} = 1354 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N_1 = \frac{8597 \cdot 25,2}{1020 \cdot 60} = 3,53 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

$$N_2 = \frac{1354 \cdot 25,2}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

### Фрезерная с ЧПУ

1) Фрезеровать червяк по 3Д модели, выдерживая размеры  $10_{-0,08}$  мм и  $55,08^{+0,04}$  мм.

1. Режущий инструмент: Фреза концевая с цилиндрическим хвостовиком  $\emptyset 2,5$ ; Количество зубьев:  $z = 2$ ; Сплав ВК8.

2. Глубина фрезерования  $t_1 = 0,75$  мм,  $t_{2,3,4} = 1,5$  мм; ширина фрезерования  $B_{1,2} = 2,5$  мм;  $B_{3,4} = 0,75$  мм.

3. Подача на зуб:  $S_z = 0,05 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$ .

4. Скорость резания [4, стр. 247]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^{0,2}}{T^{0,3} \cdot S_z^{0,35} \cdot B^{0,2} \cdot t^{0,2} \cdot z^{0,1}} \quad (1.25)$$

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 247, табл. 7.40]:  $C_v = 62$

Стойкость фрезы:  $T = 100$  мин.

$$V_1 = \frac{62 \cdot 2,5^{0,2}}{100^{0,3} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 0,75^{0,2} \cdot 2^{0,1}} = 43,92 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{62 \cdot 2,5^{0,2}}{100^{0,3} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 2^{0,1}} = 38,23 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_{3,4} = \frac{62 \cdot 2,5^{0,2}}{100^{0,3} \cdot 0,05^{0,35} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 1,5^{0,2} \cdot 2^{0,1}} = 60,59 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43,92}{\pi \cdot 2,5} = 5592 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 38,23}{\pi \cdot 2,5} = 4868 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_{3,4} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60,59}{\pi \cdot 2,5} = 7715 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

6. Минутная подача:

$$S_M = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n \quad (1.26)$$

$$S_{M1} = 0,05 \cdot 2 \cdot 5592 = 559 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{M2} = 0,05 \cdot 2 \cdot 4868 = 487 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

$$S_{M3,4} = 0,05 \cdot 2 \cdot 7715 = 776 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}$$

7. Сила резания:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{0,75} \cdot S_z^{0,6} \cdot B^1 \cdot z}{D^{0,86} \cdot n^0} \quad (1.27)$$

Коэффициент  $C_p = 82$ .

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 0,75^{0,75} \cdot 0,05^{0,6} \cdot 2,5^1 \cdot 2}{2,5^{0,86} \cdot 5592^0} = 249,02 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1,5^{0,75} \cdot 0,05^{0,6} \cdot 2,5^1 \cdot 2}{2,5^{0,86} \cdot 4868^0} = 418,8 \text{ Н}$$

$$P_{z3,4} = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1,5^{0,75} \cdot 0,05^{0,6} \cdot 0,25^1 \cdot 2}{2,5^{0,86} \cdot 7715^0} = 41,88 \text{ Н}$$

8. Мощность станка:

$$N_1 = \frac{249,02 \cdot 43,92}{1020 \cdot 60} = 0,3 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{418,8 \cdot 38,23}{1020 \cdot 60} = 0,26 \text{ кВт}$$

$$N_{3,4} = \frac{41,88 \cdot 60,59}{1020 \cdot 60} = 0,04 \text{ кВт}$$

### Токарная

1) Отрезать ложный центр, выдерживая  $85,3_{-0,23}$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец отрезной (ГОСТ 18874-73)  $a = 3$  мм, ВК8.
2. Подача:  $S = 0,07$  мм/об [4, стр. 214, табл. 7.4]
3. Скорость резания [4, стр. 219]:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 210$

Тогда скорость резания:

$$V = \frac{210}{90^{0,35} \cdot 0,07^{0,15}} = 64,8 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

4. Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 64,8}{\pi \cdot 8} = 2577,7 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

5. Минутная подача:

$$S_M = 2577,7 \cdot 0,07 = 180,4 \text{ мм/мин}$$

6. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_z = 10 \cdot 3400 \cdot 64,8^{-0,15} \cdot 0,07^{0,75} = 2475 \text{ Н}$$

7. Мощность резания:

$$N = \frac{2475 \cdot 64,8}{1020 \cdot 60} = 2,62 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

2) Подрезать торец в размер  $85_{-0,09}$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), Т15К6.
2. Глубина резания:  $t_1 = 0,275$  мм,  $t_2 = 0,2$  мм.
3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об [4, стр. 266, табл. 2]
4. Скорость резания:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_1 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,275^{0,15}} = 193,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,2^{0,15}} = 203,2 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 193,7}{\pi \cdot 8} = 7707 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 203,2}{\pi \cdot 8} = 8084 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача:

$$S_{\text{м}} = 2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ мм/мин}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 8 \cdot 2000}{1000} = 50,3 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z1} = 10 \cdot 3400 \cdot 50,3^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,275^{0,95} = 1336 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 3400 \cdot 50,3^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,2^{0,95} = 987 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N_1 = \frac{1336 \cdot 50,3}{1020 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

$$N_2 = \frac{987 \cdot 50,3}{1020 \cdot 60} = 0,81 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

3) Точить наружный диаметр  $\varnothing 4_{-0,05}$  мм, выдерживая  $75 \pm 0,05$  мм.

1. Режущий инструмент: Резец проходной (державка 20x20), Т15К6.

2. Глубина резания:  $t_1 = 1,75$  мм,  $t_2 = 0,25$  мм.

3. Подача:  $S = 0,15$  мм/об [4, стр. 266, табл. 2]

4. Скорость резания:

Стойкость пластины принимаем:  $T = 90$  мин.

Коэффициент  $C_v$  [4, стр. 269, табл. 7.10]:  $C_v = 580$

Тогда скорость резания:

$$V_1 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 1,75^{0,15}} = 146,7 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

$$V_2 = \frac{580}{90^{0,35} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,25^{0,15}} = 196,5 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

5. Частота вращения шпинделя:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 207,3}{\pi \cdot 4} = 11677 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 196,5}{\pi \cdot 4} = 15636 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

Т.к.  $n \geq n_{\text{ст}}$  принимаем частоту вращения шпинделя станка согласно паспорту:

$$n_{\text{ст}} = 2000 \text{ об/мин}$$

6. Минутная подача:

$$S_M = 2000 \cdot 0,15 = 300 \text{ мм/мин}$$

7. Фактическая скорость резания:

$$V_{\text{факт } 1,2} = \frac{\pi \cdot 4 \cdot 2000}{1000} = 25,2 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

8. Сила резания:

Коэффициент  $C_p$  [4, стр. 219, табл. 7.10]:  $C_p = 3400$

$$P_{z1} = 10 \cdot 3400 \cdot 25,2^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1,75^{0,95} = 8597 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 3400 \cdot 25,2^{-0,15} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 0,25^{0,95} = 1354 \text{ Н}$$

9. Мощность резания:

$$N_1 = \frac{8597 \cdot 25,2}{1020 \cdot 60} = 3,53 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

$$N_2 = \frac{1354 \cdot 25,2}{1020 \cdot 60} = 0,56 \text{ кВт} \leq N_{\text{ст}}$$

## 1.11. Расчет норм времени

### 1.11.1. Определение норм основного времени

Основное время определяется по формуле:

$$t_o = \frac{(L + l_1 + l_2) \cdot i}{S_m} \quad (1.28)$$

где  $L$  – длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  – длина врезания инструмента, мм;

$l_2$  – длина перебега инструмента, мм;

$S_m$  – минутная подача, мм/мин.

- Токарная с ЧПУ

1) Подрезать торец.

$$L = \frac{\varnothing 10}{2} = 5 \text{ мм}$$

$l_1 = 3 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}$  [5, стр. 620, табл. 2]

$$t_{o 1.1} = \frac{(5 + 3 + 2) \cdot 2}{450} = 0,044 \text{ мин}$$

2) Сверлить центровочное отверстие.

$l_1 = 2 \text{ мм}$  [5, стр.621, табл. 3]

$$t_{o 1.2} = \frac{(2,5 + 2 + 0) \cdot 1}{56,3} = 0,08 \text{ мин}$$

3) Точить поверхность.

$l_1 = 3 \text{ мм};$

$$t_{o 1.3} = \frac{(110 + 3 + 0) \cdot 2}{450} = 0,5 \text{ мин}$$

4) Отрезать заготовку.

$$L = \frac{\varnothing 8}{2} = 4 \text{ мм};$$

$l_1 = 5 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм};$

$$t_{o 1.4} = \frac{(4 + 5 + 2) \cdot 1}{180,4} = 0,061 \text{ мин}$$

- Токарная

1) Подрезать торец.

$$L = \frac{\varnothing 8}{2} = 4 \text{ мм};$$

$$l_1 = 3 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$t_{o\ 2.1} = \frac{(4 + 3 + 2) \cdot 2}{300} = 0,06 \text{ мин}$$

2) Точить поверхность.

$$l_1 = 3 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$t_{o\ 2.2} = \frac{(13 + 3 + 2) \cdot 2}{300} = 0,12 \text{ мин}$$

- Фрезерная с ЧПУ

1) Фрезеровать червяк по 3Д модели.

$$l_1 = 5 \text{ мм}$$

$$t_{o\ 3.1.1} = \frac{(97,4 + 5) \cdot 1}{559} = 0,18 \text{ мин}$$

$$t_{o\ 3.1.2} = \frac{(97,4 + 5) \cdot 1}{487} = 0,21 \text{ мин}$$

$$t_{o\ 3.1.3} = \frac{(97,4 + 5) \cdot 1}{776} = 0,13 \text{ мин}$$

$$t_{o\ 3.1.4} = \frac{(97,4 + 5) \cdot 1}{776} = 0,13 \text{ мин}$$

$$\sum t_{o\ 3.1} = 0,18 + 0,21 + 0,13 + 0,13 = 0,65 \text{ мин}$$

- Токарная

1) Отрезать ложный центр.

$$L = \frac{\varnothing 8}{2} = 4 \text{ мм};$$

$$l_1 = 5 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм};$$

$$t_{o\ 4.1} = \frac{(4 + 5 + 2) \cdot 1}{180,4} = 0,061 \text{ мин}$$

2) Подрезать торец.

$$L = \frac{\varnothing 8}{2} = 4 \text{ мм};$$

$$l_1 = 3 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$t_{o 4.2} = \frac{(4 + 3 + 2) \cdot 2}{300} = 0,06 \text{ мин}$$

3) Точить поверхность.

$$l_1 = 3 \text{ мм}; l_2 = 2 \text{ мм}$$

$$t_{o 4.3} = \frac{(13 + 3 + 2) \cdot 2}{300} = 0,12 \text{ мин}$$

### 1.11.2. Определение норм вспомогательного времени

- Токарная с ЧПУ

1) Установка детали в 3-х кулачковом пневматическом патроне; установка и снятие резца:

$$t_{всп 1.1} = 0,17 + 0,12 = 0,29 \text{ мин}$$

2) Сверление центрального отверстия; смена инструмента:

$$t_{всп 1.2} = 0,07 + 0,12 = 0,19 \text{ мин}$$

3) Подача прутка с поджатием задним центром; смена инструмента:

$$t_{всп 1.3} = 0,2 + 0,12 = 0,32 \text{ мин}$$

4) Смена инструмента:

$$t_{всп 1.4} = 0,12 \text{ мин}$$

5) Контроль размеров:

$$t_{всп 1.5} = 0,22 \text{ мин}$$

Общее вспомогательное время на операции 005 Токарная с ЧПУ:

$$t_{всп 1} = 0,29 + 0,19 + 0,32 + 0,12 + 0,22 = 1,14 \text{ мин}$$

- Токарная

1) Закрепление детали в патроне с разрезной втулкой; установка и снятие резца:

$$t_{всп 2.1} = 0,19 + 0,12 = 0,31 \text{ мин}$$

2) Смена инструмента:

$$t_{всп 2.2} = 0,12 \text{ мин}$$

3) Контроль размеров:

$$t_{\text{всп 2.3}} = 0,22 \text{ мин}$$

Общее вспомогательное время на операции 010 Токарная:

$$t_{\text{всп 2}} = 0,31 + 0,12 + 0,22 = 0,65 \text{ мин}$$

- Фрезерная с ЧПУ

1) Закрепление детали в патроне с разрезной втулкой; поджатие задним центром; установка инструмента:

$$t_{\text{всп 3.1}} = 0,2 + 0,07 = 0,27 \text{ мин}$$

2) Контроль размеров:

$$t_{\text{всп 3.2}} = 0,42 \text{ мин}$$

Общее вспомогательное время на операции 015 Фрезерная с ЧПУ:

$$t_{\text{всп 3}} = 0,27 + 0,42 = 0,69 \text{ мин}$$

- Токарная

1) Закрепление детали в патроне с разрезной втулкой; установка и снятие резца:

$$t_{\text{всп 4.1}} = 0,19 + 0,12 = 0,31 \text{ мин}$$

2) Смена инструмента:

$$t_{\text{всп 4.2}} = 0,12 \text{ мин}$$

3) Контроль размеров:

$$t_{\text{всп 4.3}} = 0,22 \text{ мин}$$

Общее вспомогательное время на операции 025 Токарная:

$$t_{\text{всп 4}} = 0,31 + 0,12 + 0,22 = 0,65 \text{ мин}$$

### 1.11.3. Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время определяется согласно формуле:

$$t_{\text{шт.к.}} = t_{\text{шт.}} + \frac{t_{\text{пз.}}}{N} \quad (1.29)$$

Где  $t_{\text{шт.}}$  – штучное время, мин;

$t_{\text{пз.}}$  – подготовительно заключительное время, мин;

$N$  – число деталей в партии, шт.

Штучное время определяется по формуле:

$$t_{шт.} = t_{осн.} + t_{всп.} + t_{оо} + t_{то} + t_{пер} \quad (1.30)$$

Где  $t_{оо}$  – время на организационное обслуживание, мин;

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

$t_{пер}$  – время перерывов, мин;

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

Тогда формула для расчета штучного времени принимает следующий вид:

$$t_{шт.} = t_{оп} \cdot \left( \frac{\alpha + \beta + \gamma}{100\%} \right) + t_{оп} \quad (1.31)$$

Где  $\alpha = 5\%$  – процент времени на техническое обслуживание;

$\beta = 5\%$  – процент времени на организационное обслуживание;

$\gamma = 3\%$  – процент времени на перерывы.

Оперативное время определяется по формуле:

$$t_{оп} = \sum t_o + t_{всп.} \quad (1.32)$$

Рассчитаем оперативное время для каждой операции:

- Токарная с ЧПУ

$$t_{оп}^1 = 0,044 + 0,08 + 0,5 + 0,061 + 1,14 = 1,825 \text{ мин}$$

- Токарная

$$t_{оп}^2 = 0,06 + 0,12 + 0,65 = 0,83 \text{ мин}$$

- Фрезерная с ЧПУ

$$t_{оп}^3 = 0,65 + 0,69 = 1,34 \text{ мин}$$

- Токарная

$$t_{оп}^4 = 0,061 + 0,06 + 0,12 + 0,65 = 0,891 \text{ мин}$$

Тогда штучное время:

- Токарная с ЧПУ

$$t_{шт.}^1 = 1,825 \cdot \left( \frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 1,825 = 2,06 \text{ мин}$$

- Токарная

$$t_{шт.}^2 = 0,83 \cdot \left( \frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 0,83 = 0,94 \text{ мин}$$

- Фрезерная с ЧПУ

$$t_{шт.}^3 = 1,34 \cdot \left( \frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 1,34 = 1,51 \text{ мин}$$

- Токарная

$$t_{шт.}^4 = 0,891 \cdot \left( \frac{5 + 5 + 3}{100\%} \right) + 0,891 = 1,01 \text{ мин}$$

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

$$t_{пз}^1 = 25 \text{ мин}$$

$$t_{пз}^2 = 20 \text{ мин}$$

$$t_{пз}^3 = 25 \text{ мин}$$

$$t_{пз}^4 = 20 \text{ мин}$$

Величина штучно-калькуляционного времени:

$$t_{шт.к.}^1 = t_{шт.}^1 + \frac{t_{пз}^1}{N} = 2,06 + \frac{25}{1500} = 2,08 \text{ мин}$$

$$t_{шт.к.}^2 = t_{шт.}^2 + \frac{t_{пз}^2}{N} = 0,94 + \frac{20}{1500} = 0,95 \text{ мин}$$

$$t_{шт.к.}^3 = t_{шт.}^3 + \frac{t_{пз}^3}{N} = 1,51 + \frac{25}{1500} = 1,53 \text{ мин}$$

$$t_{шт.к.}^4 = t_{шт.}^4 + \frac{t_{пз}^4}{N} = 1,01 + \frac{20}{1500} = 1,02 \text{ мин}$$

## 2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Анализ исходных данных

Так как «червяк двухзаходный симметричный» имеет довольно высокие требования по допускам формы и расположения детали, в качестве технологической оснастки было разработано два приспособления для фрезерной и токарной операций, а именно разрезные втулки с отверстиями 4 и 8 мм.

### 2.2. Разработка приспособления и принципиальной схемы компоновки приспособления

Разрезная втулка с диаметром отверстия 4 мм необходима для закрепления и базирования червяка на операции фрезерная с ЧПУ. Червяк с втулкой устанавливается в 3-х кулачковый патрон поворотного стола и с правой стороны поджимается задним центром. Принципиальная схема установки разрезной втулки показана на рисунке 6.

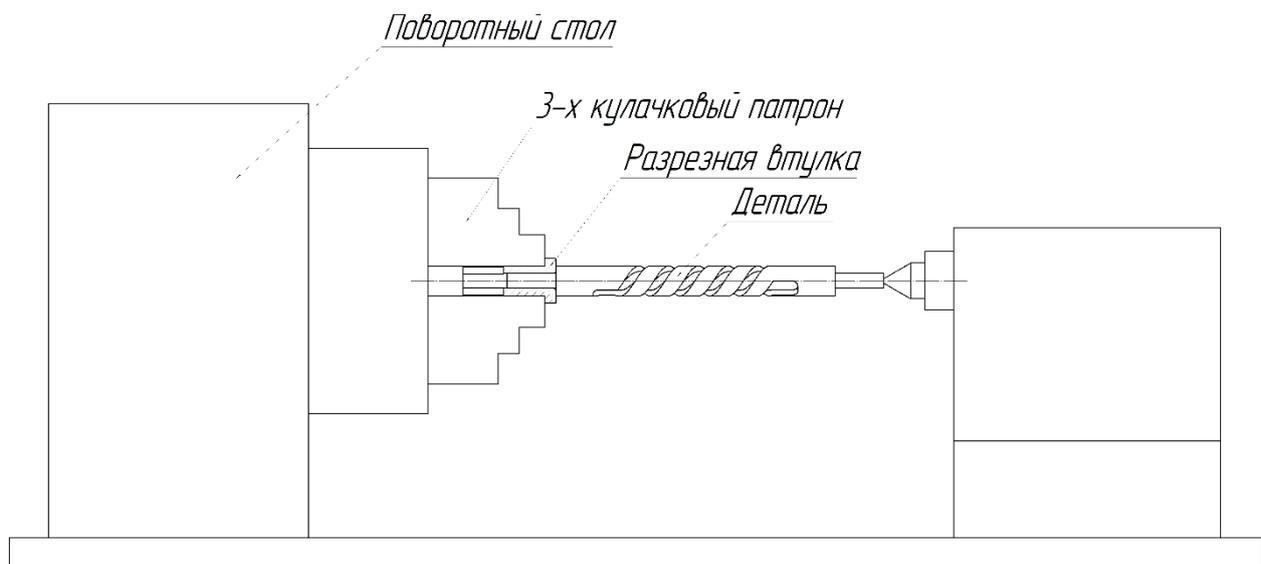


Рис. 6 – Принципиальная схема установки приспособления на поворотном столе.

Чертеж разрезной втулки для выполнения токарной операции показан на рисунке 7.

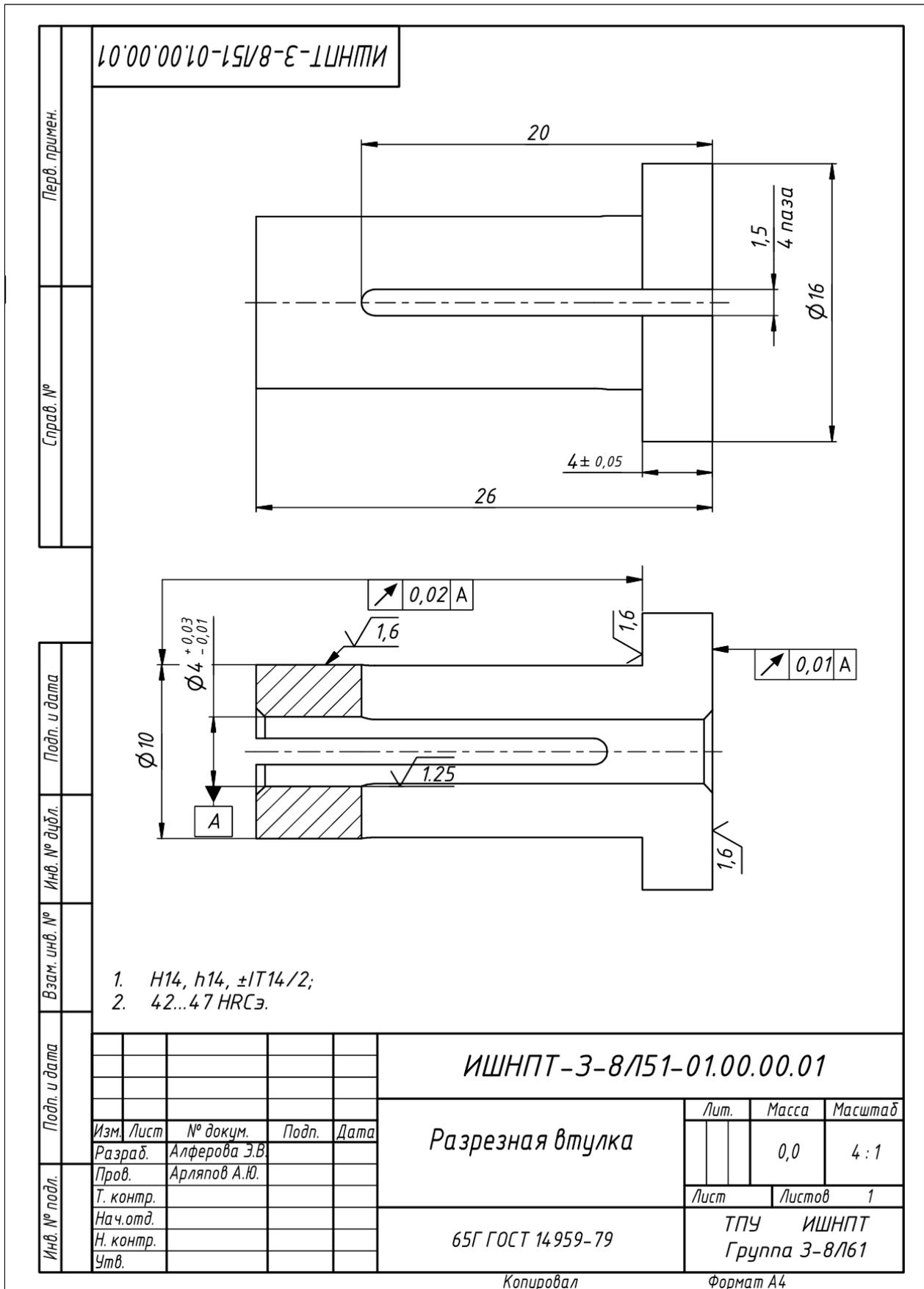


Рис. 7 – Чертеж разрезной втулки для операции фрезерная с ЧПУ.

Втулка диаметром 8 мм разработана для выполнения операции 025 токарная, а именно отрезка ложного центра с подрезкой торца, и протачивания диаметра 4 мм со стороны правого торца. В данной втулке происходит базирование по поверхности диаметра 8 мм и левому торцу между диаметрами 8 и 4,5 мм. Данная разрезная втулка имеет сборную конструкцию, из-за сложности ее изготовления. Пазы вырезаются на электроэрозионном оборудовании совместно в сборе. Принципиальная схема установки разрезной втулки для токарной операции показана на рисунке 8 и чертеж на рисунке 9.



Рис. 8 – Принципиальная схема установки разрезной втулки для токарной операции.

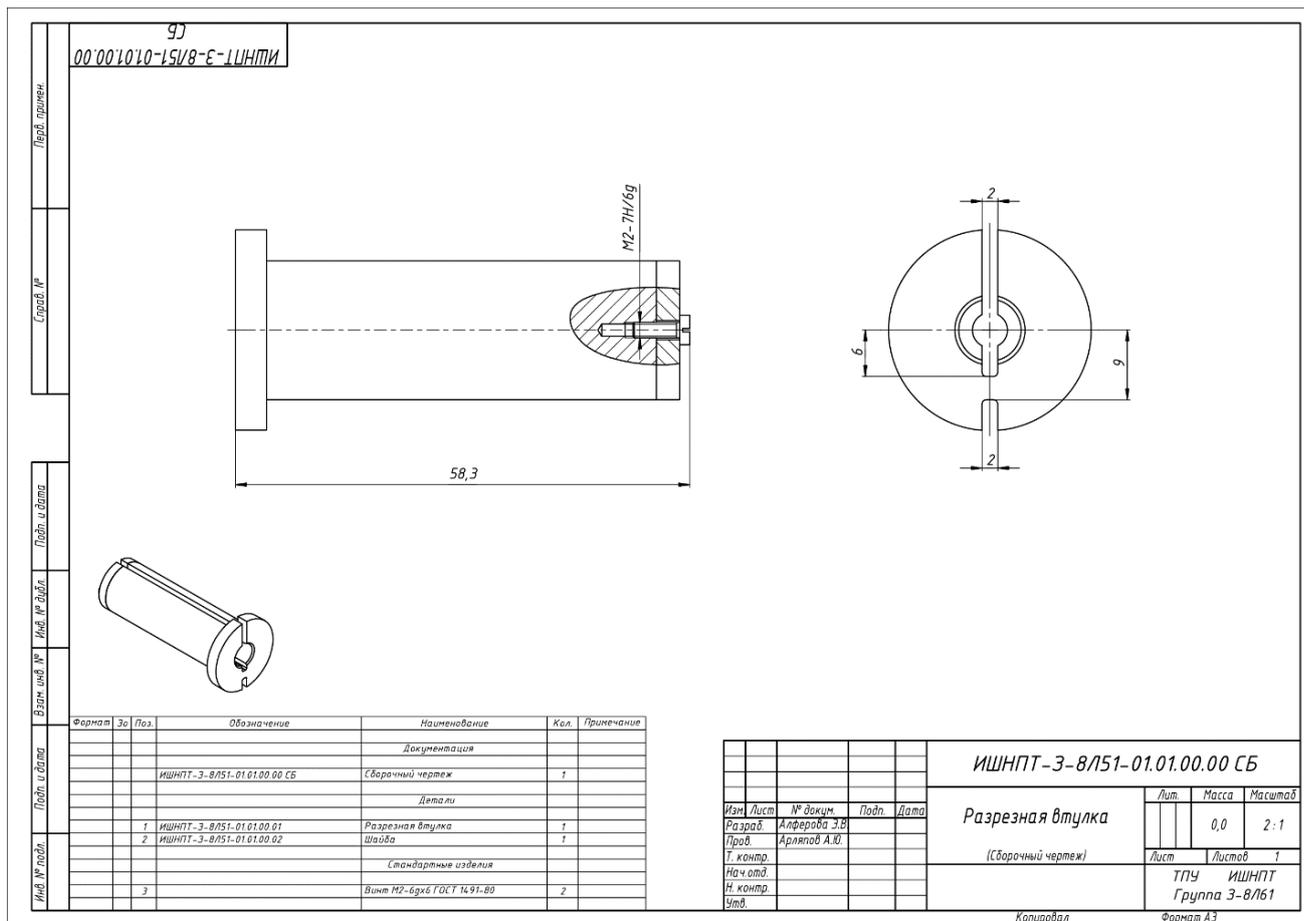


Рис. 9 – Чертеж разрезной втулки для токарной операции.

### 2.3. Расчет сил закрепления

Расчет силы закрепления будем производить по условию непроворачиваемости заготовки в приспособлении под действием момента:

$$k \cdot M_{\text{св}} \leq 3 \cdot M_{\text{тр}} \quad (2.1)$$

где  $M_{\text{св}}$  – момент, пытающийся повернуть заготовку, который определяется по формуле (2.1);

$$M_{\text{св}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \quad (2.2)$$

Для токарной операции:

$$M_{\text{св } 1} = \frac{8597 \cdot 4}{2 \cdot 10^3} = 17,2 \text{ Н}$$

Для фрезерной операции:

$$M_{\text{св } 2} = \frac{418 \cdot 8}{2 \cdot 10^3} = 1,67 \text{ Н}$$

$k$  – коэффициент запаса.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \quad (2.3)$$

Указанные коэффициенты принимаем из [6]

где  $k_0 = 1,5$  – гарантированный коэффициент запаса;

$k_1$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при черновой обработке  $k_1 = 1$ ;

$k_2$  – коэффициент учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (выбираем по таблице в зависимости от метода обработки и материала заготовки:  $k_2 = 1,15$ ;

$k_3$  – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания при прерывистом резании: для непрерывного резания  $k_3 = 1$ ;

$k_4$  – коэффициент, характеризующий постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: для механизированных приводов  $k_4 = 1,3$ ;

$k_5$  – коэффициент, характеризующий эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима):  $k_5 = 1$

Таким образом

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 = 2,24$$

$M_{\text{тр}}$  – момент силы трения при провертывании заготовки.

Определяется как сила трения  $F_{\text{тр}}$  умноженная на соответствующее плечо.

$$k \cdot M_{\text{св}} \leq 3 \cdot M_{\text{тр}} \cdot \frac{D}{2} \quad (2.4)$$

После подстановки выражения для силы трения  $F_{\text{тр}} = F_3 \cdot f$

где  $f$  – коэффициент трения на поверхностях кулачков;  $f = 0,3$

Окончательно получим формулу для расчета силы закрепления:

$$F_3 = \frac{2 \cdot k \cdot M_{\text{св}}}{3 \cdot f \cdot D} \quad (2.5)$$

Сила давления на разрезную втулку на токарной операции:

$$F_{31} = \frac{2 \cdot 2,24 \cdot 17,2}{3 \cdot 0,3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 8561 \text{ Н}$$

Сила давления на разрезную втулку на фрезерной операции:

$$F_{31} = \frac{2 \cdot 2,24 \cdot 1,67}{3 \cdot 0,3 \cdot 18 \cdot 10^{-3}} = 462 \text{ Н}$$

## **Заключение**

В ходе работы была разработана операционная технология механической обработки детали «Червяк двухзаходный симметричный». Так же выполнен анализ технологичности, выбран способ получения заготовок для данной детали. Далее были рассчитаны предельные значения межоперационных технологических размеров и припусков на обработку, приведено граф-дерево, произведен выбор технологического оснащения производства. Для полноты информации было произведено нормирование. Были рассчитаны оптимальные режимы резания.

Так же спроектировано два специальных приспособления для закрепления детали – две разрезные втулки для фрезерной операции с ЧПУ и последней токарной.

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л61	Алфёровой Эльвире Владимировне

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	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	Примерный бюджет проекта - 120 тыс руб. В реализации проекта задействованы два человека: руководитель, инженер.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Премии 30%; Дополнительная заработная плата 13-15%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30,2%

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Составление таблицы оценочной конкурентоспособности, SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Продолжительность каждого этапа проекта, составление графика Ганта.
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности.

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

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Канд.экон.наук, доцент		29.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Алфёрова Эльвира Владимировна		

### 3.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе работы проводилась технологическая подготовка производства изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный». Объем выпуска продукции составляет 5000 шт. в год. В следствии этого, потенциальными потребителями результатов исследования выступают машиностроительные предприятия, находящиеся в любой области Российской Федерации, оборудование которых позволяет производить обработку металлов. На территории Томской области выделим такие предприятия, как: ООО «Промышленная механика» (конкурент №1), ООО НПО «СибМаш» (конкурент №2).

### 3.2. Анализ конкурентных технических решений

Для достижения поставленной цели необходимо произвести анализ конкурентных технических решений. Для этого составим таблицу, на основе которой дадим оценку конкурентоспособности данной детали.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технологические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
3. Энергоэкономичность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
4. Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
5. Безопасность	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3
7. Простота эксплуатации	0,1	4	3	3	0,4	0,3	0,3

Продолжение таблицы 6

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
2. Цена	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	4	4	2	0,4	0,4	0,2
Итого	1	39	34	31	3,9	3,4	3,1

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum Vi \cdot Bi \quad (3.1)$$

где:

K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

Vi – вес показателя (в долях единицы);

Bi – балл i-го показателя.

Разработка:

$$K = \sum Vi \cdot Bi = 39 \cdot 3,9 = 152,1$$

Конкуренты:

$$K1 = \sum Vi \cdot Bi = 34 \cdot 3,4 = 115,6$$

$$K2 = \sum Vi \cdot Bi = 31 \cdot 3,1 = 96,1$$

Анализ показывает, что деталь конкурентоспособна. Разработанная технология является удобной в эксплуатации и повышает производительность труда. Цена детали, изготовленной по разработанному техпроцессу в рамках допустимой нормы. Разработка выполнялась в соответствии со стандартами ЕСТП.

### 3.3. SWOT-анализ разработки технологического процесса изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный»

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента и представляет собой комплексное исследование технического проекта.

Задача анализа – описать ситуацию, для решения которой нужно принять какое-либо решение.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения.

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 7.

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. При построении интерактивных матриц используются обозначения аналогичные самой матрицы SWOT с дополнением знаков (+, -) для подробного представления наличия возможностей и угроз проекта («+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие). Интерактивные матрицы возможностей и угроз представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 7 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны проекта:</b></p> <p>C1: Высокий уровень заготовительной операции</p> <p>C2: Высокая точность расчетов расхода</p> <p>C3: Большой монтажный период</p> <p>C4: Высококвалифицированный персонал</p> <p>C5: Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиям</p>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b></p> <p>Сл1: Низкий коэффициент использования материала</p> <p>Сл2: Высокая цена материала</p> <p>Сл3: Наличие вращающихся частей станков</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1: Увеличение производительности продукции</p> <p>В2: Автоматизация технологического процесса</p> <p>В3: Снижение затрат на заготовки готовой продукции</p> <p>В4: Снижение затрат на себестоимость продукции</p>	<p>В1С1; C2; C3; C4; C5;</p> <p>В2С1; C2; C4; C5;</p> <p>В3С1; C2;</p> <p>В4С5.</p>	<p>В1Сл1; Сл2;</p> <p>В2Сл2;</p> <p>В4Сл1.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1: Отсутствие спроса на технологии производства</p> <p>У2: Ограничения на экспорт материала</p> <p>У3: Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции</p> <p>У4: Угрозы выхода из строя сложного рабочего органа</p>	<p>У1С1; C5;</p> <p>У3С1;</p> <p>У4С1; C2.</p>	<p>У1Сл1; Сл3;</p> <p>У4Сл1; Сл3.</p>

Таблица 8 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
В1	+	+	+	+	-
В2	+	+	+	+	-
В3	+	+	+	-	+
В4	+	+	+	-	+
Возможности	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	-	-
В1	-	-	-		
В2	-	+	-		
В3	-	-	-		
В4	-	+	-		

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта				
	С1	С2	С3	С4	С5
У1	-	-	-	-	+
У2	-	-	-	-	-
У3	+	-	-	-	-
У4	+	+	-	-	-
Угрозы	Слабые стороны проекта				
	Сл1	Сл2	Сл3	-	-
У1	-	-	+		
У2	-	-	-		
У3	-	-	-		
У4	-	+	-		

При разработке технологического процесса изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный», технолог нацелен на проектирование с возможно большим внедрением сильных сторон. Это влияет, прежде всего, на качество и востребованность продукции.

Несмотря на то, что для данного анализа сильных сторон, не исключен случай, когда какая-либо одна из слабых сторон окажется наиболее сильным фактором, негативно влияющим на разработку технологического процесса изготовления детали, чем все вместе взятые сильные стороны. Для данного случая таким фактором может быть Сл2 - «Высокая цена материала». К примеру, при любом проектировании систем с использованием более простых универсальных электрических и конструктивных систем внутризаводской и внутрицеховой сети всегда будет присутствовать сложность в эксплуатации, ввиду наличия высокой

ответственности и сложности технической системы для персонала и для потребителей. Но именно для этого разрабатываются и совершенствуются разработки универсальных, простых и безопасных систем с использованием автоматизированного управления, что позволит минимизировать влияние слабых сторон.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны проекта:</b>  С1: Высокий уровень заготовительной операции  С2: Высокая точность расчетов расхода  С3: Большой монтажный период  С4: Высококвалифицированный персонал  С5: Низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиям</p>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b>  Сл1: Низкий коэффициент использования материала  Сл2: Высокая цена материала  Сл3: Наличие вращающихся частей станков</p>
<p><b>Возможности:</b>  В1: Увеличение производительности продукции  В2: Автоматизация технологического процесса  В3: Снижение затрат на заготовки готовой продукции  В4: Снижение затрат на себестоимость продукции</p>	<p>При использовании современного оборудования и УП обеспечивается автоматизация процесса, что приводит к уменьшению себестоимости продукции;</p>	<p>Автоматизация техпроцесса приводит к созданию новых конкурентных технологий</p>
<p><b>Угрозы:</b>  У1: Отсутствие спроса на технологии производства  У2: Ограничения на экспорт материала  У3: Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции  У4: Угрозы выхода из строя сложного рабочего органа</p>	<p>Использование современного оборудования побуждает введение дополнительных требований к сертификации продукции</p>	<p>Развитие технологий приводит к введению дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p>

### 3.4. Планирование научно – исследовательских работ

#### 3.4.1. Структуры работ в рамках научного исследования

Организация работ технического проекта осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках технического проектирования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- разработка графика проведения технического проектирования.

В таблице 11 представлен весь перечень этапов и работ выполненных в ходе технического проектирования.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Сбор исходных данных (анализ разрабатываемого технологического процесса изготовления детали)	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Расчет режимов и мощности резания переходов	Инженер
	5	Нормирование технологических операций	Инженер, руководитель
	6	Выбор оборудования	Инженер
Разработка технической документации и проектирование	7	Проектирование оснастки для облегчения изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный»	Инженер, руководитель
Оформление отчета по ВКР	8	Оформление пояснительной записки	Инженер, руководитель
	9	Защита проекта	Инженер, руководитель

### 3.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта. Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в рабочих днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $i$   $t_{ож}$  используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5} \quad (3.2)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $Tp$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$Tpi = \frac{тожи}{Чи} \quad (3.3)$$

где:

$Tpi$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$тожи$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

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

Результаты расчетов продолжительности выполнения работ приведены в таблице 12.

### 3.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал} \quad (3.4)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (3.5)$$

где:  $T_{кал}$  – количество календарных дней в году;

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

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

$$k_{кал} = 1,22$$

Все рассчитанные значения представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожi}$ , чел-дни		Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер				
Составление и утверждение ТЗ	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Сбор исходных данных	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Расчет режимов и мощности резания переходов	-	6	-	10	-	8	-	8	-	10
Нормирование технологических операций	1	12	1	14	1	13	0,5	6,5	1	8
Выбор оборудования	-	2	-	4	-	3	-	3	-	4
Проектирование оснастки	1	12	1	14	1	13	0,5	6,5	1	8
Оформление пояснительной записки	1	5	1	9	1	7	0,5	3,5	1	4
Защита проекта	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1

Таблица 13 – Календарный план-график проведения ВКР

Вид работ	Исполнители	Раб. дни	Продолжительность выполнения работ								
			Март	Апрель			Май			Июнь	
			3	1	2	3	1	2	3	1	
1. Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	1	—								
2. Сбор и изучение литературы	Инженер	8	—								
3. Сбор исходных данных	Инженер	8		—							
4. Расчет режимов и мощности резания переходов	Инженер	8			—						
5. Нормирование технологических операций	Инженер	13			—						
	Руководитель	1				—					
6. Выбор оборудования	Инженер	3					—				
7. Проектирование оснастки	Инженер	13					—				
	Руководитель	1						—			
8. Оформление пояснительной записки	Инженер	7								—	
	Руководитель	2								—	
9. Защита Технического проекта	Инженер	1									—
	Руководитель	1									—

— - руководитель; — - Инженер.

Исходя из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы в разработке проекта: руководитель 6 дней, Инженер 61 день. Общая продолжительность выполнения ВКР составила 67 рабочих дней.

#### **3.4.4. Бюджет научно-исследовательского проекта (НИТ)**

Планирование бюджета позволяет оценить затраты на проведение исследования до его фактического начала и позволяет судить об экономической эффективности работы. В данном разделе подсчитываются следующие статьи расходов:

- материальные затраты;
- амортизационные отчисления;
- полная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

##### **3.4.4.1. Расчет материальных затрат**

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование детали требуют ряд программных продуктов: MicrosoftOffice, КОМПАС, MATLAB и др. Большинство из них предоставляются бесплатно для студентов ТПУ, другие находятся в свободном доступе в сети «Интернет». Таким образом, затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. Для исследований используется персональный компьютер с бесплатным доступом к лицензии КОМПАС.

Расчет материальных затрат приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Материальные затраты.

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество, шт.	Цена, руб
Шариковая ручка	40	2	80
Тетрадь общая, 48 л.	45	2	90
Офисная бумага, упак. 500 листов	370	1	370
<b>Итого:</b>			540

#### 3.4.4.2. Расчет амортизационных отчислений

Написание выпускной квалификационной работы по плану занимает 4 месяца. Для моделирования и проведения расчётов используется персональный компьютер первоначальной стоимостью 45000 рублей. Срок полезного использования для офисной техники составляет от 2 до 3 лет

Норма амортизации  $H_A$  рассчитывается как:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\% \quad (3.6)$$

где  $T$  – срок полезного использования, лет.

Если принять срок полезного использования равным 3 годам, тогда норма амортизации  $H_A$ :

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33,3\% .$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = 45000 * 0,33 = 14850 \text{ руб.}$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_{\text{мес}} = 14850/12 = 1238 \text{ руб.}$$

Итоговая сумма амортизации основных средств:

$$A = 1238 * 4 = 4952 \text{ руб.}$$

### 3.4.4.3. Основная заработная плата исполнителей

В этом разделе включена основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (3.7)$$

где:  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_{\text{р}} \quad (3.8)$$

где:  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

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

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{тс}} + Z_{\text{р.к}}}{F_{\text{д}}} \quad (3.9)$$

где:  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$Z_{\text{допл}}$  – доплаты и надбавки, руб.;

$Z_{\text{р.к}}$  – районная доплата, руб

$F_{\text{д}}$  – количество рабочих дней в месяце, раб. дн.

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 15.

Таблица 15– Расчёт основной заработной платы исполнителей

Исполнители	Оклад	Зарплата месячная, руб	Среднедневная заработная плата в день, руб	Продолжитель ность работ, раб. дн	Основная заработная плата, руб
Руководитель	33 664	33 664	1 603	6	9 618
Инженер	12 664	12 664	603	61	36 783
Итого					46 401

#### 3.4.4.4. Дополнительная заработная плата исполнителей

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

Дополнительная заработная плата, составляет 12-15% от основной и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}} \quad (3.10)$$

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработной плата, руб
Руководитель	0,15	9 618	1 442	11 060
Инженер	0,12	36 783	4 414	41 197
Итого $Z_{\text{доп}}$ , руб		46 401	5 856	52 257

#### 3.4.4.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются: обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам, органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС), страхование от несчастных случаев; от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (3.11)$$

где:  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды  
 $k_{\text{внеб}} = 30,2 \%$  в условиях ТПУ.

Расчет отчислений во внебюджетные фонды представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель	9 618	1 442
Инженер	36 783	4 414
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,2	30,2
Итого:	14 013	1 768

Накладные расходы принимаются в размере 10% от величины всех остальных расходов.

#### 3.4.4.6. Расчет общей стоимости

Определение затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	540
Затраты на амортизацию	4 952
Основная заработная плата	46 401
Дополнительная заработная плата	5 856
Страховые взносы	15 781
Накладные расходы	7 353
Итого	80 883

### 3.5. Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой и ресурсной эффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки находится по формуле:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (3.12)$$

где:  $I_{финр}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный» (базового технологического процесса, применяемого на машиностроительных предприятиях и технологии изготовления, разработанного в рамках данного научного исследования). Экспертная оценка бюджета затрат исполнения технологии составляет 120 000 руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{80\,883}{120\,000} = 0,67$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{120\,000}{120\,000} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное удешевление затрат разработки технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный».

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i \quad (3.13)$$

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

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

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

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный технологический процесс (Исп.1)	Базовый технологический процесс (Исп.2)
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3
Безопасность	0,15	5	4
Энергосбережение	0,2	4	4
Надежность	0,25	4	3
Материалоемкость	0,15	5	4
Итого	1	4,4	3,6

$$I_{p-исп1} = 5 * 0,1 + 4 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,25 + 5 * 0,15 = 4,4$$

$$I_{p-исп2} = 4 * 0,1 + 3 * 0,15 + 4 * 0,15 + 4 * 0,2 + 3 * 0,25 + 4 * 0,15 = 3,6$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Исп $i$ .) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad (3.14) \quad (3.15)$$

$$Исп1 = 4,4 / 0,67 = 6,6$$

$$I_{исп2} = 3,6 / 1 = 3,6$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта таблица 15.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (3.16)$$

$$\mathcal{E}_{ср} = 6,6 / 3,6 = 1,8$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,67	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,6
3	Интегральный показатель эффективности	6,6	3,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,8	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности – разработанный в рамках ВКР по разработке технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный».

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанная технология изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный» требует меньших затрат разработки, энергоэффективна, показывает низкую металлоемкостью и высокую производительностью труда. Это означает, что этот проект конкурентоспособен.

## **Вывод**

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были оценены экономические аспекты разработки технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный».

Выявлены потенциальные потребители, конкуренты технических решений. В роли потребителей выступают машиностроительные предприятия, оборудование которых позволяет производить обработку металлов.

В ходе SWOT-анализа выявлено, что основной угрозой можно обозначить: возможное ведение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.

Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная – 46401 руб., дополнительная – 5856 руб. На втором месте страховые взносы – 15781 руб. Общий бюджет разработки составил 80883 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 61 день.

Так же оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая технология по сравнительному показателю эффективности превосходит аналогичные технологии за счёт меньшей стоимости.

## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л61	Алфёровой Эльви́ре Влади́мировне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<b>Разработка технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочей зоной является помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Объектом исследования является изготовление детали «Червяк двухзаходный симметричный»
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	- Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - Отклонение показателей микроклимата - Превышение уровня шума - Повышенный уровень электромагнитного излучения - Недостаточная освещенность рабочей зоны - Психофизиологические факторы Опасные факторы: - Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Гидросфера: использованная смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки деталей. Атмосфера: загрязнение воздуха. Литосфера: твердые отходы.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: разрушение зданий и сооружений производственного назначения, аварии в системах жизнеобеспечения. Наиболее типичная ЧС: Пожар.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	29.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л61	Алфёрова Эльви́ра Влади́мировна		

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью данной ВКР является проектирование и разработка технологии изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный». Данная деталь применяется в медицинской отрасли, для осуществления механической передачи.

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

При выполнении данной работы рабочими зонами являются: 16 корпус ТПУ. Здесь располагается учебная лаборатория, оснащенная рабочими компьютерами со специализированными программами и механический цех.

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

В соответствии с Трудовым кодексом РФ, законом от 30.12.2001 № 197-ФЗ (редакция от 30.04.2021) нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. Трудовая деятельность в лаборатории относится к категории А – первая категория тяжести .

Рабочее место в лаборатории 16 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место зоны изготовления детали должна быть оснащена необходимыми техническими средствами, в которой осуществляется трудовая деятельность исполнителя или группы исполнителей, совместно выполняющих одну работу или операцию.

## 4.2. Производственная безопасность

### 4.2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Разрабатываемая в процессе выполнения квалификационной работы система подразумевает использование персонального компьютера, токарного и фрезерного станков. Перечень всех опасных и вредных факторов при изготовлении, проектировании и эксплуатации детали приведены ниже в таблице 21.

Таблица 21 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Отладка	Изготовление	
Повышенный уровень электромагнитного излучения	+	+	+	- ГОСТ Р 54148-2010. Воздействие на человека электромагнитных полей от бытовых и аналогичных электрических приборов. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. - ГОСТ 12.1.003-2014. Шум. Общие требования безопасности. - Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда .
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Превышение уровня шума	+	+	+	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	
Психо-физиологические факторы	+	+	+	

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	- ГОСТ 12.1.019-2017. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
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	-	+	+	- Р 2.2.2006-05. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

#### 4.2.1.1. Отклонение показателей микроклимата

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие.

Понижение температуры и повышение скорости движения воздуха способствуют усилению конвективного теплообмена и процесса теплоотдачи при испарении пота, что может привести к переохлаждению организма. Недостаточная влажность воздуха также может оказаться неблагоприятной для человека вследствие интенсивного испарения влаги со слизистых оболочек, их пересыхания и растрескивания, а затем и загрязнение болезнетворными микроорганизмами.

При температуре ниже +16 градусов работники должны получать спецодежду и обувь с теплозащитой и влагозащитой, а также их должны обеспечить помещениями для того, чтобы согреться. Если на рабочем месте

температура выходит за рамки +26 градусов и снизить ее невозможно, работодатель обязан оснастить помещение системой кондиционирования, а работники должны быть обеспечены СИЗ (средствами индивидуальной защиты), способствующими охлаждению.

Отопление корпуса в целом водяное с применением радиаторов, что обеспечивает постоянное и равномерное нагревание воздуха в холодное время года. В рабочем помещении имеется как естественная вентиляция, так и принудительная. Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения.

#### **4.2.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Источниками света могут быть как естественные, так и искусственные объекты. Естественным источником в помещении служит солнце, искусственными являются электрические лампочки. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности и при нарушении других параметров световой среды зрительное восприятие снижается, развивается близорукость, болезнь глаз, появляются головные боли.

По нормативу СНиП 23-05-95\*. освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего оборудования должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

В случаях, при освещенности, не достигающей 300-500 лк, следует пересмотреть проектировку размещения устройств освещения, либо заменить устройства освещения.

#### **4.2.1.3. Повышенный уровень шума**

Источником возникновения данного фактора является работающие оборудование и станки. Воздействием на организм являются заболевания и отклонения состояния здоровья.

Среди многочисленных проявлений неблагоприятного воздействия шума на организм человека выделяются: снижение разборчивости речи, неприятные ощущения, развитие утомления и снижение производительности труда, появление шумовой патологии. Предельно допустимые уровни шума для объектов типа аудитории для теоретических разработок нормируются СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения представлены в табл. 3 (для постоянных шумов).

Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный» не должен превышать 80 дБ. При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ - устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования; изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ - применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

#### **4.2.1.4. Повышенный уровень электромагнитного излучения.**

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет существенную опасность для человека, по сравнению с другими вредными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы). В рассматриваемом случае источником электромагнитного излучения является компьютерная техника. Длительное воздействие интенсивных электромагнитных излучений промышленной частоты может вызывать повышенную утомляемость, появление сердечных болей, нарушение функций центральной нервной системы.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в

таблице 22, в соответствии.

Таблица 22 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряжённость электрического поля	В диапазоне частот	25 В/м
	В диапазоне частот	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот	250 нТл
	В диапазоне частот	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения излучений необходимо выполнить следующее: сертифицировать ПЭВМ (ПК) и аттестовать рабочие места; применить экраны и фильтры; произвести организационно-технические мероприятия.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ устанавливает предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека.

Во время нормального режима работы оборудования опасность поражения электрическим током практически отсутствует, однако существуют аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются: изолирование токоведущих частей, исключающее возможное соприкосновение с ними; установки защитного заземления; наличие общего рубильника; своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

#### **4.2.1.5. Психофизиологические факторы**

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха Р 2.2.2006-05.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности и эмоциональной напряженности на человека:

- Осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;

- Применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы;

- Делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела.

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.

Источником возникновения данного фактора является режущий инструмент, изготовленные детали и отходы. Воздействием на организм являются повреждения конечностей. Для защиты от данного вида повреждений организацией предусмотрены СИЗ (обувь, перчатки), а так же ежедневные проверки по ТБ перед началом работ.

### **4.3. Экологическая безопасность**

В результате изготовления детали «Червяк двухзаходный симметричный», выявлены следующие источники загрязнения окружающей среды: твердые бытовые отходы и отходы при производстве детали.

В данном производстве предполагается использовать метод фильтрации жидких отходов. Загрязнение атмосферы может произойти в результате попадания СОЖ на нагретые поверхности заготовок, а также металлообрабатывающего оборудования. Во избежание проблем, связанных с загрязнением атмосферы можно прибегнуть к методам очистки воздуха. Твердые отходы в виде стружки, снятой с материала заготовки предполагается сдавать в пункты сдачи металлолома, еженедельно.

Возникающие в процессе производства деталей установки твердые бытовые отходы (такие как бумага, орг.техника, светильники) идут на хранение и утилизацию на специальных мусорных полигонах согласно Федеральному закону "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ. Бумага сначала складывается и упаковывается, после отправляется в пункт приема макулатуры, после которого она идет на переработку. Люминесцентные лампы сдаются районные ДЕЗ или РЭУ, которые в дальнейшем утилизируют их. Современная вычислительная техника содержит в себе компоненты, представляющие угрозу как для человека, так и для окружающей среды. В частности, наиболее опасными веществами являются: свинец, ртуть, никель, а также различные щёлочи. Эти вещества поражают нервную систему человека, а также вызывают химические слизистых оболочек и кожных покровов. Поэтому микропроцессорная техника, на основе которой выполнена защита, требует специальных мер по утилизации.

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

В корпусе, где проводились эксперименты, возможен такой вид техногенной чрезвычайной ситуации, как пожар.

Для повышения устойчивости работы экспериментальной установки в ЧС предусмотрена установка источника бесперебойного питания, которое

обеспечивает безопасную остановку работы установки в условиях нарушения электро- и водоснабжения. Также предусматривается формирование запасов медицинских и прочих санитарных средств.

#### **4.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований**

Основную опасность представляет возгорание. Пожар в рабочем помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнём (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся: короткое замыкание; перегрузка проводов; искрение; статическое электричество.

#### **4.4.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС**

В качестве превентивных мер по предотвращению пожаров в помещении используются такие меры как: не менее одного раза за полгода необходимо проводить со всеми работниками противопожарный инструктаж; необходимо проводить обучение всех работников правилам противопожарной безопасности.

В помещениях для оповещения рабочего персонала о наличие ЧС предусмотрено звуковое оповещение, происходящее при срабатывании датчиков на задымление в помещениях.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м.

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для того чтобы чётко обозначить пути эвакуации, эвакуационные выходы, обеспечивающие безопасность процесса организованного

самостоятельного движения людей из помещений, а также указать расположение пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напомнить о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации.

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

1. Использование только исправного оборудования;
2. Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
3. Назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
4. Издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
5. Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
6. Курение в строго отведенном месте;
7. Содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

## **Выводы по разделу**

В данном разделе были рассмотрены вопросы социальной ответственности, к которым относятся профессиональная социальная безопасность, экологическая безопасность, а также безопасность в ЧС и правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности. Следуя указаниям данного раздела, снижаются факторы, вредящие окружающей среде и факторы, которые негативно отражаются на рабочем персонале.

При выполнении данной работы и исследования корпуса, изготавливающего деталь «Червяк двухзаходный симметричный» было выявлено, что 16 корпус ТПУ соответствует всем нормам и правилам законодательства РФ. Но имеется ряд не критических замечаний. По данным замечаниям разработаны предложенные в ВКР корректирующие мероприятия.

Рассмотрели наиболее чрезвычайную ситуацию в корпусе, которая может нанести ущерб жизни человека и порядок действия при этой ЧС.

## Список литературы

1. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф., Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: учебное пособие / В.Ф. Скворцов. – 2-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 91с.
3. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. / Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова – 5 изд., исправл. – М.: Машиностроение – 1, 2003 г. 944с.
4. Баранчиков В.И., Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник. Библиотека технолога / В.И. Баранчиков, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
5. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. Ред. А.А. Панова 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2004. – 784 с.
6. Ансеров М.А., Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции: учебное пособие / М.А. Ансеров. – 3-е изд. – Москва: Изд-во Машиностроение, 1966. – 649с.
7. Справочник нормировщика машиностроителя в 4-х т. / Под ред. А.Д. Гальцов и Р.И. Хисин.
8. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, А.М. Плахов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 11 с. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.

9. Ревкин А.И. Инженерные вопросы радиогигиены при проектировании и эксплуатации источников излучения. – М.: МЭИ, 1987. – 58с.
10. Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. – М., 1996
11. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 2002. – 357с.
12. Федосова В.Д. Расчет искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных задач по курсу «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей. – Томск, ТПУ, 1991. – 25с.
13. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.

# Приложение А

ИШНПТ-3-8/51-01.01.00.01

$\sqrt{2,5(\sqrt)}$

Перв. примен.

Справ. №

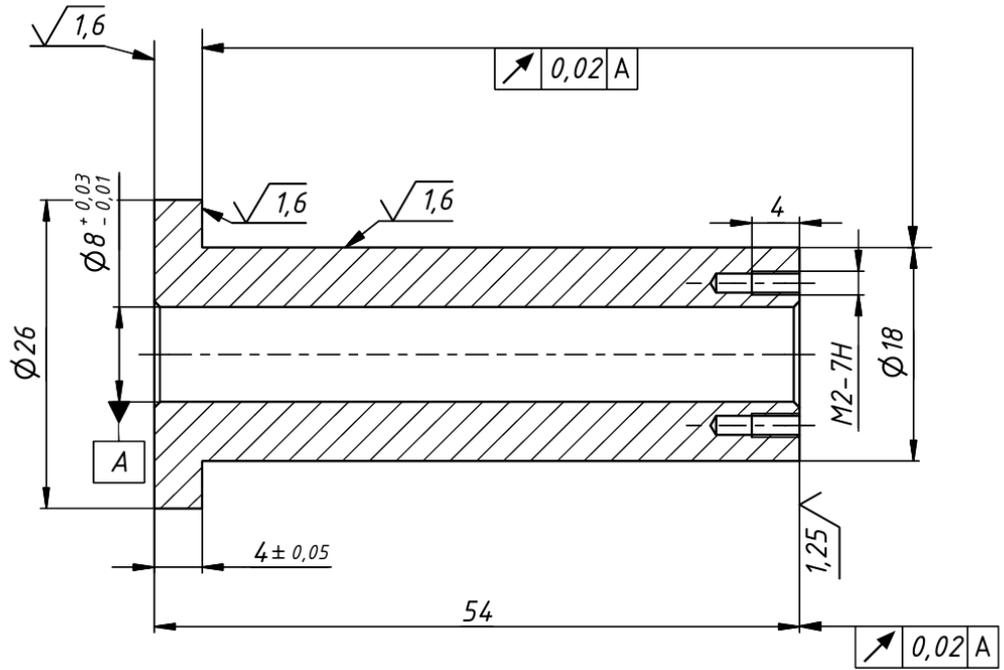
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



1. Н14, h14, ±IT14/2;
2. 42...47 HRCэ.

ИШНПТ-3-8/51-01.01.00.01

Втулка

65Г ГОСТ 14959-79

Лит.	Масса	Масштаб
	0,0	2:1
Лист		Листов 1

ТПУ ИШНПТ  
Группа 3-8/61

Копировал

Формат А4

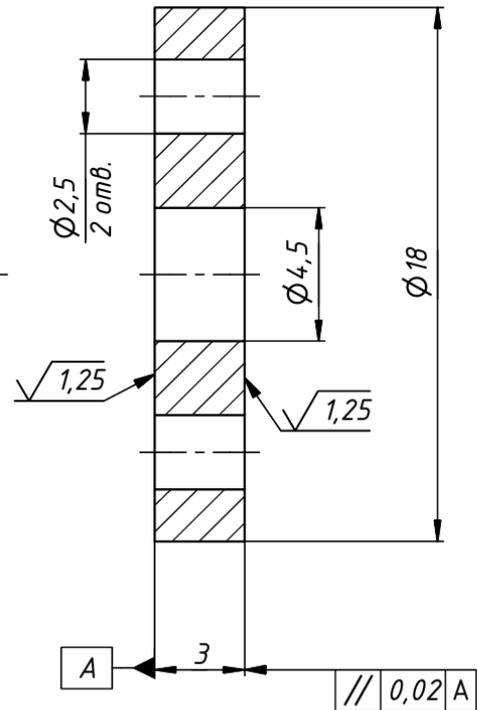
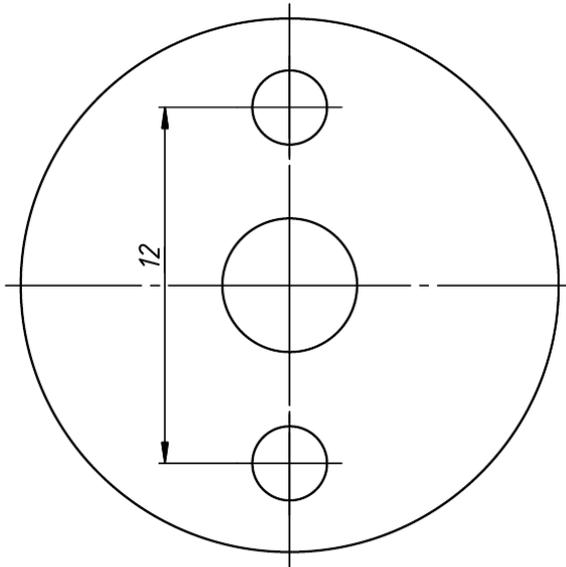
## Приложение Б

ИШНПТ-3-8/51-01.01.00.02

$\sqrt{2,5}(\sqrt{1})$

Перв. примен.

Справ. №



1. H14, h14, ±IT14/2.

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Алферова Э.В.		
Пров.		Арлянов А.Ю.		
Т. контр.				
Нач. отд.				
Н. контр.				
Утв.				

ИШНПТ-3-8/51-01.01.00.02

Шаўда

Сталь 40X ГОСТ 4543-71

Лист	Масса	Масштаб
	0,0	5:1
Лист		Листов 1
ТПУ ИШНПТ		Группа 3-8/61

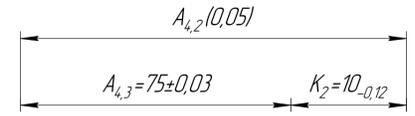
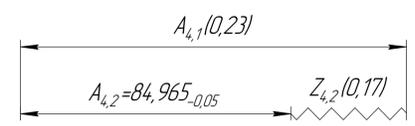
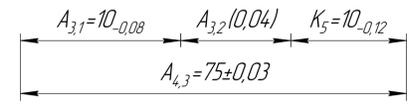
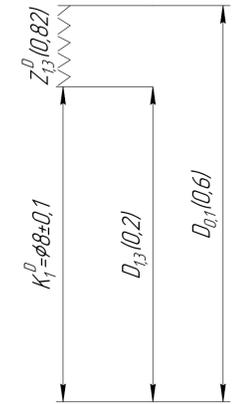
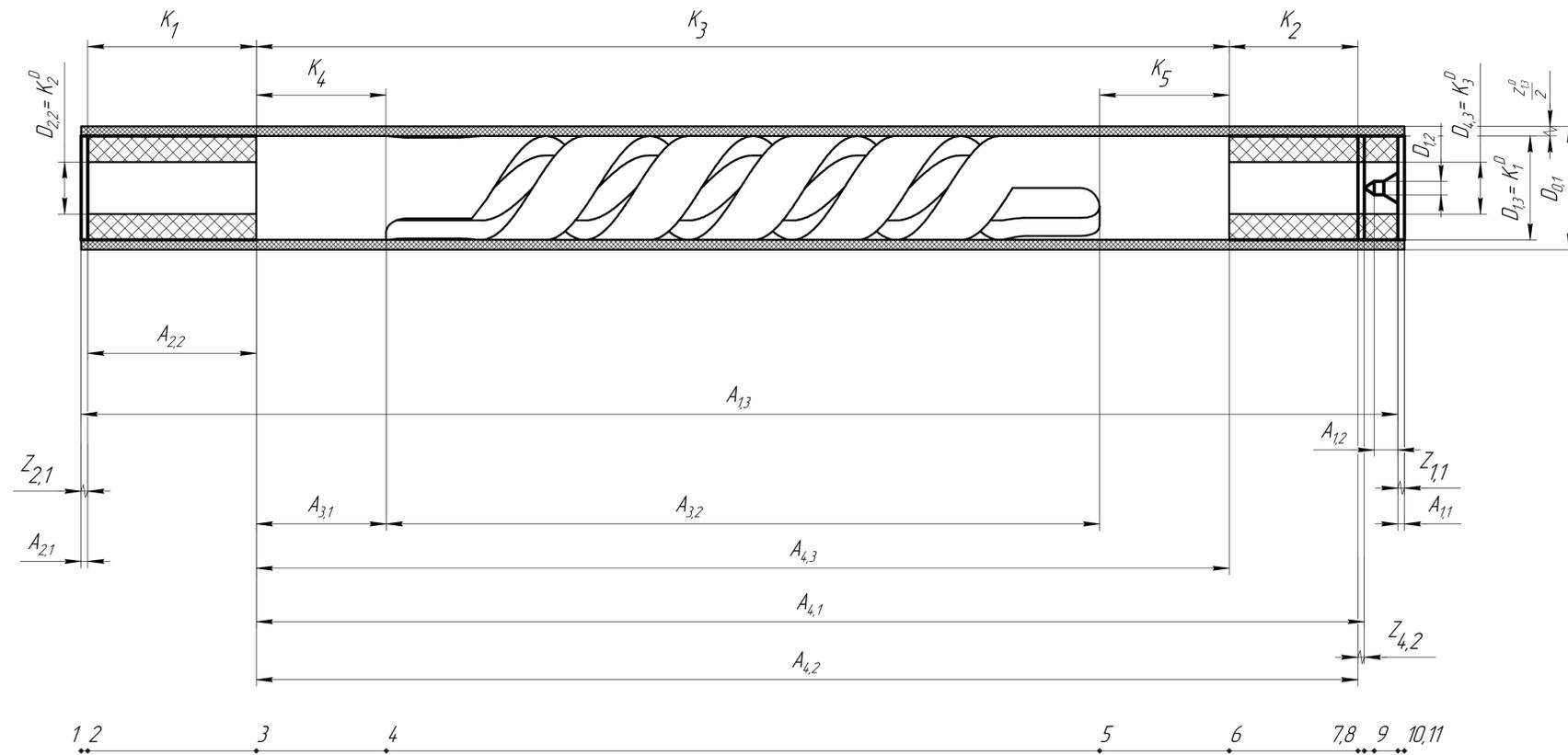
Копировал

Формат А4

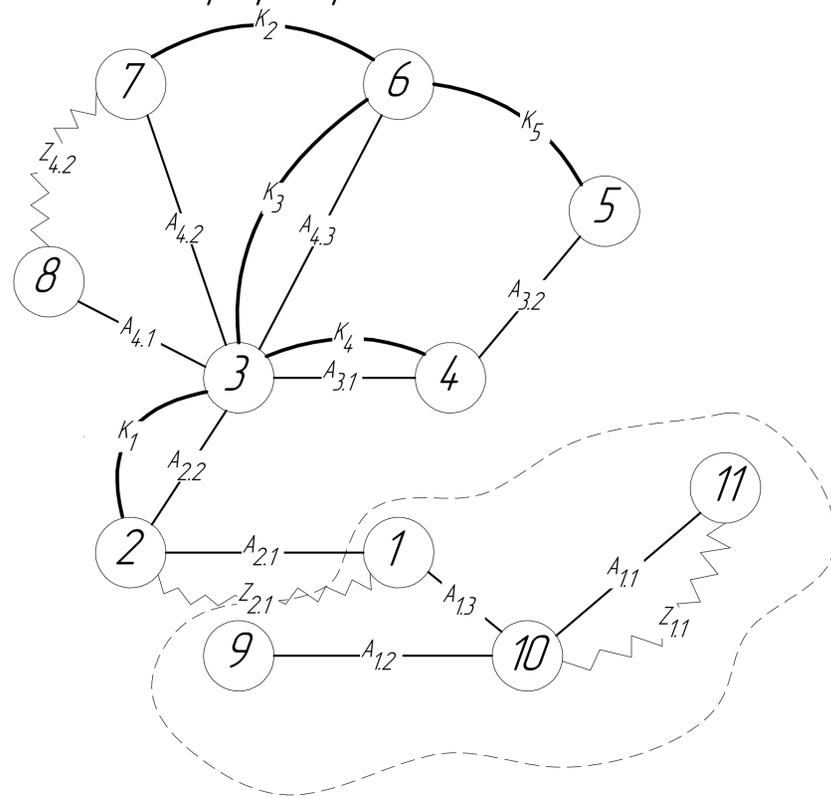
## Приложение В



## Приложение Г



Граф-дерево



				ИШНПТ-3-8/151-0100.00		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Размерный анализ	
Разработ.	Александр ЗВ				Лист	Листов 1
Проб.	Артемьев А.Ю.				ТПУ ИШНПТ	
Т.контр.					Группа 3-8/161	
Исполн.					Формат А1	
Утв.					Копирован	

Лист № 001  
Лист № 002  
Лист № 003  
Лист № 004  
Лист № 005  
Лист № 006  
Лист № 007  
Лист № 008  
Лист № 009  
Лист № 010  
Лист № 011  
Лист № 012  
Лист № 013  
Лист № 014  
Лист № 015  
Лист № 016  
Лист № 017  
Лист № 018  
Лист № 019  
Лист № 020  
Лист № 021  
Лист № 022  
Лист № 023  
Лист № 024  
Лист № 025  
Лист № 026  
Лист № 027  
Лист № 028  
Лист № 029  
Лист № 030  
Лист № 031  
Лист № 032  
Лист № 033  
Лист № 034  
Лист № 035  
Лист № 036  
Лист № 037  
Лист № 038  
Лист № 039  
Лист № 040  
Лист № 041  
Лист № 042  
Лист № 043  
Лист № 044  
Лист № 045  
Лист № 046  
Лист № 047  
Лист № 048  
Лист № 049  
Лист № 050  
Лист № 051  
Лист № 052  
Лист № 053  
Лист № 054  
Лист № 055  
Лист № 056  
Лист № 057  
Лист № 058  
Лист № 059  
Лист № 060  
Лист № 061  
Лист № 062  
Лист № 063  
Лист № 064  
Лист № 065  
Лист № 066  
Лист № 067  
Лист № 068  
Лист № 069  
Лист № 070  
Лист № 071  
Лист № 072  
Лист № 073  
Лист № 074  
Лист № 075  
Лист № 076  
Лист № 077  
Лист № 078  
Лист № 079  
Лист № 080  
Лист № 081  
Лист № 082  
Лист № 083  
Лист № 084  
Лист № 085  
Лист № 086  
Лист № 087  
Лист № 088  
Лист № 089  
Лист № 090  
Лист № 091  
Лист № 092  
Лист № 093  
Лист № 094  
Лист № 095  
Лист № 096  
Лист № 097  
Лист № 098  
Лист № 099  
Лист № 100