



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

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки - 15.03.01 Машиностроение
Отделение - Отделение машиностроения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка технологии изготовления детали «Вал ведущий»

УДК 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Колчеданцев Виталий Викторович		07.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОМШ ИШНПТ	Цыганков Роман Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Антоневич Ольга Алексеевна	к. б. н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Клемашева Елена Игоревна	к. э. н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМШ ИШНПТ	Ефременков Егор Алексеевич	к. т. н.		

Таблица 1 - Планируемые результаты обучения

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Умеет использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ОПК(У)-2	Осознает сущности и значения информации в развитии современного общества
ОПК(У)-3	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации
ОПК(У)-4	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ДОПК(У)-1	Способен разрабатывать и оформлять конструкторскую документацию в соответствии со стандартами и с учетом технических и эксплуатационных характеристик деталей и узлов изделий
Профессиональные компетенции	

ПК(У)-1	Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления; умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий
ПК(У)-2	Способен разрабатывать технологическую и производственную документацию с использованием современных инструментальных средств
ПК(У)-3	Способен обеспечивать техническое оснащение рабочих мест с размещением технологического оборудования; умением осваивать вводимое оборудование
ПК(У)-4	Способен участвовать в работах по доводке и освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции, проверять качество монтажа и наладки при испытаниях и сдаче в эксплуатацию новых образцов изделий, узлов и деталей выпускаемой продукции
ПК(У)-5	Умеет проверять техническое состояние и остаточный ресурс технологического оборудования, организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт оборудования
ПК(У)-6	Умеет проводить мероприятия по профилактике производственного травматизма и профессиональных заболеваний, контролировать соблюдение экологической безопасности проводимых работ
ПК(У)-7	Умеет выбирать основные и вспомогательные материалы и способы реализации основных технологических процессов и применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения
ПК(У)-8	Умеет применять методы стандартных испытаний по определению физико- механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий
ПК(У)-9	Способен к метрологическому обеспечению технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции
ПК(У)-10	Умеет учитывать технические и эксплуатационные параметры деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании
ПК(У)-11	Умеет использовать стандартные средства автоматизации при проектировании деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями
ПК(У)-12	Способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам



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

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

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
З-4А7Б	Колчеданцев Виталий Викторович

Тема работы:

Разработка технологии изготовления детали «Вал ведущий»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чертеж детали 2. Производственная программа выпуска детали – 1000 шт/год.
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологическая подготовка производства детали на станках с ЧПУ 2. Социальная ответственность 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Чертеж детали 2. Чертеж специального приспособления 3. Спецификация к специальному приспособлению
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
«Социальная ответственность»	Антоневич О.А.
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Клемашева Е.И.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
-	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОМШ ИШНПТ	Цыганков Роман Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-4А7Б	Колчеданцев Виталий Викторович		

Реферат

Данная выпускная квалификационная работа на тему: разработка технологии изготовления детали «Вал ведущий». Работа включает в себя 102 страницы, приложения 6 страниц.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ВАЛ, МАРШРУТ, ТЕРМООБРАБОТКА, СРЕДНЕСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, БАЗИРОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ТОКАРНАЯ, ФРЕЗЕРНАЯ, ШЛИФОВАНИЕ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА, СТАЛЬ.

Целью данной выпускной работы является максимально эффективная технологическая подготовка крупносерийного производства деталей “Вал” на станках с ЧПУ.

В разделе “Социальная ответственность” рассматривается обеспечение безопасности на производстве, вредные и опасные факторы, экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях. Прописываются меры по пресечению вышеперечисленных проблем.

В разделе “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение” приводится оценка потенциала, анализ конкурентов, расчет графика работ и бюджета на проектирование с использованием технологий QuaD, SWOT и графика Ганта.

Содержание

Введение.....	9
1.Проектирование технологии изготовления детали «Вал».....	11
1.1.Назначение и конструкция детали.....	11
1.2.Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа.....	11
1.3.Определение типа производства	15
1.4.Выбор заготовки	18
1.5.Маршрут обработки.....	19
1.6.Размерный анализ спроектированного техпроцесса	20
1.7.Расчет режимов резания	22
1.8. Подбор оборудовани.....	42
1.9.Выбор оборудования и технологической оснастки	50
1.10.Расчет нормы времени	52
2.Проектирование специального станочного приспособления	64
Заключение	66
3. Социальная ответственность.....	69
Введение.....	69
3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	70
3.2. Производственная безопасность.....	71
3.2.1. Отклонение показателей микроклимата.....	72
3.2.2. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	73
3.2.3. Превышение уровня шума.....	73
3.2.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	74
3.2.5. 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.....	75
3.2.6. Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги.....	76

3.2.7. Повышенный уровень вибрации.....	76
3.2.8. Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой.....	77
3.3. Экологическая безопасность.....	78
3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
Заключение.....	81
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность	
и ресурсосбережение.....	83
Введение.....	83
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	84
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	84
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	84
4.2. SWOT-анализ.....	85
4.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	88
4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	88
4.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	89
4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	90
4.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	93
4.4.1. Расчет затрат на специальное оборудование.....	93
4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы.....	94
4.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	95
4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)	96
4.4.5. Накладные расходы.....	97
4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	97
4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования.....	98
Заключение.....	101
Список литературы.....	102
Приложение А	103
Приложение Б.....	105
Приложение В.....	108

Введение

Для обеспечения конкурентоспособности продукции машиностроительных предприятий необходимо повышать качество и производительность машин без существенного повышения их стоимости. Эту задачу невозможно решить только с помощью конструктивных новшеств, без серьёзной технологической подготовки производства на основе новейших технологических решений, использующих новые материалы, технологическую оснастку, оборудование.

Применение новых технологий, сочетающих использование прогрессивных, высокоточных методов обработки с энергосбережением, экологичностью и безопасностью, высокопроизводительного технологического оборудования, оснащённого системами управления с элементами искусственного интеллекта, переналаживаемой автоматизированной технологической оснастки позволяет достигать существенного повышения производительности труда и качества изготавливаемых изделий.

Современные требования к точности деталей машин и приборов, качеству их поверхностей, точности сборки столь высоки, что их достижение невозможно без применения научных достижений.

Сочетание гибкости с высокой производительностью и качеством достигается в современном производстве при помощи автоматизированных гибких производственных систем, а сокращение трудоёмкости и продолжительности подготовки производства при помощи систем автоматизированного проектирования.

Предмет исследования: проектирование технологии изготовления.

Объект исследования: деталь «Вал».

Целью работы является проектирование технологии изготовления детали «Вал».

Задачи исследования:

- анализ технологичности;
- разработка технологического маршрута изготовления детали;
- выбор средств технологического оснащения, инструментов, расчет минимальных припусков, расчет режимов обработки.

1. Проектирование технологии изготовления детали «Вал»

1.1. Назначение и конструкция детали

Вал - деталь машин, предназначенная для передачи крутящего момента и восприятия действующих сил со стороны расположенных на нём деталей и опор [1].

1.2. Анализ технологичности конструкции детали и технологический контроль чертежа

Разработка ТП выполняется для изделий, конструкции которых отработаны 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 точности размеров изготавливаемой детали зависит выбор рабочих. В зависимости от материала выбирается способ получения заготовки, её вид (прокат, штамповка поковка, и т.д.), режимы резания, материал инструмента.

При проектировании изделий, обрабатываемых резанием, необходимо учитывать также следующие факторы: обрабатываемость стали зависит от её состава, т.е. содержания углерода и легирующих элементов [2].

В качестве технологических баз будем использовать центровые отверстия, которые дают возможность обработать практически все наружные поверхности вала на одних базах с помощью установки в зубчатом поводковом центре. Так как технологические базы совпадают с конструкторскими базами, у нас не будет возникать погрешности базирования. Но при размерном анализе конструкторские размеры могут и не совпадать с технологическими, что вызовет ужесточение допусков на некоторые размеры.

Требования к шероховатости поверхностей вала средние. Есть поверхности с высокими требованиями при обработке которых усложняется

технологический процесс, увеличивает номенклатуру обрабатываемого инструмента, но есть и с довольно низкими, обработка которых не требует больших затрат времени и высокой трудоемкости.

Наружные поверхности детали имеют открытую форму, что обеспечивает обработку на проход и свободный доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям. Не удобными для обработки могут оказаться радиусные канавки, которые нужны для выхода шлифовального круга. Анализируя данную деталь с точки зрения технологичности ее изготовления можно отметить ряд положительных факторов:

1. При отсутствии норм на конструктивные элементы, их размеры назначены в соответствии со стандартизированным чертежом;

2. Габаритные размеры детали и точности обработки его поверхностей обеспечиваются возможностями токарных станков.

3. Конструкция детали позволяет обеспечивать свободный подвод и отвод режущего инструмента;

4. Материал хорошо поддается механической обработке;

5. Конструкция детали позволяет выполнять частичную обработку на станках с ЧПУ;

6. Конфигурация детали достаточно жесткая.

Отрицательными с точки зрения технологичности следует считать следующие факторы:

1. наличие у детали поверхностей, выполняемых по 6-му качеству;

2. наличие шероховатости $Ra = 0,8$ мкм.

3. сложная форма детали, требующая большого количества операций и установок.

Также необходимо отметить основные требования, предъявляемые к детали: отклонения для неуказанных размеров: для отверстий по H14, для валов по h14, для остальных размеров по $\pm IT14/2$.

При конструкции отдельных деталей необходимо достичь удовлетворения не только эксплуатационных требований, но также требований наиболее рационального и экономичного изготовления изделия.

Технологичной считается такая конструкция детали, которая позволяет изготавливать деталь наиболее рациональным и экономичным способом. Основными критериями технологичности являются трудоемкость и себестоимость изготовления детали. Чем меньше трудоемкость и себестоимость изготовления детали, тем больше экономичность.

Таблица 2 - Анализ технологичности конструкции детали «Вал»

Показатели технологичности	Требование технологичности	Анализ ТКД по чертежу	Заключение по технологичности
1	2	3	4
1. Обрабатываемые поверхности	Должны быть взаимно параллельны или взаимно перпендикулярны	Поверхности взаимно параллельны или взаимно перпендикулярны	Т
2. Обрабатываемые поверхности	Должны быть сквозными без внутренних канавок и выточек	Сквозные отверстия отсутствуют	Т
3. Расстояние между осями отверстий	Должны быть не менее 25 мм, что позволяет применять многошпиндельные сверлильные станки	Отсутствует	Т
4. Расположение пазов	Должны быть доступны для обработки на металлорежущих станках	Пазы доступны для обработки	Т

5. Наличие обработки по месту	Обработка по месту должна отсутствовать в конструкции детали	Обработка по месту отсутствует в конструкции детали	Т
6. Соответствие точности и шероховатости поверхности	Точные по размерам поверхности должны иметь соответствующие параметры шероховатости	Точные поверхности не соответствуют параметрам шероховатости	Н
7. Размеры конструкторских баз	Должны иметь размеры по типовым правилам базирования	Имеют размеры по типовым правилам базирования	Н
8. Методы обработки	Конструкция детали должна быть такой, что при ее изготовлении можно было применять высокопроизводительные методы обработки	Возможно применение высокопроизводительных методов обработки	Т

Таблица 3 - Анализ технологичности конструкции детали по соответствию возможности выполнения принципа постоянства баз

№ поверхности	Наименование поверхностей, используемых в качестве баз	Выполняемые технологические операции	Количество используемых баз
3	Наружная поверхность	1. Подрезка торца 2. Черновая, чистовая и тонкая обточка	1

		цилиндрических поверхностей 3. Отрезка	
3 и 1	Наружная поверхность (двойная направляющая база) и торец (опорная база)	Фрезерование паза	1
3 и 1	Наружная поверхность (двойная направляющая база) и торец (опорная база)	Фрезерование лыски	1
Итого	3		

Вывод:

Технологичность конструкции детали удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к изделию. Вышеприведенный анализ показал, что деталь в целом технологична.

1.3. Определение типа производства

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108-74 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования. Тип производства определяется коэффициентом [3]:

$$K_3 = \frac{Q}{PM}$$

где Q - число различных операций;

PM - число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Так как на данном этапе неизвестны вышеуказанные показатели для расчета, то для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем и массу детали.

Так как масса детали – 8,52 кг, а программа выпуска деталей в год - 1000 шт., то типа производства - среднесерийное.

Среднесерийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно небольшим объемом выпуска. При серийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными сборочными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления детали. В серийном производстве технологический процесс изготовления детали преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

Объем выпуска характеризует примерное количество машин, сборочных единиц, деталей, заготовок подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, квартал, месяц).

Годовой объем выпуска деталей «Вал» можно определить по формуле, шт.:

$$ND = NCE \cdot n \cdot \left(1 + \frac{\beta}{100}\right)$$

где NCE = 1000 – годовой объём выпуска

n = 1 – количество деталей «Вал» в СЕ;

β = 0% – процент запасных деталей.

$$ND = 1000 \cdot 1 \cdot \left(1 + \frac{0}{100}\right) = 1000$$

Принимаем ND = 1000 шт.

Такт выпуска деталей можно определить по формуле, мин:

$$\tau_{В.Д.} = \frac{F_{Д*60}}{ND}$$

где $F_D = 2010$ ч – действительный годовой фонд времени работы оборудования в часах

$$\tau_{В.Д.} = \frac{2010 \cdot 60}{1000} = 120,6$$

Приближенно коэффициент закрепления операций можно вычислить по формуле:

$$КЗО = \frac{\tau_{В.Д.}}{t_{шт.ср}}$$

где $t_{шт.ср.}$ – среднее штучное время.

По заводскому технологическому процессу для операций механической обработки:

$$t_{шт.ср.} = 10,8 \text{ мин}$$

$$КЗО = 120,6 / 10,8 = 11,2$$

Согласно рекомендациям, ГОСТ 3.1108 – 74, $КЗО = 10 \dots 20$ соответствует среднесерийному типу производства. В связи с этим определяем тип производства как среднесерийный, который характеризуется достаточно большим объёмом выпуска с широкой номенклатурой изделий, изготавливаемых повторяющимися партиями, что вызывает необходимость применения оборудования с высокой степенью механизации и автоматизации, но обладающего гибкостью, применения специальной технологической оснастки. Размер партии деталей можно определить по формуле, шт.:

$$n_D = \frac{N \cdot t}{\Phi}$$

где $t = 21$ день – срок, в течение которого должен храниться на складе запас деталей;

$\Phi = 250$ дней – число рабочих дней в году.

$$n_D = \frac{1000 \cdot 21}{250} = 84$$

Принимаем размер партии деталей $n_D = 84$ шт. Число запусков деталей в месяц:

$$i_{расч} = \frac{N_D}{12 \cdot n_D},$$

$$i_{\text{расч}} = \frac{1000}{12 \cdot 84} = 0,99$$

Принимаем число запусков изделий в месяц $i = 1$.

1.4. Выбор заготовки

Так как деталь не имеет значительных перепадов наружных поверхностей, то выгоднее всего будет использовать в качестве заготовки прокат, т.к. это исключает затраты на изготовление поковки или отливки.

Характеристика заготовки из проката:

- вид заготовки - прокат обычной точности, горячекатаный по ГОСТ 2590-71;

- качество точности по ГОСТ 25346-89 - JT14;

- шероховатость поверхностей заготовки в соответствии с ГОСТ 2789-73 $Ra = 20$ мкм.

Величина припусков на механическую обработку:

- поверхность $\varnothing 60$ - 5 мм;

- масса детали: 8,52 кг;

- масса заготовки: 15 кг;

- коэффициент использования основного материала заготовки: $8,52/15=0,568$.

Стоимость получения заготовки методом проката $S_{\text{п}}$ определяется по формуле, руб.:

$$S_{\text{п}} = m_{\text{з}} \cdot S - (m_{\text{з}} - m_{\text{д}}) \cdot S_{\text{отх}}/1000,$$

где S - стоимость получения 1 кг заготовки методом проката, $S = 17$ руб/кг;

$S_{\text{отх}}$ - стоимость 1 тонны отходов, $S_{\text{отх}} = 6000$ руб/т;

$$S_{\text{п}} = 15 \cdot 17 - (15 - 8,52) \cdot 6000/1000 = 216,12.$$

Таблица 4 - Техничко-экономические показатели изготовления заготовки для детали

Показатели	Прокат обычной точности, горячекатаный по ГОСТ 2590-71
1. Масса детали	8,52 кг

2. Масса заготовки	15 кг
3. Качество точности по ГОСТ 25346-89	IT14
4. Шероховатость поверхностей по ГОСТ 2789-73, Ra, мкм	3,2
5. Коэффициент использования материала	0,568
6. Стоимость одной детали	216,12

Таким образом, была составлена таблица показателей изготовления заготовки для детали «Вал».

1.5. Маршрут обработки

Технологический процесс изготовления детали «Вал» разработан на основе высокопроизводительных методов обработки. Этот метод обеспечивает изготовление детали в соответствии с требованиями рабочего чертежа при сохранении высокой производительности.

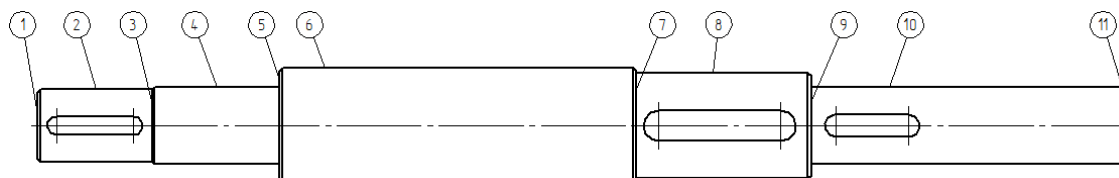


Рисунок 1 - Нумерация поверхностей детали

Таблица 5 - Назначение методов обработки поверхностей

№ поверхности	Вид поверхности	Качество точности	Шероховатость Ra, мкм	Метод обработки
1	Торец	11	3,2	Точение (отрезка)
2	Цилиндрическая	9	1,6	Точение
3	Торец	12	3,2	Точение (подрезка)
4	Цилиндрическая	6	0,8	Точение

5	Торец	12	3,2	Точение (подрезка)
6	Цилиндрическая	12	3,2	Точение
7	Торец	12	3,2	Точение (подрезка)
8	Плоская	9	3,2	Фрезерование
9	Плоская	9	3,2	Фрезерование
10	Плоская	9	3,2	Фрезерование

1.6. Размерный анализ спроектированного техпроцесса

Размерный анализ чертежа детали начинаем с создания совмещенного технологического эскиза, представленного на рисунке 2.

Далее проставляются размеры основной рабочей поверхности детали.

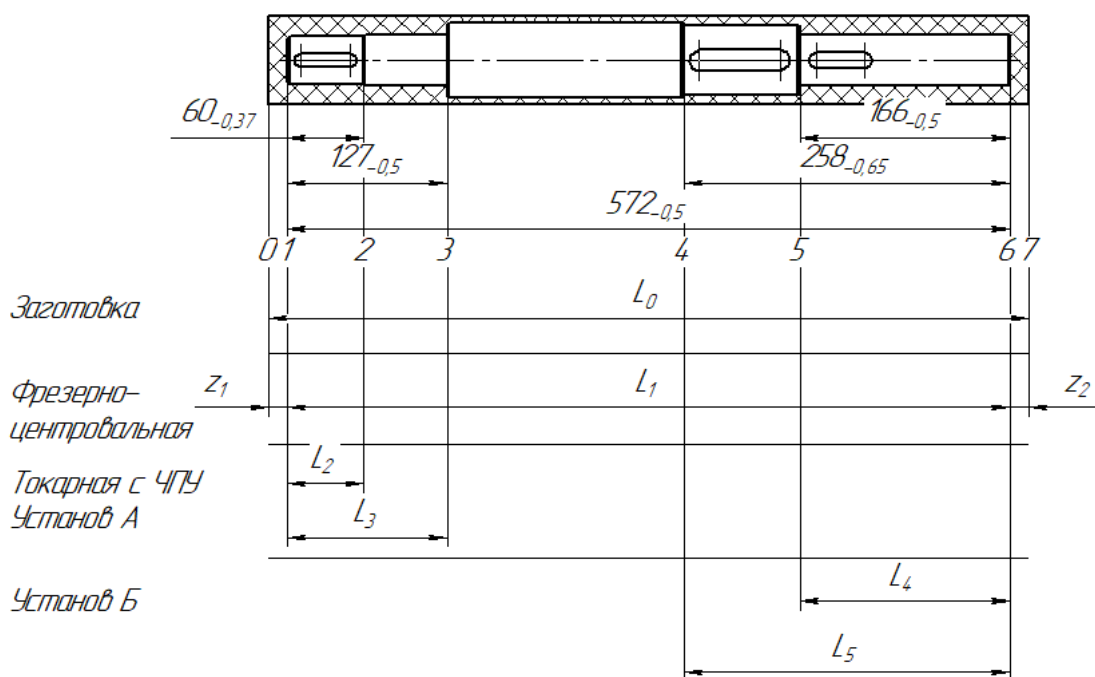


Рисунок 2 - Совмещенный технологический эскиз

Выполняется построение размерных графов на рисунке 3.

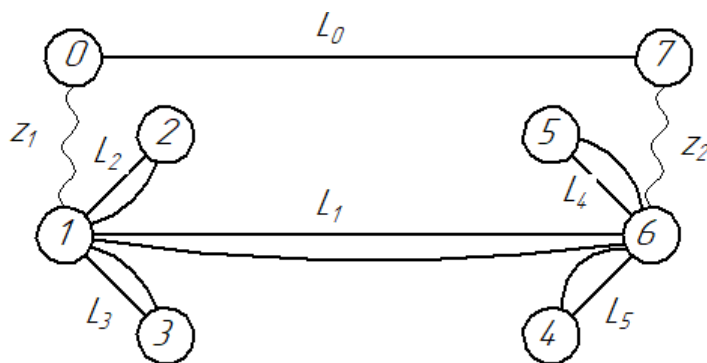


Рисунок 3 - Граф конструкторских и технологических размеров

Составим размерные уравнения. Сперва те, в которых технологические и конструкторские размеры совпадают:

$$L_1 = 572_{-0,5};$$

$$L_2 = 60_{-0,37};$$

$$L_3 = 127_{-0,5};$$

$$L_4 = 166_{-0,5};$$

$$L_5 = 258_{-0,65}.$$

И уравнения с неизвестными припусками:

$$L_0 = L_1 + z_1 + z_2.$$

Определяем минимальное значение припуска по формуле:

$$L_{0min} = L_{1min} + z_{1min} + z_{2min}.$$

Длина заготовки равна:

$$L_0 = 580_{-2,5};$$

$$z_{1min} = z_{2min} = \frac{L_{0min} - L_{1min}}{2} = \frac{577,5 - 571,5}{2} = 3 \text{ мм};$$

$$z_{1max} = z_{2max} = \frac{580 - 572}{2} = 4 \text{ мм}.$$

Таким образом, $z_1 = z_2 = 3^{+1}$ мм.

При построении размерного анализа определили технологические размеры и допуски на них для каждого технологического перехода, определили продольные отклонения размеров и припусков и расчет размеров заготовки, определили последовательность обработки отдельных поверхностей детали, обеспечивающих требуемую точность размеров.

1.7. Расчет режимов резания

В основе назначения режимов резания лежит определение глубины, подачи и скорости резания, при которых будет обеспечена наиболее экономичная и производительная обработка поверхности по точности и шероховатости обработанной поверхности [4].

Для начала необходимо подобрать глубину резания, затем максимально допустимая подача, а потом определяется скорость резания. Такой порядок выбора элементов режима резания определяется тем, что на количество выделяемого при резании тепла, а, следовательно, на износ и стойкость резца глубина резания влияет в наименьшей, а подача и особенно скорость резания – в наибольшей степени.

Операция 005. Заготовительная.

1. Отрезание заготовки:

1) Отрезание заготовки будет производиться дисковыми пилами.

2) Назначаем подачу на зуб s_z :

$$s_z = 0,05 \text{ мм.}$$

3) Назначаем скорость резания v :

$$v = 20 \text{ м/мин.}$$

Операция 010. Фрезерно – центровальная.

1. Фрезерование торцев 1 и 2:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ 26595-85:

Фреза 2214-0353 торцевая с твердосплавными пластинами T15K6.

2) Назначаем глубину фрезерования $t = 4$ мм и ширину фрезерования

$$B = 65 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$$s_z = 0,15 \text{ мм.}$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right],$$

где T – период стойкости инструмента, мин;

m, x, y –показатели степени;

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ –произведение ряда коэффициентов;

$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ –поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала;

K_r –коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

n_v –показатель степени;

K_{pv} –коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{iv} –коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{620} \right)^1 = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,85;$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1,02;$$

$$C_v = 332;$$

$$m = 0,2;$$

$$x = 0,1;$$

$$y = 0,4;$$

$$u = 0,2;$$

$$p = 0;$$

$$D = 65 \text{ мм} = 0,065 \text{ м};$$

$$q = 0,2;$$

$$z = 5;$$

$$T = 180 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{332 \cdot 65^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 65^{0,2} \cdot 5^0} \cdot 1,02 \cdot 0,93 = 207,3 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 1320 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мп}}, [\text{Н}],$$

где $K_{\text{мп}}$ – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 825;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$q = 1,3;$$

$$w = 0,2;$$

$$n = 1,1;$$

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,3} = 0,827;$$

$$n = 1015 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4^1 \cdot 65^{1,1} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 5}{65^{1,3} \cdot 1015^{0,2}} \cdot 0,827 = 4306,4 \text{ Н.}$$

6) Рассчитываем крутящий момент на шпинделе $M_{\text{кр}}$:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, [\text{Н} \cdot \text{м}];$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{4306,4 \cdot 65}{2 \cdot 100} = 1399,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Рассчитываем мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{4306,4 \cdot 207,3}{1020 \cdot 60} = 14,6 \text{ кВт}.$$

2. Сверление центровых отверстий:

1) Назначаем тип сверла и режущий материал по ГОСТ 14952-75:

Сверло 2317-0109 центровочное комбинированное, материал Р6М5.

2) Рассчитываем глубину резания t :

$$t = 0,5D, [\text{мм}];$$

$$t = 0,5 \cdot 6,3 = 3,15 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 0,3 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv}$ – общий поправочный коэффициент;

K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_{lv} = 1;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2;$$

$$C_v = 14,7;$$

$$q = 0,25;$$

$$y = 0,55;$$

$$m = 0,125;$$

$$T = 25 \text{ мин};$$

$$v = \frac{14,7 \cdot 6,3^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,3^{0,7}} \cdot 1,2 = 45 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 2474,8 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем крутящий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q S^y K_p, [\text{Н} \cdot \text{м}].$$

где $K_p = K_{mp}$ – коэффициент, учитывающий фактические условия обработки.

Для нашего случая:

$$C_M = 0,0345;$$

$$q = 2;$$

$$y = 0,8;$$

$$K_p = 0,827;$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,827 = 4,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

б) Рассчитываем осевую силу P_O ;

$$P_O = 10C_p D^q s^y K_p, [\text{Н} \cdot \text{м}].$$

Для нашего случая:

$$C_p = 68;$$

$$q = 1;$$

$$y = 0,7;$$

$$K_p = 0,827;$$

$$P_O = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^1 \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,827 = 1523,4 \text{ Н}.$$

7) Рассчитываем мощность резания N_E ;

$$N_E = \frac{M_{кр} n}{9750}, [\text{кВт}];$$

где частота вращения инструмента $n = \frac{1000v}{\pi D}$, [об/мин].

Для нашего случая:

$$n = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 6,3} = 2274,8 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$N_E = \frac{4,3 \cdot 2274,8}{9750} = 1,003 \text{ кВт}.$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 1:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм}.$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 2,754 = 312,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 1658 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_p = K_{mp} K_{fp} K_{gp} K_{lp} K_{rp}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{620}{750} \right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{fp} = 1;$$

$$K_{gp} = 1;$$

$$K_{lp} = 1;$$

$$K_{rp} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 312,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1047 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{1047 \cdot 312,6}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

2. Точение поверхности 2:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t:

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s:

$$s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 2,754 = 110 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 2488 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_v = K_{\text{мр}}K_{\text{фр}}K_{\text{гр}}K_{\text{лр}}K_{\text{рр}}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 312,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1047 \text{ Н.}$$

6) Рассчитываем мощность резания N :

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{1047 \cdot 312,6}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

3. Точение поверхности 3:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18878-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 2,754 = 312,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 2619 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10 C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_p = K_{mp} K_{fp} K_{gp} K_{lp} K_{rp}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 312,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1047 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{1047 \cdot 281,6}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

Операция 020. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 4:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv}K_{pv}K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 2,754 = 312,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}};$$

$$n = 1809 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_v = K_{mr}K_{fr}K_{gr}K_{lr}K_{rr}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{mr} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{fr} = 1;$$

$$K_{gr} = 1;$$

$$K_{lr} = 1;$$

$$K_{rr} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 312,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1047 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{1047 \cdot 312,6}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

2. Точение поверхности 5:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 1 \text{ мм.}$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 243;$$

$$x = 0,15;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,2;$$

$$v = \frac{243}{45^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 1^{0,4}} \cdot 2,754 = 312,6 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = 2488 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_v = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\gamma\text{р}} K_{\text{лр}} K_{\text{рр}}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\gamma\text{р}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 312,6^{-0,15} \cdot 0,827 = 1047 \text{ Н.}$$

6) Рассчитываем мощность резания N :

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{1047 \cdot 312,6}{1020 \cdot 60} = 5,35 \text{ кВт.}$$

Операция 025. Фрезерная с ЧПУ.

1. Фрезерование паза 1:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ 9140-78:

Фреза 2234-0365 P9 шпоночная, материал P6M5.

2) Назначаем глубину фрезерования $t = 10$ мм и ширину фрезерования $B = 5,5$ мм.

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :
 $s_z = 0,06$ мм.

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right],$$

где T – период стойкости инструмента, мин;

m, x, y –показатели степени;

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ –произведение ряда коэффициентов;

$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ –поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала;

K_r –коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

n_v –показатель степени;

K_{pv} –коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{iv} –коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{620} \right)^1 = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08;$$

$$C_v = 12;$$

$$m = 0,26;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,25;$$

$$u = 0;$$

$$p = 0;$$

$$D = 10 \text{ мм};$$

$$q = 0,3;$$

$$z = 2;$$

$$T = 80 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{12 \cdot 10^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 10^{0,3} \cdot 0,06^{0,25} \cdot 5,5^{0,20}} \cdot 1,08 = 50 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = 269 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}}, [\text{Н}],$$

где $K_{\text{мр}}$ – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$$n = 269 \text{ об/мин};$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,3} = 0,827;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 10^{0,86} \cdot 5,5^1 \cdot 0,06^{0,72} \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 269^0} \cdot 0,827 = 819 \text{ Н.}$$

6) Рассчитываем крутящий момент на шпинделе $M_{\text{кр}}$:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, [\text{Н} \cdot \text{м}];$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{819 \cdot 10}{2 \cdot 100} = 40,95 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

7) Рассчитываем мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{819 \cdot 8,46}{1020 \cdot 60} = 0,11 \text{ кВт.}$$

2. Фрезерование паза 2:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ 9140-78:

Фреза 2234-0375 P9 шпоночная, материал P6M5.

2) Назначаем глубину фрезерования $t = 16$ мм и ширину фрезерования $B = 6$ мм.

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$$s_z = 0,06 \text{ мм.}$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right],$$

где T – период стойкости инструмента, мин;

m, x, y –показатели степени;

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ –произведение ряда коэффициентов;

$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}$ –поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала;

K_r –коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

n_v –показатель степени;

K_{pv} –коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{iv} –коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{620} \right)^1 = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08;$$

$$C_v = 12;$$

$$m = 0,26;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,25;$$

$$u = 0;$$

$$p = 0;$$

$$D = 16 \text{ мм};$$

$$q = 0,3;$$

$$z = 2;$$

$$T = 80 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{12 \cdot 16^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 16^{0,3} \cdot 0,06^{0,25} \cdot 6^{0,20}} \cdot 1,08 = 8,46 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = 168 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10 C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}}, [\text{Н}],$$

где $K_{\text{мр}}$ – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$$n = 269 \text{ об/мин};$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,3} = 0,827;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 16^{0,86} \cdot 6^{1,06} \cdot 0,06^{0,72} \cdot 2}{16^{0,86} \cdot 269^0} \cdot 0,827 = 893,5 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем крутящий момент на шпинделе $M_{\text{кр}}$:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, [\text{Н} \cdot \text{м}];$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{893,5 \cdot 16}{2 \cdot 100} = 71,49 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

7) Рассчитываем мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{893,5 \cdot 8,46}{1020 \cdot 60} = 0,12 \text{ кВт.}$$

3. Фрезерование паза 3:

1) Назначаем тип фрезы и режущий материал по ГОСТ 9140-78:

Фреза 2234-0367 Р9 шпоночная, материал Р6М5.

2) Назначаем глубину фрезерования $t = 12$ мм и ширину фрезерования $B = 5$ мм.

3) Назначаем подачу на зуб фрезы s_z :

$$s_z = 0,06 \text{ мм};$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_z^y B^u z^p} K_v \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right],$$

где T – период стойкости инструмента, мин;

m, x, y –показатели степени;

$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ –произведение ряда коэффициентов;

$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}$ –поправочный коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала;

K_r –коэффициент, характеризующий группу стали по обрабатываемости;

n_v –показатель степени;

K_{pv} –коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки;

K_{iv} –коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{620} \right)^1 = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 1;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08;$$

$$C_v = 12;$$

$$m = 0,26;$$

$$x = 0,3;$$

$$y = 0,25;$$

$$u = 0;$$

$$p = 0;$$

$$D = 16 \text{ мм};$$

$$q = 0,3;$$

$$z = 2;$$

$$T = 80 \text{ мин.};$$

$$v = \frac{12 \cdot 12^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 12^{0,3} \cdot 0,06^{0,25} \cdot 5^{0,20}} \cdot 1,08 = 8,46 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = 224 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силу резания P_z :

$$P_z = \frac{10C_p t^x s_z^y B^n z}{D^q n^w} K_{\text{мр}}, [\text{Н}],$$

где $K_{\text{мр}}$ – поправочный коэффициент на качество обрабатываемого материала.

Для нашего случая:

$$C_p = 68,2;$$

$$x = 0,86;$$

$$y = 0,72;$$

$$q = 0,86;$$

$$w = 0;$$

$$n = 269 \text{ об/мин};$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,3} = 0,827;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 12^{0,86} \cdot 5^1 \cdot 0,06^{0,72} \cdot 2}{12^{0,86} \cdot 269^0} \cdot 0,827 = 744,6 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем крутящий момент на шпинделе $M_{\text{кр}}$:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100}, [\text{Н} \cdot \text{м}];$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{744,6 \cdot 12}{2 \cdot 100} = 44,68 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

7) Рассчитываем мощность резания:

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{744,6 \cdot 8,46}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт}.$$

Операция 050. Токарная чистовая.

1. Точение поверхностей 6 и 7:

1) Назначаем тип резца и материал по ГОСТ 18880-73:

Резец токарный подрезной отогнутый правый 2112-0005 с твердосплавной пластиной ВК6.

2) Назначаем глубину резания t :

$$t = 0,4 \text{ мм}.$$

3) Назначаем подачу s :

$$s = 0,07 \frac{\text{мм}}{\text{об}}.$$

4) Рассчитываем скорость резания v :

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v, \left[\frac{\text{м}}{\text{мин}} \right];$$

где $K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv}$ – произведение коэффициентов.

Для нашего случая:

$$K_{mv} = 1,2;$$

$$K_{pv} = 0,9;$$

$$K_{iv} = 2,7;$$

$$K_v = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 2,7 = 2,754;$$

$$T = 45 \text{ мин};$$

$$C_v = 240;$$

$$x = 0,2;$$

$$y = 0,4;$$

$$m = 0,28;$$

$$v = \frac{240}{45^{0,28} \cdot 0,4^{0,2} \cdot 0,07^{0,4}} \cdot 2,754 = 793 \frac{\text{м}}{\text{мин}},$$

$$n = 6310 \text{ об/мин.}$$

5) Рассчитываем силы резания $P_{z,y,x}$:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p, [\text{Н}];$$

где $K_v = K_{\text{мр}}K_{\text{фр}}K_{\text{гр}}K_{\text{лр}}K_{\text{рр}}$ –

поправочный коэффициент, представляющий собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактическое условие резания.

Для P_z :

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_{\text{в}}}{750}\right)^n = \left(\frac{620}{750}\right)^{0,75} = 0,827;$$

$$K_{\text{фр}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = 1;$$

$$K_{\text{лр}} = 1;$$

$$K_{\text{рр}} = -;$$

$$K_p = 0,827 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,827;$$

$$C_p = 300;$$

$$x = 1;$$

$$y = 0,75;$$

$$n = -0,15;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,4^1 \cdot 0,07^{0,75} \cdot 793^{-0,15} \cdot 0,827 = 49,5 \text{ Н.}$$

б) Рассчитываем мощность резания N :

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, [\text{кВт}];$$

$$N = \frac{49,5 \cdot 793}{1020 \cdot 60} = 0,64 \text{ кВт.}$$

1.8. Подбор оборудования.

Операция 005. Заготовительная.

Так как заготовка является прокатом и будет отрезаться дисковыми пилами в габаритных размерах $\varnothing 65 \cdot 580$ мм, был подобран универсальный фрезерный станок SPECTR FU-5.2, технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики станка SPECTR FU-5.2

Размер горизонтального стола, мм	500x900
Размер вертикального стола, мм	250x1200
Макс. перемещение по оси x, мм	600
Макс. перемещение по оси y, мм	480
Макс. перемещение по оси z, мм	360
Конус шпинделя	NT-40
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	2000
Мощность, кВт	3,75
Длина, мм	1400
Ширина, мм	1600
Высота, мм	1820
Вес, кг	1820

Операция 010. Фрезерно – центральная.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 14,6 кВт при фрезеровании торцев 1 и 2. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

$$N_{ст} > K_N \cdot N_E (K_N = 1,1 \dots 1,5); K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 21,9 \text{ кВт} .$$

По данной мощности был подобран фрезерно-центровальный станок 2Г942, ТХ которого расположены в таблице 2.

Таблица 7 – Технические характеристики фрезерно-центровального станка 2Г942

Пределы длины обрабатываемых деталей, мм	100...1000
Пределы диаметров устанавливаемых деталей, мм	20...160
Наибольшее усилие зажима детали, Н	25500
Пределы частот вращения фрезерного шпинделя, об/мин	125...712
Пределы подач фрезерного шпинделя, мм/мин	20...2000
Наибольший диаметр фрезерования, мм	150
Ход пиноли сверлильного шпинделя, мм	100
Пределы частот вращения сверлильного шпинделя, об/мин	290...2300
Пределы подач сверлильного шпинделя, мм/мин	20...2000
Мощность главного привода, кВт	11x2, 4x2
Габариты станка, мм:	
длина	3970
ширина	1750
высота	2000
Масса, кг	6500

Операции 015 и 020. Токарные с ЧПУ.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 5,35 кВт при точении наружных поверхностей. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 8,025 \text{ кВт}.$$

По данной мощности был подобран токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX Alpha 500, ТХ которого расположены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики станка SPECTR FU-5.2

Макс. диаметр точения, мм	240
Макс. длина заготовки при обработке в центрах, мм	500
Макс. диаметр зажимного патрона, мм	225
Макс. частота вращения шпинделя, об/мин	6000
Мощность, кВт	13
Макс. внутренний диаметр зажимной втулки, мм	66

Операция 025. Фрезерная с ЧПУ.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 0,12 кВт при точении наружных поверхностей. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

$$N_{ст} > K_N \cdot N_E (K_N = 1,1 \dots 1,5); K_N = 1,5;$$

$$N_{ст} = 0,18 \text{ кВт}$$

По данной мощности был подобран вертикально – фрезерный станок с ЧПУ KMT KVL 1200, ТХ которого расположены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики станка KMT KVL 1200

Обороты шпинделя, об/мин	8000
Мощность электродвигателя гл. пр., кВт	11
Размеры рабочего стола, мм	1350x600
Наибольшая нагрузка на стол, кг	1000
Перемещение по оси X, мм	1200

Перемещение по оси Y, мм	600
Перемещение по оси Z, мм	600
Точность позиционирования, мм	0,008
Повторяемость, мм	0,005
Длина, мм	4600
Ширина, мм	2500
Вес, кг	9000

Операции 030. Слесарная.

Для слесарной операции потребуется: Верстак ГОСТ Р 58836-2020.

Операции 040 и 055. Контрольные.

Для контрольной операции потребуется: Контрольный стол.

Операция 045. Термическая.

Для термической операции потребуется: Электродуговая печь УИТП-50М

Таблица 10 – Технические характеристики печи УИТП-50М

Диапазон рабочих температур, °С	200-1200
Мощность, кВт	50
Масса загрузки, кг	1000
Размер рабочего пространства (ДхШхВ), мм	1000х660х800
Частота, Гц	50
Напряжение, В	380
Габаритные размеры печи (ДхШхВ), мм	1600х1400х1750
Масса печи, кг	2800

Операция 050. Токарная чистовая.

Выбираем станок по максимальной эффективной мощности – это 0,64 кВт при точении наружных поверхностей. Для расчета мощности станка воспользуемся формулой:

$$N_{\text{ст}} > K_N \cdot N_E \quad (K_N = 1,1 \dots 1,5); \quad K_N = 1,5;$$

$$N_{\text{ст}} = 0,96 \text{ кВт.}$$

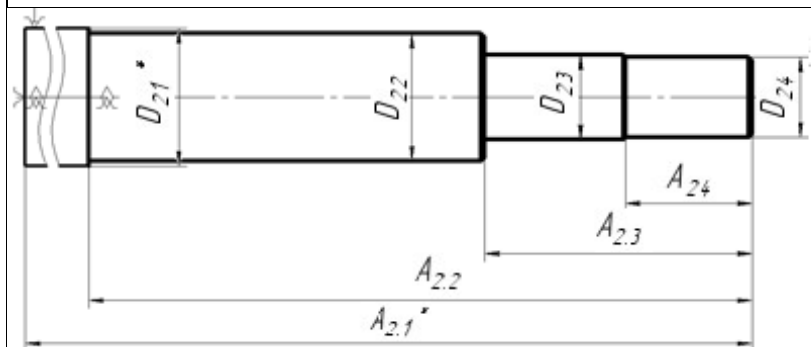
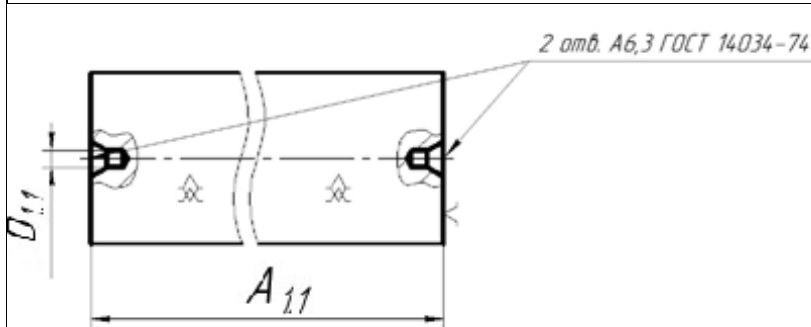
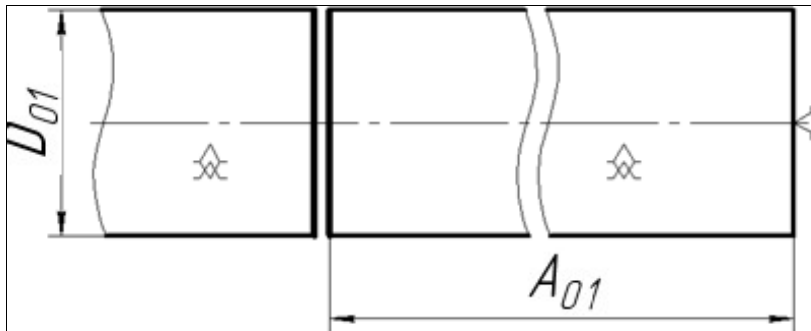
По данной мощности был подобран токарно-винторезный станок DMTG CDS 6232, ТХ которого расположены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики станка DMTG CDS 6232

Максимальный диаметр обработки над станиной, мм	320
Диаметр патрона, мм	200
Максимальная длина обработки, мм	500
Мощность электродвигателя ГП, кВт	3,3
Диапазон скоростей вращения шпинделя, об/мин	44-1600
Скорость подачи по оси X, мм/об	0,03-1
Скорость подачи по оси Z, мм/об	0,01-0,33
Конус шпинделя	МК6
Длина, мм	2110
Ширина, мм	910
Высота, мм	1150
Вес, кг	1080

Таблица 12 - Проектирование технологических операций

Операционный эскиз	Наименование и содержание операций и переходов
	005. Заготовительная Отрезать заготовку, выдерживая размеры A_{11} и D_{11} мм.



010. Фрезерно-центровальная

А) Установить и закрепить деталь в призму. Базы: наружный диаметр и торец.

1. Подрезать торцы, выдержав размер A_{21} мм.
2. Сверлить два центровых отверстия согласно эскизу.

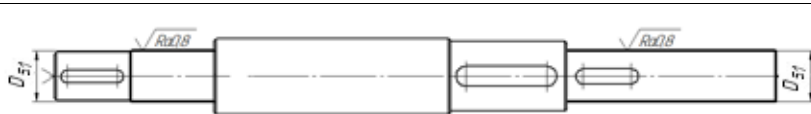
015. Токарная с ЧПУ

Установить и закрепить деталь в 3-х кулачковый патрон.

Базы: наружный диаметр и торец.

1. Точить цилиндрические и прилегающие

	<p>торцевые поверхности согласно эскизу.</p>
	<p>020. Токарная ЧПУ Установить и закрепить деталь в 3-х кулачковый патрон. Базы: наружный диаметр и торец.</p> <p>1. Точить цилиндрические и прилегающие торцевые поверхности согласно эскизу.</p>
	<p>025. Фрезерная ЧПУ Установить деталь на призму и закрепить. Фрезеровать последовательно три шпоночных паза</p>

	030. Слесарная Зачистить заусенцы, острые кромки притупить.
	035. Промывочная Промыть детали по ТПП 01279-00001.
	040. Контрольная Контролировать размеры полученных поверхностей.
	045. Термическая Закалить HRC 34-40.
	050. Токарная чистовая: Точить, выдерживая размер D_{51} .
	055. Контрольная Контролировать размеры полученных поверхностей.

1.9. Выбор оборудования и технологической оснастки

Технологическое оборудование и средства технологического оснащения должны быть ограничены номенклатурой технологического оборудования цеха или участка, для которых выполняется проектирование.

Таблица 13 - Технологический процесс обработки детали

№ операции	Наименование	Технологическое оборудование	Режущий и вспомогательный инструмент
005	Заготовительная.	Фрезерный станок SPECTR FU-5.2	Дисковая пила
010	Фрезерно-центровальная	Фрезерно-центровальный станок 2Г942	Фреза 2214-0353 ГОСТ 26595-85 Сверло 2317-0109 ГОСТ 14952-75
015	Токарная ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX Alpha 500	Резец 2112-0005 ГОСТ 18880-73
020	Токарная ЧПУ	Токарный станок с ЧПУ DMG MORI CTX Alpha 500	Резец 2112-0005 ГОСТ 18880-73
025	Фрезерная ЧПУ	Вертикально – фрезерный станок с ЧПУ KMT KVL 1200	Фреза 2234-0365 P9 ГОСТ 9140-78 Фреза 2234-0375 P9 ГОСТ 9140-78 Фреза 2234-0367 P9 ГОСТ 9140-78
030	Слесарная	Верстак ГОСТ Р 58836-2020	Напильник
035	Промывочная	Ванна ВП 9.7.7/0,9	Раствор по ТТП 0127900001
040	Контрольная	Контрольный стол	Набор радиусных шаблонов ГОСТ 4126; Штангенциркуль ШЦП-125-0,05 ГОСТ 16689; Образец шероховатости 3,2 Т ГОСТ 9378-93
045	Термическая	Электродуговая печь УИТП-50М	
050	Токарная чистовая	Токарно-винторезный станок DMTG CDS 6232	Резец 2112-0005 ГОСТ 18880-73
055	Контрольная	Контрольный стол	Набор радиусных шаблонов ГОСТ 4126; Штангенциркуль ШЦП-125-0,05 ГОСТ 16689; Образец шероховатости 3,2 Т ГОСТ 9378-93

1.10. Расчет нормы времени

Под нормированием технологических процессов понимают назначение технически обоснованных норм времени на продолжительность выполнения операций [5].

Технически обоснованной нормой времени называют время выполнения технологической операции в определённых организационно – технических условиях, наиболее благоприятных для данного типа производства.

На основе технически обоснованных норм времени устанавливают расценки, определяют производительность труда, осуществляют планирование производства и т. п.

Различают следующие нормы времени:

T_0 – основное (машинное) технологическое время, мин – время затраченное резанием:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i,$$

где L – длина обработки, мм;

S – подача, мм/об;

n – частота вращения шпинделя, мин⁻¹;

i – число рабочих ходов.

$$L = l_0 + l_1 + l_2,$$

где l_0 – длина обрабатываемой поверхности в направлении обработки, мм;

l_1 – длина врезания, мм;

l_2 – перебеги режущего инструмента, мм.

Продолжительность выполнения технологической операции, не учитывающее время на подготовку исполнителя (рабочего) к выполнению данной операции, $T_{шт}$ – штучное время, мин:

$$T_{шт} = T_0 + T_{всп} + T_{орм} + T_{отд},$$

где $T_{всп}$ – вспомогательное время, затраченное на управление станком, установку, закрепление и снятие детали, подвод и отвод режущего инструмента, измерение детали, мин;

$T_{\text{орм}}$ – время на организацию рабочего места, затраченное на смазывание станка, удаление стружки, уборку рабочего места, установку и снятие режущего инструмента, мин;

$T_{\text{отд}}$ – время на отдых, мин.

Технически обоснованная норма времени на выполнение операции, это $T_{\text{ш.к.}}$ – штучно-калькуляционное время:

$$T_{\text{ш.к.}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n},$$

где $T_{\text{п.з.}}$ – подготовительно-заключительное время, необходимое на ознакомление исполнителя с чертежом, получение консультаций у мастера, настройку станка и приспособлений. Это время распределяется не на одну деталь, а на всю партию деталей (n), подлежащих изготовлению.

Все нормы времени связаны между собой следующими приблизительными соотношениями:

$$T_0 \approx 0,65 \cdot T_{\text{ш.к.}};$$

$$T_{\text{всп}} \approx 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}}$$

Сокращение времени на обработку детали – $T_{\text{шт}}$ повышает производительность труда. Это сокращение возможно только за счёт уменьшения T_0 (уменьшение припусков на обработку, применение многоинструментной обработки, применение режущего инструмента повышенной стойкости и соответствующей интенсификацией режимов обработки) и $T_{\text{всп}}$ (применение станочных быстродействующих приспособлений, фасонного и комбинированного режущего инструмента, и т. п.).

Операция 010. Фрезерно – центральная.

1. Фрезерование торцев 1 и 2:

$$T_0 = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{6}{0,15 \cdot 1320} \cdot 1 = 0,03 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 4 + 2 + 0 = 6 \text{ мм}$;

$$S = 0,15 \text{ мм/об};$$

$$n = 1320 \text{ об/мин};$$

$$i = 1.$$

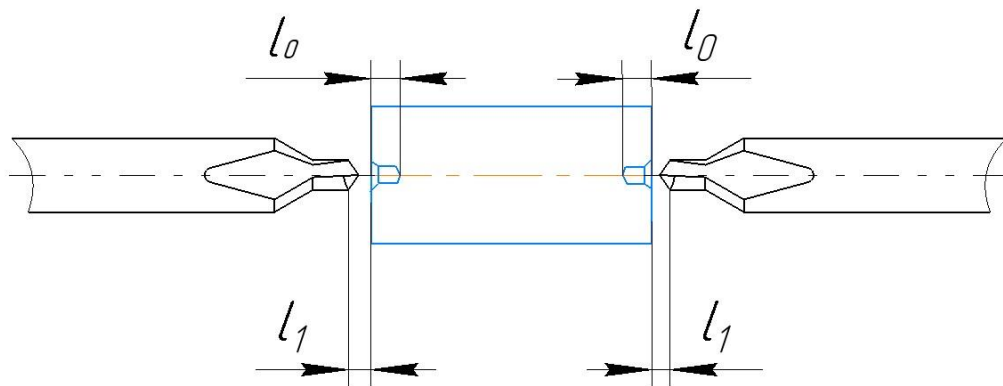


Рисунок 4 – Фрезерование торцев 1 и 2

2. Сверление центровых отверстий:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{6,45}{0,3 \cdot 2274,8} \cdot 1 = 0,009 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 4,45 + 2 + 0 = 6,45 \text{ мм};$$

$$S = 0,3 \text{ мм/об};$$

$$n = 2274,8 \text{ об/мин};$$

$$i = 1.$$

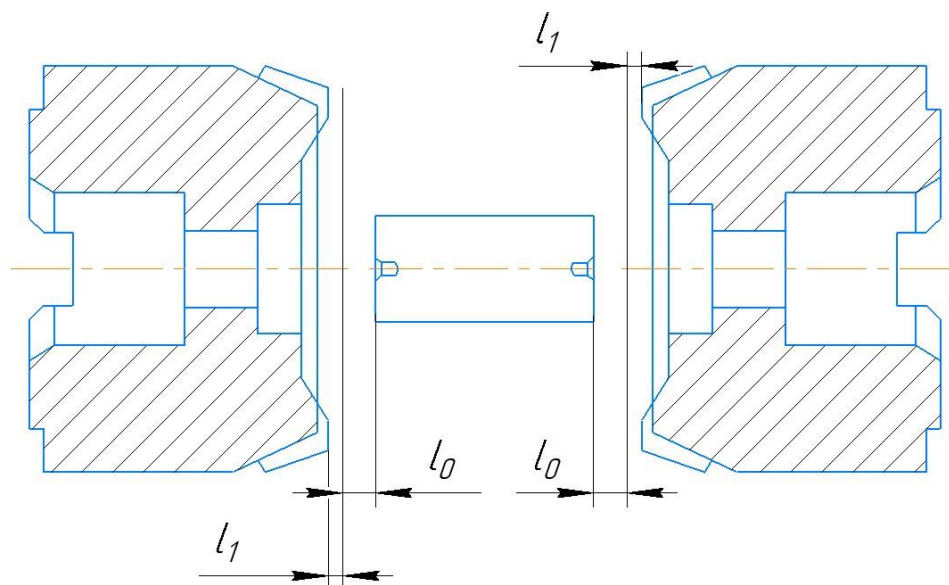


Рисунок 5 - Сверление центровых отверстий

$$T_{0_{\text{общ}}} = 0,03 + 0,009 = 0,039 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,039}{0,65} = 0,06 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,06 = 0,011 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,06 = 0,0018 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,06 - 0,0018 = 0,058 \text{ мин.}$$

Пусть $T_{\text{отд}} = 0$, т.к. у работников есть время на перерыв, тогда:

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,058 - 0,039 - 0,011 = 0,008 \text{ мин.}$$

Операция 015. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 1:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{316}{1 \cdot 1658} \cdot 3 = 0,57 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 314 + 2 + 0 = 316 \text{ мм};$

$$S = 1 \text{ мм/об};$$

$$n = 1658 \text{ об/мин};$$

$$i = 3.$$

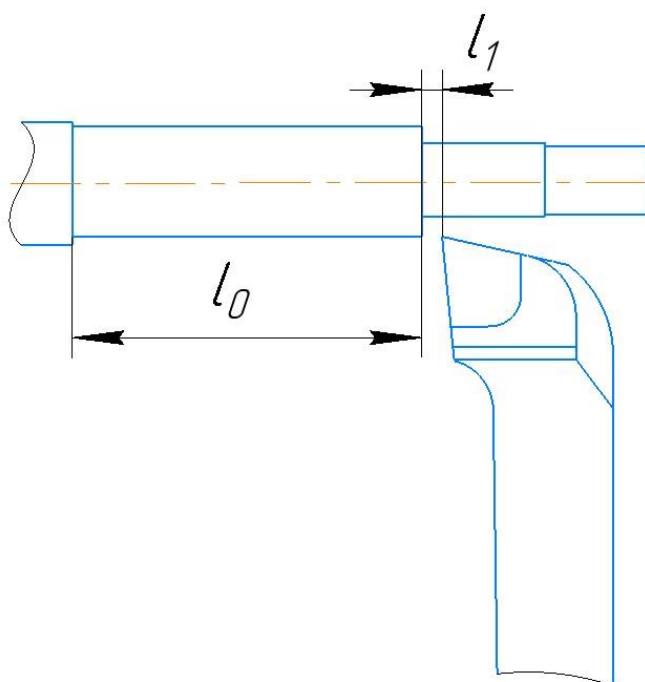


Рисунок 6 – Точение поверхности 1

2. Точение поверхности 2:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{129}{1 \cdot 2488} \cdot 10 = 0,52 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 127 + 2 + 0 = 129 \text{ мм};$

$S = 1 \text{ мм/об};$

$n = 2488 \text{ об/мин};$

$i = 10.$

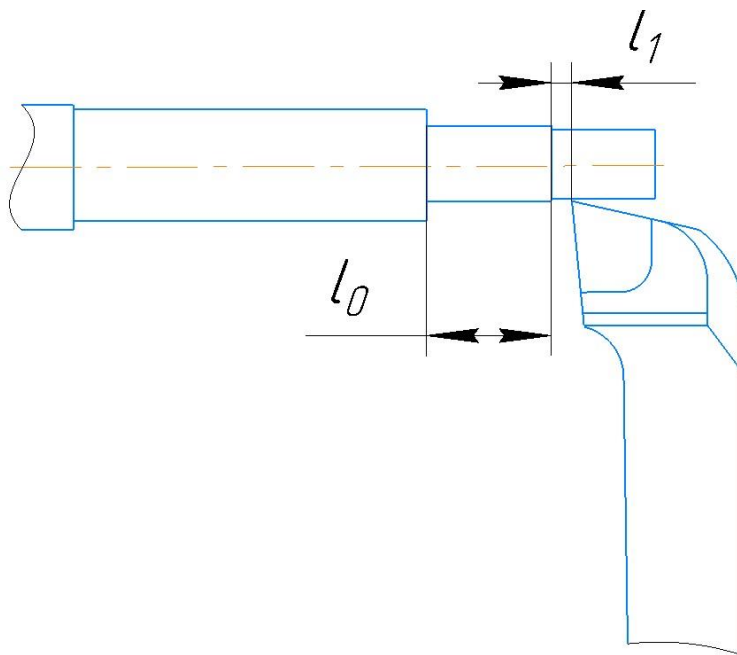


Рисунок 7 – Точение поверхности 2

3. Точение поверхности 3:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{62}{1 \cdot 2619} \cdot 1 = 0,024 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 60 + 2 + 0 = 62 \text{ мм};$

$S = 1 \text{ мм/об};$

$n = 2619 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

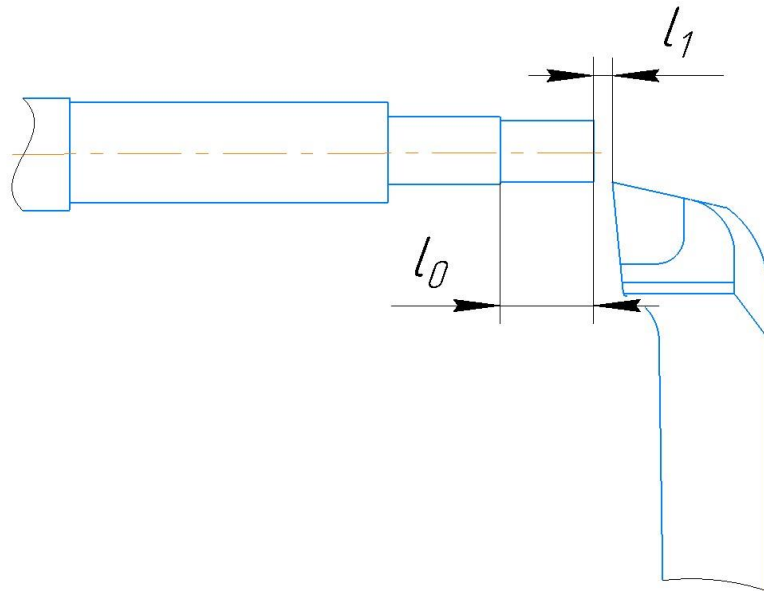


Рисунок 8 – Точение поверхности 3

$$T_{0\text{общ}} = 0,57 + 0,52 + 0,024 = 1,114 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{1,114}{0,65} = 1,71 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 1,71 = 0,308 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 1,71 = 0,0513 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 1,71 - 0,0513 = 1,659 \text{ мин.}$$

Пусть $T_{\text{отд}} = 0$, т.к. у работников есть время на перерыв, тогда:

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 1,659 - 1,114 - 0,308 = 0,237 \text{ мин.}$$

Операция 020. Токарная с ЧПУ.

1. Точение поверхности 4:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{260}{1 \cdot 1809} \cdot 3 = 0,431 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 258 + 2 + 0 = 260 \text{ мм};$$

$$S = 1 \text{ мм/об};$$

$$n = 1809 \text{ об/мин};$$

$$i = 3.$$

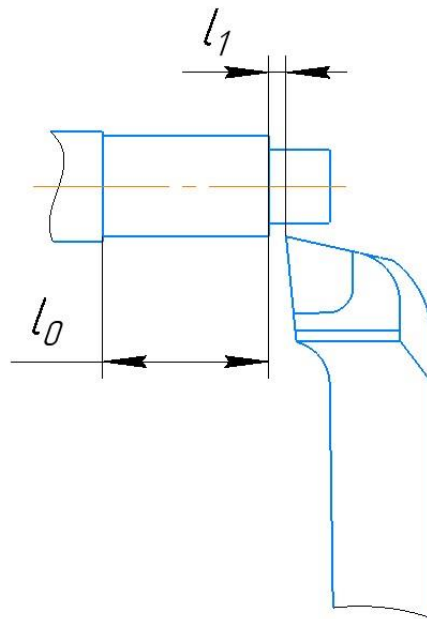


Рисунок 9 - Точение поверхности 4

2. Точение поверхности 5:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{168}{1 \cdot 2488} \cdot 8 = 0,54 \text{ мин,}$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 166 + 2 + 0 = 168 \text{ мм;}$$

$$S = 1 \text{ мм/об;}$$

$$n = 2488 \text{ об/мин;}$$

$$i = 8.$$

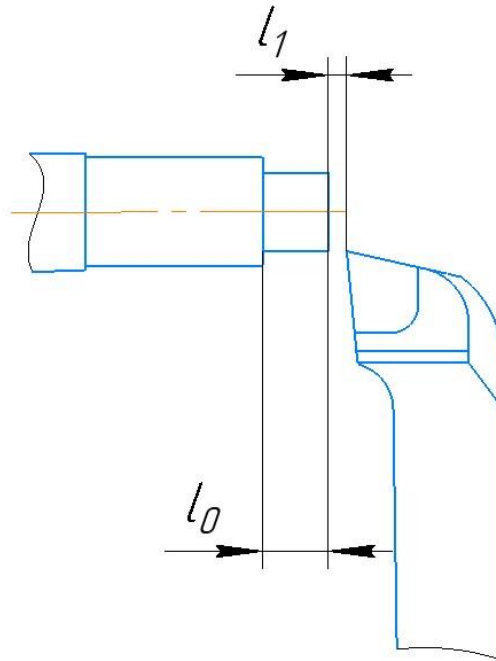


Рисунок 10 - Точение поверхности 5

$$T_{0\text{общ}} = 0,431 + 0,54 = 0,971 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,971}{0,65} = 1,49 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 1,49 = 0,2682 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 1,49 = 0,0447 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 1,49 - 0,0447 = 1,445 \text{ мин.}$$

Пусть $T_{\text{отд}} = 0$, т.к. у работников есть время на перерыв, тогда:

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 1,445 - 0,971 - 0,2682 = 0,2058 \text{ мин.}$$

Операция 025. Фрезерная с ЧПУ.

1. Фрезерование паза 1:

$$T_0 = \frac{L}{s \cdot n} \cdot i = \frac{42}{0,06 \cdot 269} \cdot 1 = 2,6 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 40 + 2 + 0 = 42 \text{ мм};$$

$$S = 0,06 \text{ мм/об};$$

$$n = 269 \text{ об/мин};$$

$i = 1.$

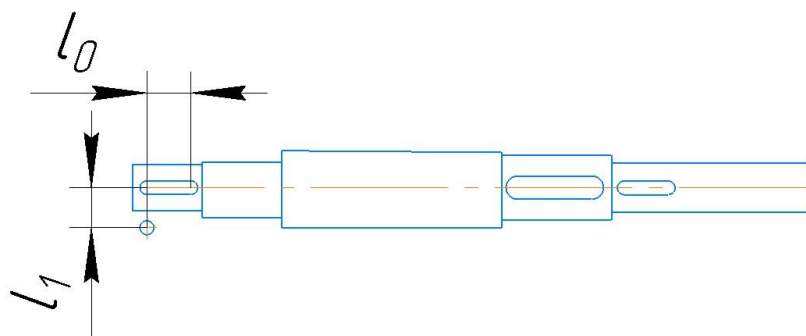


Рисунок 11 - Фрезерование паза 1

2. Фрезерование паза 2:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{66}{0,06 \cdot 168} \cdot 1 = 6,55 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 64 + 2 + 0 = 66 \text{ мм};$

$S = 0,06 \text{ мм/об};$

$n = 168 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

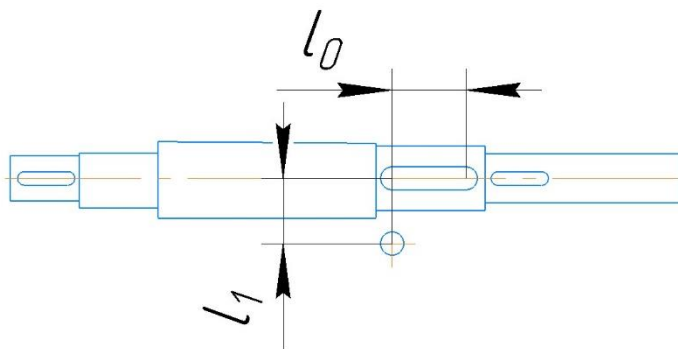


Рисунок 12 - Фрезерование паза 2

3. Фрезерование паза 3:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{40}{0,06 \cdot 224} \cdot 1 = 2,98 \text{ мин},$$

при $L = l_0 + l_1 + l_2 = 38 + 2 + 0 = 40 \text{ мм};$

$S = 0,06 \text{ мм/об};$

$n = 224 \text{ об/мин};$

$i = 1.$

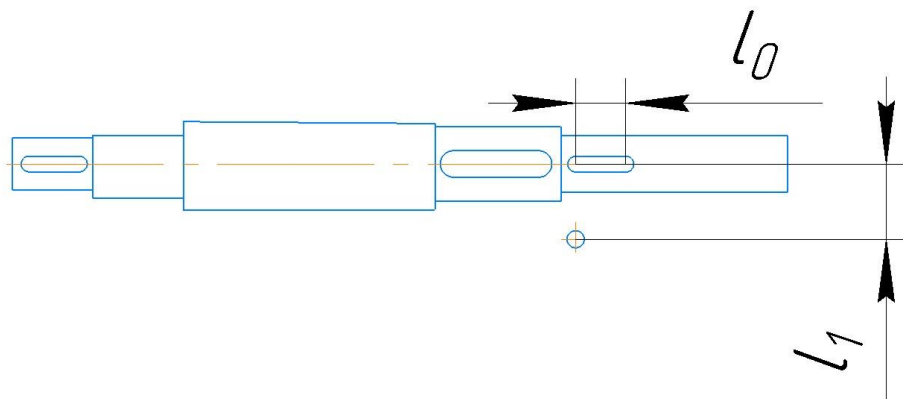


Рисунок 13 - Фрезерование паза 3

$$T_{0_{\text{общ}}} = 2,6 + 6,55 + 2,98 = 12,13 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{12,13}{0,65} = 18,66 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 18,66 = 3,358 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 18,66 = 0,5598 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 18,66 - 0,5598 = 18,1 \text{ мин.}$$

Пусть $T_{\text{отд}} = 0$, т.к. у работников есть время на перерыв, тогда:

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 18,1 - 12,13 - 3,358 = 2,612 \text{ мин.}$$

Операция 050. Токарная чистовая.

1. Точение поверхностей 6 и 7:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n} \cdot i = \frac{237}{0,07 \cdot 6310} \cdot 1 = 0,537 \text{ мин},$$

$$\text{при } L = l_0 + l_1 + l_2 = 233 + 4 + 0 = 237 \text{ мм};$$

$$S = 0,07 \text{ мм/об};$$

$$n = 6310 \text{ об/мин};$$

$i = 1.$

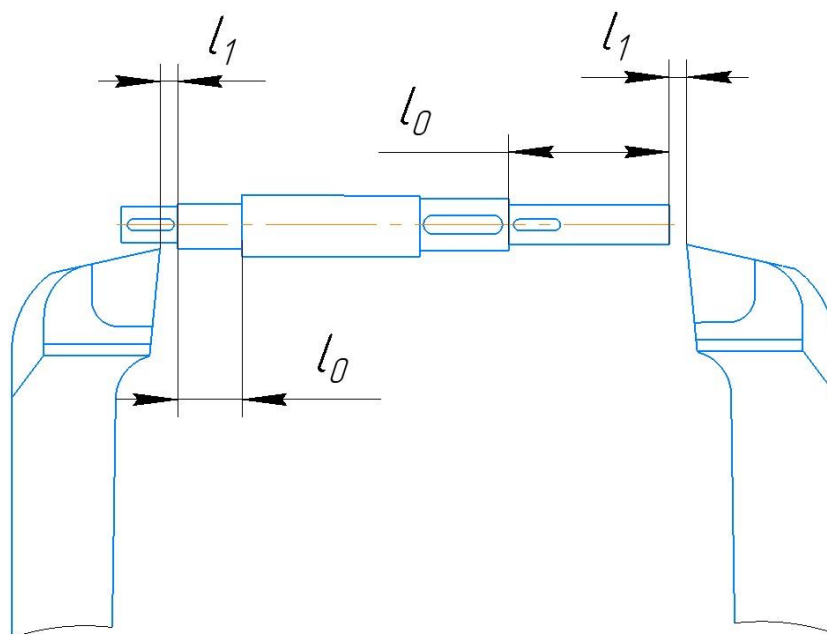


Рисунок 14 - Точение поверхностей 6 и 7

$$T_{\text{ш.к.}} = \frac{T_0}{0,65} = \frac{0,537}{0,65} = 0,826 \text{ мин};$$

$$T_{\text{всп}} = 0,18 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,18 \cdot 0,826 = 0,149 \text{ мин};$$

$$\frac{T_{\text{п.з.}}}{n} \approx 0,03 \cdot T_{\text{ш.к.}} = 0,03 \cdot 0,826 = 0,025 \text{ мин};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ш.к.}} - \frac{T_{\text{п.з.}}}{n} = 0,826 - 0,025 = 0,801 \text{ мин.}$$

Пусть $T_{\text{отд}} = 0$, т.к. у работников есть время на перерыв, тогда:

$$T_{\text{орм}} = T_{\text{шт}} - T_0 - T_{\text{всп}} = 0,801 - 0,537 - 0,149 = 0,115 \text{ мин.}$$

В таблице 14 приведены результаты расчета времени на изготовление детали.

Таблица 14 - Нормирование технологического процесса

№ оп.	Содержание операции	Время, мин
010	Фрезерно - центральная	
	1. Основное время	0,039
	2. Вспомогательное время	0,011
	3. Время на организацию рабочего места	0,008
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,058

	6. Штучно-калькуляционное время	0,06
015	Токарная с ЧПУ	
	1. Основное время	1,114
	2. Вспомогательное время	0,308
	3. Время на организацию рабочего места	0,237
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	1,659
	6. Штучно-калькуляционное время	1,71
020	Токарная с ЧПУ	
	1. Основное время	0,971
	2. Вспомогательное время	0,2682
	3. Время на организацию рабочего места	0,2058
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	1,445
	6. Штучно-калькуляционное время	1,49
025	Фрезерная с ЧПУ	
	1. Основное время	12,13
	2. Вспомогательное время	3,358
	3. Время на организацию рабочего места	2,612
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	18,1
	6. Штучно-калькуляционное время	18,66
050	Токарная чистовая	
	1. Основное время	0,537
	2. Вспомогательное время	0,149
	3. Время на организацию рабочего места	0,115
	4. Время на отдых	0
	5. Штучное время	0,801
	6. Штучно-калькуляционное время	0,826

2. Проектирование специального станочного приспособления

Составляющей частью выпускной квалификационной работы является проектирование специального станочного приспособления. В данном технологическом процессе, специальное приспособление (рисунок 15) потребуется на операцию фрезерную с ЧПУ, для обеспечения фиксации вала, чтобы точно произвести обработку параллельно горизонту.

На рисунке 16 изображено приспособление 2, на которое устанавливается заготовка 1, представляет собой деталь с призматическими поверхностями для наружных диаметров от 45 мм и до 60 мм. Деталь смазывается для того чтобы не испортить цилиндрические поверхности трением, и прижимается прижимными пластинами 3 при помощи болтов 4. После чего производится чистовая обработка пазов.

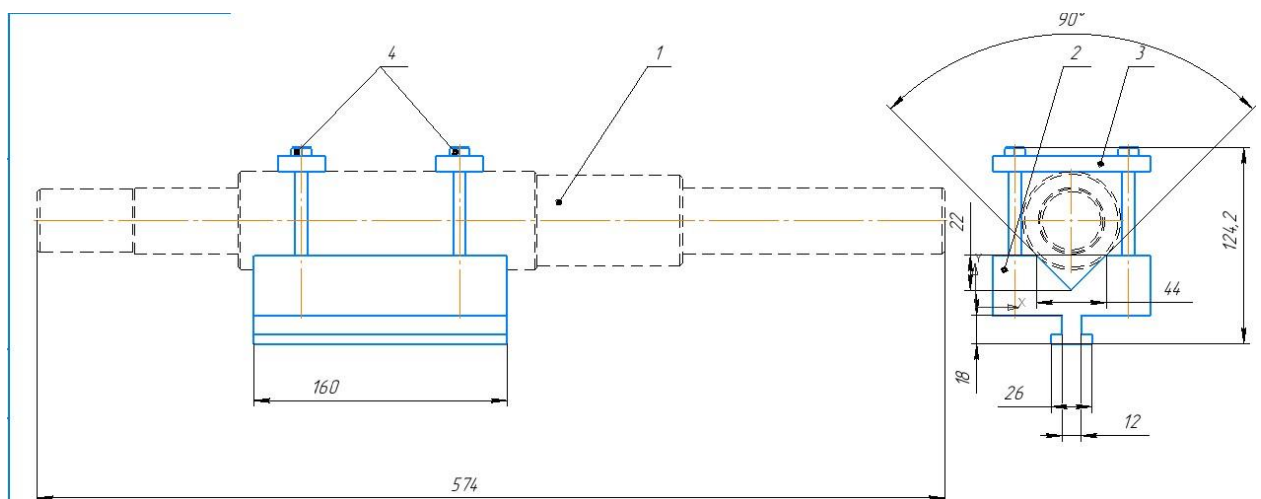


Рисунок 15 – Схема приспособления для фрезерной операции

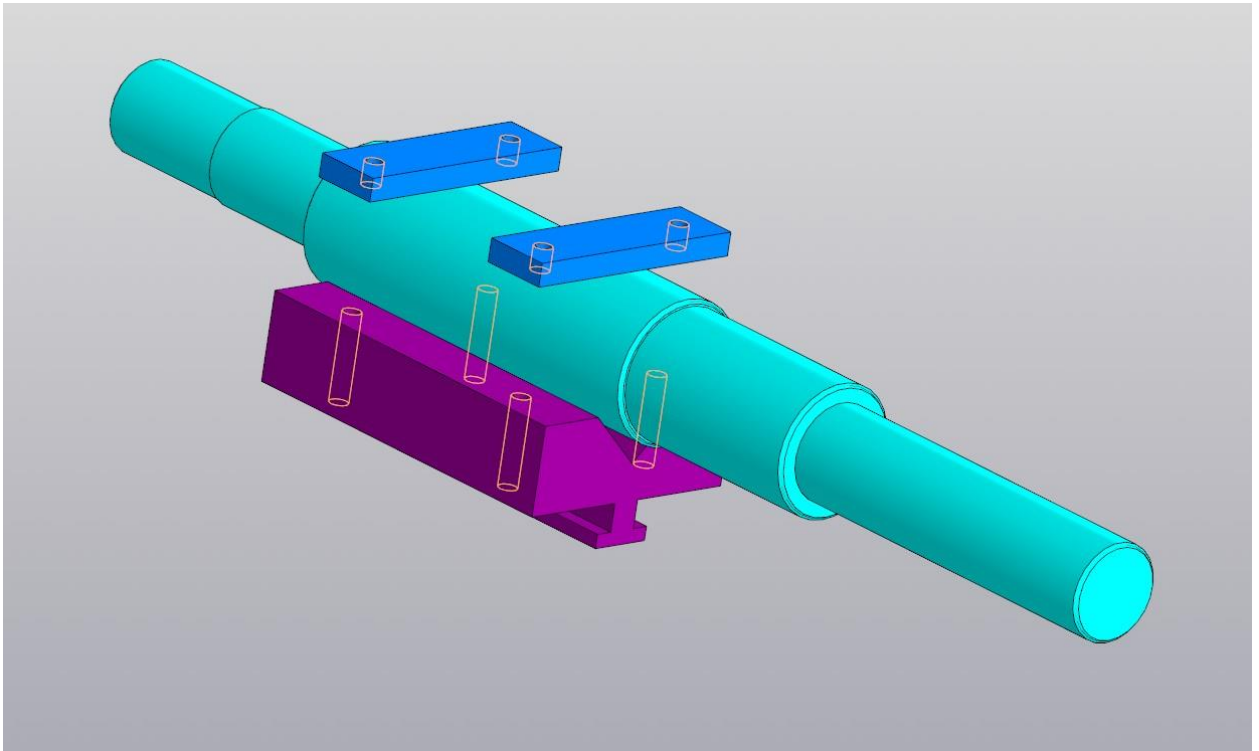


Рисунок 16 – 3D – модель приспособления для фрезерной операции

При базировании заготовок по цилиндрической поверхности используется установка заготовки на призму. Призмой называется установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом. Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы. В приспособлениях используют призмы с углами α , равными 60° , 90° и 120° . Наибольшее распространение получили призмы с $\alpha=90^\circ$. При установке заготовок с чисто обработанными базами применяют призмы с широкими опорными поверхностями, а с черновыми базами - с узкими опорными поверхностями. Кроме этого по черновым базам применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы. В этом случае заготовки, имеющие искривленность оси, бочкообразность и другие погрешности формы технологической базы, занимают в призме устойчивое и определенное положение.

Заключение

В результате выполнения курсовой работы был усовершенствован и разработан технологический процесс изготовления детали «Вал» была произведена и рассчитана оптимальная исходная заготовка.

Разработана принципиальная схема специального приспособления, назначены режимы резания и выбраны СТО (приборы для измерений, инструменты для обработки, оборудование).

Рассчитали минимальные припуски на механическую обработку для точных размеров, также назначили режимы резания.

Разработка всех этих пунктов позволяет обеспечить в мелкосерийном производстве получение изделий требуемого качества, понижение трудоемкости, быстрое решение проблем, возникших при производстве.

Рациональный выбор метода получения исходной заготовки сделал производство экономичнее.

Технологический процесс с использованием нового оборудования и прогрессивных средств оснащения уменьшает трудоемкость изготовления изделия.

При выполнении работы использовались заготовки стали, не оказывающие вредного воздействия на атмосферу, так как отсутствуют выбросы.

Выбросы смазочно-охлаждающих жидкостей в сточные воды загрязняют гидросферу. Отходы после исследования используют повторно, не загрязняя гидросферу.

Возможной типовой ЧС является: пожар, взрыв при работе с не исправным электрооборудованием.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-4А7Б		Колчеданцев Виталий Викторович	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 <i>Машиностроение</i>

Тема ВКР:

<i>Технологический процесс изготовления детали «Вал»</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><i>Объект исследования: <u>деталь «Вал»</u></i> <i>Область применения <u>машиностроительное предприятие.</u></i> <i>Рабочая зона: <u>производственное помещение.</u></i> <i>Размеры помещения <u>110x100x5 м</u></i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны <u>станки универсальные 8 шт., станки с ЧПУ – 3 шт.</u></i> <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне <u>разработка и изготовление детали «Вал» на станке.</u></i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. - ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022)
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Превышение уровня шума - Повышенный уровень вибрации (локальная) - Статические физические перегрузки - Отклонение показателей микроклимата - Недостаточная освещенность рабочей зоны <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека Требуемые средства коллективной защиты от выявленных факторов: нормализация освещения рабочих мест, защита от повышенного уровня шума за счет установки звукоизолирующих кожухов на

	оборудование Индивидуальные средства защиты: перчатки, защитные очки, наушники.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<i>Воздействие на литосферу: <u>промышленные и бытовые отходы (микростружка, опилки, металл.</u></i> <i>Воздействие на гидросферу: <u>выброс технических жидкостей (масла, СОЖ, органические растворители)</u></i> <i>Воздействие на атмосферу: <u>выделение большого количества газов (пыль, стружка, туман масел)</u></i>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: <u>разрушение зданий и сооружений производственного назначения, землетрясение.</u> Наиболее типичная ЧС <u>может быть пожар в здании</u>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Колчеданцев Виталий Викторович		

3. Социальная ответственность

Введение

Целью данной ВКР является проектирование технологического процесса изготовления детали «Вал». Вал деталь машин, предназначенная для передачи крутящего момента и восприятия действующих сил со стороны расположенных на нём деталей и опор, т.е. были проведены все необходимые технические расчеты с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов.

Важно в условиях государственной политике импортозамещения в оборонной отрасли не зависеть от комплектующих иностранных фирм. Поэтому задачей ВКР является проектирование технологического процесса, не уступающего по качеству зарубежным аналогам.

В данной работе рассмотрен цех по производству деталей. Он состоит из основного помещения на первом этаже корпуса, где располагается металлорежущие оборудование в количестве 8 универсальных станков и 3 станка с ЧПУ.

3.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее. Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно, сокращение рабочего времени. Для работников, возраст которых меньше 16 лет – не более 24 часа в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда». Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учётом его количества, размеров и характера выполняемой работы.

Требования к расположению рабочей станции и осанке оператора. рабочие места с ПК по отношению к световым проёмам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Схемы размещения рабочих мест с ПК должны учитывать расстояние между рабочими столами с мониторами: расстояние между боковыми поверхностями мониторов не менее 1,2 м, а расстояние между экраном монитора и тыльной частью другого монитора не менее 2 м. Быстрое и точное считывание информации обеспечивается при расположении плоскости экрана ниже уровня глаз пользователя, предпочтительно перпендикулярно к нормальной линии взгляда в 15 градусов вниз от горизонтали. Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращённого к пользователю.

3.2. Производственная безопасность

В таблице 15 приведены опасные и вредные факторы, возникновение которых возможно в рамках данного дипломного проекта.

Таблица 15 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ на токарном и фрезерном станках

Факторы	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата	<p>- СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи».</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p> <p>СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1, 2) / Свод правил от 28 декабря 2010 г. № 51.13330.2011.</p>
Превышение уровня шума	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	
Повышенный уровень вибрации	
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	
Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги	
Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой	

3.2.1. Отклонение показателей микроклимата

Под микроклиматическими условиями производственной среды, согласно СП 2.4.3648-20 понимают сочетание температуры, относительной влажности, скорости движения интенсивности теплового излучения. Перечисленные параметры оказывают огромное влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье и на надёжность работы средств вычислительной техники.

Работа на подстанции больше подходит под категорию Па. К категории Па относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения.

Перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3°C;

Перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать 5°C.

Таблица 16 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °C		Температура поверхности, °C	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не меньше, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			Темп-ра ниже оптимальной	Темп-ра выше оптимальной **
Холодный	Па (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75*	0,1	0,3
Теплый	Па (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75*	0,1	0,4

Для создания и поддержания в помещении, независимо от наружных условий, оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

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

По данным ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, помещение цеха относятся к помещениям повышенной опасности поражения людей электрическим током по причине наличия токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей технологическим аппаратам с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

Для обеспечения безопасности работы на электрических установка проводятся следующие организационные мероприятия, прописанные в ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ: Назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность производства работ; Оформление наряда или распоряжения на производство работ; Осуществление допуска к проведению работ; Организация надзора за проведением работ; Оформление окончания работы, перерывов в работе, переводов на другие рабочие места; Установление рациональных режимов труда и отдыха.

К техническим способам обеспечения электробезопасности относят:

Защитные оболочки; Защитные ограждения (временные или стационарные); Безопасное расположение токоведущих частей; Изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную); Изоляцию рабочего места; Малое напряжение; Предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности.

3.2.3. Превышение уровня шума

Производственный шум возникает в процессе обработки детали «Щит подшипниковый» на токарных, фрезерных и шлифовальных станках. Он неблагоприятно действует на человека и является общебиологическим

раздражителем. Недопустимые уровни шума: низкочастотный (16–500 Гц) – свыше 100 дБ, среднечастотный (500–5000 Гц) – свыше 85 дБ, высокочастотный (5000–20000 Гц) – свыше 80 дБ

Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочем месте изготовления детали «Щит подшипниковый» не должен превышать 80 дБ СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с Изменениями N 1, 2) / Свод правил от 28 декабря 2010 г. № 51.13330.2011.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

Для снижения значений до допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ: 1. Средства коллективной защиты (шторы, маты, шумоизоляционные боксы для оборудования и звукоизолирующие кабины для персонала). 2. Средства индивидуальной защиты (наушники, беруши, антифоны).

3.2.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Расчет освещенности рабочего места проводится посредством выбора системы освещения и определения достаточного количества светильников, а также их размещения. В СанПиН 1.2.3685-21 изложены основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей.

Таблица 17 – Нормы освещённости на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение	
						Освещенность, лк.	
						При системе комбинированного освещения	При системе общего

						всего	В том числе от общего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
кой точно	0,30	III	6	средний	средний	1000	200	300

Наиболее часто в искусственном освещении применяется два вида электрических источников света: лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Причиной плохой освещенности в цехе является снижение уровня естественной освещенности в связи с загрязнением остекленных поверхностей световых проемов, стен и потолков.

3.2.5. 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

На данном рабочем месте производится механическая обработка, предусмотрено перемещение режущего инструмента и детали в больших диапазонах скоростей и нагрузок. Соприкосновение с движущимися частями оборудования может привести к перелому конечностей, ушибам, порезам. К средствам коллективной защиты от воздействия механических факторов относятся устройства (ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Классификация»): оградительные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, предохранительные устройства, устройства дистанционного управления, тормозные устройства, знаки безопасности.

К средствам индивидуальной защиты относятся спец. Одежда защитные очки и маски.

3.2.6. Опасные производственные факторы, связанные с чрезмерной высокой температурой материальных объектов производственной среды, могущих вызвать ожоги

Под этим фактором подразумевается воздействие СОЖ на организм человека. Отрицательное воздействие СОЖ на рабочих связано с ее попаданием на кожу в процессе изготовления эмульсии, ее разбрызгивания и перегрева при механообработке деталей, из-за протечек в системе смазки и охлаждения оборудования, случайных проливов. В процессе металлообработки рабочая эмульсия подвергается деструкции под воздействием высоких температур. При больших скоростях резания эта температура, которая в отдельных случаях достигает 600-700 °С.

Чтобы свести к минимуму вред от применения СОЖ на предприятии, необходимо: перейти на использование экологически безопасных эмульсий, правильно обустроить общецеховую и местную приточно-вытяжную вентиляцию, обеспечивать рабочих чистой спецодеждой и необходимыми средствами индивидуальной защиты, производить своевременную замену отработанной эмульсии и ее утилизацию в соответствии с требованиями экологических стандартов.

3.2.7. Повышенный уровень вибрации

Источником повышенной вибрации является станок.

При длительном воздействии вибрации, и особенно при возникновении резонанса, возможны механические повреждения тканей и другие неблагоприятные воздействия на органы и различные системы организма.

Амплитуда вибрации в помещении не должна превышать $0,0072 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ при частотах от 31,5 Гц до 63 Гц. Поскольку станки работают в диапазонах, близких к 60 Гц, а фрезерный станок с ЧПУ работает в пределе до 32 Гц, то вибрация при работе не будет оказывать вредное воздействие на операторов.

Методы, которые применяются в данной работе для защиты оператора от неблагоприятного воздействия вибрации: рациональное размещение специального оборудования устройства; оптимальные режимы работы установки. Кроме того, для уменьшения вибрации необходимо своевременно проводить необходимый ремонт и техосмотр оборудования. Все эти действия приводят к уменьшениям колебания конструкции и понижению уровня вибрации. Также для этих целей необходимо использовать индивидуальные средства защиты: обувь с амортизирующими подошвами, рукавицы и перчатки с мягкими наладонниками.

3.2.8. Статические физические перегрузки, связанные с рабочей позой

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

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

Для снижения риска статических физических перегрузок, связанных с рабочей позой, нужно применить: проведение производственной гимнастики, занятие физической культурой и т.д.

3.3. Экологическая безопасность

Защита атмосферы. Механическая металлообработка на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасываются из помещений, чем отрицательно влияют на состояние атмосферы. При шлифовании выделяется большое количество тонкодисперсной пыли. Пыль, образующаяся в процессе абразивной обработки, на 30-40% состоит из материала абразивного круга, на 60-70% - из материала обрабатываемого изделия. Класс опасности IV (малоопасные) ПДК более 10,0 мг/м.

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

Защита литосферы. Загрязнителем литосферы будут считаться захоронения промышленных и бытовых отходов. К промышленным отходам относятся микростружка, опилки металлов. Также к отходам можно отнести изготавливаемую продукцию, переставшая выполнять требуемые от неё функции. Чтобы снизить загрязнение литосферы необходимо сортировать и при возможности перерабатывать отходы производства. Если переработка невозможна, тогда необходимо начать взаимовыгодно сотрудничать с предприятиями, которые занимаются ею.

Защита гидросферы. Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (СОЖ, песок, и др.).

Для сведения к минимуму загрязнения сточных вод при проектировании технологического изготовления «Вал», все стоки оборудуют специальными фильтрами (задерживающими масла, кислоты и грязь). Очистка вод производится в отстойниках, шлаконакопителях.

Таблица 18 – Российские гигиенические нормативы ПДК

Наименование химического фактора	ПДК			
	Атмосферный воздух (мг/м ³)		Вода (мг/л)	Почва (мг/кг, с учетом кларка)
	Максимальная разовая	Средняя суточная		
Бензин	5,0	1,5	0,1	
Бензол	1,5	0,1	0,5	0,3
Озон	0,16	0,03		
Свинец	0,01	0,0003	0,03	32,0
Твердые частицы (ПЫЛЬ)	0,5	0,15		

3.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К возможным ситуациям техногенного характера можно отнести возгорание в цехе/производственном участке при несоблюдении предписанных норм пожарной безопасности или же вследствие короткого замыкания или проблем с токопроводящим оборудованием.

Противопожарная защита имеет своей целью изыскание наиболее эффективных, экономически целесообразных и технически обоснованных способов и средств предупреждения пожаров и их ликвидации с минимальным ущербом при наиболее рациональном использовании сил и технических средств тушения. Согласно НПБ 105-03 помещение цеха по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории В. Это связано с наличием горючих жидкостей и твердых материалов. Для предотвращения возникновения пожара используются следующие меры:

Строительно-планировочные меры определяются огнестойкостью зданий и сооружений (выбор материалов конструкций: сгораемые, негораемые, трудно сгораемые) и предел огнестойкости — это количество

времени, в течение которого под воздействием огня не нарушается несущая способность строительных конструкций вплоть до появления первой трещины.

Технические меры — это соблюдение противопожарных норм при эвакуации систем вентиляции, отопления, освещения, электрического обеспечения, а также использование разнообразных защитных систем, соблюдение параметров технологических процессов и режимов работы оборудования [8].

Организационные меры — обучение персонала по пожарной безопасности, соблюдению мер по пожарной безопасности.

Использование средств пожаротушения. Выбор типа и необходимого количества огнетушителей в защищаемом помещении следует производить в зависимости от их огнетушащей способности, предельной площади, а также класса пожара горючих веществ и материалов. Исходя из этого, и, ориентируясь на НПБ-105-03, было решено использовать углекислотные огнетушители марки ОУ-5 в количестве двух штук.

Заключение

Выявленные опасные и вредные факторы, влияющие на окружающую среду и человека такие как: Каждый фактор нормируется согласно требованиям ГОСТ и СНИП, в которых описываются все аварийные и вредные для человека ситуации, возникающие при работе, и соответствуют фактическим значениям выявленных факторов нормативным значениям.

Цех относится ко второму классу электробезопасности – опасные помещения по электробезопасности и к категории «В» по пожарной и взрывопожарной опасности.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, рассматриваемый вид работ на станке в производственном помещении относится к классу IIa (средней тяжести физические работы).

Персонал имеет II группу по электробезопасности.

Выполняемая работа не оказывает существенного негативного воздействия на окружающую среду и подпадает под критерии отнесения объектов, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду, объекты III категории.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

Группа 3-4А7Б	ФИО Колчеданцев Виталий Викторович
-------------------------	--

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

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием организации.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды - 30,2%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей результатов исследования; Анализ конкурентных технических решений; SWOT – анализ.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки; Разработка графика Ганта; Формирование бюджета затрат на научное исследование.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. График проведения НИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4А7Б	Колчеданцев Виталий Викторович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью данного раздела проекта является оценка разработки технологического процесса изготовления детали «Вал» с позиции ресурсоэффективности и конкурентоспособности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести SWOT-анализ;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Гантта
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе работы проводилась технологическая подготовка производства изготовления детали «Вал». Объем выпуска продукции составляет 1000 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 «Томфрез» (конкурент №2).

4.1.2. 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 19 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	$B_{\kappa 1}$	$B_{\kappa 2}$	K_{ϕ}	$K_{\kappa 1}$	$K_{\kappa 2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Возможность внедрения устройства в единую систему автоматки	0,01	2	1	1	0,12	0,01	0,01
2. Удобство эксплуатации	0,2	5	3	4	1	0,6	0,8
3. Помехоустойчивость	0,02	2	1	1	0,04	0,02	0,02
4. Простота конструкции	0,36	3	1	3	0,4	0,1	0,3
5. Компактность	0,14	5	5	4	0,7	0,7	0,56
6. Безопасность	0,1	5	2	4	0,4	0,2	0,4

Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,01	3	2	2	0,02	0,01	0,02
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	3	2	0,3	0,3	0,2
3. Затраты на ремонт	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
Итого	1	35	22	24	3,28	2,18	2,49

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

Б_i – балл i -го показателя.

Таким образом, на основании таблицы 1 можно сделать вывод, что разработанный в ходе исследовательской работы технологический процесс ($K=3,28$) может составить конкуренцию уже имеющимся на российском рынке производителям.

4.2. SWOT-анализ

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Применительно к проекту по разработке детали «Вал», SWOT-анализ позволит оценить положительные и отрицательные стороны проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, которая помогает выявить соответствия слабых и сильных сторон проекта, а также их возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT-анализа стоит использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 20.

Таблица 20 – SWOT-анализа

Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:	Возможности:	Угрозы:
С1. Высокое качество;	Сл1. Наличие	В1. Низкий уровень конкуренции;	У1. Отсутствие спроса на продукт;
С2. Большинство конструкторских размеров выдерживаются непосредственно;	малопроизводительных методов обработки;	В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт;	У2. Появление новых технологий
С3. Безопасность;	Сл2. Длительность разработки;	В3. Совершенствование технологии;	У3. Прекращение финансирования
С4. Функциональные возможности разработки	Сл3. Наличие резьбы, как внешней, так и внутренней;	В4. Экспорт разработки.	
С5. Невысокие требования точности.	Сл4. Необходимость Специального приспособления;		
	Сл5. Узкая направленность изделия.		

На втором этапе строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 21–36.

Таблица 21 – Связь сильных сторон с возможностями

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	-	-	-	-	+
	В2	+	+	+	+	+
	В3	+	+	+	+	+
	В4	+	+	-	-	+

Таблица 22 – Связь слабых сторон с возможностями

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	-	-	-	-	+
	В2	-	-	+	+	+
	В3	+	+	+	+	-
	В4	-	-	+	-	+

Таблица 23 – Связь сильных сторон с угрозами

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	-	-	+	+
	У3	-	+	-	-	+

Таблица 24 – Связь слабых сторон с угрозами

Слабые стороны проекта						
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	-	+	+
	У2	-	+	-	+	+
	У3	+	+	-	+	+

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 25

Таблица 26 - Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество; С2. Большинство конструкторских размеров выдерживается непосредственно; С3. Безопасность; С4. Функциональные возможности разработки; С5. Невысокие требования	Слабые стороны проекта: Сл1. Наличие малопроизводительных методов обработки; Сл2. Длительность разработки; Сл3. Наличие резьбы, как внешней, так и внутренней; Сл4. Необходимость специального приспособления; Сл5. Узкая направленность
Возможности: В1. Низкий уровень конкуренции; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт; В3. Совершенствование технологии; В4. Экспорт разработки.	– В1С5; – В2С1С2С3С4С5; – В3С1С2С3С4С5; – В4С1С2С5.	– В1Сл5; – В2С3Сл4Сл5; – В3Сл1Сл2Сл3Сл4; – В4Сл5.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукт; У2. Появление новых технологий; У3. Прекращение финансирования	– У1С4; – У2С4С5; – У3С2С5.	– У1Сл2Сл4Сл5; – У2Сл2Сл4Сл5; – У3Сл2Сл4Сл5.

В результате SWOT-анализа можно сделать выводы: 1. Для противодействия угрозе У1 следует увеличить функциональные возможности разработки, что также даст возможность на дополнительный спрос продукта.

2. При возникновении угрозы У2 на ряду с предъявлением невысоких требований к точности, следует также увеличить функциональные возможности разработки. Данное противодействие даст возможность дополнительного спроса и экспорта разработки. 3. Угрозе У3 противодействовать достаточно сложно. В данном случае могут помочь невысокие требования точности, а также непосредственное выдерживание конструкторских размеров.

На основании выводов можно сделать вывод, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории

уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.3. Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проведения научно-исследовательских работ. Для построения графика необходимо составить план выполнения проекта с указанием вида работа, длительности их исполнения и участников, ответственных за исполнение каждого пункта плана.

План производства работ по реализации научно-исследовательского проекта представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка Технического задания	1	Составление и утверждение задания	руководитель
Разработка концепции проекта	2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель
	3	Разработка концепции проекта	руководитель, Исполнитель
	4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	руководитель
	5	Календарное планирование работ	руководитель, Исполнитель
	6	Определение объема и частей ВКР	руководитель, Исполнитель
Теоретические исследования	7	Проведение теоретического исследования темы	Исполнитель
	8	Проведение расчетов	Исполнитель
	9	Разработка части финансовый менеджмент	Исполнитель
	10	Разработка части социальная ответственность	Исполнитель
Анализ результатов	11	Оценка эффективности проделанных работ	Исполнитель
Оформление отчета	12	Составление пояснительной записки	Исполнитель
	13	Разработка презентации	Исполнитель

4.3.2. 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. Методика оценки приведена в []. Для определения, ожидаемого значения трудоемкости i $t_{ож}$ используется следующая формула

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

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i},$$

где T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

4.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. 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:

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

где T_{ki} - продолжительность выполнения i -й работы в кал.дн.;

T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k_{\text{кал}}$ - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ - продолжительность календарных дней в году;

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22.$$

Таблица 28 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mini} человеко-дни	t_{maxi} человеко-дни	$t_{ожи}$ человеко-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	2	1	1	1	2

Подбор и изучение материалов по теме	3	6	5	2	2,5	4
Разработка концепции проекта	2	4	3	2	1,5	2
Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	2	2	2	1	2	3
Календарное планирование работ	2	3	2	1	2	3
Определение объема и частей ВКР	1	3	2	2	1	1
Проведение теоретического исследования темы	7	14	10	1	10	15
Проведение расчетов	5	9	7	1	7	10
Разработка части финансовый менеджмент	5	8	7	1	7	10
Разработка части социальная ответственность	5	7	7	1	7	10
Оценка эффективности проделанных работ	2	4	3	2	1,5	2
Составление пояснительной записки	10	15	12	1	12	18
Разработка презентации	2	5	2	1	2	3
Итого:						83

Итого для выполнения ВКР потребуется 83 календарных дня. Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения

данных работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (Рисунок 17).

№ ра-бо-т	Вид работ	Исполнитель	Т _к , кол. дв.	Продолжительность выполнения работ															
				февраль			март			апрель			май						
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
1	Составление и утверждение задания	руководитель	2	█															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель	4	█															
3	Разработка концепции проекта	руководитель, Исполнитель	2	█															
4	Определение возможностей и оценка имеющихся ресурсов	руководитель	3	█															
5	Календарное планирование работ	руководитель, Исполнитель	3	█															
6	Определение объема и частей ВКР	руководитель, Исполнитель	1	█															
7	Проведение теоретического исследования темы	Исполнитель	15																

4.4.2. Основная заработная плата исполнителей темы

Данный раздел отображает основную заработную плату научных сотрудников и инженерно-технических работников непосредственно участвующих в выполнении работ в рамках проекта. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. За основу оклада берется ставка работника предприятия, согласно занимаемой должности. Из таблицы окладов для доцента (степень – кандидат наук) – 32400 руб., для ассистента (степень отсутствует) – 14584 руб. Исходя из среднего количества рабочих дней в месяце, равным 21, средняя заработная плата руководителя составила 1107,81 руб. в день, а для инженера 694,48 руб. в день. Заработная плата складывается из основной и дополнительной оплаты.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по критериям	Трудоемкость, чел-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.- раб.дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Руководитель	11	1450	15950
2	Исполнитель	82	560	45920
Итого				61870

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата работник, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{тр}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня М = 11,2 месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней М = 10,4 месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Показатели рабочего времени представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Показатели рабочего времени

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (выходные/праздничные дни)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени (F_d)	243

Для руководителя среднедневная заработная плата с учетом районного коэффициента k_p :

$$Z_{\text{дн}} = \frac{32400 \cdot 10,4 \cdot 1,3}{243} = 1450 \text{ руб.}$$

Для исполнителя среднедневная заработная плата с учетом районного коэффициента k_p :

$$Z_{\text{дн}} = \frac{14584 \cdot 10,4 \cdot 1,3}{243} = 754 \text{ руб.}$$

4.4.3. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = 15950 \cdot 0,15 = 2393 \text{ руб.}$$

Для исполнителя:

$$З_{\text{доп}} = 45920 \cdot 0,15 = 6888 \text{ руб.}$$

Расчет для каждого варианта исполнения представлен в таблице 32.

Таблица 32 – Расчет дополнительной заработной платы

№ п/п	Исполнители по критериям	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
	Руководитель	15950	9281
2	Исполнитель	45920	

4.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые взносы)

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) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители по критериям	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	15950	9281
Исполнитель	45920	
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30,2%	
Итого	18282	

4.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сммма } 1 \div 4) \cdot 0,16 = \\ = 90443 \cdot 0,16 = 12565 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом накладные расходы составили 45 293,99 руб.

4.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта см3. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Определение бюджета на НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Затраты на специальное оборудование	31500
1. Затраты по основной заработной плате	61870
2. Затраты по дополнительной заработной плате	9281
3. Отчисления во внебюджетные фонды	18282
5. Накладные расходы	12565
Бюджет затрат НТИ	102998

4.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей) финансовой, бюджетной, экономической эффективности исследования

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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{мах}}},$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{102998}{123160} = 0,84.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки. Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле:

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

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – балльная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 35.

Таблица 35 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	4	4
Удобство эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	3	4
Безопасность	0,2	5	4	4
Надежность	0,3	5	4	4
Энергосбережение	0,1	4	3	3
ИТОГО	1	24	18	19

Основываясь на данных таблицы показатели ресурсоэффективности текущего проекта и двух других исполнений следует:

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,3 = 4,9;$$

$$I_{p2} = 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 = 3,8;$$

$$I_{p3} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 = 3,9.$$

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{p-\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}}.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта (Э_{ср}):

$$\text{Э}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}.$$

Таблица 36 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,84	0,91	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	3,8	3,9
Интегральный показатель эффективности	5,8	4,2	3,9
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,77	0,76

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Как видно из таблицы, разработка данного научно-исследовательского проекта выгоднее остальных двух как с финансовой стороны, так и со стороны ресурсоэффективности.

Заключение

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были оценены экономические аспекты разработки технологии изготовления детали «Вал». 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: наличие малопроизводительных методов обработки. Подсчёт затрат на разработку позволяет заключить, что основной статьёй расходов в научно-исследовательской работе является заработная плата исполнителей: основная и дополнительная. На втором месте страховые взносы. Общий бюджет разработки составил 102 998 руб. При этом запланированная продолжительность работы составляет 83 дня. Так же оценена экономическая эффективность разработки. Разрабатываемая технология по сравнительному показателю эффективности превосходит аналогичные технологии за счёт меньшей стоимости.

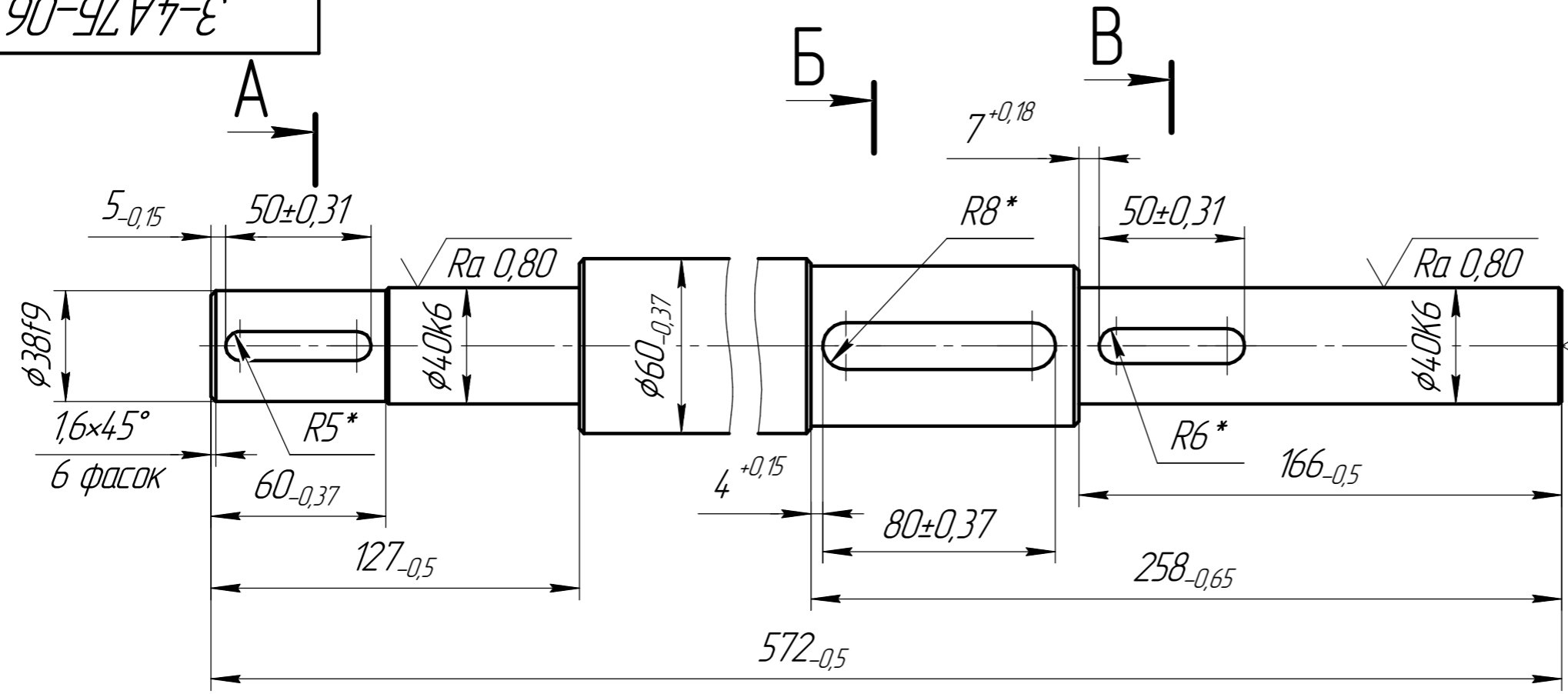
Список литературы

1. Вал [Электронный ресурс] // URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Вал_\(деталь_машин\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Вал_(деталь_машин)) (дата обращения 25.03.22)
2. Факторы при проектировании [Электронный ресурс] // URL: <https://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/60704/1/TPU927937.pdf?ysclid=l410kjdfb3> (дата обращения 27.03.22)
3. Определение типа производства [Электронный ресурс] // URL: <https://lektsii.org/13-77271.html#:~:text=Тип%20производства%20по%20ГОСТ%203.1108-74,на%20которых%20выполняются%20различные%20операции> (дата обращения 1.04.22)
4. Выбор режимов резания [Электронный ресурс] // URL: delta-grup.ru/bibliot/3k/20-6.htm#:~:text=Назначение%20режимов%20резания%20основывается%20на,точности%20и%20шероховатости%20обработанной%20поверхности (дата обращения 5.04.22)
5. Нормирование технологических процессов [Электронный ресурс] // URL: osntm.ru/normir_tpr.html?ysclid=l410uhj51o (дата обращения 21.04.22)
6. Расчет приспособления на точность [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/2539669/tovarovedenie/raschyot_prisposobleniya_tochnost? (дата обращения 29.04.22)
7. Технологический процесс сборки узла [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/1859155/tovarovedenie/tehnologicheskij_protsses_sborki_iz_deliya_uzla? (дата обращения 10.05.22)
8. Меры по пожарной профилактике [Электронный ресурс] // URL: https://studbooks.net/1375789/bzhd/mery_pozharnoy_profilaktike? (дата обращения 20.05.22)

Приложение А
Чертеж детали “Вал”

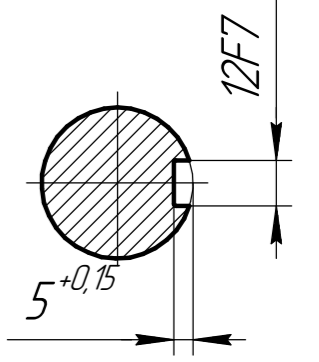
3-4A75-06

$\sqrt{Ra\ 3,2 (\checkmark)}$



2 отв. центровых ГОСТ 14034

B-B(1:2)



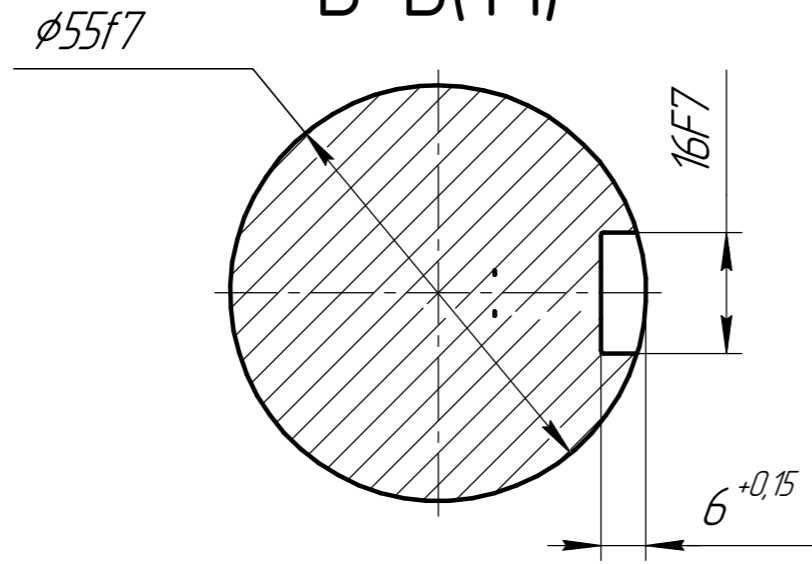
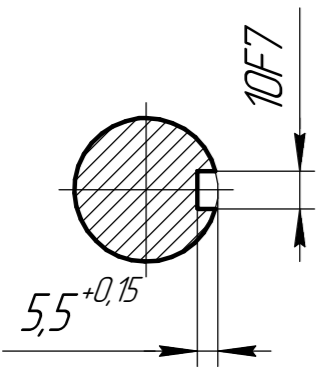
A

B

B

A-A(1:2)

B-B(1:1)



- 1 34...40 HRC
- 2 H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.
- 3 * Размеры обеспечить инструментом.

Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Взам. инв. №
Инв. № дурл.
Подп. и дата
Инв. № подл.

					3-4A75-06			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Вал	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.							8,52	1:2
Проб.						Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.					Сталь 45 ГОСТ 1050			
Утв.								

Приложение Б

Сборочный чертеж специального приспособления

ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.000 СБ

Перв. примен.

Справ. №

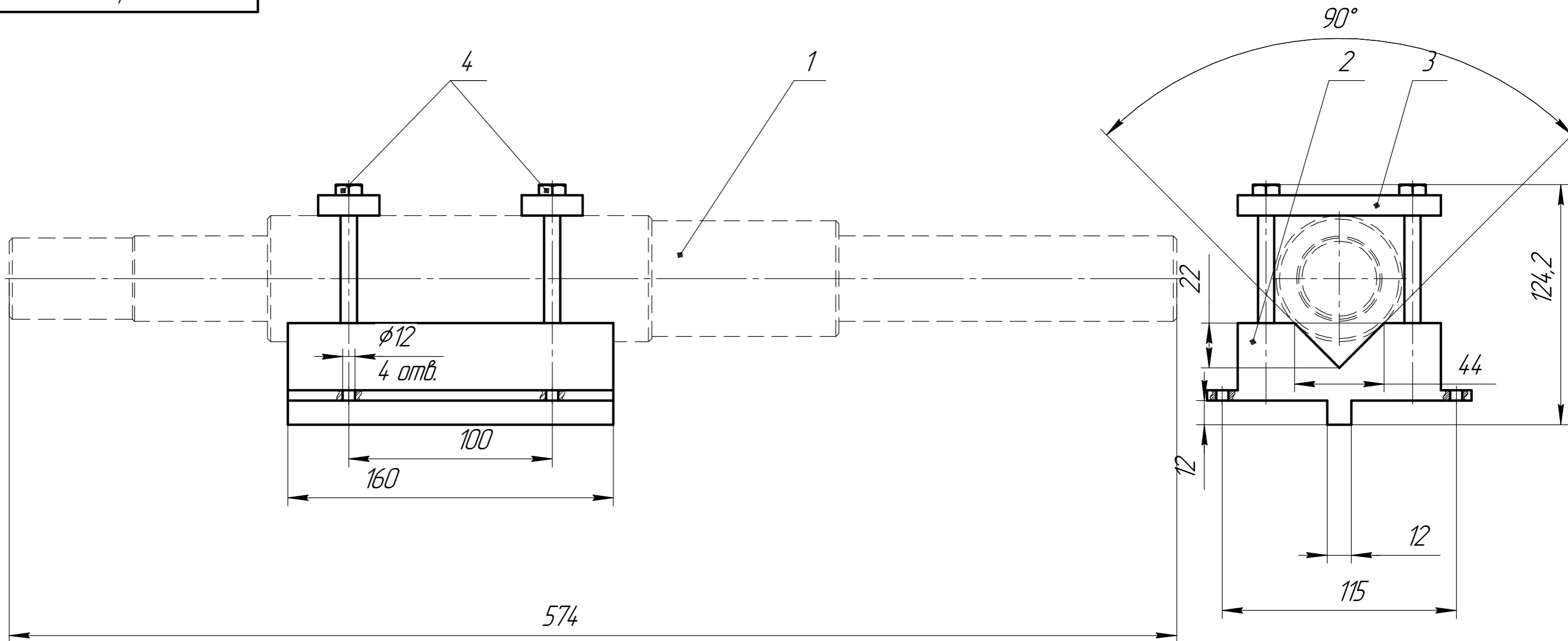
Подп. и дата

Инд. № дюрл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Технические характеристики:

1. Приспособление предназначено для деталей диаметром: 45 – 60 мм.
2. Максимальная длина фиксации в призме: 160 мм.

Технические требования:

1. Призма основания выполнена по ГОСТ 12195-66.
2. Перед установкой заготовки на приспособление, ее необходимо обработать солидолом ГОСТ 4366-76.

				ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.000 СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Специальное приспособление	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Колчеданцев В. В.		06.06.22		У	5,7	1:2
Проб.		Цыганков Р. С.				Лист	Листов 1	
Т.контр.								
Н.контр.					ТПУ ИШНПТ			
Утв.					Группа 3-4А7Б			

Копировал

Формат А3

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
Справ. №	<i>Документация</i>												
	A3	ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.000 СБ											
	A4	ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.000 ПЗ											
	<i>Детали</i>												
	1	ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.001				Деталь		1					
	2	ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.002				Основание		1					
	3	ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.003				Планка		2					
	<i>Стандартные изделия</i>												
	4					Болт М8х100 ГОСТ 15589-70		4					
	Подп. и дата	Инд. № докл.	Взам. инв. №	Инд. № инв.									
Подп. и дата	<i>ИШНПТ-3-4А7Б/06.00.00.00.000 СБ</i>												
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата								
Инд. № подл.	Разраб.		Колчеданцев В. В.			06.06							
	Пров.		Цыганков Р. С.										
	Н.контр.												
Утв.													
<i>Специальное приспособление</i>							Лит.		Лист		Листов		
							У				1		
											ТПУ		ИШНПТ
							Группа		3-4А7Б				
<i>Копировал</i>													

Приложение В

Основные формообразующие операции

